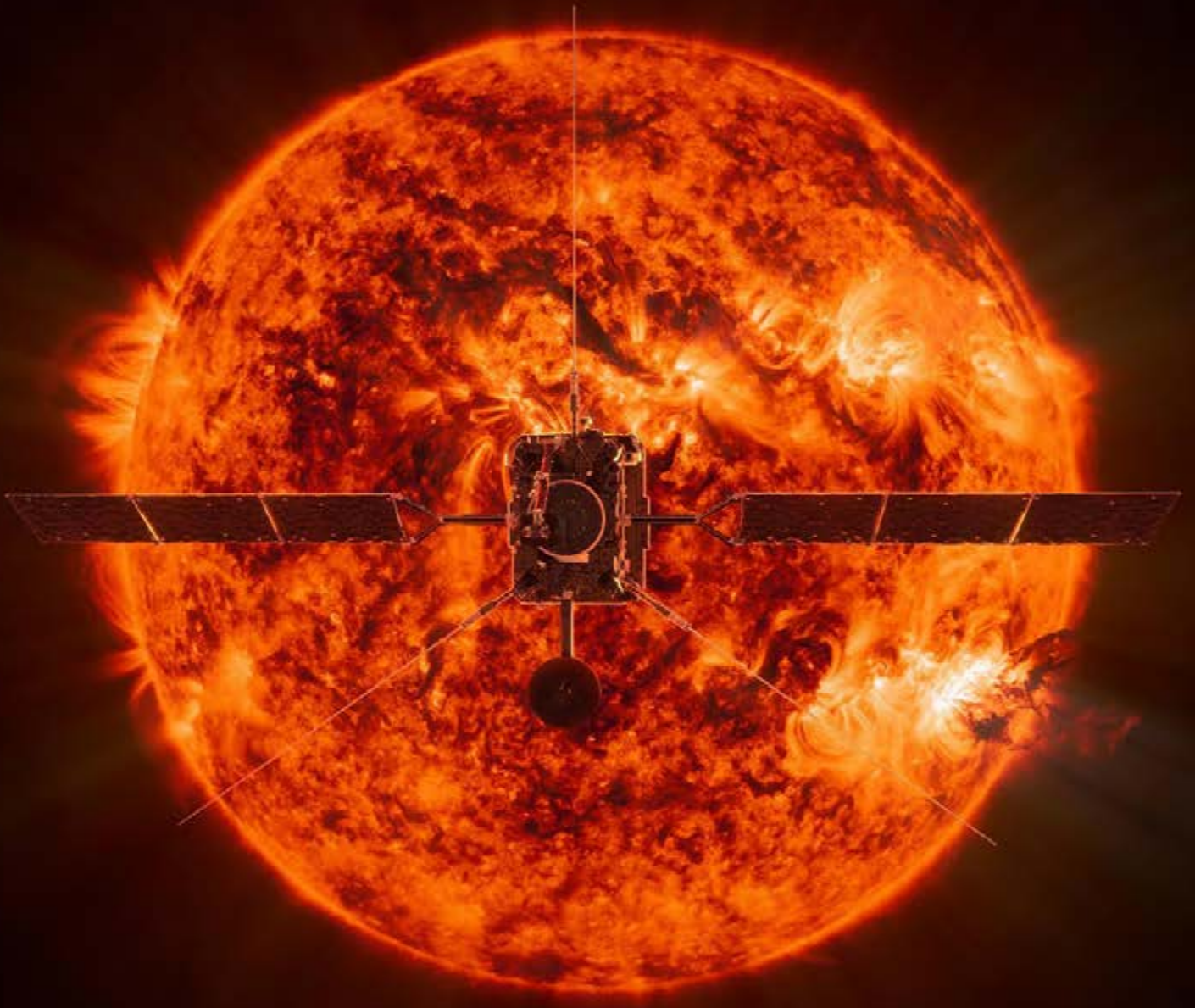




solar orbiter

→ MIRANDO AL SOL

MISIONES ESPACIALES DE LA ESA

sistema solar



bepicolombo

La primera misión europea a Mercurio estudiará el interior, la superficie, la atmósfera y la magnetosfera de este misterioso planeta para comprender sus orígenes.



cassini-huygens

En órbita alrededor de Saturno para estudiar su entorno, envió la sonda Huygens de la ESA a la mayor luna de este planeta, Titán.



cluster

Una misión de cuatro satélites que investigan con un nivel de detalle sin precedentes la interacción entre el Sol y la magnetosfera de la Tierra.



juice

Este explorador de las lunas heladas de Júpiter realizará investigaciones detalladas del gigante gaseoso y evaluará el potencial de habitabilidad de sus grandes satélites helados.



mars express

La primera misión europea a Marte, que proporciona una imagen global sin precedentes de la atmósfera, la superficie y el subsuelo del Planeta Rojo.



rosetta

La primera misión que voló junto a un cometa y aterrizó en él, investigando los componentes originarios del Sistema Solar.



soho

Proporciona nuevos conocimientos de la atmósfera y el interior del Sol, e investiga la causa del viento solar.



solar orbiter

Una misión para estudiar el Sol de cerca, recolectando datos e imágenes de alta resolución de nuestra estrella y su heliosfera.



venus express

La primera sonda espacial que realizó una investigación global de la atmósfera cambiante de Venus.

astronomía



cheops

Caracterización de exoplanetas conocidos alrededor de estrellas brillantes cercanas.



euclid

Explorará la naturaleza de la energía oscura y la materia oscura, revelando la historia de la expansión acelerada del Universo y la evolución de la estructura cósmica.



gaia

Cartografía el cielo nocturno y está encontrando información clave sobre el origen, la estructura y la evolución de la Vía Láctea.



herschel

Observó en el infrarrojo para descubrir los secretos del nacimiento de las estrellas y la formación y evolución de las galaxias.



Telescopio Espacial Hubble

Está expandiendo las fronteras del universo visible, adentrándose en el espacio profundo con cámaras que pueden observar en longitudes de onda infrarrojas, ópticas y ultravioletas.



integral

El primer observatorio espacial en observar objetos celestes simultáneamente en rayos gamma, rayos X y luz visible.



just

Un observatorio espacial para observar las primeras galaxias, mostrar el nacimiento de estrellas y planetas, y buscar planetas con potencial para albergar vida.



lisa pathfinder

Demostración de las tecnologías necesarias para detectar ondas gravitacionales, a fin de comprender la física fundamental detrás del tejido del espacio-tiempo.



planck

Detectó la primera luz del Universo y estudió los albores del tiempo.



plato

Estudiará planetas terrestres orbitando estrellas de tipo solar a distancias que incluyen la zona habitable, caracterizando además estas estrellas.



xmm-newton

Está contribuyendo a resolver los misterios del violento Universo de rayos X, desde los enigmáticos agujeros negros hasta la formación de galaxias.

exploración



exomars

Dos misiones que comprenden un orbitador para estudiar la atmósfera marciana, un laboratorio científico en la superficie y un explorador para buscar vida bajo el suelo de Marte.

Producción de la ESA

BR-345/ES Enero de 2020

Autor Stuart Clark

Diseño ReMedia IT

ISBN 978-92-9221-117-2

ISSN 0250-1589

Copyright © 2020 European Space Agency

The background of the entire page is a composite image. On the left, the Solar Orbiter spacecraft is shown in detail, with its various instruments, antennas, and solar panels. It is positioned as if it's looking towards the Sun. On the right, a large, bright, and detailed image of the Sun's surface is visible, showing solar flares and the solar corona. The overall color palette is dominated by the oranges, yellows, and reds of the Sun, with the dark grey and black of the spacecraft providing contrast.

SOLAR ORBITER

MIRANDO AL SOL

CONTENIDO

La vida con una estrella	2
Explorando el Sol	4
Anatomía del Sol	6
Preparación para condiciones extremas	8
Instrumentos para estudiar el Sol	10
Lanzamiento y control de Solar Orbiter	12
Colaboración con Parker Solar Probe	14
Una empresa internacional	16

→ LA VIDA CON UNA ESTRELLA

SOHO observa el desarrollo de
una tormenta solar
(composición de imágenes)

SOHO (ESA Y NASA), SDO (NASA), JHelioviewer (ESA)

El ser humano ha entendido desde siempre la importancia del Sol para la vida en la Tierra y recientemente hemos enviado varias misiones para conocerlo mejor. A partir de 2020, Solar Orbiter aprovechará la experiencia de estas misiones anteriores para proporcionar a Europa la imagen más completa jamás obtenida de nuestra estrella.

Desde los hombres prehistóricos que construyeron monumentos megalíticos alineados para contemplar la salida del astro, hasta los astrónomos del siglo XIX que empezaron a descubrir sus secretos con la ciencia, el Sol siempre nos ha fascinado. Ahora sabemos que, además de proporcionarnos el calor y la luz necesarios para mantener la vida en nuestro planeta, el Sol también interacciona con nosotros mediante actividad eléctrica y magnética. Aunque estos efectos electromagnéticos son imperceptibles para la mayoría de los seres vivos, son importantes porque afectan cada vez más al funcionamiento de nuestra tecnología.

Entender cómo funciona el Sol en detalle es clave para entender cómo genera esa energía vital, y cómo proteger nuestra tecnología y nuestro modo de vida.

Las zonas oscuras que se observan en el astro, conocidas como manchas solares, se conocen desde la antigüedad. A principios del siglo XVII, dos astrónomos, el italiano Galileo Galilei y el alemán Christoph Scheiner, utilizaron los primeros telescopios para estudiar las manchas solares con detalle y descubrieron que el Sol rota en 27 días.

Pero hasta 1843 no se descubrió el ciclo de las manchas gracias al trabajo de otro astrónomo alemán, Samuel Heinrich Schwabe. Tras observar el Sol durante 17 años, se dio cuenta de que el número de manchas fluctúa en un ciclo que dura alrededor de 11 años. Al principio del ciclo hay pocas manchas que se sitúan a latitudes altas de la superficie solar. Este periodo se conoce como mínimo solar. A lo largo de los cinco o seis años siguientes, van creciendo en número y aparecen en latitudes más cercanas al ecuador del Sol. El momento en que aparece el mayor número de manchas (en el punto más cercano al ecuador) se denomina máximo solar. A partir de ahí, la cifra se va reduciendo hasta alcanzar otro mínimo solar y el ciclo vuelve a empezar, pero con la polaridad magnética invertida, lo que suma un ciclo de 22 años.

Solar Orbiter observará el Sol desde el interior de la órbita de Mercurio



El siglo XIX fue especialmente fértil en lo referente a la investigación del Sol. El descubrimiento del ciclo solar proporcionó la evidencia de que el Sol es un cuerpo magnético que afecta a la tecnología que usamos en la Tierra. Por ejemplo, se observó que las brújulas magnéticas se ven afectadas por las manchas solares y, cuantas más manchas, mayor es el efecto. Ahora sabemos que esto se debe a los efectos de la actividad solar sobre la ionosfera del planeta.

En 1859, el astrónomo inglés Richard Carrington observó una gigantesca erupción solar. Se produjo acompañada de una tormenta magnética sin precedentes en la Tierra: Las brújulas dejaron de funcionar y la red de telégrafos sufrió graves perturbaciones. Fue la demostración de que, de alguna manera, el magnetismo solar afectaba a la Tierra.

Varios astrónomos habían observado ya que las colas de los cometas siempre apuntan en dirección contraria al Sol, lo que sugería la posibilidad de que soplaste una especie de "viento" procedente del astro. Pero fue el astrofísico americano Eugene Parker quien, en 1958, dio base científica a esta idea al comprender que este fenómeno estaba relacionado con la atmósfera solar, conocida como corona. La alta temperatura que alcanza la corona a grandes distancias del Sol implica que las partículas que la forman tienen suficiente energía para escapar de la gravedad del astro y fluir por el espacio. A esta corriente de partículas la denominó "viento solar".

La confirmación de que el viento solar era algo real llegó un año después desde la nave rusa Luna 1, que hizo las primeras mediciones directas de este viento y detectó que está compuesto de plasma, un gas conductor de la electricidad que constituye el cuarto estado de la materia después de los estados sólido, líquido y gaseoso. Además, descubrió que había cientos de partículas en cada centímetro cúbico de espacio.

El viento solar crea una burbuja alrededor de todo el sistema solar. Esta burbuja, conocida como heliosfera y delimitada por la "heliopausa", se infla con el plasma solar y es el ámbito en el que se producen los fenómenos de la "meteorología espacial". Este es el término acuñado para designar las perturbaciones en el viento solar, que transmite la influencia magnética del Sol a la Tierra. La meteorología del espacio depende de la actividad de nuestra estrella, que produce fenómenos tales como erupciones solares y eyecciones de masa coronal. Las auroras boreales que vemos en el cielo están producidas por una compleja serie de interacciones magnéticas que dan como resultado la colisión de partículas de plasma del viento solar con moléculas de la atmósfera terrestre.

A medida que nuestra tecnología aumenta su dependencia de los sistemas eléctricos, aumenta también la necesidad de protegernos de fenómenos meteorológicos espaciales de gran intensidad conocidos como "tormentas solares". Al tratar de desvelar los mecanismos de aceleración del viento solar, Solar Orbiter contribuye al conocimiento científico esencial para que, en un futuro, podamos disponer de un servicio de predicción meteorológica espacial que nos permita proteger mejor la tecnología esencial en nuestro planeta.

En este sentido, la misión Solar Orbiter de la ESA es un proyecto de colaboración científica de nivel mundial con una importante participación de la NASA. Cuenta con tecnología espacial puntera y nos prepara para el futuro de la exploración espacial en entornos extremos. Además de impulsar el desarrollo de equipos e instrumentos, está aumentando la experiencia de la ESA en operaciones espaciales en condiciones adversas. En resumen, Solar Orbiter nos permitirá investigar como nunca el control que ejerce el Sol sobre la heliosfera y el papel de la Tierra dentro de esta.

Las auroras son la manifestación visible de la interacción entre las partículas atómicas cargadas procedentes del Sol y el campo magnético terrestre.



→ EXPLORANDO EL SOL

Solar Orbiter tratará de responder a las grandes preguntas de la ciencia sobre el sistema solar para entender la forma en que nuestra estrella crea y controla la gigantesca burbuja de plasma que la rodea y cómo influye en los planetas contenidos en ella. Se concentrará en cuatro grandes áreas de investigación.

El viento solar y el campo magnético de la corona

El viento solar es una corriente constante de partículas cargadas de electricidad que el Sol lanza en todas las direcciones del espacio. Estas partículas alcanzan velocidades de entre 300 y 800 km/s, pero el mecanismo que las acelera es desconocido. Sin duda está ligado al campo magnético existente en la corona, aunque esto también es un misterio: nadie sabe con certeza cómo se genera este campo. Solar Orbiter investigará qué impulsa el viento solar y el origen del campo magnético de la corona.

Tratará de descubrir las leyes físicas que conectan el plasma de la superficie del Sol con el calentamiento y la aceleración del viento solar en la corona. Lo hará desplazándose lentamente frente a la superficie solar durante sus pasadas cercanas al astro. Esto permitirá medir los cambios en las propiedades del viento solar y relacionarlos con los que se producen en la región de origen situada debajo.

Solar Orbiter también medirá con precisión la composición del viento solar a distancias más cercanas que las de la órbita terrestre. Esto nos proporcionará información sobre el viento en su punto de origen, antes de los cambios que se producen en su viaje por el sistema solar. Estos datos se utilizarán para discriminar entre las distintas teorías que existen sobre la forma en que se genera el viento solar.

Los fenómenos solares repentinos y sus efectos

En la superficie visible del Sol a menudo se producen, de forma súbita, distintos tipos de fenómenos que se propagan hasta la corona e incluso al viento solar. Éstos pueden ser fenómenos explosivos como fulguraciones solares, eyecciones de masa coronal, protuberancias eruptivas u ondas de choque. Estos sucesos, a su vez, provocan perturbaciones en la meteorología espacial al afectar al comportamiento del viento solar.

Al encontrarse muy cerca del Sol, Solar Orbiter podrá captar en primer plano estos fenómenos explosivos repentinos y determinar el movimiento y las propiedades de los campos electromagnéticos del plasma que va rellenando la heliosfera. Analizando cómo se desarrollan estos eventos, que en ocasiones son colosales, permitirá a Solar Orbiter determinar qué consecuencias tienen para el viento solar y la heliosfera.

Desde la Tierra, solo es posible observar la corona solar durante eclipses de Sol totales, cuando la Luna bloquea la luz de la estrella y permite ver su atmósfera extendiéndose hacia el espacio. Esta imagen compuesta corresponde al eclipse de julio de 2019.

Las erupciones solares y las partículas energéticas que producen

El Sol es el acelerador de partículas más potente del sistema solar. Emite regularmente "tormentas" de partículas a velocidades cercanas a las de la luz que pueden atravesar la protección que tanto el campo magnético como la atmósfera terrestres nos ofrecen, e incluso pueden detectarse en la superficie de nuestro planeta. Los eventos relacionados con estas partículas altamente energéticas son un fenómeno extremo de la meteorología espacial y pueden afectar gravemente a los instrumentos en el espacio. En ocasiones interrumpen las comunicaciones por radio y hacen que el tráfico aéreo tenga que evitar las regiones polares, por donde es más fácil que penetren dichas partículas.

Todos los instrumentos de la misión ayudarán en la tarea de rastrear la causa de estos eventos. Examinando las propias partículas, haciendo mediciones y captando imágenes del entorno del que proceden a diferentes longitudes de onda, Solar Orbiter proporcionará datos reales que podrán compararse con las teorías.

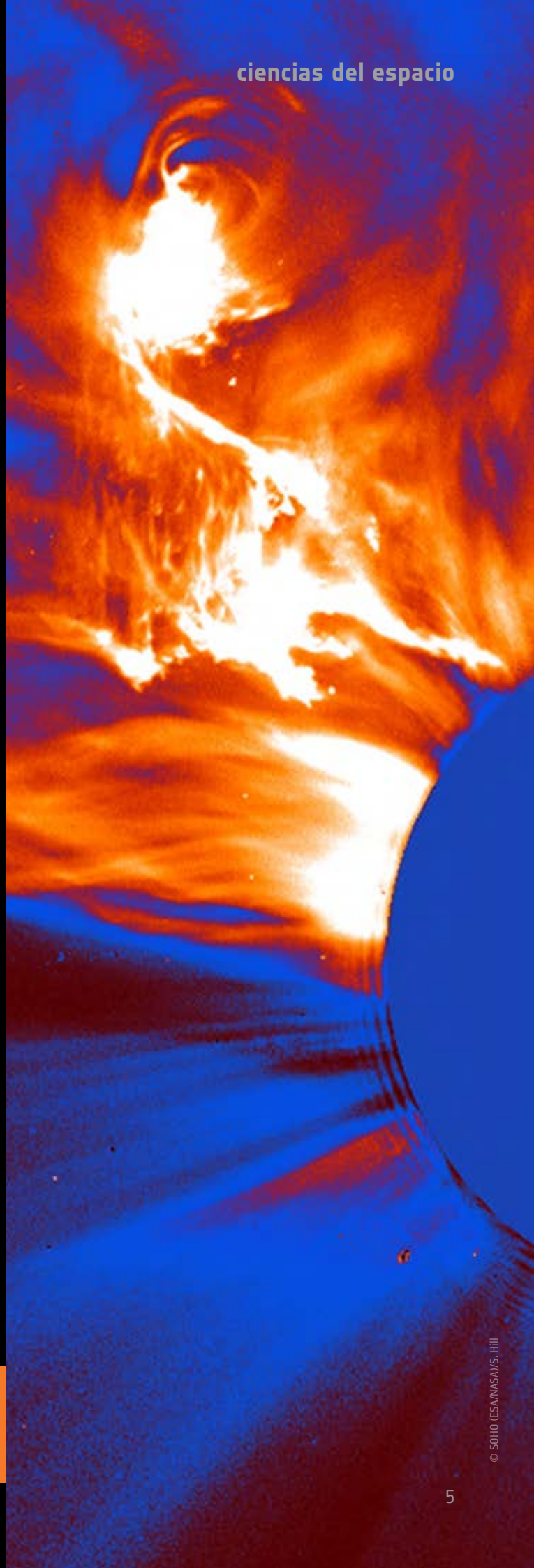
La generación del campo magnético del Sol

El campo magnético del Sol es responsable de toda la actividad solar que observamos. Determina el ciclo de 11 años de las manchas solares y controla el comportamiento de la atmósfera solar. Los estudios existentes han proporcionado amplia información sobre su estructura una vez que se libera del interior del Sol. Pero seguimos sin conocer el mecanismo que lo genera dentro del Sol, la llamada "dinamo solar".

Los científicos creen que se origina en una región del interior del Sol llamada tacoclina. Es la capa situada entre el final de la zona radiativa y la base de la zona convectiva, un punto donde cambian drásticamente las propiedades de la rotación del Sol, lo que da lugar a grandes fuerzas de fricción en el plasma. Los modelos computacionales sugieren que una corriente de plasma procedente de las regiones ecuatoriales de la superficie solar arrastra hacia los polos los restos de campos magnéticos debilitados de las manchas solares y otras regiones activas. Una vez en los polos, estos campos son engullidos de nuevo hacia el interior, donde reviven gracias al movimiento del plasma en la tacoclina. Desde allí, vuelven a emerger a la superficie y crean las manchas solares y regiones activas de un nuevo ciclo solar.

Solar Orbiter medirá las distintas corrientes que transportan los campos magnéticos alrededor de la superficie del astro, lo que proporcionará datos de gran valor para restringir los modelos.

Eyección de masa coronal coloreada para indicar la intensidad de la materia eyectada: el blanco indica la máxima intensidad y el azul la mínima. El disco azul es una máscara que oculta la luz solar directa para poder estudiar la corona.



→ ANATOMÍA DEL SOL

Granulación

Fenómeno causado por patrones de convección de la fotosfera. Cada gránulo mide unos 1000 km de ancho y está formado por plasma caliente que se eleva por el centro. Cuando libera su energía, el plasma se enfría, lo que hace que fluya hacia los lados del gránulo y vuelva a hundirse en la fotosfera. Cada gránulo dura unos 20 minutos, después de los cuales se desarrollan otros en puntos ligeramente distintos.

Protuberancia

Es una estructura grande, a menudo de muchos miles de kilómetros de extensión. Las protuberancias son concentraciones densas de plasma en forma de bucle que emergen de la cromosfera y se mantienen suspendidas sobre la superficie solar por una maraña de líneas del campo magnético. Pueden persistir en la corona varias semanas e incluso meses.

Fotosfera

Es la "superficie" visible del Sol. Prácticamente toda la radiación del astro se emite desde esta fina capa de varios cientos de kilómetros de espesor que descansa sobre el límite superior de la zona convectiva. Es donde la energía generada en el núcleo se proyecta libremente hacia el espacio. La temperatura de la fotosfera varía de un punto a otro, pero oscila entre los 4500 y 6000 °C.

Cromosfera

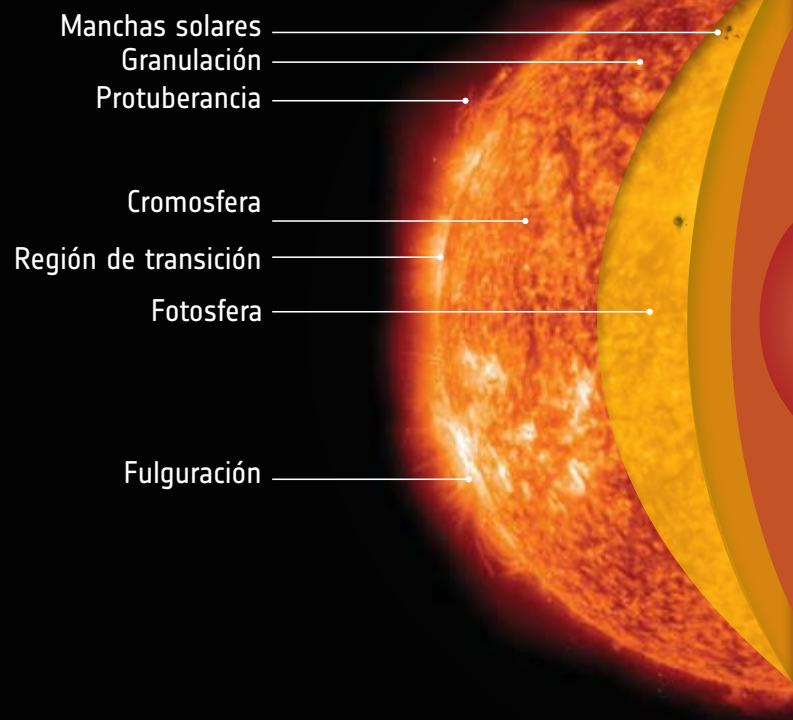
Es una capa situada sobre la fotosfera en la que la densidad del plasma cae drásticamente. En general, tiene 1000–2000 km de espesor y una temperatura de entre 4000 y 25 000 °C. Las columnas de gas cromosférico, conocidas como espículas, pueden alcanzar una altura de 10 000 km.

Región de transición

Es una capa delgada e irregular que separa la cromosfera, una zona relativamente fría, de la corona, mucho más caliente. En la zona de transición, la temperatura del plasma solar asciende casi a un millón de grados Celsius. Mientras la zona convectiva y, en parte, la fotosfera están dominadas por flujos de plasma capaces de desplazar regiones de flujo magnético intenso, la región de transición y la corona están dominadas por el campo magnético, que prácticamente obliga al plasma a moverse siguiendo sus líneas.

Manchas solares

Son estructuras temporales de la fotosfera. Comparadas con el brillo de la fotosfera, parecen parches oscuros porque tienen unos 1000 grados menos de temperatura y, por tanto, no emiten tanta luz. Están provocadas por campos magnéticos que atraviesan la fotosfera y enfrían el gas que contiene. Pueden medir desde unas decenas de kilómetros hasta más de 150 000 km.



Fulguraciones

Es una liberación súbita de energía. Normalmente se produce cuando las líneas del campo magnético que forman las manchas solares se transforman rápidamente en configuraciones más estables. Se parece un poco a una cinta elástica tensada que se rompe y libera toda la energía almacenada al volver a su posición. La energía desatada por las erupciones solares influye decisivamente en el comportamiento del viento solar.

Zona convectiva

Está situada entre la zona radiativa y la fotosfera, y tiene 200 000 km de profundidad. A diferencia de la capa superior, que tiene la misma temperatura que la fotosfera (4500–6000 °C), la base de la zona convectiva alcanza los dos millones de grados Celsius. Allí, el plasma se calienta rápidamente. Esto hace que aumente su fuerza de flotación y ascienda rápidamente, lo que crea un patrón de convección turbulento parecido al de una olla de agua en ebullición, solo que esta se produce a 200 000 km de profundidad y rodea todo el Sol.

Tacoclina

Es la frontera entre la zona convectiva y la radiativa. Debajo de ella, el Sol rota como un cuerpo sólido. Encima de ella, rota a distintas velocidades en función de su latitud. El cambio de la velocidad de rotación a lo largo de la tacoclina es muy drástico, lo que genera fuerzas de fricción que, según las teorías, podrían ser importantes para crear los campos magnéticos asociados a las manchas solares.

Zona radiativa

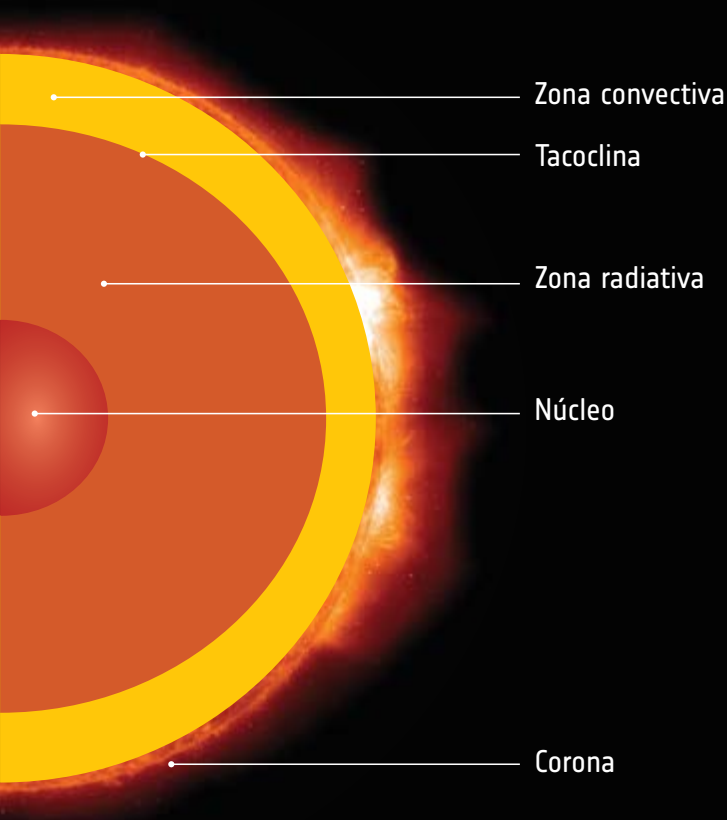
Es la capa situada encima del núcleo. Aunque no es tan densa como esta, aquí el plasma está tan condensado que no puede producir convección. En su lugar, la energía creada en el núcleo se esparce lentamente a través del plasma. Los fotones tardan alrededor de 170 000 años en atravesar la zona radiativa: los fotones viajan a la velocidad de la luz, pero solo pueden recorrer unos milímetros antes de ser absorbidos por los átomos, que vuelven a liberarlos en direcciones aleatorias. En la parte superior de la zona, la temperatura es de unos dos millones de grados Celsius. En la base, junto al núcleo, alcanza alrededor de siete millones de grados Celsius.

Núcleo

Aquí es donde el Sol produce su energía. La temperatura en el núcleo es de unos 15,7 millones de grados Celsius. Esto, combinado con la enorme presión y densidad del plasma, provoca la fusión de los núcleos de hidrógeno, lo que produce helio y libera vastas cantidades de energía en el proceso. Cada segundo, el Sol convierte cuatro millones de toneladas de materia en energía que inicia un lento viaje hacia la superficie.

Corona

Es la atmósfera del Sol y se extiende a lo largo de millones de kilómetros en el espacio. Se observa mejor en los eclipses de Sol totales. El plasma de la corona es extremadamente caliente (más de un millón de grados Celsius), pero está muy enrarecido. Su densidad suele ser una milbillonésima parte de la densidad de la fotosfera. El viento solar se origina en la corona.



Eyecciones de masa coronal

Son gigantescas erupciones de miles de millones de toneladas de plasma acompañadas de los correspondientes campos magnéticos procedentes de la corona solar. Se alejan del Sol a cientos o miles de kilómetros por segundo y, si toman rumbo a la Tierra, pueden producir tormentas geomagnéticas (ver la imagen en la página anterior).

→ PREPARACIÓN PARA CONDICIONES EXTREMAS

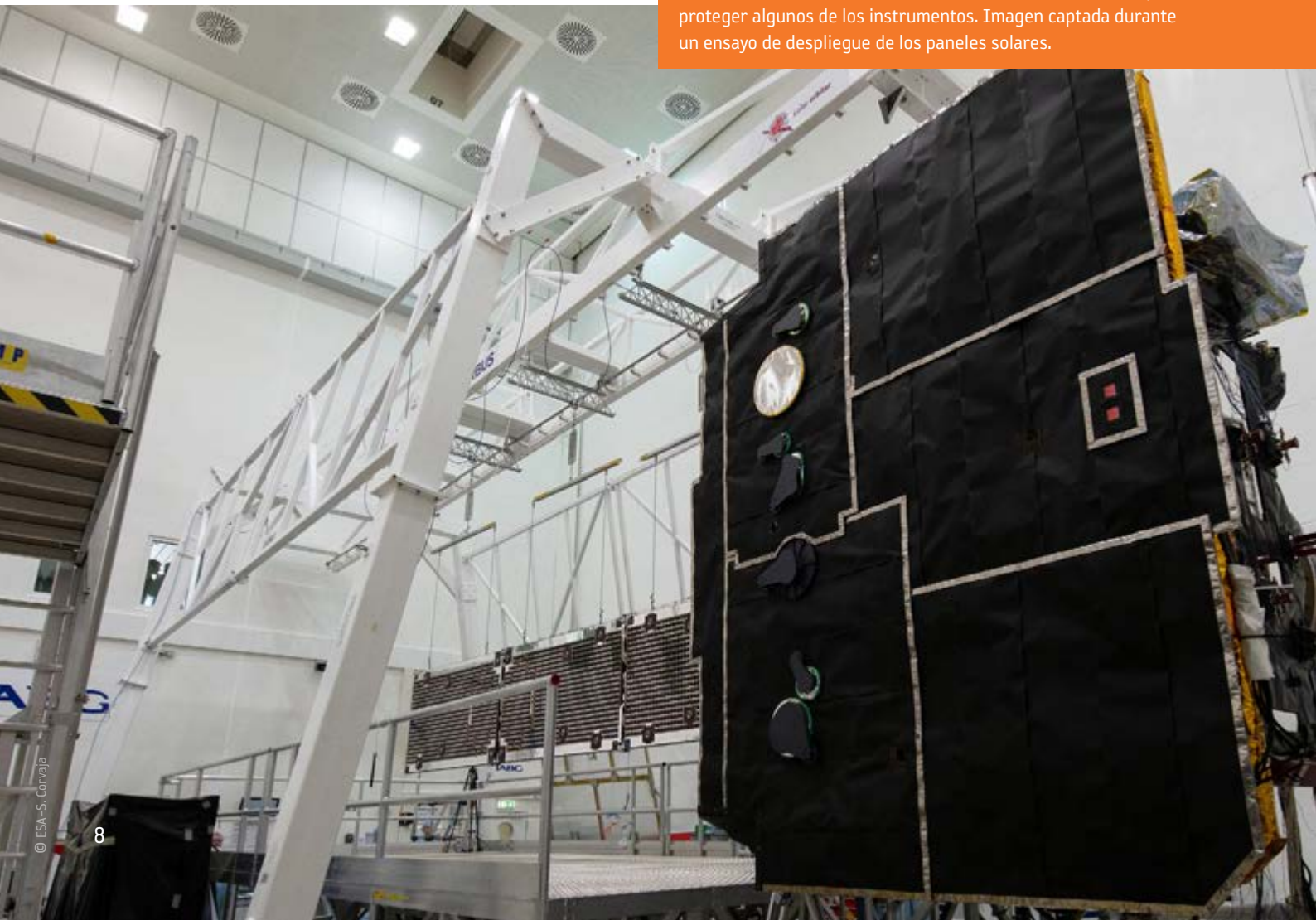
Solar Orbiter debe funcionar durante años en una de las regiones más hostiles del sistema solar. En su punto más cercano al Sol, aproximadamente 42 millones de kilómetros, estará a algo más de una cuarta parte de la distancia que existe entre la estrella y la Tierra. Ni siquiera el abrasado planeta Mercurio llega tan cerca pues en su máximo acercamiento al Sol se encuentra a 46 millones de kilómetros de distancia, aunque eso basta para que su superficie alcance unos 430 °C, más que suficiente para fundir plomo.

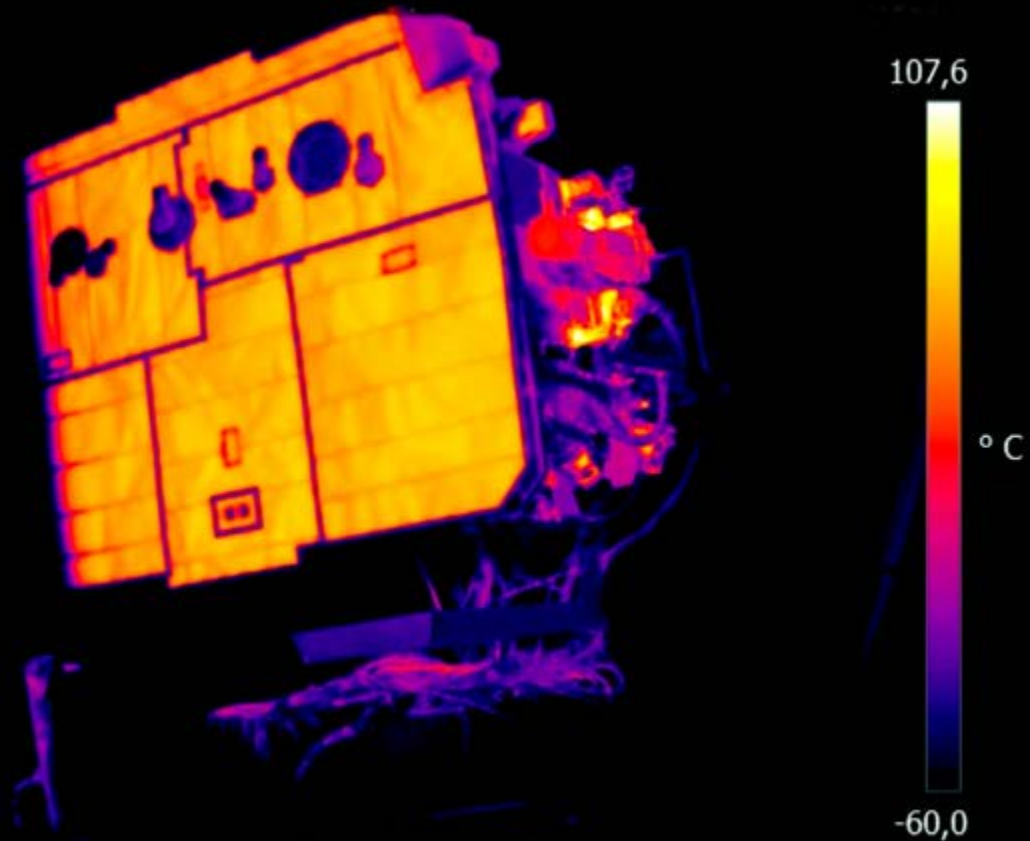
Para proteger una nave de 1,8 toneladas de semejantes temperaturas, la ESA y el principal contratista del proyecto, Airbus Defence and Space, han desarrollado diversas tecnologías en colaboración con otras empresas. En concreto,

la compañía irlandesa Enbio ha desarrollado un nuevo producto llamado SolarBlack.

Es un preparado con fosfato de calcio que se ha aplicado a la capa externa del escudo térmico de Solar Orbiter. Es excelente para absorber el calor y no se degrada, ni se transforma progresivamente en gas sea cual sea la cantidad de radiación infrarroja y ultravioleta que reciba. Tras esta fina capa de SolarBlack, la parte exterior del escudo está hecha de veinte finísimas capas de titanio, que puede soportar temperaturas de hasta 500 °C. A continuación hay un espacio vacío que conduce el calor hacia los laterales y lo evacúa al exterior de la nave. Los únicos componentes que atraviesan este espacio son diez soportes en forma de estrella que unen la capa superior del escudo a la base.

Escudo térmico "SolarBlack" de Solar Orbiter con cubiertas para proteger algunos de los instrumentos. Imagen captada durante un ensayo de despliegue de los paneles solares.





Vista infrarroja de la nave durante las pruebas térmicas

La base es una estructura de aluminio en forma de panel de 5 cm de espesor que está cubierta de 30 capas de aislante destinado a soportar temperaturas menores. Admite temperaturas de hasta 300 °C. Finalmente, todo el escudo está sujeto a la nave mediante "láminas" de titanio de 1,5 mm de espesor para minimizar la transferencia de calor a través de la superestructura de la nave.

El escudo térmico es clave para el éxito de la misión, ya que Solar Orbiter estará sometido a una cantidad de calor trece veces superior al que soportan los satélites que orbitan alrededor de la Tierra.

La nave utilizará energía solar para generar electricidad. Para ello, empleará paneles solares que pueden rotar de forma que cuando se acerque al Sol, los paneles podrán situarse en un ángulo que evite temperaturas demasiado altas. En cambio, cuando la nave esté en la zona más alejada de su órbita, podrán girar para ponerse de cara al Sol y recibir suficiente energía.

Instrumentos

Solar Orbiter transporta un total de diez instrumentos científicos (ver la página siguiente). Mientras estén protegidos detrás del escudo térmico, estarán a salvo, pero, para hacer su trabajo, necesitan ver el Sol o, al menos, ver las zonas del espacio cercanas al Sol que deben estudiar.

Para conseguirlo, los instrumentos se han dividido en dos tipos: *in situ* y "detección remota". Los instrumentos *in situ* miden las condiciones que rodean a la propia nave. Algunos se mantienen bajo la protección del escudo térmico pero otros deben mirar al Sol, así que llevan miniescudos térmicos o su propia protección. Los instrumentos de detección remota miden qué ocurre a larga distancia, en el mismo Sol. Van montados internamente en la nave y unas pequeñas tapas deslizantes en el escudo térmico permiten que la luz solar les llegue. En la mayoría de ellos, unas ventanas especiales bloquean la mayor parte del calor para proteger el instrumento, pero hay dos que utilizan otras soluciones: SPICE deja pasar toda la luz y desecha internamente aquella que no necesita, y la cámara de gran angular, SoloHI, mira por el lateral del escudo térmico pero no enfoca directamente al Sol.

Los datos obtenidos con ambos grupos de instrumentos se combinan para construir una imagen completa de lo que está ocurriendo en la corona y el viento solar.

→ INSTRUMENTOS PARA ESTUDIAR EL SOL

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN *IN SITU*

EPD: Energetic Particle Detector

EPD medirá las partículas energéticas que pasen cerca de la nave. Examinará su composición y variación a lo largo del tiempo. Los datos ayudarán a los científicos a investigar los orígenes, los mecanismos de aceleración y los procesos de transporte de estas partículas.

Investigador principal (IP): Javier Rodríguez-Pacheco, Universidad de Alcalá (ES)

MAG: Magnetometer

MAG tiene dos elementos que medirán con gran precisión el campo magnético que rodea la nave. Ayudará a descubrir cómo se relaciona el campo magnético del Sol con el resto del sistema solar y cómo cambia con el tiempo. Esto nos ayudará a entender cómo se calienta la corona y la forma en que el viento solar transporta la energía.

IP: Tim Horbury, Imperial College de Londres (GB)

RPW: Radio and Plasma Waves

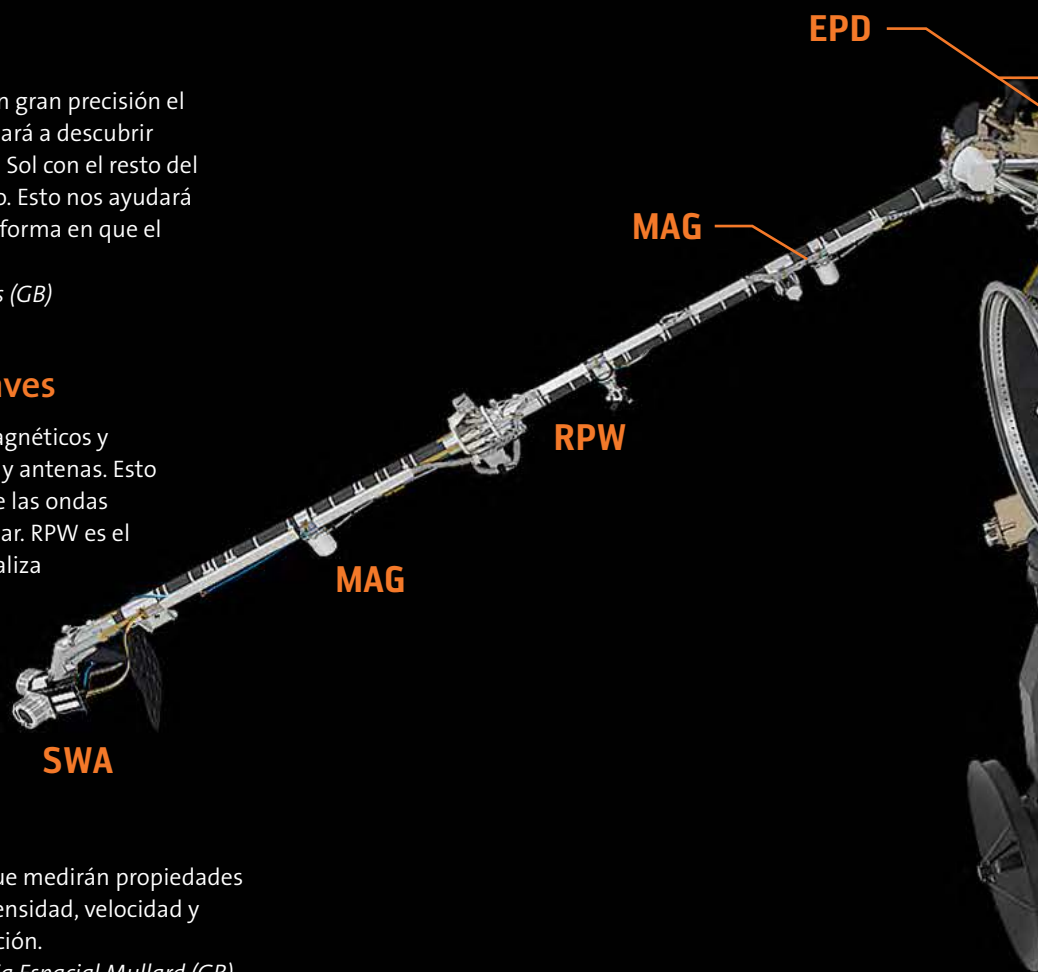
RPW medirá la variación de los campos magnéticos y eléctricos utilizando una serie de sensores y antenas. Esto ayudará a determinar las características de las ondas y campos electromagnéticos del viento solar. RPW es el único instrumento de Solar Orbiter que realiza mediciones *in situ* y detección remota.

IP: Milan Maksimovic, LESIA, Observatorio de París (FR)

SWA: Solar Wind Plasma Analyser

SWA consta de un conjunto de sensores que medirán propiedades generales del viento solar tales como su densidad, velocidad y temperatura. También medirá su composición.

IP: Christopher Owen, Laboratorio de Ciencia Espacial Mullard (GB)



INSTRUMENTOS DE DETECCIÓN REMOTA

EUI: Extreme Ultraviolet Imager

EUI tomará imágenes de la cromosfera, la región de transición y la corona. Esto permitirá investigar los misteriosos procesos de calentamiento que tienen lugar en esta región y relacionar las mediciones in situ del viento solar con las regiones que lo originan en el Sol.

IP: Pierre Rochus, Centro Espacial de Lieja (BE)

Metis: Coronagraph

Metis tomará imágenes simultáneas de la corona en longitudes de onda de la luz visible y ultravioleta. Esto mostrará la estructura y la dinámica de la atmósfera solar con un nivel de detalle sin precedentes a distancias comprendidas entre 1,7 y 4,1 radios solares. Con ello, los científicos podrán buscar los vínculos entre el comportamiento de estas regiones y la meteorología espacial en el sistema solar interior.

IP: Marco Romoli, INAF – Universidad de Florencia (IT)

PHI: Polarimetric and Helioseismic Imager

PHI proporcionará mediciones de alta resolución del campo magnético de la fotosfera y mapas de su brillo en el espectro visible. También producirá mapas de velocidad del movimiento de la fotosfera que permitirán realizar investigaciones heliosísmicas del interior del Sol, en concreto de la zona convectiva.

IP: Sami Solanki, Instituto Max Planck para la Investigación del Sistema Solar (DE)

SoloHI: Heliospheric Imager

SoloHI tomará imágenes del viento solar captando la luz dispersada por los electrones que se encuentran en él. Esto permitirá identificar perturbaciones transitorias en el viento solar, como las provocadas por eyecciones de masa coronal, en las que pueden liberarse al espacio mil millones de toneladas de gas coronal.

IP: Russell A. Howard, Laboratorio de Investigación Naval de Estados Unidos, Washington, DC (EE. UU.)

SPICE: Spectral Imaging of the Coronal Environment

SPICE revelará las propiedades de la región de transición y la corona del Sol midiendo el espectro electromagnético emitido por el plasma solar en longitudes de onda del ultravioleta extremo.

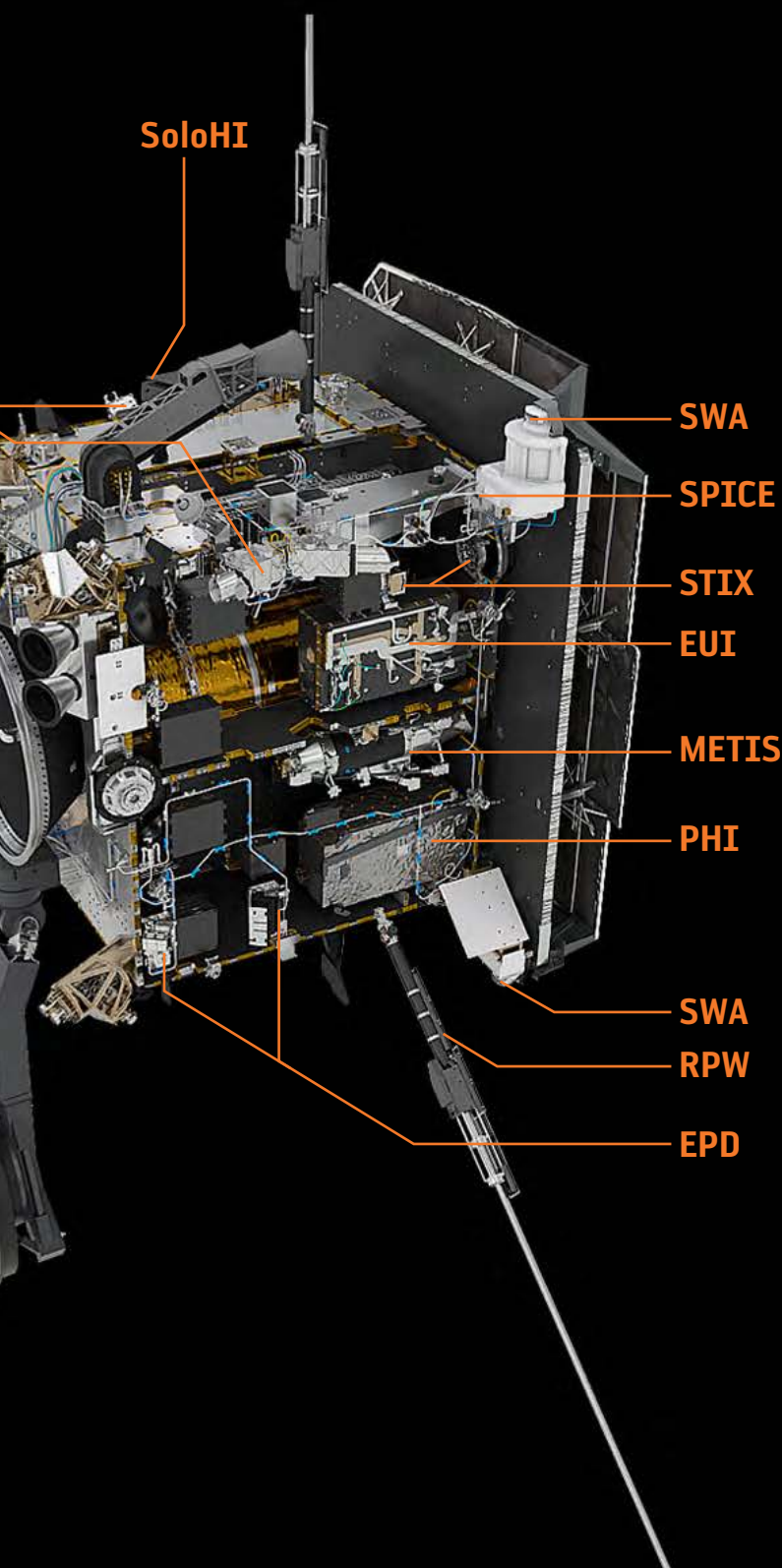
Estos datos se compararán con las propiedades del viento solar detectadas por los instrumentos *in situ* de la nave.

Instrumento responsabilidad de la ESA; IP para la fase de operaciones: Frédéric Auchère, IAS, Orsay (FR)

STIX: X-ray Spectrometer/Telescope

STIX detectará las emisiones de rayos X procedentes del Sol. Estas podrían proceder del plasma caliente, normalmente asociado a actividad magnética explosiva tal como las fulguraciones solares. STIX proporcionará los datos de cadencia, localización, intensidad y energía de estos eventos para entender mejor sus efectos sobre el viento solar.

IP: Säm Krucker, FHNW, Windisch (CH)



→ LANZAMIENTO Y CONTROL DE SOLAR ORBITER

Solar Orbiter seguirá una compleja serie de órbitas alteradas por maniobras de asistencia gravitatoria.

El lanzamiento de Solar Orbiter está previsto en febrero de 2020 desde Cabo Cañaveral, Florida, a bordo de un cohete Atlas V 411 suministrado por la NASA. Tras la puesta en servicio inicial de sus sistemas e instrumentos, su primera pasada cercana al Sol tendrá lugar en junio, cuando la nave se encuentre aproximadamente a la mitad de la distancia que hay entre la órbita terrestre y el Sol.

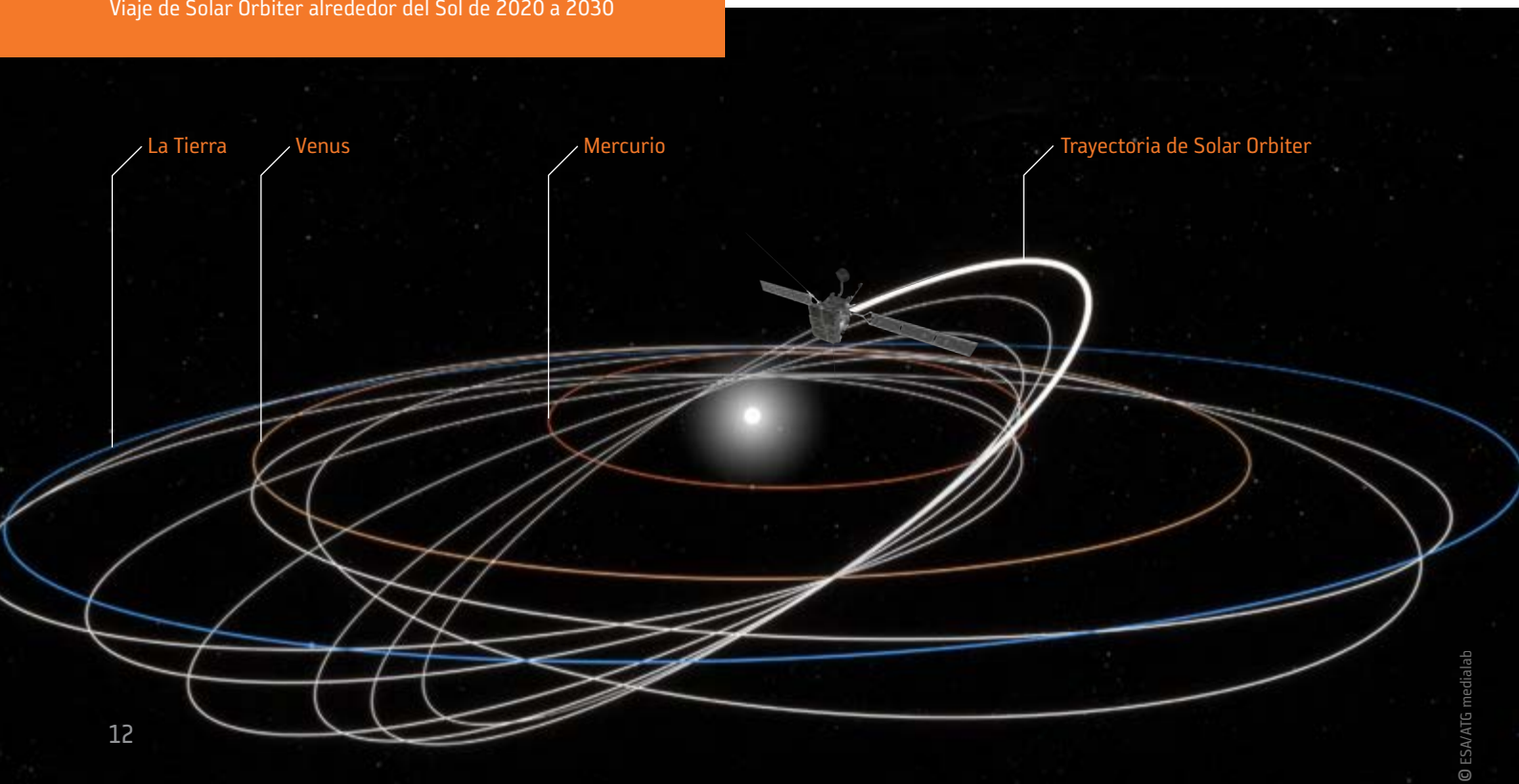
Durante el resto de la fase de cruce, que durará hasta noviembre de 2021, Solar Orbiter efectuará dos maniobras de asistencia gravitatoria, una alrededor de Venus y la otra alrededor de la Tierra, para alterar la trayectoria de la nave y conducirla hacia las regiones interiores del sistema solar. Al mismo tiempo, Solar Orbiter adquirirá datos *in situ* y caracterizará y calibrará sus instrumentos de detección remota. La primera pasada cerca del Sol tras la fase de cruce se producirá a finales de marzo de 2022, más o menos a un tercio de la distancia que hay entre la Tierra y el Sol.

Una vez en las proximidades de la estrella, la nave se situará en una órbita elíptica que tarda 180 días en recorrer. Esto significa que se acercará al Sol cada seis meses. Durante estas aproximaciones, Solar Orbiter pasará a 42 millones de kilómetros de la superficie del astro, unos 60 radios solares.

Se ha elegido una órbita "en resonancia" con Venus, lo que significa que volverá a aproximarse a este planeta cada cierto número de órbitas y podrá utilizar la gravedad de Venus para alterar su propia órbita. Tras el lanzamiento, Solar Orbiter volará en el mismo plano en el que orbitan los planetas, pero cada vez que se encuentre con Venus una maniobra de asistencia gravitatoria inclinará más y más su órbita para que cada vez que la nave se acerque al Sol lo pueda observar con una perspectiva diferente.

La misión científica nominal de Solar Orbiter es de cuatro años. Durante este tiempo, la inclinación de la órbita debería alcanzar los 17°. Esto permitirá a la nave captar por primera vez imágenes de regiones cercanas a los polos del Sol (las regiones polares no son visibles desde la Tierra). Durante una posible extensión, podría aumentar esta inclinación incluso hasta los 33°, lo que proporcionaría una vista aún más directa de dichas regiones.

Viaje de Solar Orbiter alrededor del Sol de 2020 a 2030





Antena de radio de 35 m de la ESA situada en la estación de tierra de Malargüe, Argentina

© ESA/Filippo Concato

Apoyo en tierra

Solar Orbiter se comunicará con la Tierra a través de la red de estaciones de seguimiento de espacio profundo de la ESA, ESTRACK.

La comunicación con la nave no será en tiempo real, sino que las órdenes enviadas a los instrumentos se almacenarán a bordo una vez enviadas por el centro de control de ESOC, en Darmstadt, Alemania. Los datos resultantes también se almacenan a bordo y se irán transmitiendo durante contactos de ocho horas con una estación de tierra de 35 metros de la ESA situada en Malargüe, Argentina. Otras estaciones de ESTRACK, como las de New Norcia en Australia y Cebreros en España, actuarán como estaciones de reserva.

El Centro de Operaciones Científicas (SOC), situado en el ESAC (Villanueva de la Cañada, España), será responsable de planificar toda la misión. Dado que las características orbitales de esta cambian considerablemente de una órbita a otra, el equipo científico y el SOC deben realizar una planificación minuciosa en todo momento. El SOC también será responsable de archivar todos los datos recopilados, de forma que todo el mundo pueda acceder a ellos con facilidad. Esto asegurará el legado de la misión, ya que convertirá esos datos en un recurso para cualquier científico que desee utilizarlos incluso mucho tiempo después de que haya finalizado la fase de operaciones de Solar Orbiter.

→ COLABORACIÓN CON PARKER SOLAR PROBE

Solar Orbiter será una de dos naves complementarias que estudiarán el Sol desde cerca: se unirá a Parker Solar Probe de la NASA, que ya está realizando su misión. Parker Solar Probe, lanzada desde Cabo Cañaveral en un cohete Delta IV Heavy el 12 de agosto de 2018, recibe su nombre de Eugene Parker, que desarrolló la teoría del viento solar en 1958.

Esta sonda lleva una carga útil más pequeña que la de Solar Orbiter, pero se acerca más al Sol. Al igual que Solar Orbiter, utiliza maniobras de asistencia gravitatoria que la lancen cada vez más cerca de la estrella. Ya tiene el récord de proximidad al Sol. El 4 de abril de 2019, pasó a una distancia de 24 millones de kilómetros de la superficie solar y se irá acercando cada vez más durante los 24 encuentros que tiene previstos con el Sol. En las tres órbitas finales de su misión nominal, Parker pasará a unos 6,2 millones de kilómetros de la superficie solar, con lo que se enfrentará a niveles de calor y radiación que ninguna nave ha experimentado jamás.

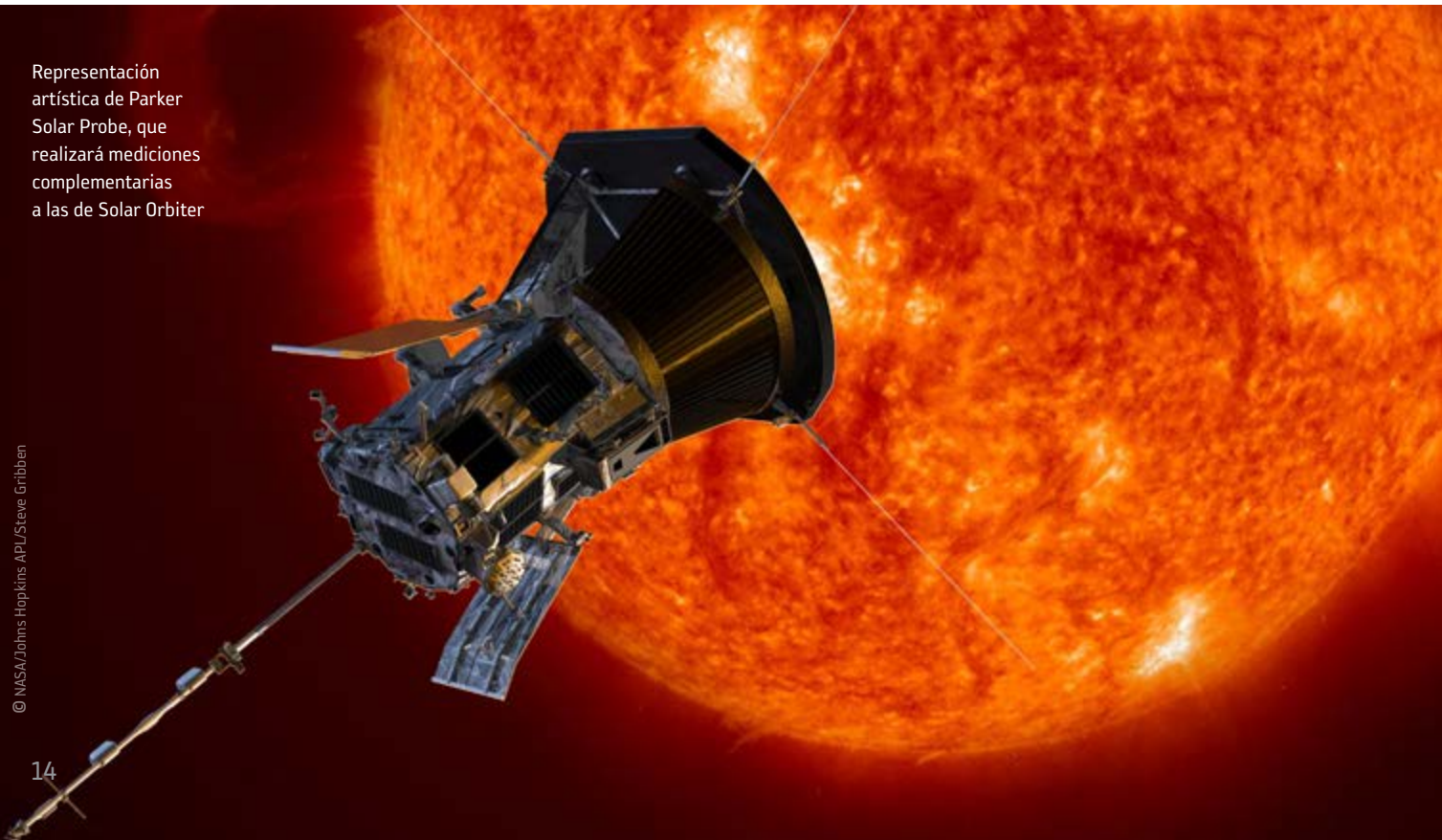
Esta sonda transporta instrumentos para estudiar la corona del Sol y su objetivo es estudiar la región del espacio en la que se libera el plasma coronal para convertirse en viento solar.

Esto proporcionará a los científicos datos reales de las condiciones del plasma en esa región y ayudará a determinar cómo se acelera en su camino hacia los planetas. Sin embargo, Parker Solar Probe no tiene cámaras que miren al Sol directamente. No existe ninguna tecnología capaz de enfocarlo desde una distancia tan cercana y sobrevivir. Y aquí es donde entra Solar Orbiter.

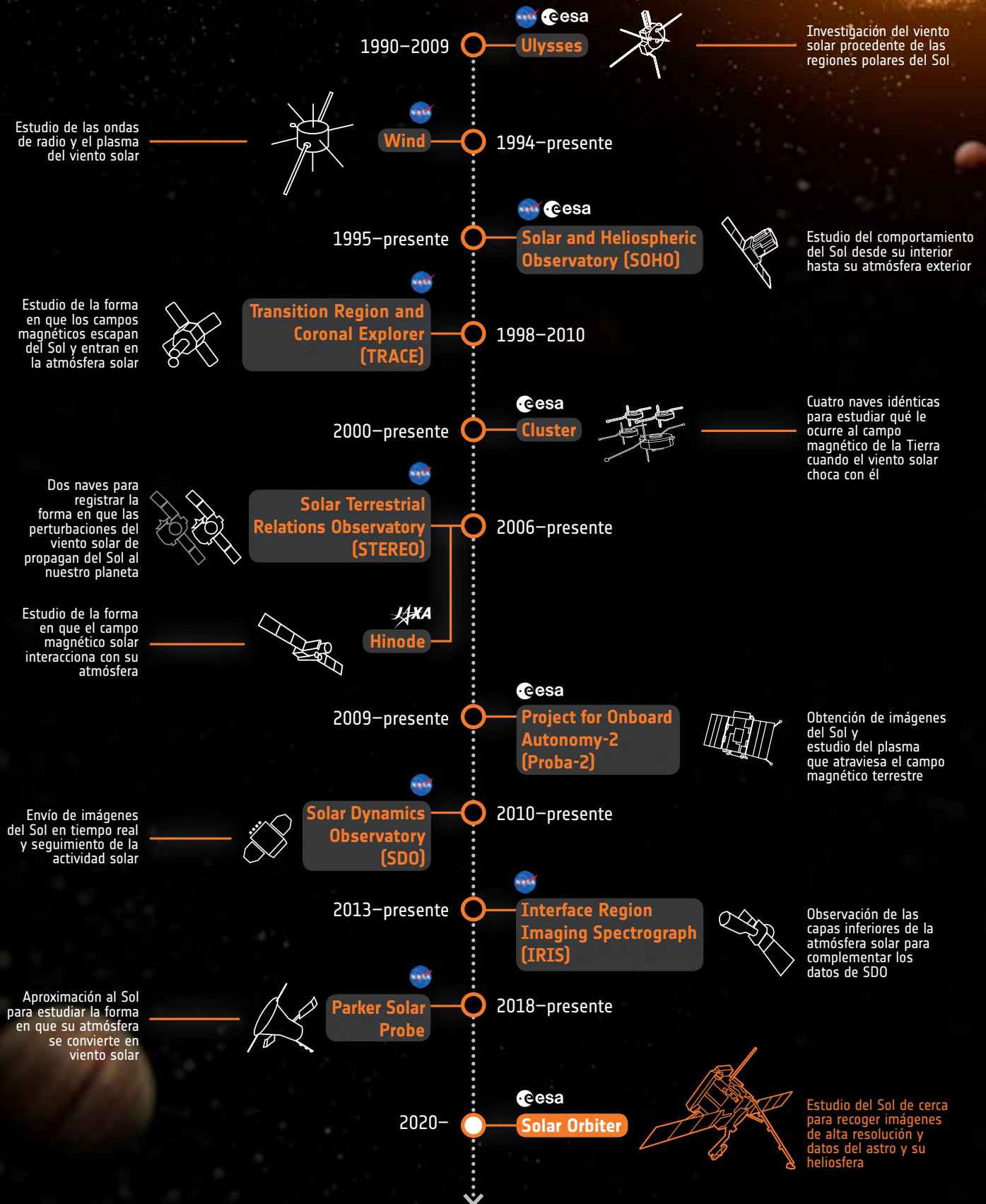
Además de cumplir sus propios objetivos científicos, Solar Orbiter proporcionará información contextual para facilitar la comprensión de las mediciones realizadas *in situ* por la misión de la NASA. Gracias a esta colaboración, las dos naves recogerán datos complementarios que permitirán extraer más información científica que la que brindaría cada una de ellas por separado.

Obviamente, el Sol es esencial para la vida en la Tierra. Es a la vez el motor central del sistema solar y su principal enigma. Cuando concluya la misión Solar Orbiter de la ESA, conoceremos mejor que nunca este astro y cómo reducir los riesgos que su actividad entraña para la tecnología de la Tierra.

Representación
artística de Parker
Solar Probe, que
realizará mediciones
complementarias
a las de Solar Orbiter



Misiones al Sol



→ UNA EMPRESA INTERNACIONAL

Países que contribuyen al desarrollo de Solar Orbiter

Esta mapa muestra los estados miembros y estados colaboradores de la ESA que contribuyen al desarrollo de la misión Solar Orbiter en Europa. Los países que participan fuera de Europa se indican en la parte superior izquierda.

Estados Unidos



Laboratorio de Investigación Naval
Instituto de Investigación del Sudoeste
Universidad de Michigan
Universidad de New Hampshire
GSFC, JPL, APL

Noruega

KDA
ITA, Universidad de Oslo

Reino Unido

ABSL, Airbus, ESTL, Tessella
Imperial College de Londres
Laboratorio de Ciencia Espacial Mullard, University College London
Laboratorio Rutherford Appleton

Irlanda

CAPTEC, ENBIO

Países Bajos

Airbus, Tessella, TNO

Bélgica

TAS, RHEA
Centro Espacial de Lieja, Real Observatorio de Bélgica

Francia

Airbus, CNES
Instituto de Astrofísica Espacial, Institut d'Optique, IRAP Toulouse
LESIA, Observatorio de París, LPP, LPC2E, CEA

Portugal

Active Space, Critical Software

España

Airbus, Sener, TAS
Grupo de Investigación del Espacio, Universidad de Alcalá
Instituto de Astrofísica de Andalucía, INTA
Universidad de Valencia, Universidad de Barcelona
UPM, IAC

Finlandia

RUAG

Suecia

RUAG, OHB
IRF Uppsala

Dinamarca

TERMA

Alemania

Airbus, IABG, RCD, MTA
CAU Kiel, MPS Gotinga, AIP, KIS Friburgo
IDA TU Braunschweig, PTB Berlin

Polonia

CBK PAN

República Checa

MaxMechanica
Instituto Astronómico
Instituto de Física Atmosférica
Academia de Ciencias de la República Checa,
Universidad Carolina

Austria

RUAG, Siemens
Instituto de Investigación Espacial, Universidad de Graz

Suiza

RUAG, Almatech
Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, PMOD, PSI

Italia

Leonardo, TAS, OHB
INAF Roma,
Universidad de Florencia, Universidad de Génova,
Universidad de Padua, Universidad de Urbino,
CNR-IFN, Universidad Politécnica de Turín

Socios de la industria

Instituciones científicas o académicas que
contribuyen a la carga útil científica



**Más información
sobre Solar Orbiter:**
www.esa.int/solarorbiter
[@ESASolarOrbiter](https://twitter.com/ESASolarOrbiter)



