



→ EL EFECTO ESA

Al servicio de la cooperación
y la innovación en Europa



→ EL EFECTO ESA

Al servicio de la cooperación
y la innovación en Europa

5 CINCUENTA AÑOS DE EUROPA EN EL ESPACIO

6 INTRODUCCIÓN

- 8 Presupuesto de la ESA
- 9 Bases espaciales
- 10 Asientos de conducción

12 LAS PROFUNDIDADES DEL ESPACIO Y DEL TIEMPO

- 14 La flota de la ESA en todo el espectro
- 16 Máquina del tiempo
- 18 Viaje al borde del cero absoluto
- 20 Un mapa de todo
- 22 Galaxias como granos de arena
- 24 Mirada fría
- 26 Los hilos de la creación
- 28 Un fantasma en rayos X
- 30 La vida y muerte de las estrellas
- 32 El universo del Hubble
- 34 Materia oscura, oculta a simple vista
- 36 Buscando las primeras estrellas
- 38 Diseño del Webb
- 40 Contemplando las estrellas en la sombra
- 42 Ojo de Gaia
- 44 El sueño de caída de Einstein

46 EL SISTEMA SOLAR

- 48 Cruzando el vacío
- 50 Aterrizaje en la niebla
- 52 Colección de lunas
- 54 Eclipse de sol
- 56 Mundos de hielo con océanos ocultos
- 58 Cazador de cometas
- 60 Terra incognita
- 62 Cuerpo doble
- 64 ¿Un océano seco en el planeta rojo?
- 66 Pico marciano
- 68 La cara de Fobos
- 70 Bienvenidos al infierno
- 72 Una luz extraterrestre
- 74 Misión a un eslabón perdido

- 76 Foco de atención
- 78 Fuego en el cielo
- 80 Ciclo de violencia solar
- 82 Un toque de sol
- 84 Exploración polar
- 86 Oasis lejano

88 EL DISTRITO DE NEGOCIOS DEL ESPACIO

- 90 Mundo con anillo
- 92 Antenas listas
- 94 Colaboraciones público-privado
- 96 Reflejando rendimiento
- 98 Introduciendo de Alphasat
- 100 Satélites para mayor seguridad aérea
- 102 Permiso de aterrizaje
- 104 Advertencia de tormenta

106 ÓRBITA ESTABLE PARA LA NAVEGACIÓN POR SATÉLITE

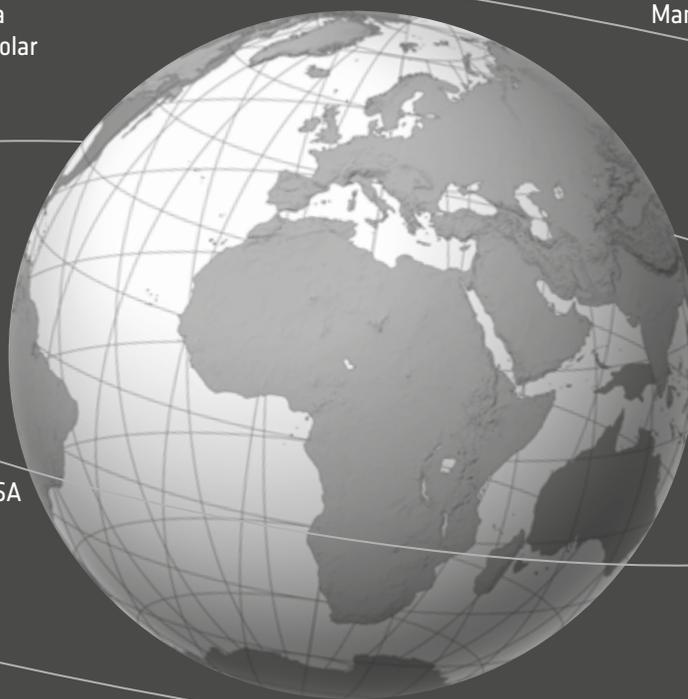
- 108 Guiado desde arriba
- 110 Fundamentos de Galileo
- 112 Nueva era de la navegación en Europa
- 114 Comprobación de la salud en órbita
- 116 Galileo en tierra
- 118 Avanzadilla solitaria
- 120 En el fin del mundo

122 VIGILANDO EL MUNDO EN QUE VIVIMOS

- 124 Marcando el camino
- 126 Ascenso del MetOp
- 128 Visión radar
- 130 Envisat: 10 años de vida en la Tierra
- 132 Los Sentinels: creados para vigilar
- 134 Hay algo en el aire
- 136 Un agujero en el cielo
- 138 Planeta de fuego
- 140 Sacudiendo los cielos
- 142 Líneas de vuelo
- 144 Borde de hielo
- 146 El rostro de las profundidades
- 148 Hierba del mar
- 150 Respiración planetaria

152	Bosques que desaparecen
154	Corazón duro de Asia
156	No hay humo sin fuego
158	Golpe de tsunami
160	Aguas sucias
162	Lugar de refugio
164	Planeta urbano
166	La ciudad que se hunde
168	Trabajar en los campos
170	La nueva generación
172	Mapa global de la gravedad
174	La piel salada y acuosa de la Tierra
176	Nueva dimensión en la observación polar
178	Misión magnética
180	El ojo de la ESA sobre la Tierra

182	UNA CASA EN LO ALTO
184	Un espacio compartido
186	Plataforma de investigación
188	El lugar de Europa en el espacio
190	Desafiando la gravedad
192	Líneas de suministro en el espacio
194	Cargamento de último hora
196	El ATV en camino
198	Encuentro robótico
200	El factor humano
202	Perder peso rápidamente al estilo de la ESA
204	Hundirse y nadar
206	El mejor amigo del hombre
208	Soyuz simulada
210	Tren para cohetes
212	En la parte de arriba
214	Una ventana al mundo
216	Luces en la noche
218	Joyas azules del Mar Rojo
220	Alturas nevadas
222	Radiovigilancia del tráfico marítimo
224	Descendiendo
226	Señal de progreso
228	Lo que yace debajo
230	Preludio helado a la exploración



PUENTES HASTA LA ÓRBITA

232	Listo para el lanzamiento
234	Volar sobre a fuego
236	Sólido aspirante
238	Soyuz sudamericano
240	Observatorio isleño
242	Radioenlace con la órbita
244	Gran antena
246	Centro de control
248	Manteniendo un puesto de observación

PREPARANDO EL CAMINO

252	El corazón técnico
254	Misiones que toman forma
256	El espacio en una botella
258	Sondeando el nanomundo
260	Pruebas en vacío
262	Pared de sonido
264	Batido, no revuelto

EL ESPACIO EN LA TIERRA

268	La forma en que vivimos hoy
270	Doblando el metal
272	Girando al viento
274	El arte del cristal
276	Diseñado para el atraque
278	Haciendo negocios
280	Caudal de conocimientos

TAN SOLO EL COMIENZO

284	Clean space
286	Observando el cielo
288	Servicios en tierra
290	Sin luz pero con teléfono
292	Acción enérgica
294	En su mundo propio
296	Difundiendo la voz

Misiones de la ESA 300



Estados miembro de la ESA

BR-306/ES Agosto 2014
 Traducción/maquetado Translatus
 Autor S. Blair
 Editor de producción A. Wilson
 Diseñador G. Gasperoni (Taua)
 Diseñador de producción H. Simões
 ISBN 978-92-9221-074-8
 ISSN 0250-1589
 Copyright © 2014 European Space Agency

CINCUENTA AÑOS DE EUROPA EN EL ESPACIO

¿De dónde surgió la Agencia Espacial Europea, el objeto de este libro? La iniciativa de colaboración espacial que con el tiempo daría lugar a la ESA se originó hace medio siglo. Este año, el 2014, marca el 50º aniversario de la creación de la Europa del espacio, conmemorado por una serie de eventos y actividades.

A finales de los 40 y principios de los 50 Europa era un continente que se estaba recuperando de una guerra. No estaba prevista ninguna presencia europea considerable en el espacio hasta que dos importantes estadistas científicos, Pierre Auger de Francia y Edoardo Amaldi de Italia, comenzaron a abogar por un esfuerzo europeo conjunto. Amaldi declaró que el lanzamiento de satélites europeos, a los que denominó “*Eurolunas*”, tendría “una importancia de primer orden, tanto *moral* como *práctica*, para todos los países del continente”.

Como fundadores del CERN, la Organización Europea para la Investigación Nuclear, a principios de los 50, ambos tenían en mente dicho modelo para esta nueva iniciativa, que se regiría, según Amaldi, “sobre la base de principios científicos y técnicos y no sobre la base de argumentos políticos y comerciales”. El debate dio lugar a la constitución de la Comisión para Estudiar las Posibilidades de Colaboración Europea en el Ámbito del Espacio (COPERS) a finales de los 60.

En 1964 este esfuerzo dio sus frutos: los Convenios de creación de la Organización para el Desarrollo Europeo de Lanzadores y de la Organización Europea de Investigaciones Espaciales entraron en vigor: en esos primeros años, la ciencia espacial europea se organizaba por separado del desarrollo de lanzadores.

Poco más de una década más tarde se constituiría la ESA en sustitución de estas dos organizaciones. A pesar de los contratiempos tecnológicos y las incertidumbres políticas que marcaron los años 60 y 70, se definió el marco para un esfuerzo viable de colaboración europea en materia de ciencia espacial y sus aplicaciones, junto con el desarrollo de lanzadores. Este marco propició todos los exitosos programas europeos sucesivos.

¿Está la ESA en el 2014 a la altura de la amplia visión de Amaldi? La ESA se ha convertido en la puerta de entrada de Europa al espacio, con la misión de dar forma al desarrollo de la capacidad espacial de Europa y garantizar que la inversión en el espacio reporte beneficios a los ciudadanos de Europa y del mundo. La utilización del espacio ofrece más y más servicios a los ciudadanos, desde previsiones meteorológicas hasta telecomunicaciones y navegación. La exploración espacial proporciona un mayor conocimiento de nuestro sistema solar y del planeta Tierra, proporcionando datos únicos para comprender los cambios globales.

Esto solo es posible porque contamos con lanzadores, sistemas y tecnologías capaces de colocar satélites en el espacio. Los beneficios de la utilización y la exploración del espacio se han ampliado de formas que no podrían haberse imaginado hace 50 años. Las aplicaciones espaciales forman parte ahora de la vida cotidiana de todos los ciudadanos europeos y se han convertido en una de las vías más eficaces para el crecimiento. El futuro es mucho más importante para el espacio que su pasado.

El lema celebratorio de este año, “*Sirviendo a la cooperación y la innovación europeas*”, subraya la gran diferencia que la ESA, junto con sus estados miembro, la industria espacial, la comunidad científica y, más recientemente, la UE, ha marcado para Europa y sus ciudadanos. Es imposible imaginar una Europa sin espacio.

Cincuenta años de cooperación europea en el espacio es un aniversario para todo el sector espacial en Europa, que puede estar orgulloso de sus logros y resultados. Es un testimonio de que cuando los estados miembro comparten los mismos retos y unen sus fuerzas, Europa puede estar a la vanguardia del progreso científico, fortaleciendo el crecimiento económico y la competitividad en beneficio de todos los ciudadanos.

Jean-Jacques Dordain
Director general

INTRODUCCIÓN

La Agencia Espacial Europea es la forma colectiva de que Europa se ha dotado para acceder, explorar y sacar partido del universo más amplio, incluyendo nuestro propio planeta. Habida cuenta de la extensión infinita del espacio y las posibilidades ilimitadas que presenta, los estados miembro de la Agencia han optado por aunar sus esfuerzos y cooperar para lograr resultados a una escala que ninguna nación por sí misma podría igualar.

Es una Agencia integrada por personas provenientes de todos los estados miembros que la componen. La ESA ha superado barreras de idioma y de sensibilidad para forjar una cultura común impulsada por la búsqueda de la excelencia, con la diversidad como una de sus mayores fortalezas y con tres valores principales que guían todas sus acciones: europea, visionaria y humana. Los resultados de la ESA hablan por sí mismos. El buen trabajo tiende a tener un impacto. Durante sus cuatro décadas, el efecto acumulado de los esfuerzos de la Agencia ha conseguido diferencias tangibles en Europa, en otras partes del mundo y en el espacio más allá.

El espacio como efecto de palanca

¿Por qué debería Europa estar activa en el espacio? El hecho de que la exploración forme parte de la tradición de Europa es una razón, pero solamente una entre muchas. El espacio ha sido llamado el nuevo océano y la frontera final pero, aunque es cierto, ninguna de estas frases expresa la gama de oportunidades que se presentan al dejar la Tierra tras de sí.

Lo que acceder al espacio proporciona, por encima de todo lo demás, es un efecto de palanca: la amplificación del esfuerzo para alcanzar un objetivo particular. Nuestros antepasados sabían que el mejor método para tratar con un obstáculo pesado era retroceder y aplicar una palanca, una de las herramientas de ingeniería más antiguas. Cuanto mayor el obstáculo, más larga tenía que ser la palanca necesaria para desplazarlo.

Como escribió Arquímedes: "Deme una palanca lo suficientemente larga y un apoyo sobre el cual colocarla y moveré el mundo".

Los satélites de hoy en día son herramientas más sofisticadas en muchos órdenes de magnitud, pero el principio operativo subyacente es el mismo: es el acto de enviarlos lejos del planeta lo que les confiere su poder. Eso incluye permitir a la humanidad aventurarse más allá en el espacio, comunicarse instantáneamente y navegar con precisión sobre una base mundial, delinear la composición de la atmósfera de la Tierra y su más mínimo movimiento de tierras hasta una escala milimétrica o incluso comprender el funcionamiento interior del sistema de la Tierra. Llevar esto a las más altas esferas es la única forma en que se pueden lograr estas tareas.

Legados de la ESA

Los resultados positivos de la existencia de la ESA han sido numerosos y variados. Visiones inspiradoras del lejano cosmos adquiridas por las misiones de la ESA han cambiado la forma en que la humanidad percibe el universo y nuestro lugar en el mismo. Nuestro entendimiento de nuestro propio mundo y de los complejos sistemas que determinan su entorno creador de vida se ha visto revolucionado al adoptar una perspectiva basada en el espacio. Al mismo tiempo, la Tierra se puede comparar a otros mundos del sistema solar y más allá.

Desde los satélites de meteorología a las telecomunicaciones basadas en el espacio y el control medioambiental, los sistemas que la ESA ha diseñado y puesto en práctica han contribuido a fortalecer la independencia estratégica de Europa y su lugar en el mundo, así como a mejorar la calidad de vida y la prosperidad de sus ciudadanos.

La dificultad intrínseca de los proyectos emprendidos por la ESA tiene un efecto duradero sobre la economía europea. Las compañías obtienen la experiencia de realizar diseños de ingeniería con grados de precisión y rendimiento sin precedentes que a menudo inspiran técnicas y tecnologías lo cual, en última instancia, aumenta la competitividad comercial y técnica de Europa. En pocas palabras, las empresas terminan capacitándose a un nivel superior. Todos estos conocimientos pueden transferirse entonces de forma útil a aplicaciones terrestres. Y el éxito pionero de la ESA en el espacio también ha conducido a la creación subsiguiente de organizaciones de servicio para explotar dichos avances de forma continua, así como a la emergencia de empresas comerciales líderes en el mundo en los nuevos mercados abiertos por la innovación espacial.

Compromiso de cooperación

El ímpetu para crear una potencia espacial independiente se consolidó a principios de los sesenta con la creación de la Organización Europea para la Investigación Espacial (ESRO), para emprender proyectos científicos de satélites, y la Organización Europea para el Desarrollo y Lanzamiento de Vehículos Espaciales (ELDO), para desarrollar un vehículo de lanzamiento de satélites. Los países socios acordaron en 1973 crear una entidad unificada. La naturaleza del retraso fue más bien política que técnica más allá de la exploración exclusivamente científica, los diversos países europeos tenían prioridades nacionales muy diferentes para la *tabula rasa* que es el espacio y estas diferencias impidieron un acuerdo temprano sobre un plan de acción común.

Al final, la promesa del espacio fue demasiado grande como para no ponerse de acuerdo de alguna manera. Se negoció un consenso muy europeo, materializado en la Convención de la ESA. El único compromiso obligatorio para los estados miembro de la ESA es el programa científico de la Agencia, junto con la financiación de su programa de tecnología de base y de su infraestructura operativa. El apoyo al resto de programas de la ESA es opcional.

Un enfoque tan a la carta respecto al espacio fue inicialmente contemplado con escepticismo, pero en los años siguientes la Convención de la ESA ha demostrado ser un método de organización notablemente sólido y flexible, que permite que los estados miembros favorezcan las prioridades nacionales a la vez que cosechan los beneficios de una acción colectiva.

La Convención es ciertamente uno de los principales activos de la ESA. Es en efecto un tratado internacional que permite a la ESA, a través del Consejo de Estados Miembros y del director general, transformar planes técnicos concretos en declaraciones de programas acordadas por los Estados (documentos que devienen acuerdos internacionales que comprometen a los estados miembros) de forma rápida y optimizada y a continuación llevarlos a cabo.

Los gobiernos europeos han mostrado su aprobación. La afiliación a la ESA se ha duplicado desde su creación, de los 10 originales hasta los 20 estados miembro en el presente, más Canadá como miembro asociado. Aunque se trata de entidades distintas, también coopera con la Unión Europea, aumentando juntos el uso del espacio para beneficiar a los ciudadanos europeos y del mundo.

Ejemplo influyente

Un efecto importante de la existencia de la ESA ha sido el de representar un ejemplo. Los estados no pertenecientes a la Agencia han visto por sí mismos como las naciones pueden trabajar juntas en la práctica. En consecuencia, la cultura de la exploración espacial global se ha desplazado de un modelo de competencia nacional a uno de cooperación internacional.

La Agencia, una entidad europea con una perspectiva global, está perfectamente diseñada para la cooperación, forjando diversas colaboraciones bilaterales con otras agencias espaciales mundiales o actuando como punto de origen para acuerdos internacionales. La colaboración internacional que construyó la Estación Espacial Internacional es el ejemplo más evidente. Su éxito ha llevado a su vez a un acuerdo tácito de que la exploración futura más allá de la Tierra continuará sobre una base internacional y coordinada. También existen programas conjuntos y acuerdos para compartir recursos y datos en los campos de la ciencia espacial y la observación de la Tierra, como el rol patrocinador de la ESA en la Carta internacional "Espacio y grandes catástrofes", organizando observaciones con satélites para contribuir a guiar las respuestas frente a desastres.

Juntos podemos hacer más: ese ha sido continuamente el lema de la ESA y el mundo cada vez está más de acuerdo. Las páginas a continuación ilustran lo que hace la ESA, ya sea individualmente o en colaboración, y sus planes para el futuro.

Presentando una impresión general de los logros de la Agencia en lugar de una guía misión por misión, este libro traza las ondas de El efecto ESA a diversas escalas, desde la prospección de los límites del espacio y el tiempo hasta el sondeo de nuestro propio sistema solar, desde sistemas por satélite para comunicaciones, meteorología, navegación y observación de la Tierra hasta la propia cabeza de puente orbital de la humanidad, los cohetes lanzadores y las estaciones terrestres que enlazan Europa con el espacio, y el flujo constante de nuevas tecnologías que nos acercan al espacio y ofrecen oportunidades derivadas en la vida cotidiana.

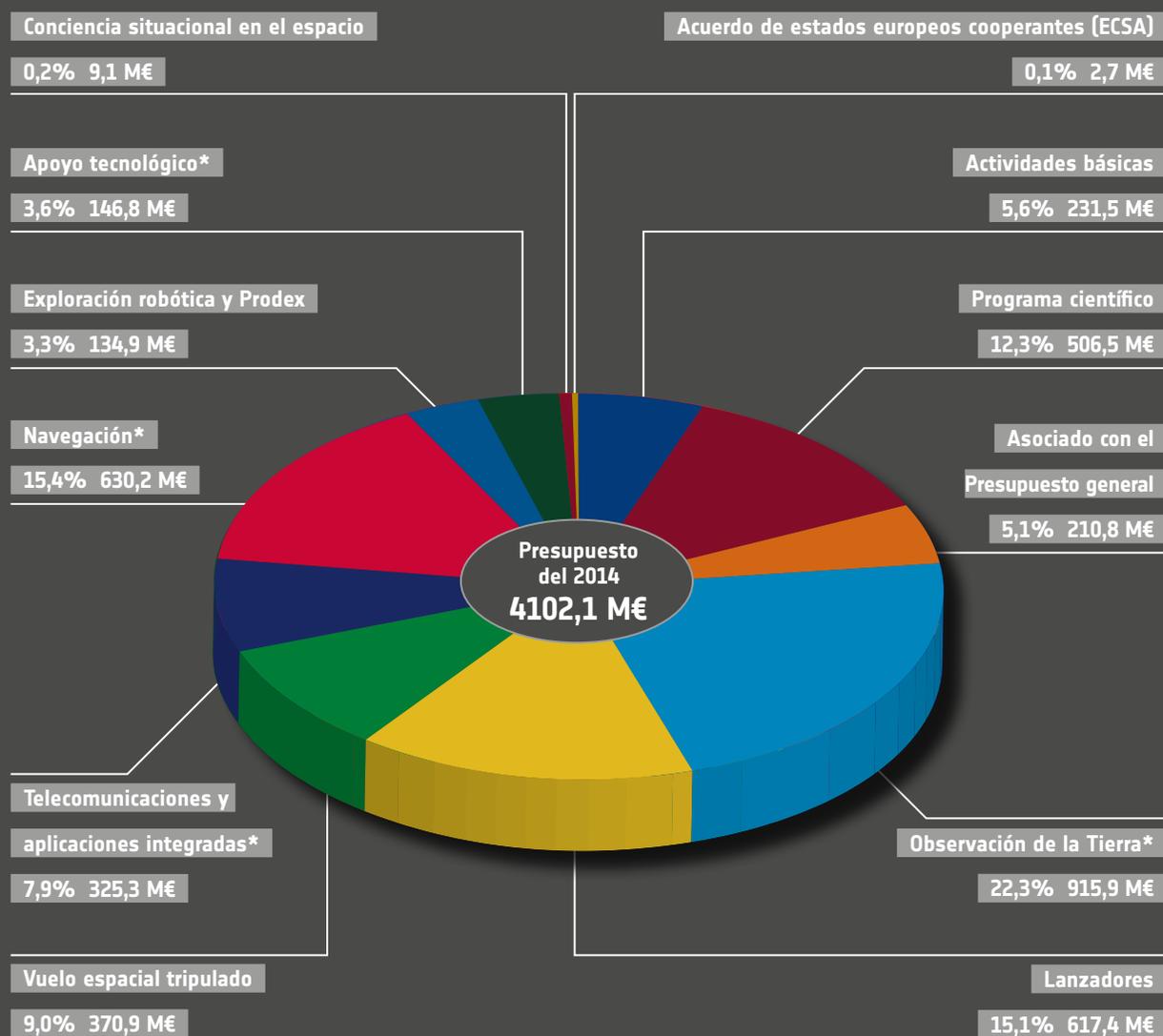


PRESUPUESTO DE LA ESA

La ESA es una de las pocas agencias espaciales del mundo que combina responsabilidad en casi todas las áreas de la actividad espacial, que van desde investigación científica fundamental hasta el apoyo a la competitividad industrial, todo ello a un coste medio por ciudadano de cada estado miembro equivalente a una entrada de cine al año. Los estados miembro contribuyen a los programas obligatorios de la Agencia (alrededor del 20% de su presupuesto) sobre una escala que se basa en su Producto Interior Bruto. Los otros programas opcionales son de interés para algunos estados miembro, que son libres de decidir su nivel de participación.

La totalidad del presupuesto anual de la ESA de 4000 millones de euros se gasta por supuesto en tierra, dedicándose el 85% a contratos con empresas, universidades e instituciones de investigación europeas. Estos contratos se distribuyen sobre la base del "Justo Retorno", es decir, el nivel de dinero que un estado miembro invierte en un determinado programa determina la cuota potencial de contratos resultantes que obtendrá su industria. Aun así, estos contratos tienen que conseguirse siguiendo procesos de licitación claramente definidos.

Una característica importante del sector industrial y científico al que apoya la ESA es que se trata de un sector de fabricación de alto valor añadido, y no deslocalizado fuera de Europa debido a su carácter estratégico. Este trabajo y experiencia empezaron en Europa y permanecen en Europa. La mayoría de las actividades y conocimientos se llevan a cabo en Europa. Esto es muy importante: muchas innovaciones provienen del proceso de fabricación, es decir, "aprendemos haciendo". Otros sectores donde la producción se ha desplazado fuera de Europa terminan perdiendo competitividad en beneficio de otras economías. Este no es el caso en el espacio, en gran parte gracias a las reglas de política industrial de la ESA y el apoyo constante de los estados miembro.



*Incluye programas implementados para otros socios institucionales

M€: millones de euros

BASES ESPACIALES

La ESA cuenta con centros en toda Europa, con un sitio de lanzamiento en la Guayana Francesa en América del Sur y una red de estaciones de seguimiento repartida por todo el mundo.

Sede central de la ESA: la ESA tiene su sede en París. El director general y los miembros del gabinete tienen sus oficinas aquí, al igual que algunos de los directores de programas de la ESA. Las decisiones que dan forma a las actividades presentes y futuras de la ESA se toman aquí.

ESTEC: El Centro Europeo de Investigación y Tecnología Espacial en Noordwijk, Países Bajos, cuenta con las mayores instalaciones de la ESA, el núcleo de ingeniería de la ESA, un centro de ensayos y un punto de encuentro para actividades espaciales europeas.

ESOC: El Centro Europeo de Operaciones Espaciales en Darmstadt, Alemania, asegura el buen funcionamiento de las naves espaciales en órbita.

ESRIN: El centro de la ESA para observación de la Tierra en Frascati, cerca de Roma, gestiona el segmento de tierra para satélites de observación de la Tierra de la ESA y de terceros, manteniendo el mayor archivo de datos sobre el medio ambiente en Europa, coordinando más de 20 estaciones de tierra e instalaciones del segmento de tierra en Europa y cooperando con otros 20 operadores de segmentos de tierra a nivel mundial.

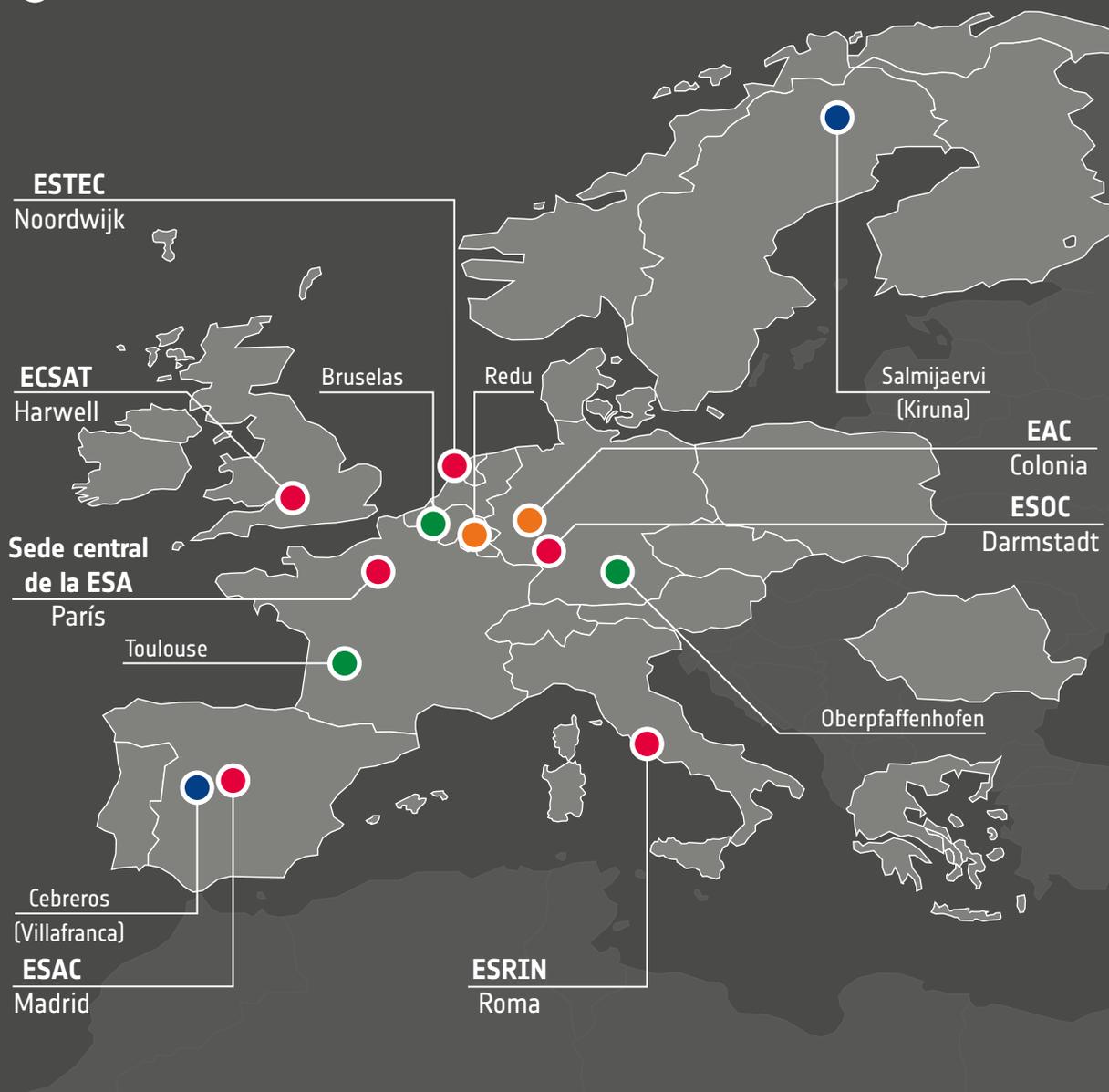
EAC: El Centro Europeo de Astronautas en Colonia, Alemania, es un centro de formación y el campamento base de todos los astronautas europeos miembros del Cuerpo de Astronautas de la ESA.

ESAC: El Centro Europeo de Astronomía Espacial, en Villanueva de la Cañada, cerca de Madrid en España, alberga el centro de operaciones científicas para las misiones planetarias y de astronomía de la ESA, junto con sus archivos científicos.

ECSAT: El Centro Europeo para Aplicaciones Espaciales y Telecomunicaciones en Harwell, Reino Unido, se centra en el cambio climático, creando modelos a partir de datos obtenidos por satélite, así como en tecnologías de exploración del espacio y aplicaciones espaciales integradas.

Centro Redu: este centro en Bélgica es el responsable de controlar y probar varios satélites como parte de la red de estaciones de tierra de la ESA. Es también la sede del Centro de Datos del Clima del Espacio.

- Centros de la ESA
- Instalaciones de la ESA
- Oficinas de la ESA
- Estaciones terrenas de la ESA



ASIENTOS DE PILOTAJE

Así se ve la cooperación espacial europea en la práctica: vista del director general de la ESA durante una reunión del Consejo en octubre del 2011. Alrededor de la mesa se encuentran los en aquel entonces 19 estados miembros de la ESA y Canadá. Además, hay 10 estados miembros de la UE que aún no son miembros de la ESA, pero cooperan con ella.

El Consejo es el principal órgano rector de la ESA y proporciona las directrices normativas básicas según las cuales la ESA desarrolla el programa espacial europeo. El director general presenta al Consejo propuestas relativas a políticas, programas y actividades. El Consejo debate sus propuestas y toman decisiones, que a su vez son implementadas por el director general y su ejecutivo.

Cada estado miembro está representado en el Consejo y tiene derecho a un voto, independientemente de su tamaño o contribución financiera.

Desde la reunión mostrada en la imagen, las delegaciones de los 10 estados miembro de la UE que todavía no son miembros de la ESA tienen la oportunidad de asistir como observadores en las reuniones del Consejo mientras se debaten y definen los programas espaciales europeos del futuro. El Consejo de la ESA decidió en junio del 2011 otorgar la condición de observador a los 10 estados que son miembros de la UE, pero no de la ESA: Bulgaria, Chipre, Estonia, Hungría, Letonia, Lituania, Malta, Polonia, la República Eslovaca y Eslovenia. Estos estados son invitados a asistir a las reuniones del Consejo de la ESA y sus órganos subordinados que tratan sobre asuntos de interés común entre la ESA y la UE.

La condición de estos países como observadores les permite seguir las discusiones dentro de un contexto de la ESA sobre asuntos de la ESA-UE y conocer de primera mano los procesos involucrados en la toma de decisiones de la ESA.

La ESA y la UE comparten un objetivo común: fortalecer a Europa y beneficiar a sus ciudadanos. El Tratado de Lisboa del 2009 estipula que la UE elabore una política espacial europea y establezca relaciones adecuadas con la ESA, dado el papel de una agencia espacial de investigación y el desarrollo. Con el acuerdo marco entre la ESA y la UE establecido en el 2004, los dos socios han establecido la Política espacial europea como un marco político común para las actividades espaciales en Europa.

Por último, los 29 estados miembros de la ESA y la UE están acompañados en las reuniones del Consejo de la ESA por Canadá, que asiste gracias al acuerdo de cooperación que tiene con la Agencia desde hace mucho tiempo.

El Consejo se reúne a nivel ministerial aproximadamente cada tres años. Este Consejo ministerial toma decisiones clave sobre programas y compromisos financieros nuevos y ya existentes, estableciendo el ámbito de trabajo para los próximos años.





→ LAS PROFUNDIDADES DEL ESPACIO Y DEL TIEMPO

Si la Tierra hubiera evolucionado con una atmósfera más densa, nuestros ojos posiblemente jamás hubieran podido observar los cielos por encima nuestro y la historia humana hubiera sido muy diferente. De hecho, el universo visible estaba originalmente limitado por los límites de la simple vista, lo que dejó un sistema solar de solo seis planetas. Para ver más allá necesitábamos ampliar nuestra visión. El telescopio fue probablemente un invento holandés, pero el científico italiano Galileo Galilei en 1609 fue el primero en pensar en orientar su “tubo óptico” casero al cielo. Al año siguiente fue recompensado con el descubrimiento de cuatro lunas alrededor de Júpiter.

Un universo en expansión

Hoy en día sabemos que cuando miramos al cielo de noche estamos mirando hacia atrás en el tiempo a un universo en misteriosa expansión que tiene más de 14.000 millones de años. Nuestro Sol es una de las 200.000 millones de estrellas en la Galaxia de la Vía Láctea, parte a su vez de un supercúmulo de miles de galaxias, de 100 millones de años luz de largo o más, que puede ser parte de una estructura aún mayor llamada una “gran muralla”.

Pero hemos tardado cuatro siglos para alcanzar este punto en el que el universo conocido ha ido gradualmente

aumentando en línea con los telescopios más grandes. El siglo XX vio a la astronomía superar los límites biológicos del ojo humano, que únicamente es sensible a una fracción del espectro electromagnético. Ver más allá implicaba llevar telescopios e instrumentos más allá de la Tierra: intentar observar el cosmos por debajo de nuestra turbulenta atmósfera es como mirar hacia arriba desde el suelo de una piscina. Los telescopios espaciales pueden ver con mayor nitidez a través de un espectro más amplio. La radiación ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma de alta energía son bloqueados por nuestra atmósfera, lo cual está bien porque estas energías son peligrosas para los seres vivos. Y los rayos infrarrojos irradiados por los objetos más fríos del universo solamente pueden ser detectados por sistemas que sean aún más fríos, sin que el aire caliente entorpezca.

Mapeando las estrellas

La necesidad de sistemas basados en el espacio para la ciencia estaba tan clara que el programa de ciencia espacial de Europa empezó mucho antes que la misma ESA: su predecesor, la Organización Europea de Investigación Espacial (ESRO), enfocada en la ciencia, empezó a operar en 1964. La ciencia espacial europea es hoy en día un líder reconocido en áreas clave, incluyendo astronomía por rayos infrarrojos y rayos X y el mapeado extremadamente preciso de las estrellas.

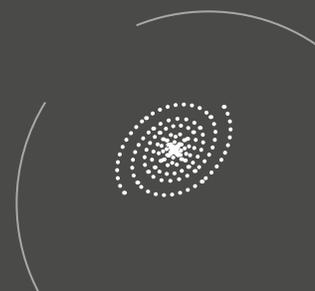
Como parte de su búsqueda de ver más allá en el universo, la ESA está colocando telescopios espaciales mucho más alejados de la perturbadora influencia de la Tierra.

Trayectoria establecida para la ciencia

Una razón clave del éxito continuado del programa de ciencia espacial de la ESA es que sus prioridades están marcadas por la comunidad científica. La Agencia trabaja con el fin de solicitar temas para programas futuros a través de grupos de asesoramiento científico como el Grupo de Trabajo en Astronomía, el Grupo Asesor de Física Fundamental y, más cerca de casa, el Grupo de Trabajo para la Exploración del Sistema Solar. Y como toma muchos años de duro trabajo producir las misiones espaciales cada vez más ingeniosas que se requieren para responder a los misterios científicos más difíciles, la ESA trabaja con planes a largo plazo, organizados a partir de estos temas.

El plan actual se denomina Visión cósmica 2015–2025, y aborda cuatro preguntas principales acerca del universo y de nuestro lugar en él. ¿Cuáles son las condiciones para la formación planetaria y la aparición de la vida? ¿Cómo funciona el sistema solar? ¿Cuáles son las leyes físicas fundamentales del universo? ¿Cómo se originó el universo y de qué se compone?

Estas preguntas abarcan una gran variedad de temas, de modo que los conceptos candidatos se seleccionan mediante una serie de solicitudes para misiones, aceptándose opciones para una cooperación más amplia y no solo europea siempre que sea posible.



La flota de la ESA en todo el espectro

Gracias a tecnología de vanguardia, la astronomía está desvelando en la actualidad un nuevo universo que nos rodea. Con la flota de observatorios astronómicos de la ESA, la ciencia puede explorar todo el espectro de la luz, ver el universo oculto de rayos infrarrojos, visitar el indómito y violento cosmos de alta energía, hacer un mapa de nuestra propia galaxia e incluso mirar hacia atrás a los albores del tiempo.

herschel

Desvelando el frío y polvoriento universo



planck

Mirando hacia atrás a los albores del tiempo



microondas

sub-mm

ondas de radio



just

Esforzándose por observar la primera luz



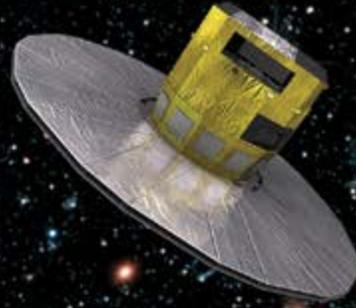
euclid

Revelando la energía oscura, la materia oscura y el destino del universo en expansión



gaia

Mapeando mil millones de estrellas



hst

Expandiendo las fronteras del universo visible



xmm-newton

Observando las profundidades del universo caliente y violento



integral

Buscando los extremos del universo



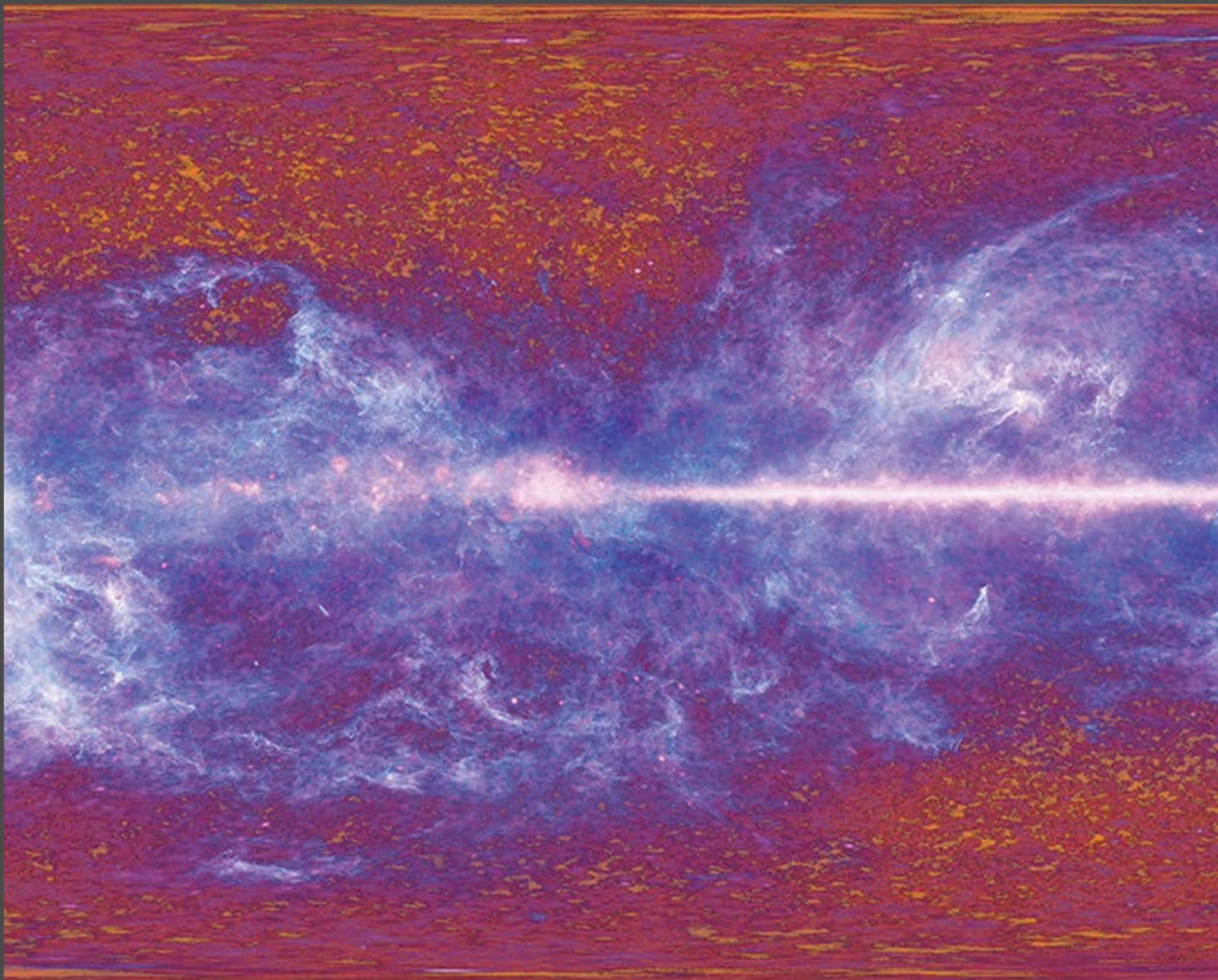
infrarrojo

óptica

ultravioleta

rayos x

rayos gamma



Máquina del tiempo

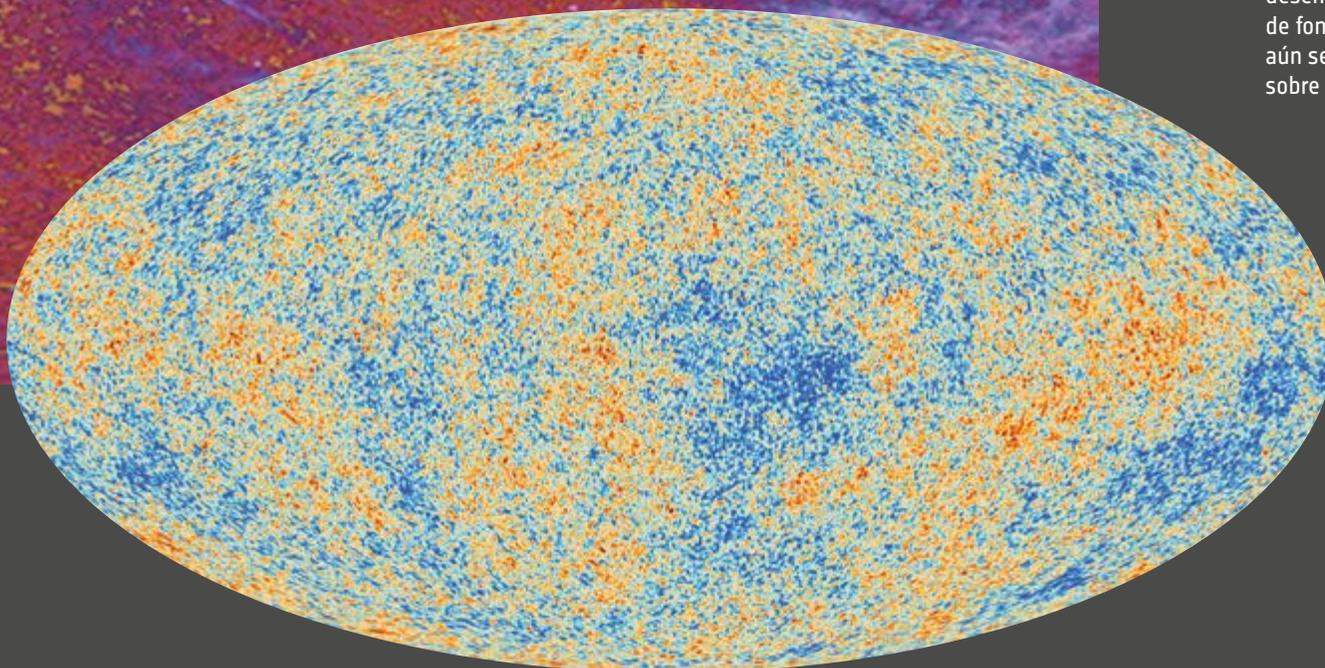
El observatorio espacial Planck de la ESA adquirió el mapa más detallado jamás creado del fondo cósmico de microondas: la radiación reliquia del Big Bang (en la imagen inferior). Esta imagen es una captura de la luz más antigua en nuestro universo de 13.800 millones de años, impresa en el cielo 380.000 años después del Big Bang.

En ese momento, el joven universo estaba constituido de una densa sopa caliente de protones, electrones y fotones que interactuaban a unos 2700°C . Cuando los protones y electrones se unieron para formar átomos de hidrógeno, se liberó la luz. A medida que el universo se ha ido expandiendo, esta luz hoy se ha extendido a longitudes de onda de microondas, equivalente a una temperatura de solo $2,7^{\circ}\text{C}$ por encima del cero absoluto de -273°C .

El fondo cósmico de microondas muestra pequeñas fluctuaciones de temperatura que corresponden a regiones de densidades ligeramente diferentes en épocas muy tempranas, lo que representa la semilla de toda futura estructura: las estrellas y las galaxias de hoy. Los científicos creen que estas fluctuaciones se presentaron inmediatamente después del Big Bang y se extendieron a grandes escalas cosmológicas durante un breve período de expansión acelerada conocida como inflación.

El Planck fue diseñado para trazar estas fluctuaciones, que representan tan solo una fracción de un grado, a través de todo el cielo con mayor resolución y sensibilidad que nunca antes. Al analizar la naturaleza y distribución de las semillas las imágenes por microondas del Planck, los cosmólogos pueden determinar la composición y evolución del universo desde su nacimiento hasta el día de hoy.

La extracción de información tan detallada requiere un minucioso análisis. La imagen de la izquierda muestra la base moteada del fondo de microondas con el gas y el polvo de nuestra propia galaxia, la Vía Láctea, en el centro. Todas estas emisiones en el primer plano tuvieron que ser retiradas para desentrañar las señales más débiles en el patrón de radiación de fondo. El Planck terminó su misión en octubre del 2013 pero aún se están analizando los datos para extraer más información sobre los primeros instantes de existencia del universo.

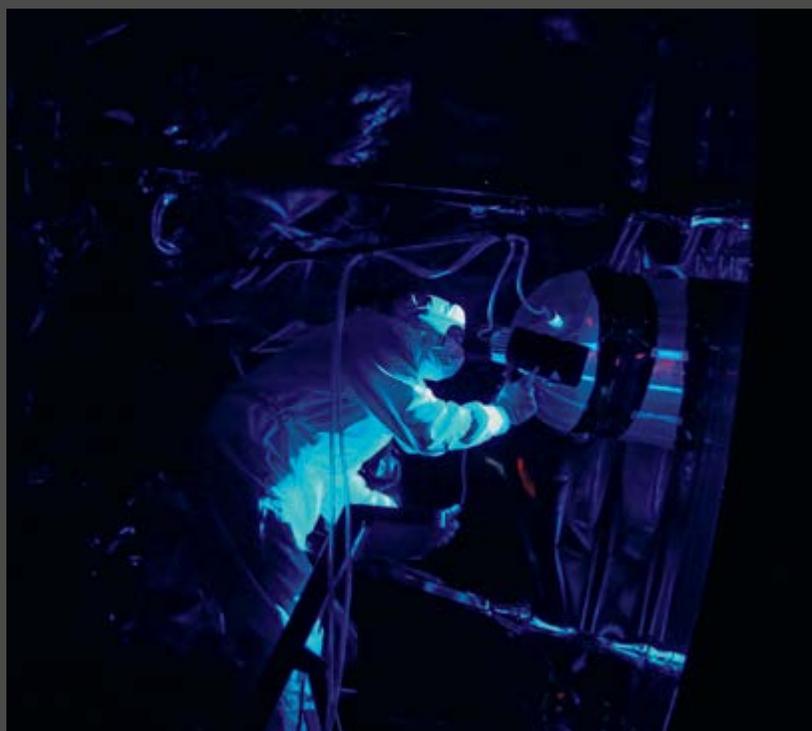


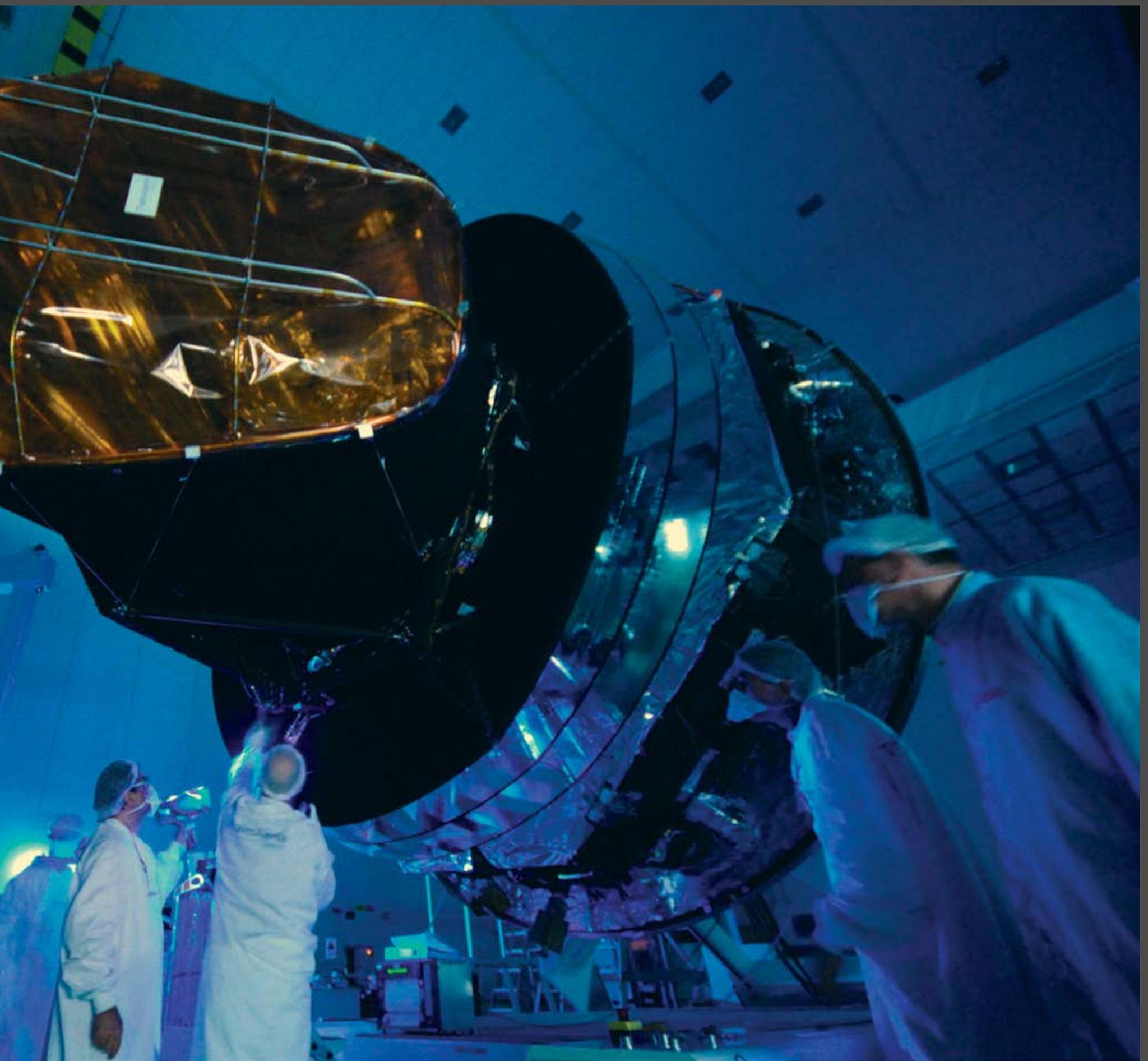
Viaje al borde del cero absoluto

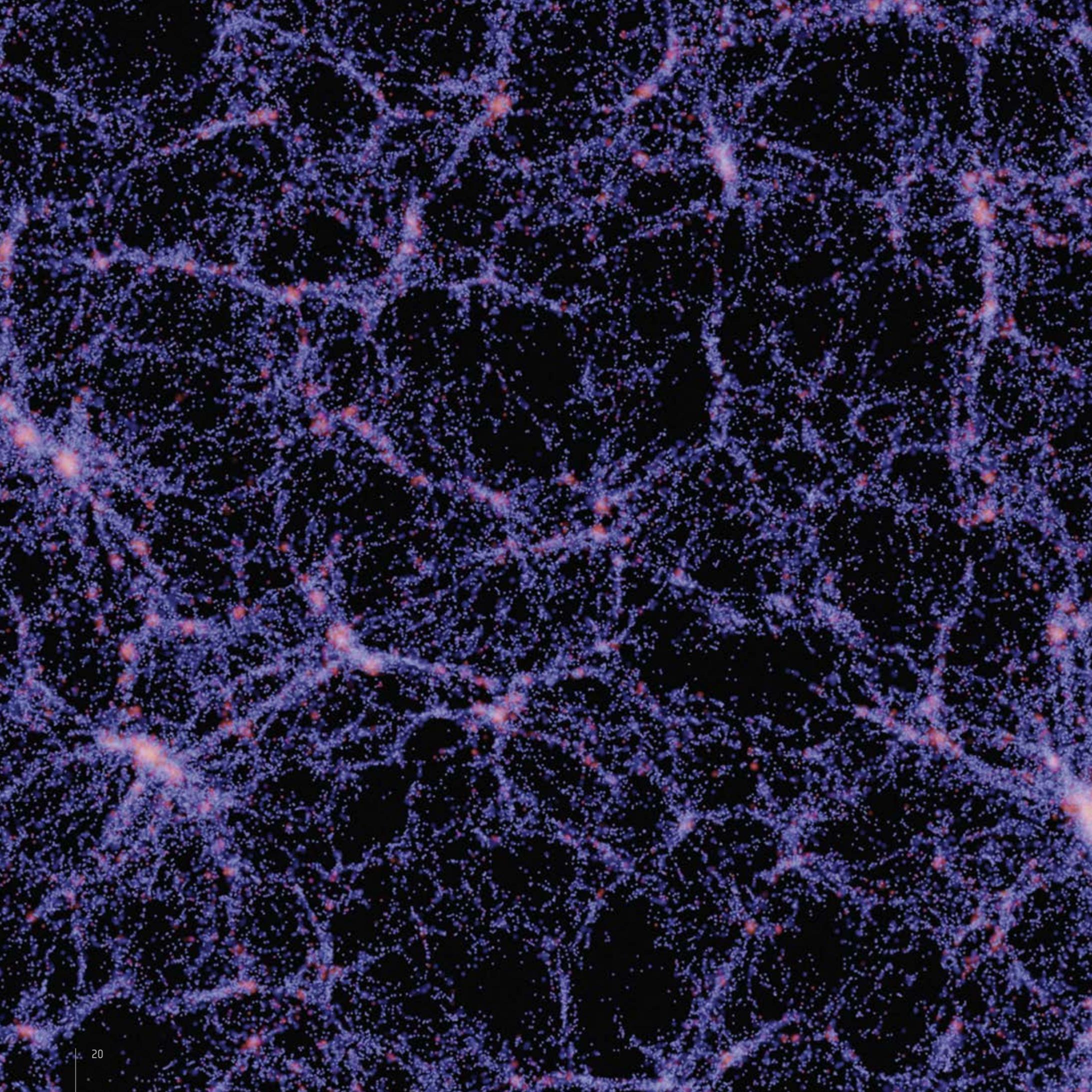
El observatorio Planck de la ESA es comprobado en cuanto a contaminación antes de su lanzamiento en el 2009, junto con el telescopio espacial Herschel. El satélite Planck fue notable porque contenía el objeto más frío jamás colocado en el espacio: avanzada tecnología criogénica consiguió enfriar los detectores del instrumento de alta frecuencia a solo una décima de grado por encima del cero absoluto. Esta extrema temperatura de funcionamiento era necesaria para observar las características más frías del universo, el fondo cósmico de microondas, de lo contrario los resultados hubieran quedado inundados por las propias emisiones del detector.

Pero ningún sistema podría llegar a la temperatura objetivo del Planck en un solo paso. Para ello, la nave espacial utilizó una cadena de cuatro diferentes técnicas de refrigeración, incorporadas unas dentro de otras como muñecas rusas. Cada una redujo la temperatura para permitir a la próxima comenzar su trabajo. Este proceso se inició con protecciones térmicas pasivas, progresando a través de un par de enfriadores de expansión de gas de ciclo cerrado (uno a base de hidrógeno y otro a base de helio) hasta una etapa final basada en las extrañas propiedades del helio líquido: la evaporación de una mezcla de átomos de helio 3 y helio 4 enfría la mezcla restante. Llegar a $-273,05^{\circ}\text{C}$ tomó tres meses, mientras el Planck se dirigía a su puesto de observación a 1,5 millones de km de la Tierra.

Ahora que los diversos métodos de refrigeración del Planck han sido probados en vuelo están disponibles para otras misiones e instrumentos, ofreciendo una forma de mejorar las prestaciones de los sensores ambientales y de astronomía por rayos infrarrojos.





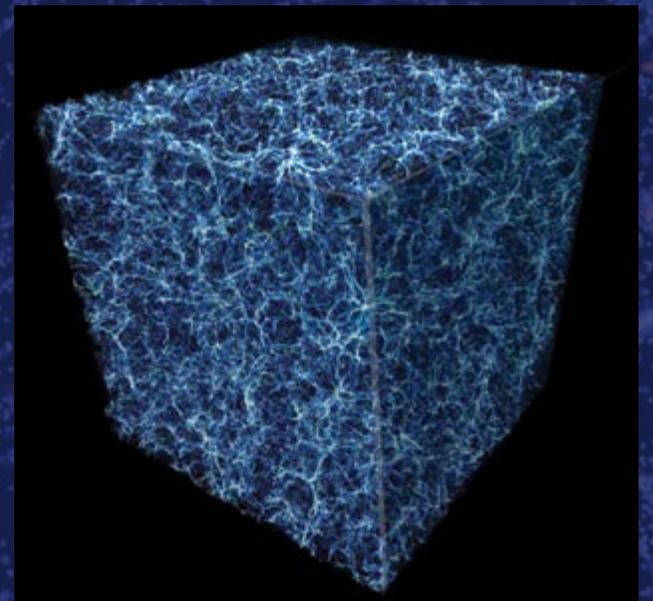


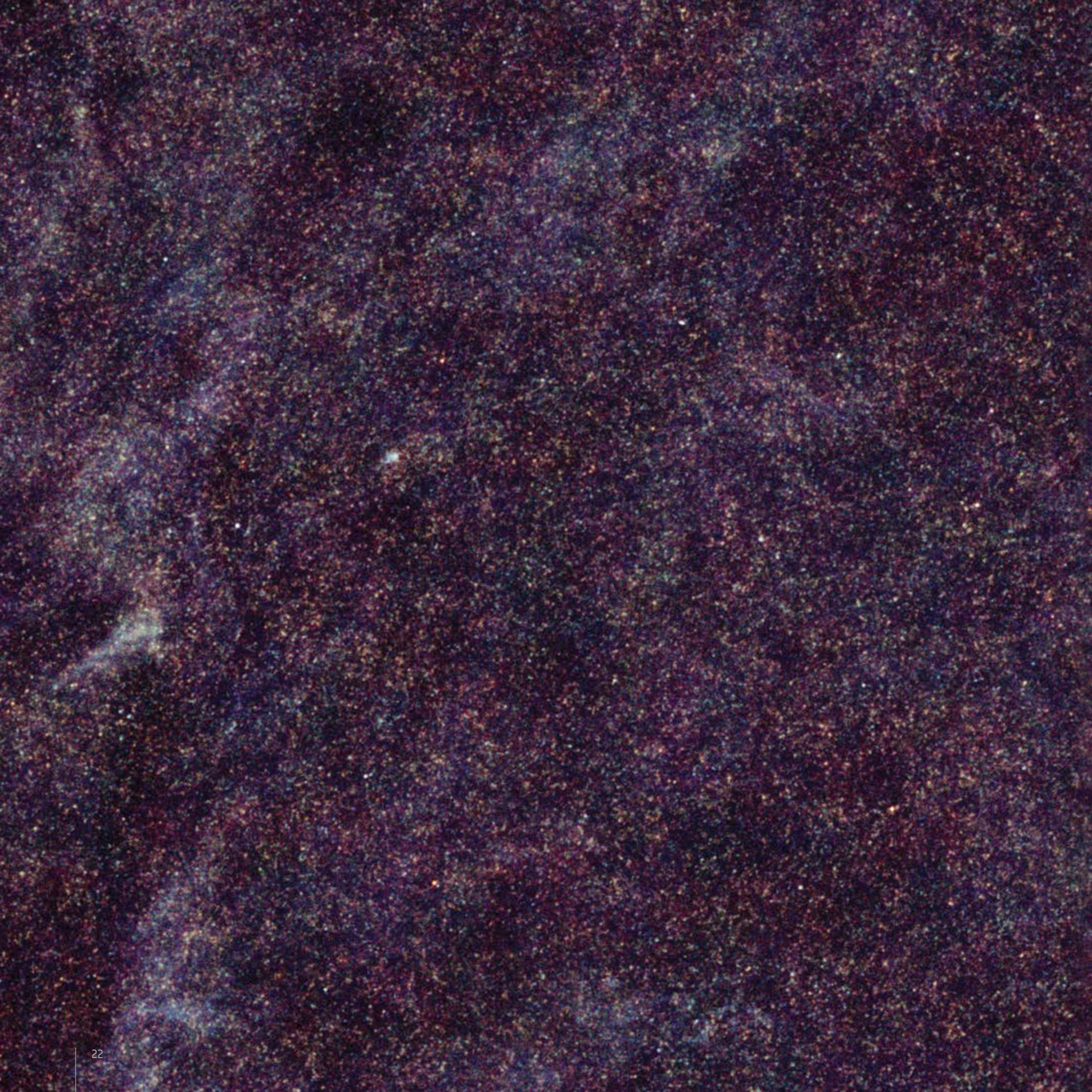
Un mapa de todo

Esta imagen, surgida de los entresijos de una simulación por ordenador, es nuestra mejor comprensión de la estructura a gran escala de la materia en el universo. Ilustra cómo el recién nacido cosmos revelado por el fondo cósmico de microondas ha evolucionado en los 13.000 millones de años que siguieron al Big Bang. La extrema concentración de cúmulos y supercúmulos conectados de galaxias con vacíos entre ellas es impulsada por la fuerza de gravedad, derivada tanto de materia ordinaria (el material del que estamos hechos, que representa tan solo alrededor del 4% de la energía en el universo) como de "materia oscura", que solo puede ser detectada a través de su influencia gravitacional pero representa un 30% del universo. El resto -y la mayor parte- de la energía del universo se atribuye a una misteriosa "energía oscura" que guía la aceleración actual de expansión cósmica.

Esta imagen proviene de la "Simulación del Milenio" del Instituto Max Planck de Astrofísica, una simulación por superordenador del universo en expansión dentro de un cubo de 2000 millones de años luz, tomando como punto de partida el fondo cósmico de microondas conocido antes del Planck. Los resultados del Planck mejorarán la precisión de futuras simulaciones.

Y Euclid, una misión de la ESA cuyo lanzamiento está previsto para el 2020, comparará los resultados de dichas simulaciones con la realidad observada. Euclid medirá la mitad del cielo que no está bloqueada por estrellas y nubes de la Vía Láctea en un trazado a gran escala a través de 10.000 millones de años luz. Su misión de seis años es la de trazar la estructura a gran escala del universo en 3D con una precisión sin precedentes. La evolución de la agrupación de materia oscura y visible desde el nacimiento de nuestro universo se ve afectada por la presencia de energía oscura, ofreciendo perspectiva sobre sus propiedades. Euclid proveerá a los científicos el mapa más exacto hasta la fecha de la materia en el universo visible.





Galaxias como granos de arena

Un trozo de espacio profundo que parecía vacío y oscuro mostró un aspecto muy diferente al ser observado por la misión paralela al Planck, el Herschel, que es el mayor telescopio por rayos infrarrojos en volar en el espacio. Esta imagen cubre un área de unas 70 lunas llenas. Casi cada uno de los 6000 puntos de luz es una galaxia individual repleta de estrellas recién nacidas, muchas de ellas oscurecidas por nubes de polvo a longitudes de onda ópticas, pero visibles en infrarrojos.

Algunas de las galaxias que se ven aquí están bastante cerca de la nuestra, otras se encuentran más allá en el espacio y en el tiempo, hasta 12 billones de años de distancia, con la luz emitida solo unos dos mil millones de años después del Big Bang. El brillo indica cuántas estrellas se están formando: la evidencia sugiere que cuanto más anterior y más distante es una galaxia, mayor es el número de nacimientos de estrellas. Nuestra propia galaxia, la Vía Láctea, produce unas pocas estrellas por año, pero hace tres billones de años la tasa típica de formación de estrellas era cien veces mayor.

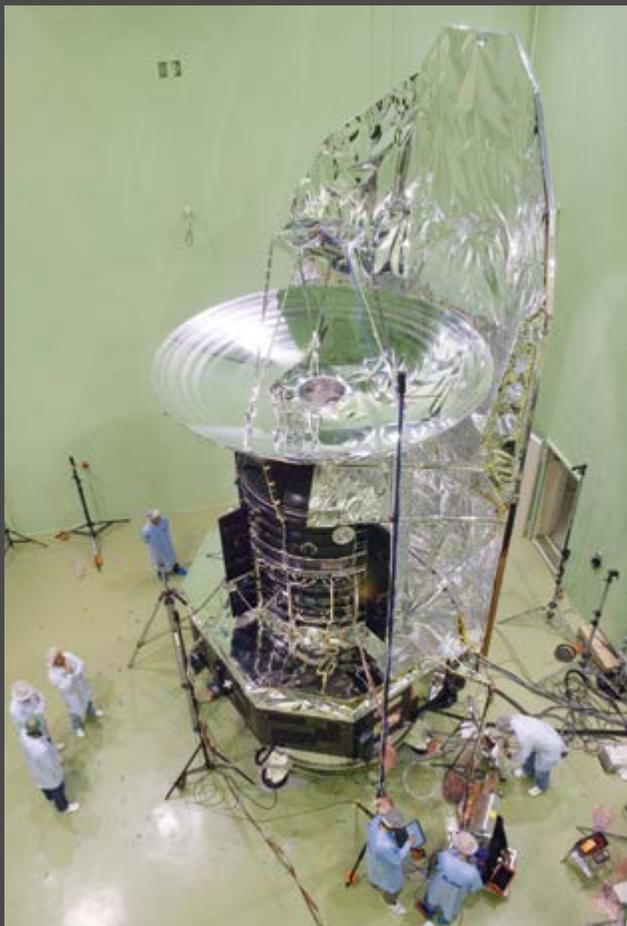
Esta imagen del 2010 es parte del trazado Atlas realizado por el Herschel, que tenía por objeto trazar una octogésima parte del cielo durante la vida útil del observatorio, muestreando unas 250.000 galaxias en total.



Mirada fría

El telescopio espacial por infrarrojos Herschel de la ESA, lanzado con el Planck en el año 2009, contaba con el mayor espejo individual jamás antes enviado al espacio. De 3,5 m de ancho, tenía el doble de área de captación que el telescopio espacial Hubble, pero con solo un tercio de la masa. Mientras que el espejo principal del Hubble es de cristal, el del Herschel estaba hecho de un nuevo material para el espacio: cerámica de carburo de silicio, fabricada como un diamante sintético. Montado con 12 segmentos soldados entre sí, el espejo solo pesaba 300 kg, mientras que un espejo comparable del estilo del Hubble hubiera pesado aproximadamente unas 1,5 toneladas.

Además de su alta resistencia y rigidez, el carburo de silicio es en gran medida inmune a la dilatación térmica. Esto es importante porque el Herschel operaba a temperaturas extremadamente bajas. El Herschel estudiaba objetos fríos que irradiaban calor en lugar de luz, de modo que sus detectores tenían que trabajar a -271°C o menos. Si hubieran estado a más temperatura ellos mismos hubieran emitido infrarrojos, anegando las emisiones tenues de sus objetivos. Sin embargo, a diferencia del sistema de enfriamiento completamente activo del Planck, el Herschel se basó en un suministro inicial a bordo de 2300 litros de helio superfluido que fue hirviendo gradualmente, así como enfriadores dedicados a instrumentos. Este "criostato" mantuvo la temperatura de la nave de la misma manera en que el cuerpo humano desprende sudor que se evapora por la piel para mantenerse fresco. Esto significa que el Herschel fue una misión con una duración limitada: su misión hacia el universo frío terminó en abril del 2013.





Los hilos de la creación

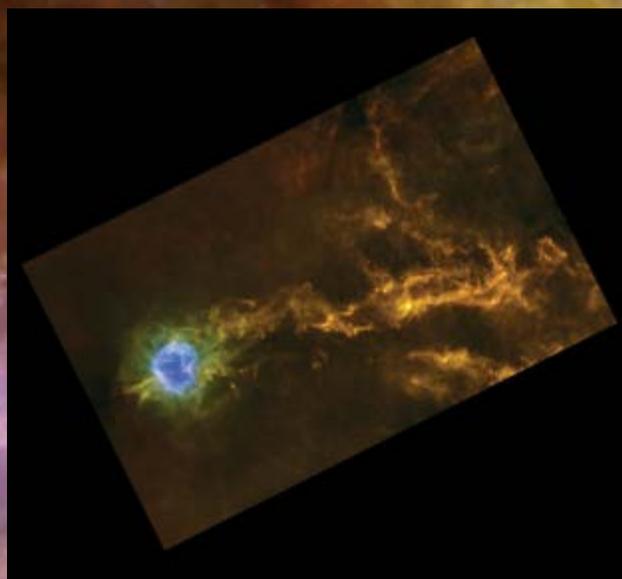
Redes caóticas de polvo y gas señalizan las nuevas generaciones de estrellas masivas en esta escena del vivero de estrellas Cygnus-X captado por Herschel. Cygnus-X es una región muy activa de formación de grandes estrellas a unos 4500 años luz de la Tierra en la constelación de Cygnus, el cisne.

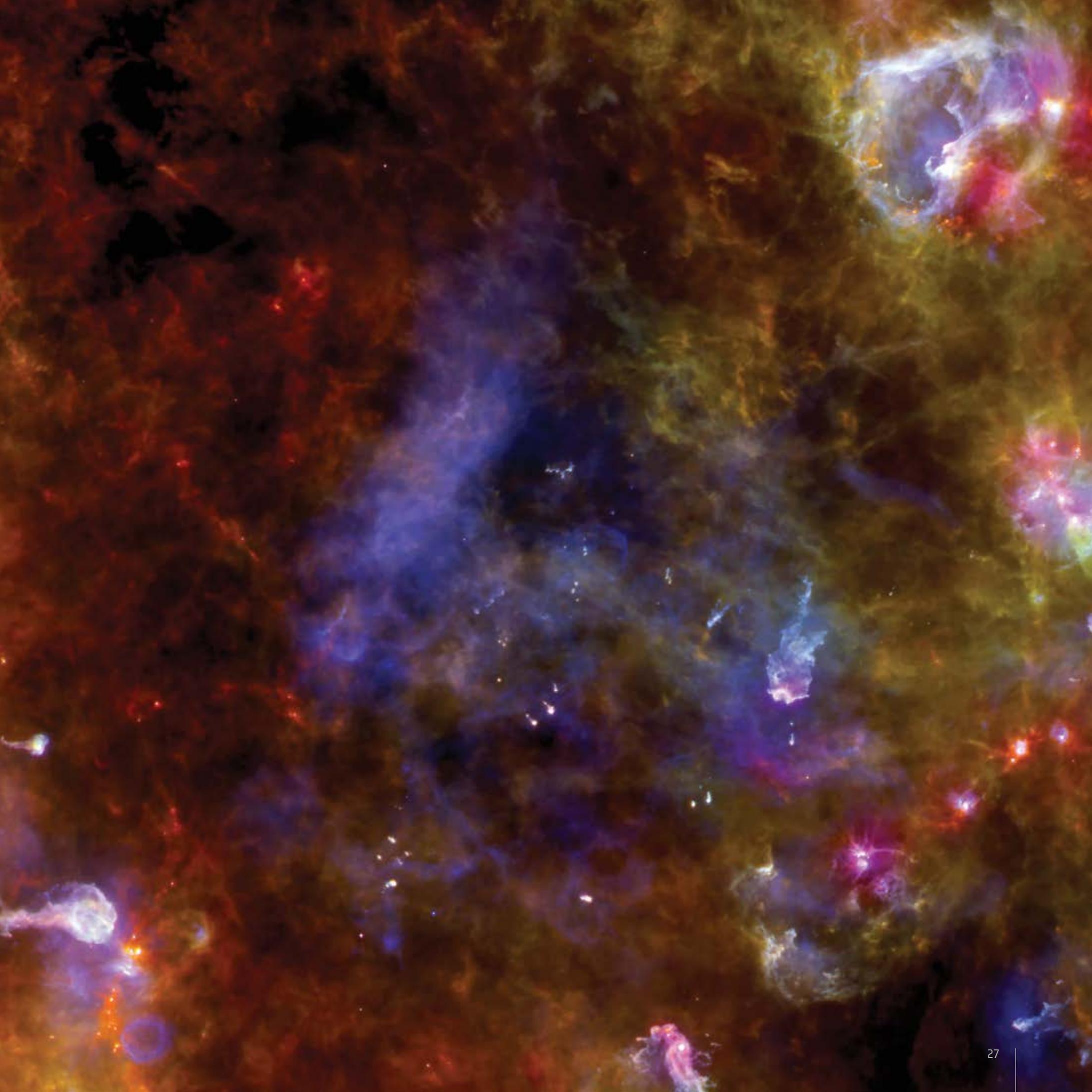
Con los ojos infrarrojos del Herschel, los astrónomos buscaron regiones donde el polvo es calentado suavemente por estrellas, apuntándolos a densas acumulaciones de gas donde se están formando nuevas generaciones de estrellas. Las áreas de blanco brillante destacan zonas donde han surgido recientemente grandes estrellas a partir de nubes turbulentas.

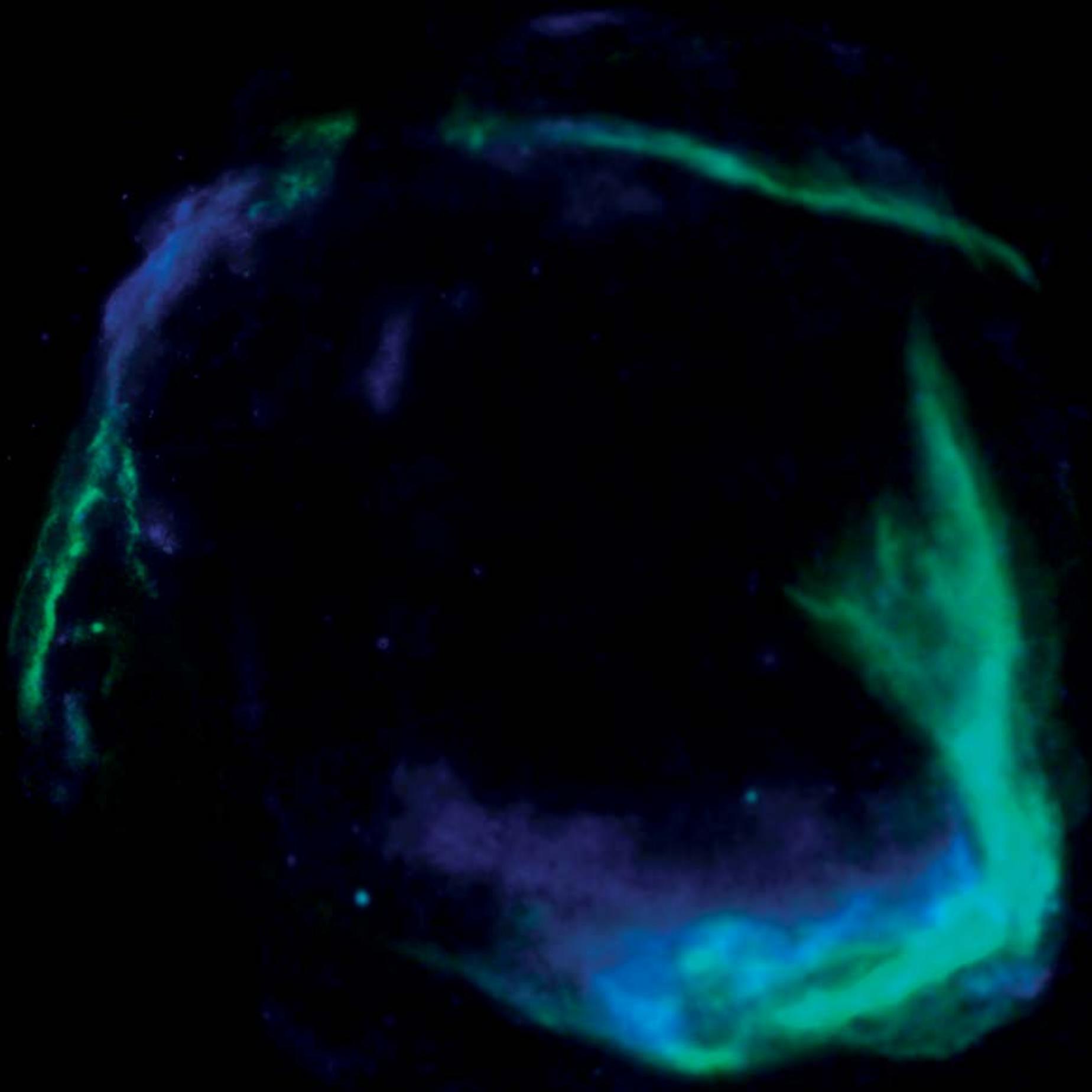
Aquí densos nodos de gas y polvo marcan intersecciones donde filamentos convergen y se colapsan para formar nuevas estrellas, y donde estructuras de tipo burbuja son talladas por su inmensa radiación. En la parte central derecha de la imagen, la intensa radiación y los potentes vientos estelares de estrellas no detectadas a longitudes de onda del Herschel se han despejado en parte y han calentado material interestelar que brilla de color azul en esta representación. La parte izquierda de la escena está dominada por un pilar de gas.

Herschel fue el primer observatorio en cubrir todo el rango desde longitudes de onda de infrarrojos lejanos a longitudes de onda submilimétricas y en unir las dos, explorando más en los infrarrojos lejanos que ninguna otra misión anterior para resolver regiones del cosmos polvorientas y frías de otro modo invisibles, cerca y lejos.

La imagen insertada muestra un filamento gaseoso trazado por su polvo dentro del corazón de la nebulosa del Capullo. El Herschel ha demostrado que, independientemente de la duración o la densidad de un filamento, la anchura es siempre más o menos la misma: unos 0,3 años luz de diámetro, o 20.000 veces la distancia de la Tierra al Sol. Se cree que en esos filamentos se acumulan cientos de estrellas recién nacidas.







Un fantasma en rayos X



Radiantes de rayos X, los restos fantasmales de RCW 86, la primera supernova registrada por los astrónomos, según se observan conjuntamente por los observatorios de rayos X XMM-Newton de la ESA y Chandra de la NASA. Los chinos fueron testigos del evento en el año 185 d. C., documentando una misteriosa "estrella invitada" que brilló en el cielo durante ocho meses. La visión de rayos X revela el gas interestelar que se ha calentado a millones de grados por el paso de la onda de choque de la supernova.

La imagen de la izquierda, que combina los datos del XMM-Newton y el Chandra con imágenes ópticas, muestra un joven pulsar (una estrella superdensa que gira a gran velocidad) junto a un residuo de supernova en la Pequeña Nube de Magallanes, una galaxia enana vecina a la nuestra.

Observar el cielo a energías superiores revela un violento universo de explosiones estelares, agujeros negros y nubes de gas incandescente. Con temperaturas de millones de grados, dichos objetos de alta energía brillan a longitudes de onda de rayos X, pero no en la luz visible.

Los rayos X de gran energía se reflejan solo a ángulos muy superficiales. Mientras que la luz visible se refleja en un espejo como una pelota rebotando de una pared, el reflejo de los rayos X funciona más como una piedra deslizándose al ras por un estanque. Los espejos de un telescopio deben estar orientados lateralmente en lugar de mirar recto: el XMM-Newton utiliza más de 250 espejos de níquel revestido de oro.

El observatorio de rayos X duros y rayos gamma blandos de la ESA, Integral, vincula la banda de energía observada por el XMM-Newton y el Chandra con la de misiones espaciales de rayos gamma de alta energía y observatorios terrestres a energías ultra-altas. Con su cámara óptica y sus detectores de alta energía, el Integral puede observar simultáneamente objetos en rayos gamma, rayos X y luz visible. Si bien es único en su capacidad de estudiar nucleosíntesis (la producción de nuevos núcleos atómicos) en nuestra galaxia, los objetivos del Integral abarcan una amplia gama de astrofísica de alta energía, incluyendo estallidos de rayos gamma (explosiones violentas desde el borde del universo observable), así como objetivos más cercanos, tales como este trazado por rayos X duros de la Vía Láctea (abajo a la izquierda).



La vida y muerte de las estrellas

Combinar observatorios espaciales de la ESA ofrece perspectivas aún más intensas. Esta vista detallada de la galaxia Andrómeda M31, similar a nuestra propia galaxia, la Vía Láctea, proviene de una colaboración entre el Herschel y el XMM-Newton. El Herschel (naranja) ve anillos de estrellas recién nacidas mientras que el XMM-Newton (azul) muestra estrellas moribundas destilando rayos X al espacio.

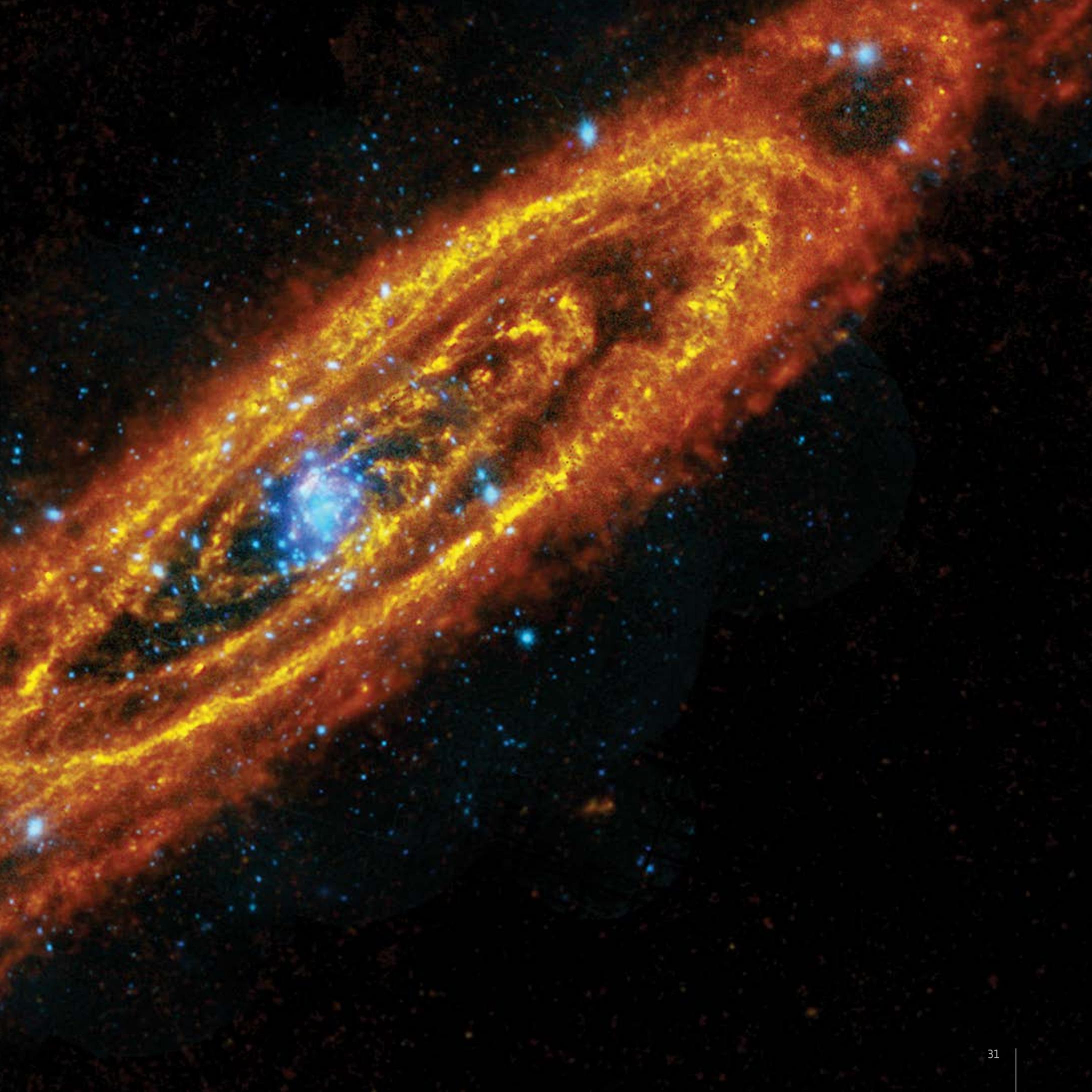
Sensible a la luz infrarroja lejana, el Herschel descubrió nubes de polvo y gas donde se forman estrellas. Dentro de estas nubes se encuentran muchos capullos de polvo que contienen estrellas en formación, cada uno manteniéndose íntegro con una lenta contracción gravitacional que puede durar cientos de millones de años. Una vez que una estrella es lo suficientemente densa, comienza a brillar en la luz visible, emerge de su nube de nacimiento y se vuelve visible para los telescopios ordinarios. El Herschel distinguió por lo menos cinco anillos concéntricos de gas de formación de estrellas marcados por su polvo, posiblemente después de una colisión con otra galaxia.

Superpuesta sobre la imagen infrarroja se encuentra la vista de rayos X casi simultánea del XMM-Newton. Mientras que los rayos infrarrojos revelan los orígenes de las estrellas, los rayos X muestran generalmente su final y las imágenes ópticas muestran estrellas como son durante la mayor parte de su vida, como nuestro sol.

El XMM-Newton destaca cientos de fuentes de rayos X en Andrómeda, muchos de ellos agrupados en torno al centro. Estas son algunas de las ondas de choque y los desechos que circulan por el espacio debido a la explosión de estrellas, otros son pares de estrellas enlazados en luchas gravitacionales hasta la muerte.

En estos encuentros mortíferos, una estrella ya ha muerto y está atrayendo gas desde su compañera todavía con vida. A medida que el gas cae a través del espacio, calienta a temperaturas de millones de grados y desprende rayos X. La estrella viva terminará despojada en gran parte, puesto que mucha de su masa será arrancada por la tracción mayor de su compañera más densa. A medida que el cadáver estelar se envuelve en este gas robado, podría explotar.





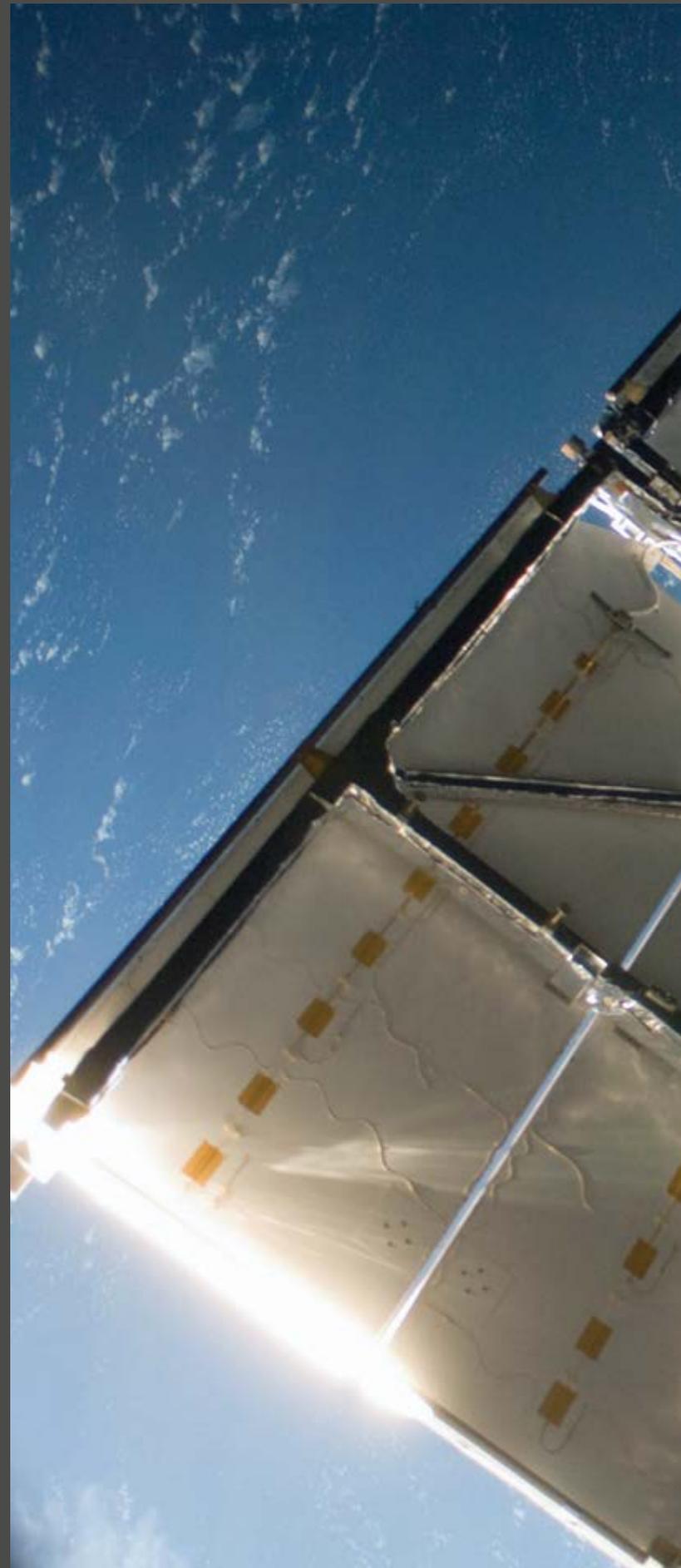
El universo del Hubble

Más que cualquier otra misión espacial individual, el telescopio espacial Hubble de la NASA y la ESA ha cambiado la forma en que todos vemos el universo. Hay muchos telescopios ópticos más grandes que el espejo de 2,4 m de diámetro del Hubble, pero este es el único que opera más allá de la influencia distorsionadora de la atmósfera de la Tierra. El artículo científico número diez mil basado en resultados del Hubble se publicó a finales del 2011.

El hecho de que la ESA firmara en 1977 para obtener un 15% de tiempo de observación del Hubble resultó ser una ganga. A cambio, la Agencia aportó la cámara para objetos tenues, diseñó y construyó los paneles solares del Hubble y proporcionó soporte científico y de ingeniería durante toda la vida operativa de la misión.

Lanzado en 1990, el Hubble fue renovado periódicamente por los astronautas del transbordador espacial. Estos sustituyeron instrumentos y otros componentes en el transcurso de cinco misiones de mantenimiento con dos astronautas de la ESA, Claude Nicollier y Jean-François Clervoy, quienes desempeñaron papeles clave en dos misiones. Los astronautas de EE.UU. John Grunsfeld (izquierda) y Andrew Feustel aparecen en la imagen inferior durante la última misión de servicio en el 2009. Mientras que los paneles solares actuales del Hubble fueron fabricados en EE.UU., su crucial mecanismo de accionamiento y los sistemas electrónicos de apoyo que las mantienen alineadas con el Sol son europeos. Y la ESA tiene 15 científicos en el Instituto de Ciencias de Telescopios Espaciales, el centro a cargo de las operaciones científicas del Hubble, mientras que los ingenieros de la ESA han asesorado en todas las misiones de servicio de Hubble.

Con la era del transbordador terminada, y el Hubble más potente que nunca, es casi seguro que la última misión al telescopio espacial se tratará de una no tripulada, es muy probable que un robot fije una plataforma de propulsión para desorbitar con seguridad el venerable observatorio espacial ¡pero para esto aún tendrán que pasar varios años!







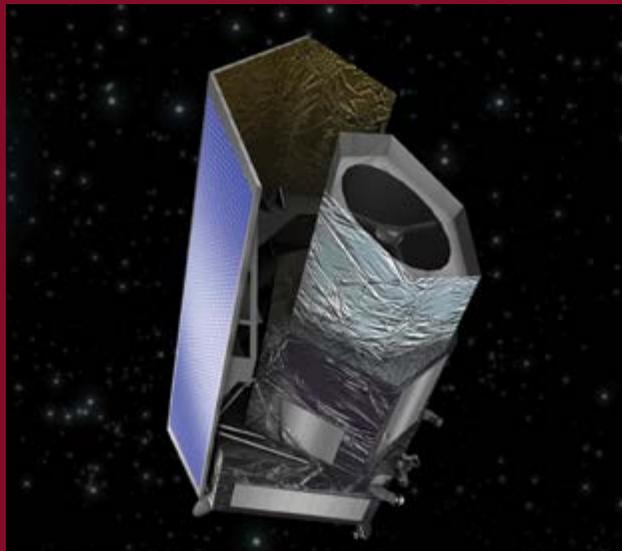
Materia oscura, oculta a simple vista

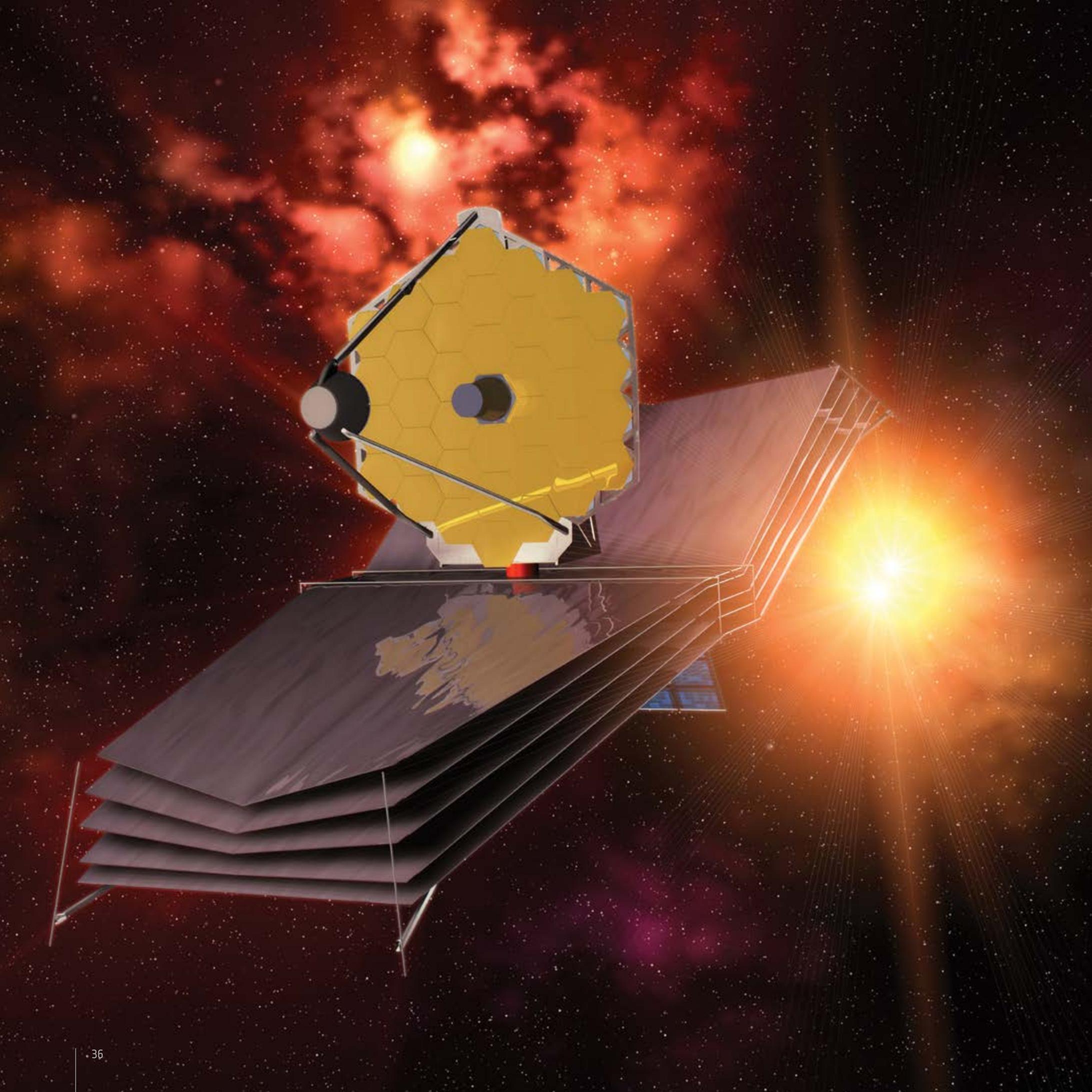
Esta imagen del Hubble revela la presencia invisible de materia oscura en el cúmulo de galaxias MACS J1206.2-0847. A unos 4,5 billones de años luz de distancia, en la constelación de Virgo, esta colección de galaxias se mantiene unida por su gravedad mutua, incluyendo la de la invisible materia oscura. El campo gravitacional resultante del cúmulo es tan intenso que dobla y distorsiona los rayos de luz de galaxias distantes, estirándolos y distorsionándolos en un patrón circular alrededor del centro.

La materia oscura constituye la mayor parte de la masa del universo -unas cinco veces más que la materia visible- pero aún así solo puede ser detectada mediante la medición de cómo su gravedad remolca la materia visible y deforma el espacio como si fuera un espejo de feria de manera que la luz de objetos distantes aparece distorsionada. Los cúmulos de galaxias como MACS 1206 son laboratorios perfectos para estudiar los efectos gravitacionales de la materia oscura porque son las estructuras más masivas en el universo. Debido a su corpulencia, los cúmulos actúan como lentes cósmicas gigantes, magnificando, distorsionando y doblando cualquier luz que pasa a través de ellos, lo cual se conoce como efecto de lente gravitacional.

Este cúmulo fue un objetivo temprano en un sondeo que permitirá a los astrónomos construir los mapas de materia oscura más detallados de más cúmulos de galaxias de la historia. Este sondeo se denomina Cluster Lensing And Supernova survey with Hubble, o CLASH.

La misión Euclid de la ESA estudiará el mismo fenómeno a una escala más amplia, evaluando los efectos más ligeros de curvatura de la luz conocidos como "efecto de lente gravitacional débil" en el conjunto de los cielos para dar una estimación fiable no solo de la distribución de la materia oscura del universo, sino también de la misteriosa energía oscura que lo separa a una velocidad cada vez mayor. La forma en que la distribución ha evolucionado proporcionará información sobre las propiedades de la materia y la energía oscuras.





Buscando las primeras estrellas

La NASA y la ESA, junto con la Agencia Espacial Canadiense, están ampliando su colaboración Hubble al nuevo y mucho más grande Telescopio espacial James Webb (JWST), que será lanzado por un Ariane 5 en el 2018. Su espejo primario de 6,5 m de ancho tiene una superficie siete veces más grande que la del Hubble, lo que lo hará mucho más sensible.

Estacionado a 1,5 millones de kilómetros de la Tierra, el JWST buscará las estrellas y galaxias más débiles a longitudes de onda infrarrojas. Cobijándose detrás de un protector solar de múltiples capas del tamaño de una cancha de tenis, el JWST operará a -220°C para disponer de una sensibilidad óptima en los infrarrojos. Los objetos más distantes se alejan de nosotros a gran velocidad y, como resultado de ello, su luz se desplaza desde los rayos ultravioleta y ópticos a los casi-infrarrojos. Esto significa que estudiar los objetos más distantes del universo requiere un telescopio por rayos infrarrojos.

Uno de los principales objetivos del JWST es detectar la primera generación de estrellas, la primera en formarse después de la creación del universo y mucho más grande que cualquier formación de estrellas que se esté realizando hoy. Estos gigantes estelares habrían crecido a partir de hidrógeno y helio (los únicos elementos en existencia tras el Big Bang hace 14.000 millones de años), pero trabajaron como altos hornos cósmicos para producir todos los elementos más pesados que se encuentran en las generaciones posteriores de estrellas y galaxias, incluyendo todas nuestras propias materias primas. Una teoría es que los estallidos de los rayos gamma explotando son la agonía brevemente vislumbrada de estas primeras estrellas.



Diseño del Webb

Los seis últimos segmentos de la matriz principal de espejos del telescopio espacial James Webb siendo sometidos a una prueba de ultravioleta (arriba) en el Centro Marshall de Vuelos Espaciales de la NASA en Alabama, EE.UU., en diciembre de 2011.

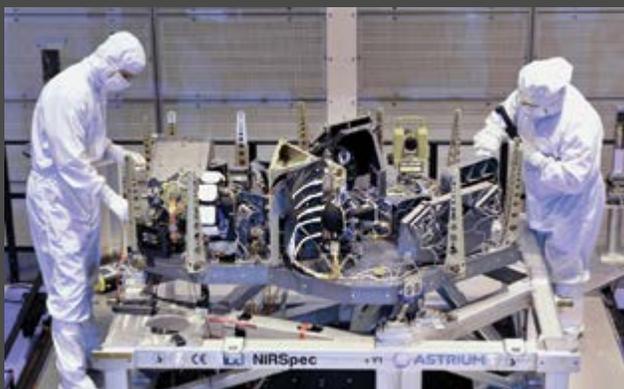
El espejo completo de 6,5 m de diámetro del JWST está formado por 18 segmentos hexagonales de berilio, cada uno de 1,3 metros de diámetro. En el espacio la forma y el posicionamiento del segmento se ajustarán a través de actuadores controlados por ordenador para dar una imagen nítida de alta calidad. Los espejos permanecerán alineados como si fueran un único espejo grande con una precisión de una diezmilésima de un cabello humano.

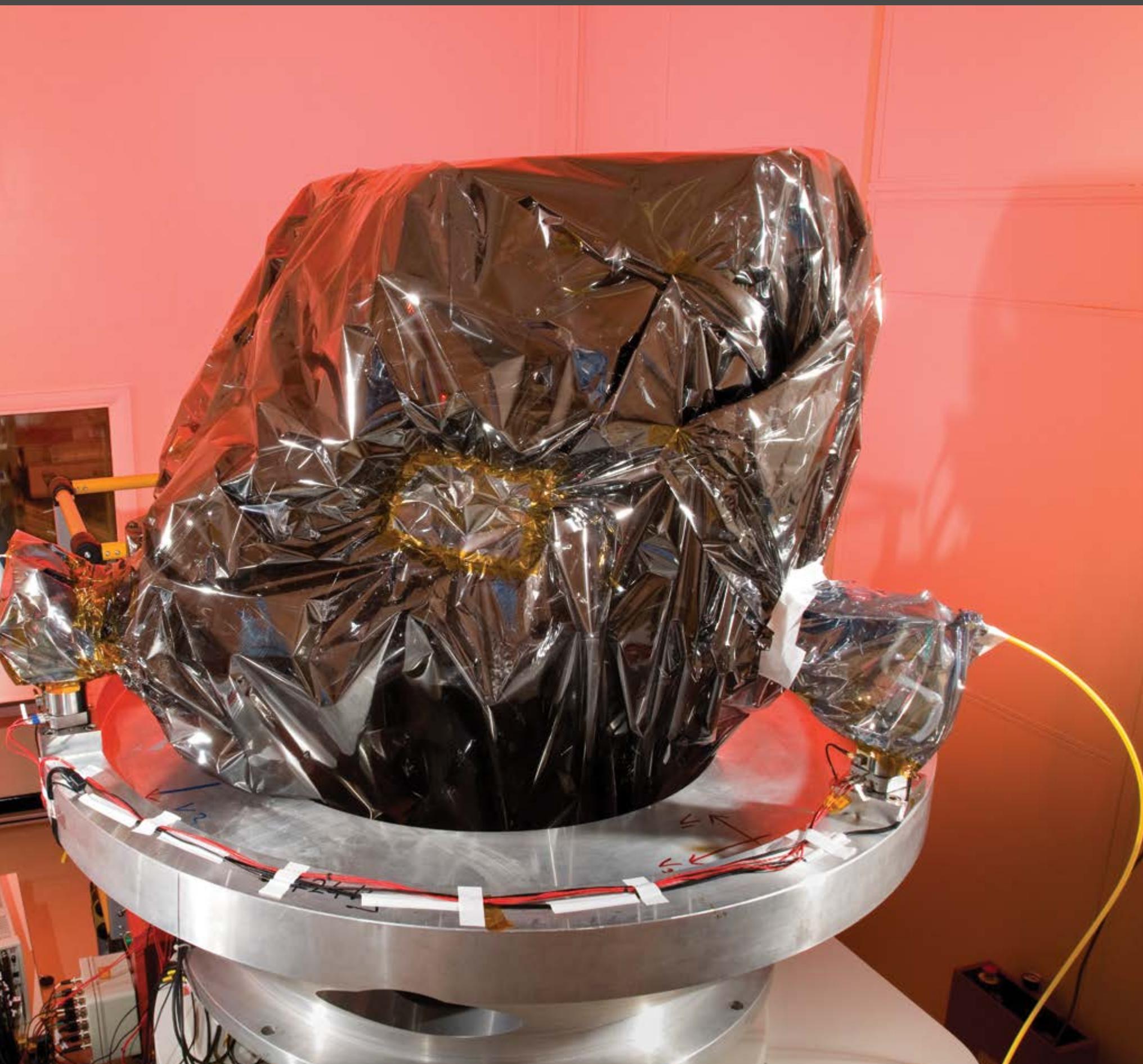
El espejo está segmentado porque debe encajar en el carenado de 5 m de diámetro de un cohete Ariane 5. Asimismo, el parasol del tamaño de una cancha de tenis del JWST se pliega para el lanzamiento y se despliega una vez que la nave ha llegado a su órbita.

De los cuatro instrumentos que captarán la luz desde este espejo, dos son europeos. El Instrumento de infrarrojos medios (MIRI, imagen principal), el primer instrumento del JWST en completar las pruebas (visto aquí durante la realización de pruebas en el Reino Unido), será utilizado por los astrónomos para estudiar cometas débiles que dan vueltas alrededor del Sol, planetas lejanos recién nacidos y regiones de formación de estrellas oscuras, así como galaxias cerca del borde del universo.

El Espectrógrafo de infrarrojos cercanos (NIRSpec, abajo) sondeará galaxias distantes para revelar su composición elemental y las tasas de formación de estrellas, siendo capaz de obtener espectros de más de 100 galaxias o estrellas tenues simultáneamente.

La NASA está aportando la Cámara de infrarrojos cercanos (NIRCam) para detección directa e imágenes de objetos tenues. La Agencia Espacial Canadiense es responsable del Sensor de guía fina, una cámara para apuntar con precisión el observatorio a objetivos astronómicos, que incorpora su propio generador de imágenes en el infrarrojo cercano así como su propio espectrógrafo para observaciones científicas directas.





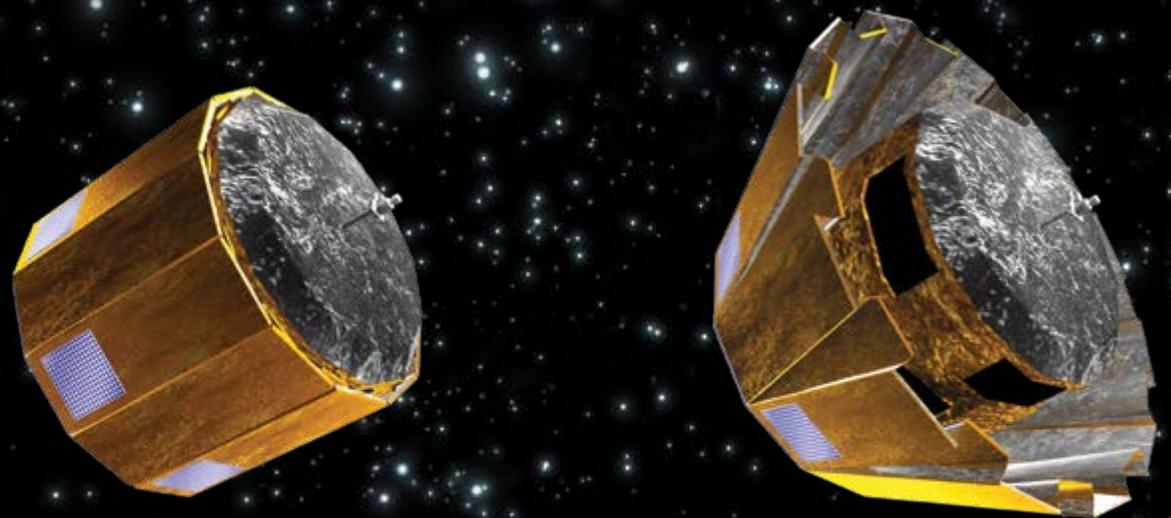
Contemplando las estrellas en la sombra

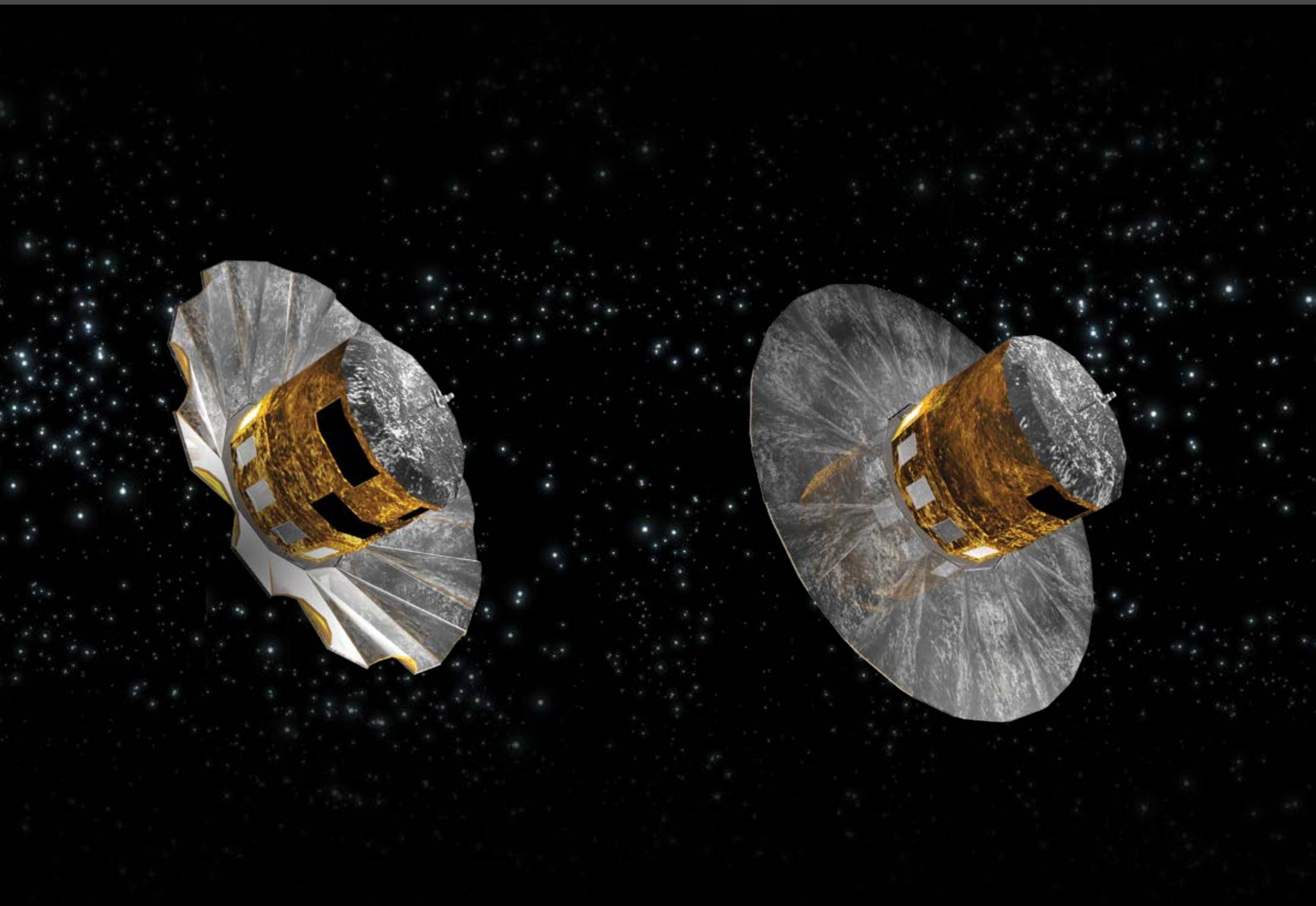
A simple vista humana es posible ver unos pocos miles de estrellas en el firmamento nocturno. La misión Gaia de la ESA está escaneando el cielo con sus dos telescopios para detectar muchas, muchas más: su objetivo es detectar mil millones de estrellas durante su misión de cinco años. Estas mediciones precisas solo pueden hacerse por medio de una nave espacial muy estable, una estabilidad garantizada al operar detrás de un parasol desplegado. Con un área de 75 m², el parasol está diseñado para su uso en la ingravidez del espacio, por lo que durante esta prueba en Astrium Francia está soportado por cables y contrapesos. Los 12 paneles que componen el parasol se despliegan de la nave espacial con una planitud de apenas unos pocos milímetros.

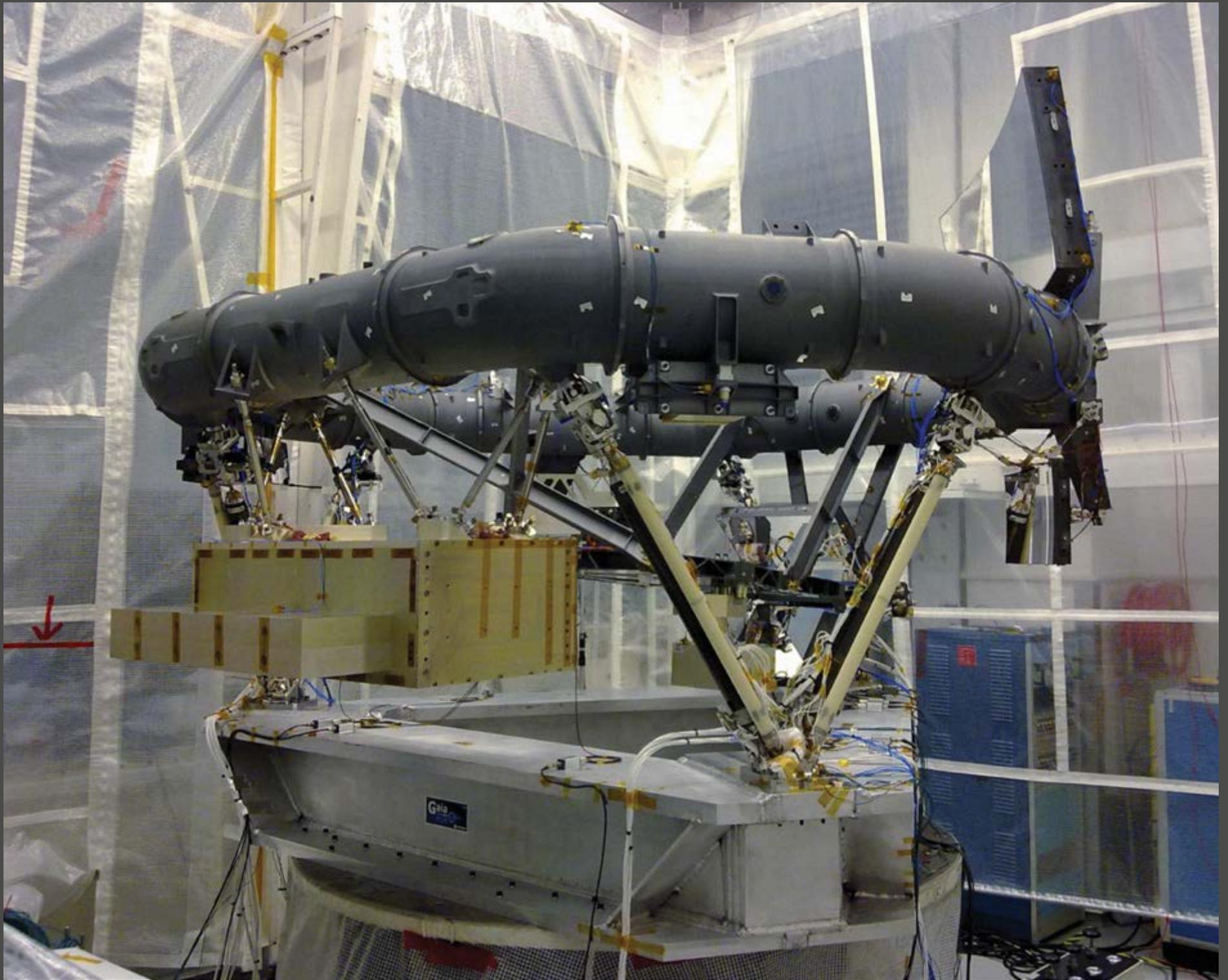
Lanzado en diciembre del 2013, Gaia realizará el seguimiento de aproximadamente un 1% de todas las estrellas de nuestra galaxia, trazando su brillo y características espectrales junto con sus posiciones 3D y movimiento con el tiempo. El mapa de estrellas en movimiento de Gaia trazará la historia de la Vía Láctea y pronosticará su futuro.

Operando a aproximadamente 1,5 millones de kilómetros de la Tierra, la temperatura de Gaia debe mantenerse constante en un margen de millonésimas de grado detrás del parasol para evitar la más mínima deformación del telescopio con el fin de alcanzar la precisión requerida.

Gaia continúa el liderazgo de Europa en el mapeado de estrellas, empezando con la misión Hipparcos, que resultó en que los catálogos de estrellas de Hipparcos y Tycho se hayan convertido en fuentes de referencia "astrométrica" estándar. Los catálogos de Gaia formarán el nuevo marco de referencia para la astronomía.







El ojo de Gaia

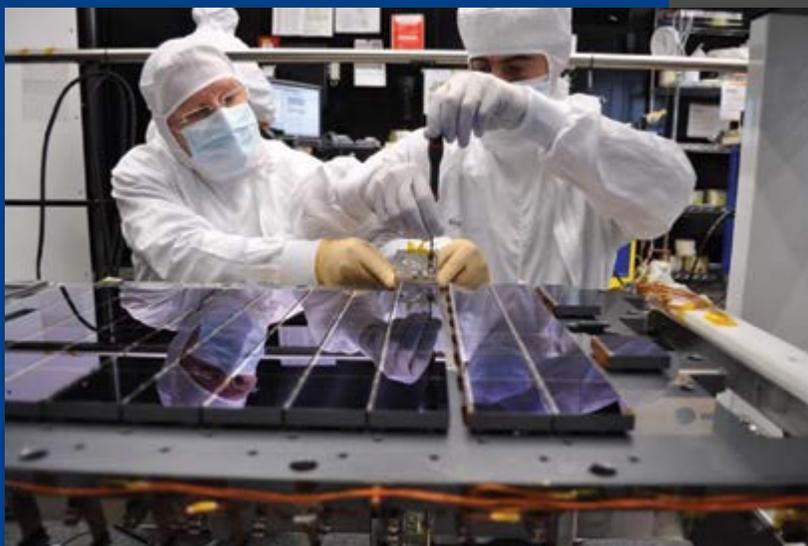
Con el fin de detectar estrellas lejanas hasta un millón de veces más tenues de lo que el ojo puede ver, Gaia transporta la cámara digital más grande jamás construida para una misión espacial. Se compone de un mosaico de 106 detectores electrónicos individuales conocidos como dispositivos de carga acoplada (CCD), que son una versión avanzada de los chips que se encuentran en las cámaras digitales estándar.

Preparado para la misión por e2v Technologies de Chelmsford, Reino Unido, estos detectores rectangulares son un poco más pequeños que una tarjeta de crédito, cada uno mide 4,7 x 6 cm y tiene un sustrato de silicio sensible a la luz más fino que un cabello humano.

El mosaico de 0,5 x 1,0 m fue ensamblado en el 2011 en las instalaciones en Toulouse del principal contratista de Gaia, Astrium SAS. La matriz de miles de millones de píxeles resultante, que cubre 0,38 m², es el "ojo" supersensible de Gaia.

Los técnicos pasaron varias semanas atornillando meticulosamente y alineando con precisión cada uno de los CCD en la estructura de soporte. Trabajando en turnos dobles en estrictas condiciones de sala limpia, el plan focal rectangular plano focal aumentó a una tasa de aproximadamente cuatro CCD por día. A fin de incrementar la sensibilidad de sus detectores, la nave espacial los mantiene a -110°C .

La estructura de soporte de los CCD de Gaia, su anillo principal (en la página opuesta) y casi todo el módulo de carga útil están hechos de carburo de silicio, extraordinariamente resistente a la deformación bajo cambios de temperatura. El carburo de silicio también tiene la ventaja de un bajo peso junto con una extrema rigidez y puede pulirse hasta obtener un acabado de espejo: los 10 espejos de los telescopios gemelos de Gaia están hechos de carburo de silicio.





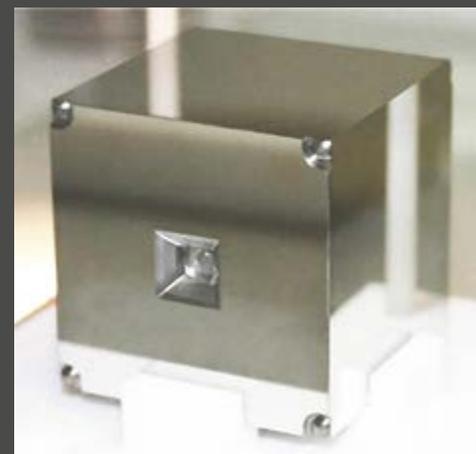
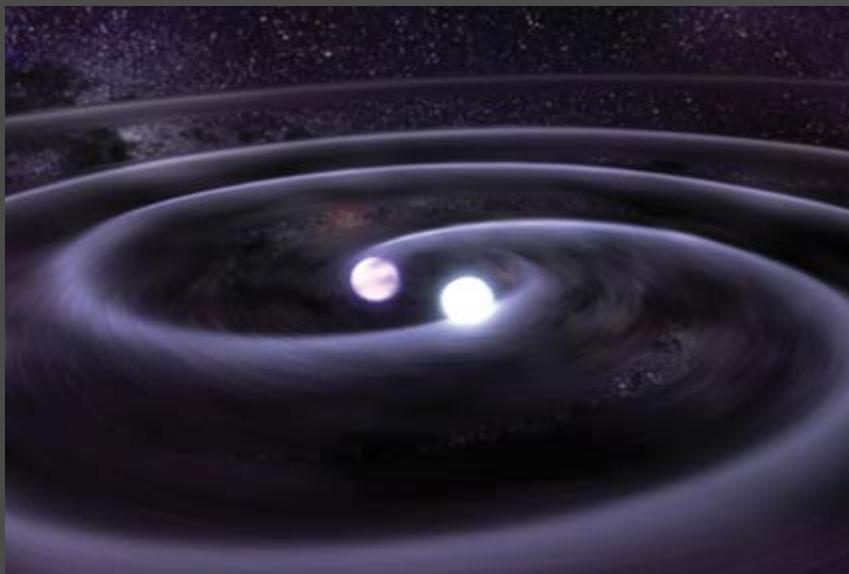
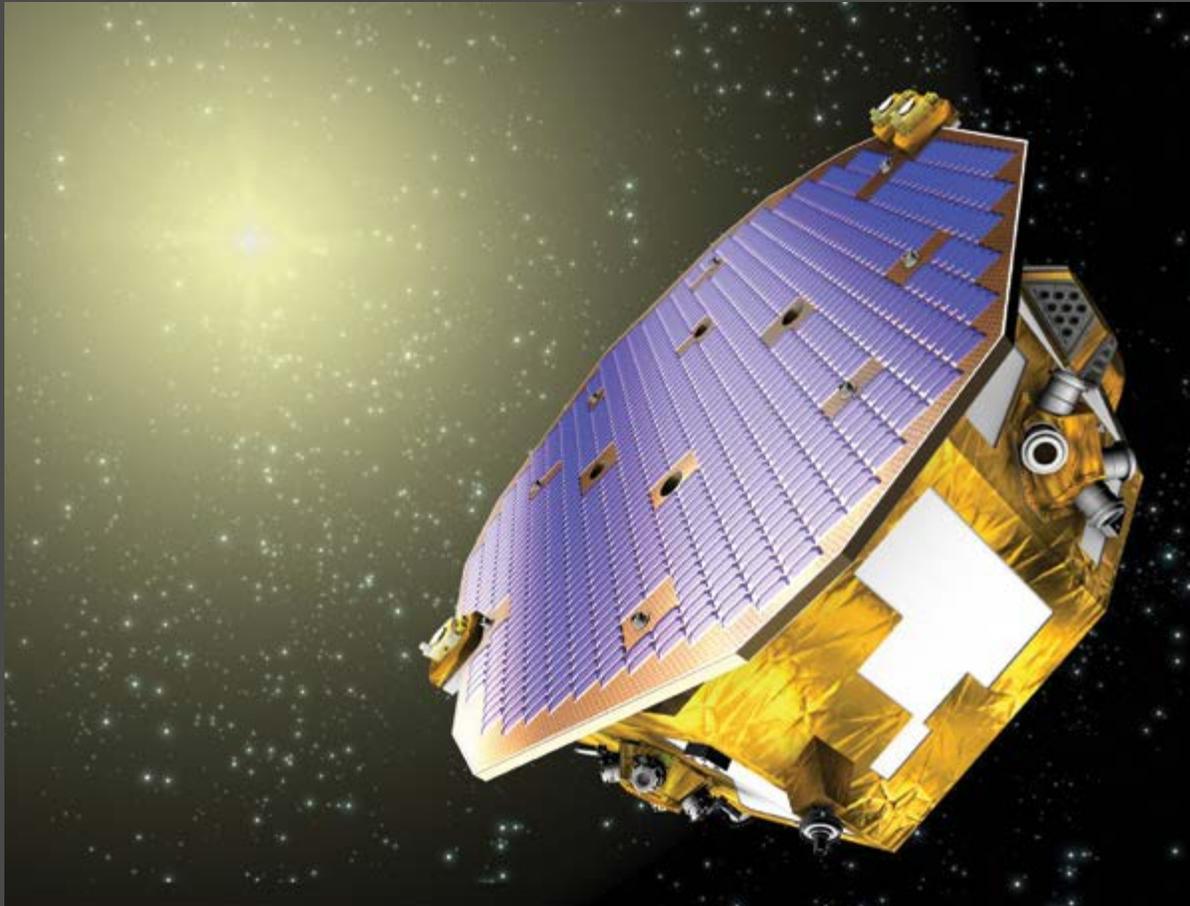
El sueño de caída de Einstein

La LISA Pathfinder es la nave espacial con la mayor precisión de control jamás construida. Oficialmente una misión de demostración tecnológica, sus diseñadores se enfrentan a la difícil tarea de dar vida a uno de los famosos experimentos teóricos de Albert Einstein.

Mientras desarrollaba su Teoría de la relatividad general en 1915, Einstein se preguntaba cómo caería un objeto a través del espacio si realmente estuviera libre de toda influencia externa. Decidió que en lugar de avanzar a lo largo de una línea recta, en realidad trazaría una ligera curva llamada una "geodésica" (de la misma manera que los aviones de línea describen grandes círculos sobre la superficie redondeada de la Tierra) porque la gravedad deforma la estructura subyacente del espacio y del tiempo.

La LISA (Antena espacial de interferometría láser) Pathfinder llevará a cabo una caída libre de verdad, escapando a la influencia de todas las fuerzas externas. Operando a 1,5 millones de km de distancia en el espacio, será un tipo especial de misión de vuelo en formación, con dos pequeñas naves flotando dentro de una tercera. Dos cubos de 4,6 cm (abajo a la derecha) flotarán libremente dentro de un par de cámaras con una separación de 35 cm en el corazón de la nave principal. Su separación será seguida por un sistema láser de precisión subatómica.

El propósito no es tanto crear movimiento geodésico de por sí, sino comprobar en vuelo tecnologías y técnicas para una futura misión propuesta aún más ambiciosa denominada Nuevo observatorio de ondas gravitacionales. Vincular varias naves espaciales de este tipo mediante haces de láser a través de millones de kilómetros ofrece una forma de detectar ondas gravitacionales. Estas ondulaciones a través del tiempo son una predicción especialmente dramática de la Teoría de la relatividad general de Einstein, se cree que emanan de objetos astronómicos exóticos como agujeros negros en colisión y estrellas binarias cercanas. El éxito abriría todo un nuevo tipo de astronomía: no observando ya la luz irradiada por las estrellas en el espectro electromagnético sino detectando pequeñas ondulaciones en el espacio-tiempo debidas a la fuerza fundamental de la gravedad.



→ EL SISTEMA SOLAR

La Tierra no está sola, sino integrada en el universo más amplio. Aunque es sin duda singular, está hecha de los mismos componentes que el Sol y el sistema que lo rodea: ocho planetas, más de cien lunas e innumerables objetos más pequeños. Todos los miembros del sistema solar comparten la misma historia, pero cada uno tiene la suya propia que contar. Algunos, como Marte y Venus, comenzaron su existencia como mundos similares a la Tierra, pero posteriormente se fueron desarrollando de formas muy diferentes. Otros, como la luna Titán de Saturno, no parecen haber cambiado desde poco después de su creación.

Nacimiento a partir de la muerte de estrellas

Dicha creación se produjo bastante frecuentemente, desencadenada por el mismo tipo de muerte de estrellas que los telescopios espaciales de la ESA revelan en el universo más amplio. Elementos cocinados en el corazón de las estrellas explotaron al vacío circundante a medida que se fue agotando su combustible, enriqueciendo nubes de gas en el abismo entre estrellas. Hace unos 4.600 millones de años una destructora detonación estelar llamada una supernova envió ondas de choque a través de una nube molecular gigante provocando su implosión por su propia gravedad. Se formó un disco protoplanetario, con una protoestrella central rodeada de gases y polvo en movimiento giratorio, de los cuales se condensaron granos microscópicos, fusionándose para formar planetesimales que a su vez actuaron como las semillas de los planetas.

El cosmos a la vuelta de la esquina

A diferencia de visiones más remotas de estrellas y galaxias, el sistema resultante en el que nos encontramos

en realidad se puede escrutinar de cerca, incluso es posible posarse en él y estudiarlo in situ. Las naves espaciales pueden mapear las características de los otros planetas con el mismo nivel de detalle que la misma Tierra, controlar sus atmósferas y condiciones climáticas o muestrear y analizar su suelo. Y el espacio entre ellos no está realmente vacío, sino que alberga una rica interacción de plasma y radiación, campos magnéticos y fuerzas gravitatorias, todo ello dominado por el Sol.

Nuestra poderosa estrella madre es merecedora de una atención especial. Es la fuente de energía en nuestro sistema solar y, para nosotros, habitantes del planeta Tierra, un compañero fundamental. El Sol se estudia como un objeto astronómico -una estrella típica que es la que nos resulta más fácil de observar- y que es como un laboratorio para teorías de constitución y evolución estelar. Sabemos que las partículas de viento solar generadas por el Sol interactúan con la magnetosfera de la Tierra y pueden interferir con las telecomunicaciones y otros sistemas hechos por el hombre que se han convertido en un factor esencial de la vida moderna. Tenemos mucho más que aprender acerca de cómo vivir con nuestra estrella, que es solo un “brillante” ejemplo de astrofísica al servicio de la vida moderna.

Exploración europea

En 1968 la ESRO (predecesora de la ESA) lanzó su Satélite de órbita altamente excéntrica HEOS-1, su primera misión al espacio interplanetario, que muestreó el viento solar durante su vida útil de siete años. En los años siguientes la ESA se ha convertido en un contribuidor de primera categoría a la ciencia solar, la física del plasma espacial, la ciencia planetaria, la heliofísica y la ciencia de los cometas. La misión Ulysses de la ESA fue más allá del plano del sistema solar para

cartografiar los polos del sol, mientras que Giotto tuvo un encuentro de cerca con el núcleo del cometa Halley (y Rosetta tiene como objetivo depositarse por primera vez sobre un cometa). Una sonda de la ESA se posó en la superficie de Titán, y naves espaciales de la ESA orbitan Marte y Venus, además de que se está poniendo otra a punto para orbitar Mercurio.

Las misiones de tecnología de vanguardia de la ESA representan un esfuerzo enfocado a permitir la comparación con nuestro planeta. ¿Qué factores impulsaron los distintos acontecimientos de estos mundos y por qué parece que la vida solo ha florecido en nuestro planeta, el tercero más distante del sol? ¿Es posible que exista algún tipo de vida en otro lugar del sistema solar?

En búsqueda de respuestas

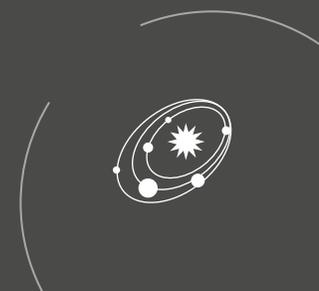
En última instancia, nuestro estudio del sistema solar trata de comprender el universo y nuestro lugar en él. ¿Cuáles son las leyes físicas fundamentales del universo? ¿Cómo se originó el universo y de qué se compone? ¿Cuáles son las condiciones para la formación planetaria y la aparición de la vida? ¿Cómo funciona el sistema solar?

Hay evidentes sinergias con la astronomía del espacio profundo. Durante una gran parte de la historia humana no se sabía con certeza si nuestro sistema solar es único en el universo, pero hoy tenemos muchos más sistemas exoplanetarios distantes con los que compararlo. Sabemos que el nuestro, en principio, no es un sistema estelar inusual.

Así pues, ¿cuáles son los factores que hacen que un entorno sea potencialmente capaz de sustentar la

vida? Deben cumplirse algunos criterios geofísicos, geoquímicos y astrofísicos antes de que un cuerpo astronómico se pueda clasificar como habitable. Analizando las diferentes condiciones ofrecidas por nuestro sistema solar podríamos ser capaces de confinar las condiciones “ideales” para que se produzca la vida.

Las respuestas a estas preguntas deberían ayudar a determinar cuántos otros mundos existen que sean potencialmente adecuados para albergar vida. Y contemplar nuestra propia Tierra desde sondas a distancia sugiere estrategias para la detección a larga distancia de dichos mundos con vida y, lo que es aún más importante, estrategias para preservar la vida sobre la Tierra, nuestra “nave espacial”.



Cruzando el vacío

Misiones de la ESA para explorar el sistema solar. La mayoría de las misiones espaciales nunca abandonan el abrazo de nuestro planeta, pero las sondas interplanetarias tienen suficiente energía para escapar del campo gravitatorio de la Tierra e ir más allá, colocándose en órbita o incluso depositándose en otros cuerpos planetarios. Las naves interplanetarias a menudo tienen que obtener más energía a partir de complejos acercamientos a los planetas interiores para propulsarse aún más allá y más rápido en el espacio, esto ha sido diseñado para la ESA por los expertos en dinámica de vuelo del Centro Europeo de Operaciones Espaciales (ESOC) en Darmstadt. Y nuevas tecnologías de última generación prometen hoy en día una drástica reducción en el tiempo para viajes a destinos lejanos en el sistema solar.

Otras misiones, como Cluster, SOHO y el microsatélite Proba-2, permanecen en las cercanías de la Tierra pero miran hacia afuera. Las dos últimas son centinelas permanentes del astro que más influye sobre la Tierra, el Sol, mientras que Cluster examina su influencia directa sobre nuestro entorno local en el espacio.



soho

Situarse frente al Sol

venus express

Estudiar la atmósfera de Venus



bepicolombo

Explorar Mercurio



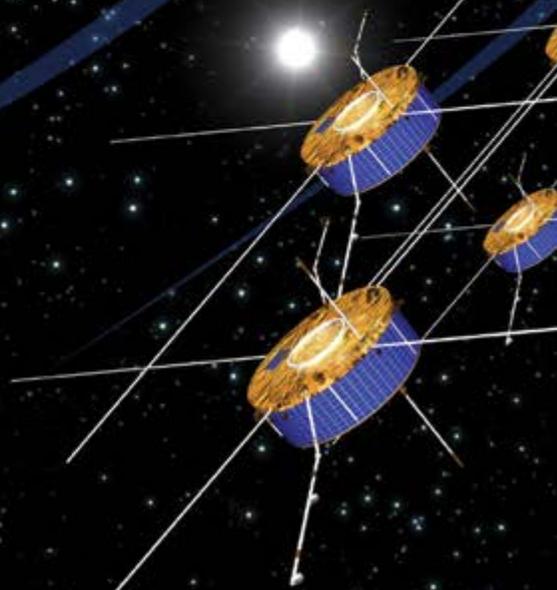
solo

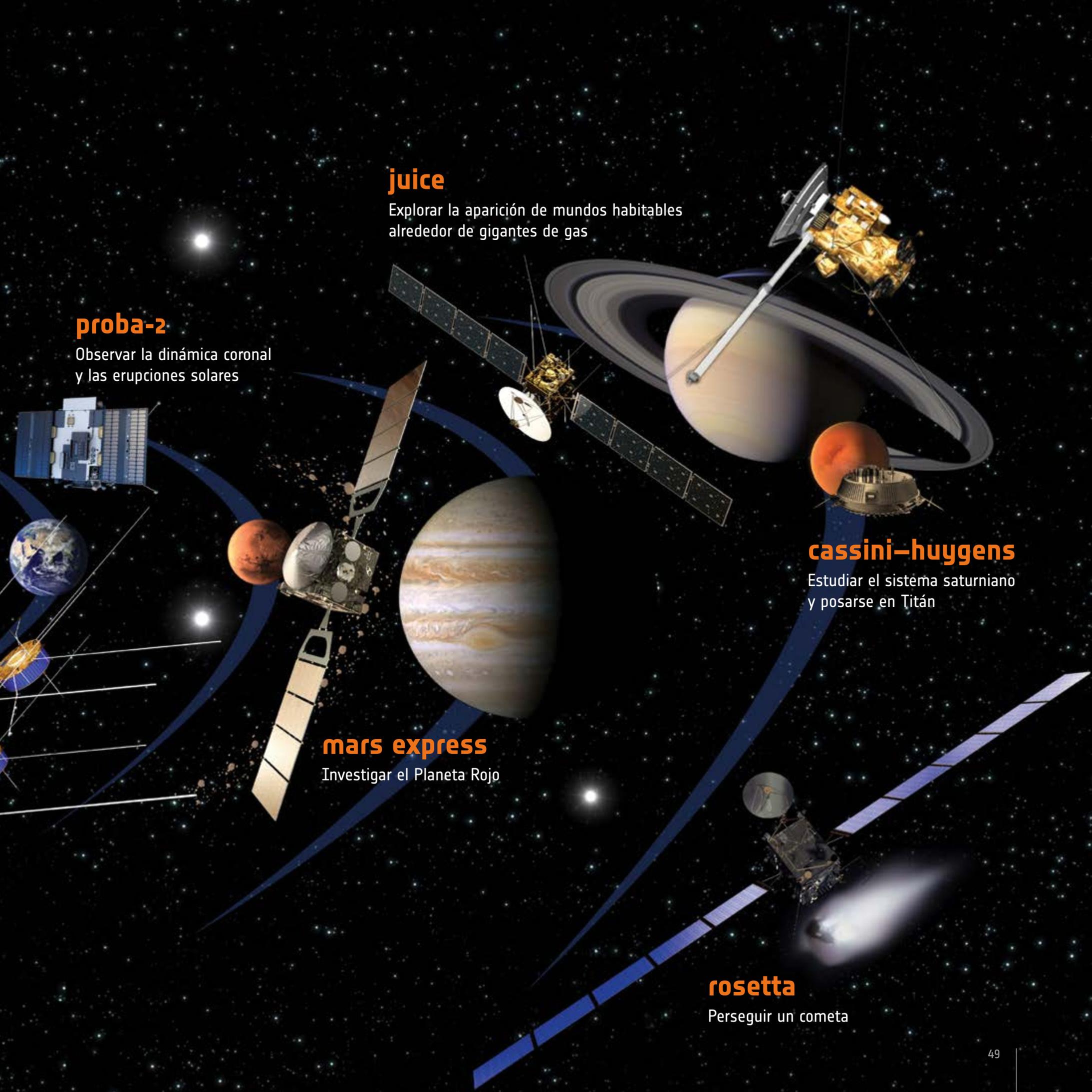
El Sol de cerca



cluster

Medir el campo magnético de la Tierra



An infographic showing the orbits of several space missions around the solar system. The background is a starry space with a bright sun on the left. Blue lines represent the orbits of the missions. Planets shown include Earth, Mars, Jupiter, Saturn, and Titan. The missions depicted are Proba-2, Mars Express, Juice, Cassini-Huygens, and Rosetta. Each mission is accompanied by its name and a brief description of its purpose.

proba-2

Observar la dinámica coronal
y las erupciones solares

juice

Explorar la aparición de mundos habitables
alrededor de gigantes de gas

mars express

Investigar el Planeta Rojo

cassini-huygens

Estudiar el sistema saturniano
y posarse en Títán

rosetta

Perseguir un cometa

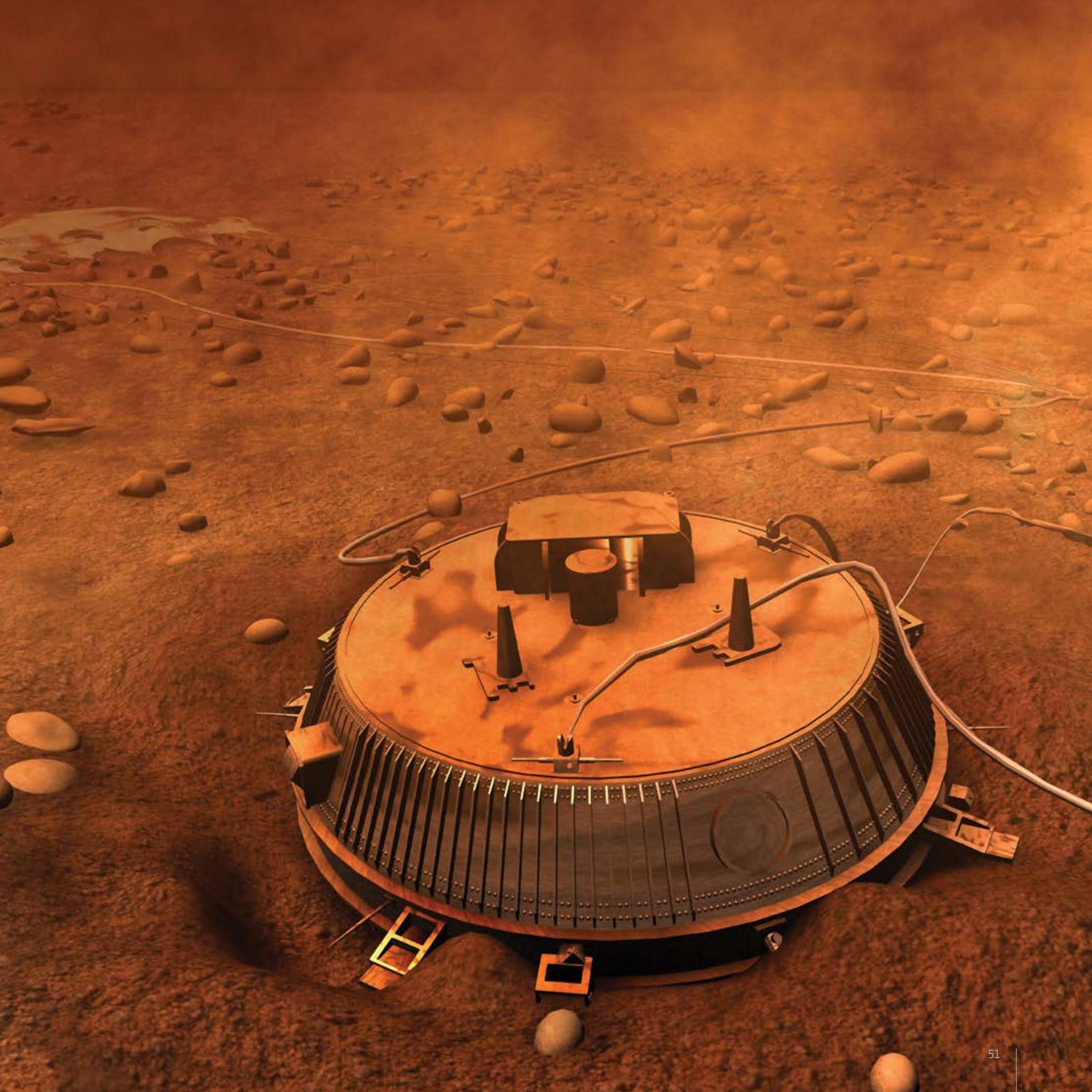
Aterrizaje en la niebla

El 14 de enero de 2005, la ESA se posó en el cuerpo celeste más distante en la historia humana. La sonda Huygens bajó en paracaídas a una superficie jamás antes vista en la mayor luna de Saturno, Titán, a 1,4 billones de kilómetros de la Tierra, después de un viaje de siete años. Antes de esto, los 80 millones de kilómetros cuadrados de la superficie de Titán habían permanecido en gran parte como un espacio en blanco en los mapas del sistema solar debido a la niebla de su atmósfera.

La sonda voló como parte de Cassini-Huygens, una misión combinada de la NASA, la ESA y la agencia espacial italiana. Con una masa de lanzamiento de 5,82 toneladas, la sonda es una de las mayores naves espaciales interplanetarias que jamás hayan volado, y tuvo que realizar varios acercamientos a planetas interiores para generar suficiente velocidad como para llegar a Saturno. La nave entró en órbita de Saturno en julio del 2004 y Cassini y Huygens se separaron el día de Navidad, cayendo ésta última sobre Titán en los 20 días siguientes.

Esta sonda en forma de marisco comenzó sus observaciones durante los últimos 148 minutos de su descenso por medio de tres conjuntos de paracaídas a través de la espesa atmósfera de nitrógeno de Titán, tomando muestras del aire, registrando las velocidades e incluso el sonido del viento mientras adquiría imágenes. La capa de bruma se despejó por debajo de 25 km y la cámara, diseñada especialmente para los bajos niveles de luz de Titán, comenzó a tomar imágenes del paisaje debajo. Se podían observar canales de ríos ahora secos desembocando en un lecho de lago ennegrecido. Por último, su paquete para la toma de imágenes de superficie mostró el momento en que se posó salpicando barro. Las imágenes transmitidas a la Tierra mediante la Cassini mostraron a la Huygens reposando sobre una superficie plana llena de piedras de hielo redondeadas. La transmisión cesó unos 70 minutos después de haberse posado, cuando la Cassini se desplazó fuera de rango. Entonces sus baterías se agotaron al verse abrumada por la temperatura de -179°C .



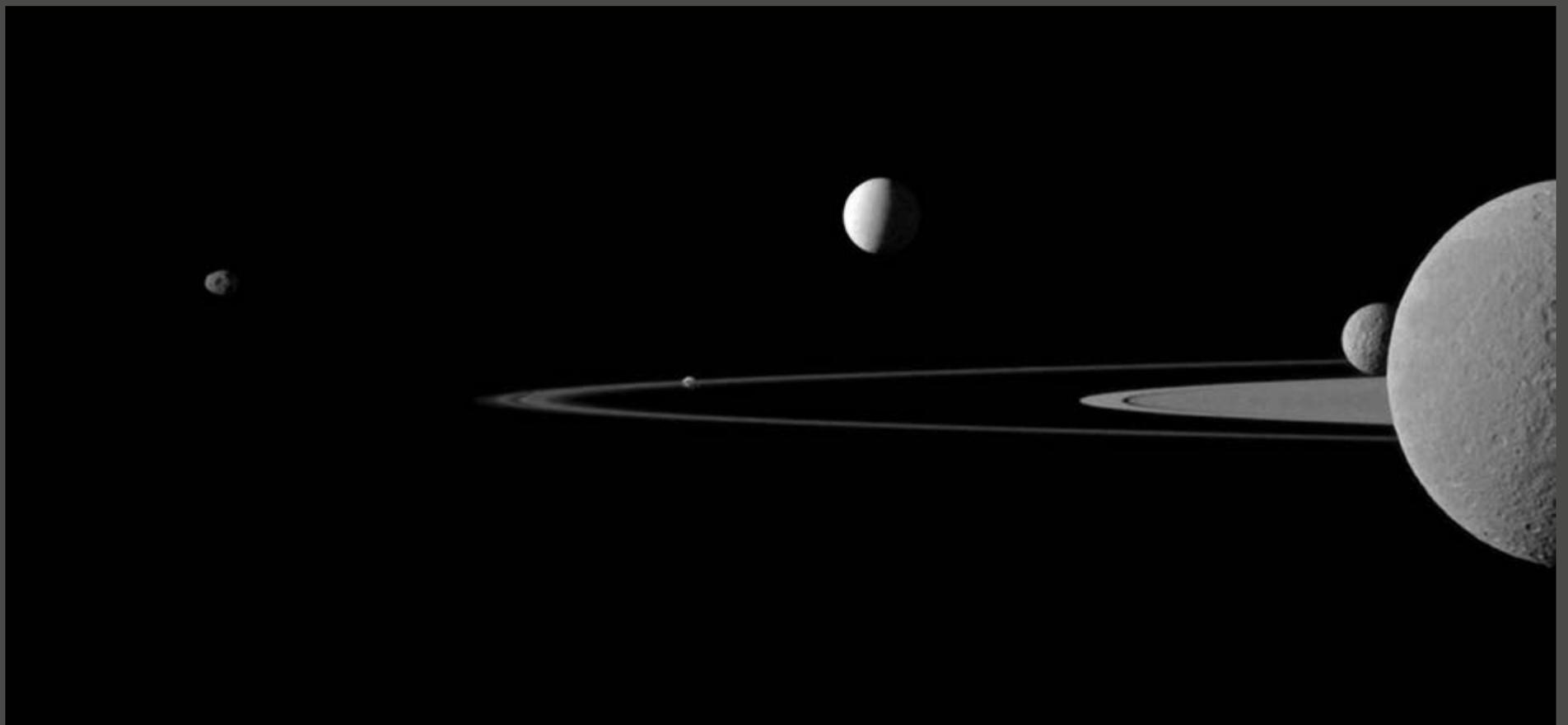


Colección de lunas

La nave nodriza Cassini de la Huygens permanece totalmente operativa en órbita de Saturno, realizando observaciones para obtener más información sobre Titán, Saturno y las decenas de otras lunas, la magnetosfera y los anillos del planeta gigante. La imagen principal muestra a Titán cubierta por una bruma naranja frente a los anillos de Saturno, con la luna de hielo Tetis al fondo.

La Cassini penetra en las nubes para observar la superficie de Titán (imagen adyacente) con radar y espectrómetros y los resultados de la Huygens sirven como "confirmación sobre el terreno" de las observaciones orbitales de la nave espacial. Una vez y media el tamaño de nuestra luna, Titán tiene un sorprendente parecido a la Tierra, con nubes, viento y lluvia que dan forma a dunas de arena, ríos y lagos en toda su superficie (imagen del recuadro), aunque con metano líquido, etano y otros hidrocarburos en lugar de agua y con agua extremadamente congelada en lugar de las rocas terrestres. Es posible que a más profundidad se pueda encontrar agua líquida, las observaciones de Cassini a largo plazo mediante ciencias radiológicas sugieren la existencia de un océano de agua y amoníaco en las profundidades de Titán.

La vista inferior da una muestra de otras cinco lunas, en toda su variedad, junto a los anillos de Saturno: Janus (179 km de diámetro), Pandora (81 km) entre el anillo A y el anillo fino F cerca del centro de la imagen, con Encélado (504 km) cubierta de hielo brillante por encima del centro de la imagen. La segunda mayor luna de Saturno, Rea (1528 km), está atravesada por el borde derecho de la imagen. Mimas, una luna más pequeña (396 km) se encuentra detrás de Rea.





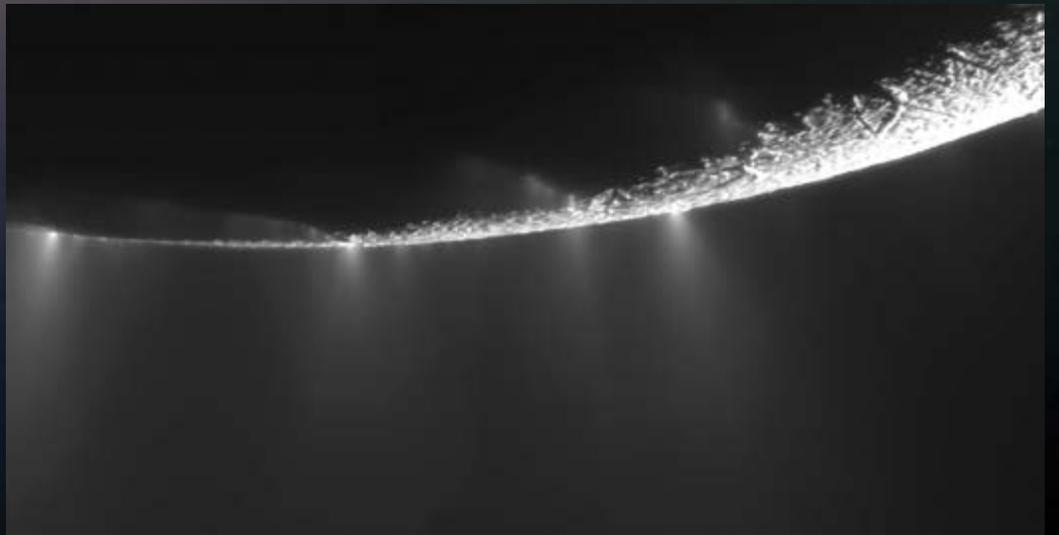
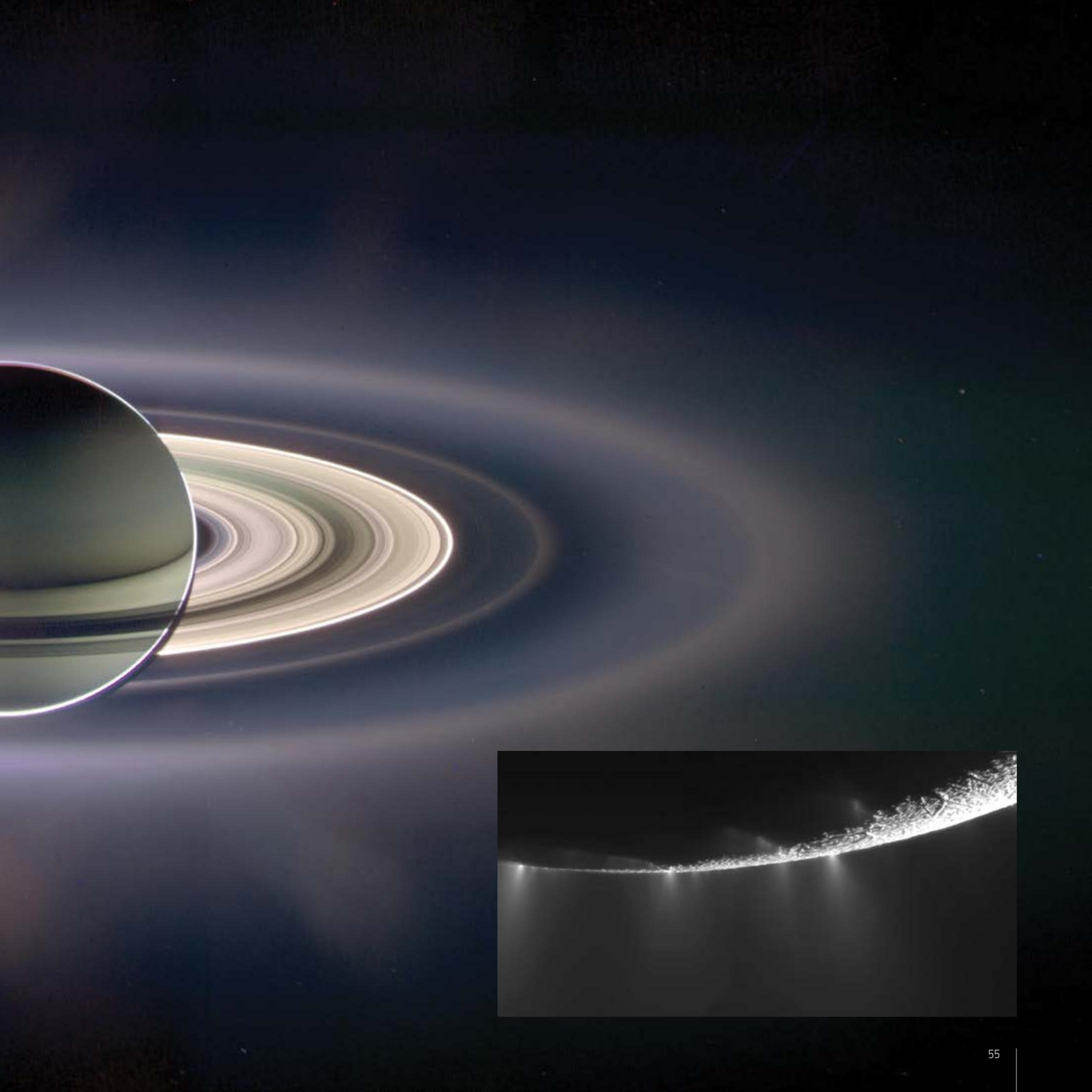
Eclipse de sol

En el 2006 la nave Cassini entró en el área de sombra, desde donde registró este espectacular panorama de Saturno eclipsando al Sol. Los anillos del planeta brillan con la luz solar dispersa, y el pálido punto azul que se vislumbra a la izquierda del planeta entre el brillante sistema de anillos principales y el más difuso anillo G no es una luna de Saturno sino la Tierra tal y como se observa a una distancia de 1.300 millones de kilómetros. Normalmente, el brillo del Sol hace que el mundo en el que originó la Cassini sea bastante indetectable.

Especialmente claro es el anillo E más externo. Las observaciones de la Cassini han demostrado que está formado por decenas de fuentes de agua congelada que brotan desde la superficie de la sexta luna más grande de Saturno, Encélado (ver recuadro), que orbita dentro del anillo. Estos penachos helados se elevan cientos de miles de kilómetros hacia el espacio desde las crestas de "raya de tigre" que atraviesan la región del polo sur de dicha luna. Su ascenso, impulsado por calentamiento geológico, también puede dar lugar a depósitos de agua líquida oculta bajo el brillante hielo de la superficie de Encélado. Esa hipótesis ha cobrado fuerza por el análisis de salinidad de las muestras de partículas de hielo del anillo E tomadas por la Cassini, lo que sugiere que podrían ciertamente provenir de un océano líquido.

Cuando el agua salada se congela lentamente, la sal se desprende, dejando pura agua congelada. Por lo tanto, si los penachos vinieran del hielo en la superficie, contendrían muy poca sal. El equipo de la sonda Cassini propone que hay una capa de agua entre el núcleo rocoso y el manto de hielo, la cual se mantiene en estado líquido por la fuerza de las mareas generadas por Saturno y algunas lunas vecinas, así como por el calor generado por el decaimiento radiactivo, disolviéndose la sal de las rocas en el agua. El descubrimiento hace que Encélado sea un atractivo destino para futuras exploraciones.





Mundos de hielo con océanos ocultos

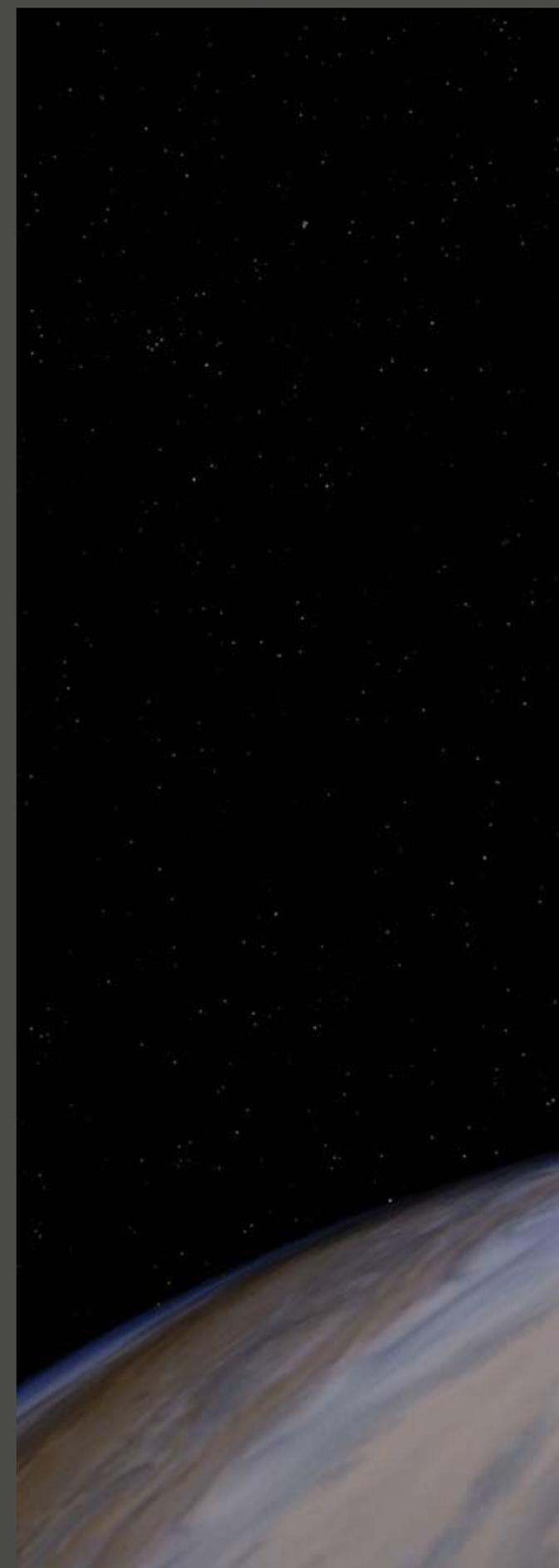
Ganímedes, Calisto y Europa, las tres mayores lunas del planeta más grande del sistema solar, son el próximo objetivo de la ESA en el sistema solar exterior. El Explorador de las lunas heladas de Júpiter, o Juice, será lanzado en el 2022, llegando a Júpiter unos ocho años más tarde. Sondeará la atmósfera y la magnetosfera del planeta gigante, volará por Europa y Calisto para terminar convirtiéndose en la primera nave que orbite una luna helada, Ganímedes.

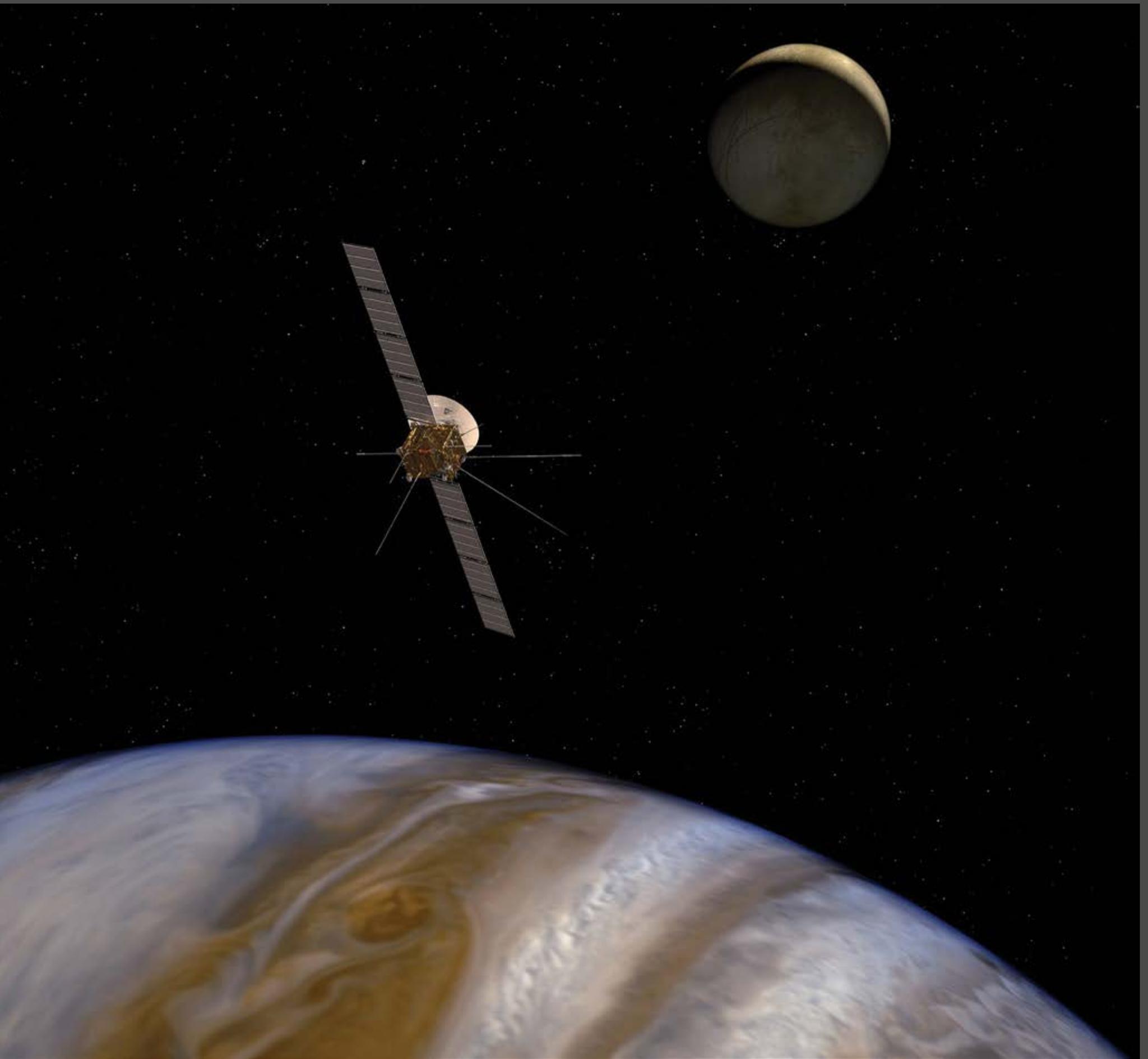
Vista lateralmente en la imagen adyacente, la famosa mancha roja gigante de Júpiter parece poner mala cara a Ganímedes, la más grande de sus 66 lunas confirmadas. Esta imagen fue capturada en el año 2000 por la Cassini-Huygens en su camino hacia Saturno.

Júpiter con sus lunas es un minisistema solar y es considerado como un arquetipo de gigantes gaseosos. Estas lunas cubiertas de hielo se explorarán como posibles hábitats. Habiéndose encontrado planetas de la categoría de Júpiter alrededor de muchas otras estrellas, las lecciones aprendidas aquí arrojarán luz sobre la aparición de entornos habitables más allá en el universo.

Mientras que Europa es bien conocida por su agrietada superficie de hielo, la evidencia sugiere que las tres lunas cuentan con océanos de agua líquida bajo su superficie. El Juice llevará a cabo las primeras investigaciones de la corteza de hielo de Europa y determinará los sitios candidatos a una futura exploración in situ. Trazará la superficie llena de cicatrices de Calisto, el astro con mayor densidad de cráteres en el sistema solar, para descodificar la violenta historia del sistema de Júpiter. Instalándose en órbita alrededor de Ganímedes en el 2032, Juice estudiará su superficie de hielo y la estructura interna, incluyendo su océano. Más grande que el planeta Mercurio, Ganímedes es la única luna del sistema solar de la que sabemos que genera su propio campo magnético. El Juice observará en detalle las exclusivas interacciones magnéticas y de plasma con la magnetosfera de Júpiter: la cercanía del planeta funciona como un gigantesco acelerador de partículas.

El Juice es la primera gran misión del programa Visión cósmica y será el punto de referencia de la ESA para la exploración del sistema solar exterior.







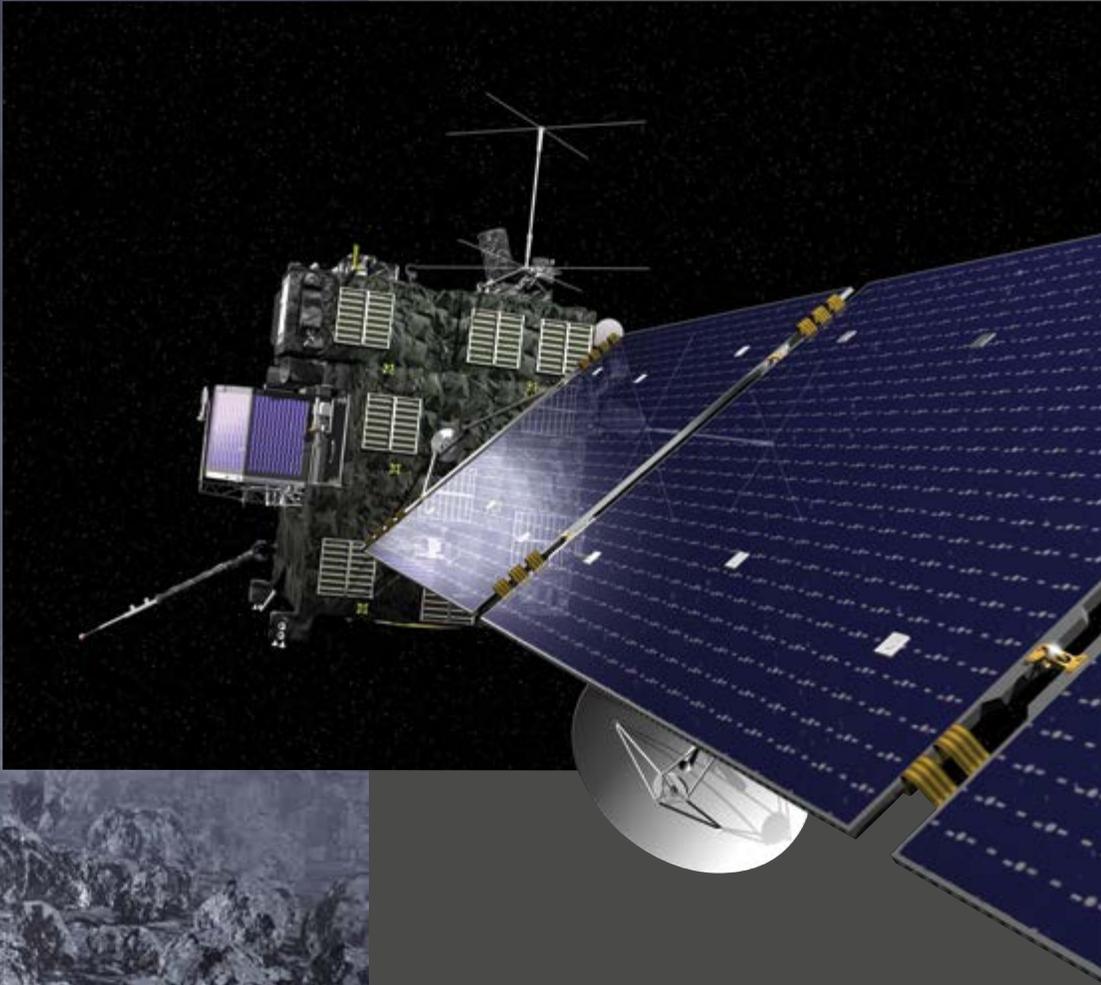
Cazador de cometas

La misión Rosetta de la ESA está dirigida a un objetivo de 4 km de ancho en los 450 millones de kilómetros de espacio interplanetario; en términos de navegación, esto equivale a enhebrar una aguja a una distancia de un centenar de kilómetros. En mayo del 2014 la nave comenzará a entrar en órbita alrededor del cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko, a la distancia de Júpiter, y en noviembre de ese mismo año su sonda Philae se anclará a la superficie del cometa.

La nave espacial de 1,5 toneladas recibió su nombre por la piedra de Rosetta que permitió a los europeos comprender antiguos jeroglíficos egipcios. Su conjunto de instrumentos debería permitir a los científicos descifrar los secretos de las cápsulas de tiempo congeladas llamadas cometas, y mirar 4600 millones de años atrás hasta el nacimiento del sistema solar, cuando una densa nube de cometas formó la materia prima de los mundos que le siguieron.

Desafortunadamente, no hay ningún cohete lanzador capaz de acelerar una nave espacial hasta la velocidad de un cometa. En su lugar, Rosetta tuvo que rebotar por el sistema solar interior como si se tratara de una bola de billar cósmica, dando vueltas alrededor del Sol al menos cuatro veces durante su trayectoria de diez años para cobrar velocidad. A lo largo de esta ruta indirecta, Rosetta entró en el cinturón de asteroides dos veces y recibió impulsos gravitatorios por orbitar alrededor de Marte (2007) y la Tierra (2005, 2007 y 2009).

Además, el viaje de Rosetta no llegará a su fin cuando comience a orbitar en su cometa, lejos de la Tierra y cerca de Júpiter. La nave espacial permanecerá con el Churyumov-Gerasimenko a medida que se acerque a la Tierra y el calor del Sol haga que el hielo de su superficie se evapore y despidan chorros de gas con partículas de polvo al espacio, convirtiéndose en lo que nuestros antepasados calificaron como una "estrella barbuda". Durante un año entero, mientras gira alrededor del sol, Rosetta orbitará el cometa, mapeando y analizando su núcleo y estudiando los cambios en su actividad. A medida que el hielo del cometa se evapore, los instrumentos estudiarán las partículas de gas y polvo que rodean al cometa y su estela y su interacción con el viento solar y el campo magnético interplanetario.



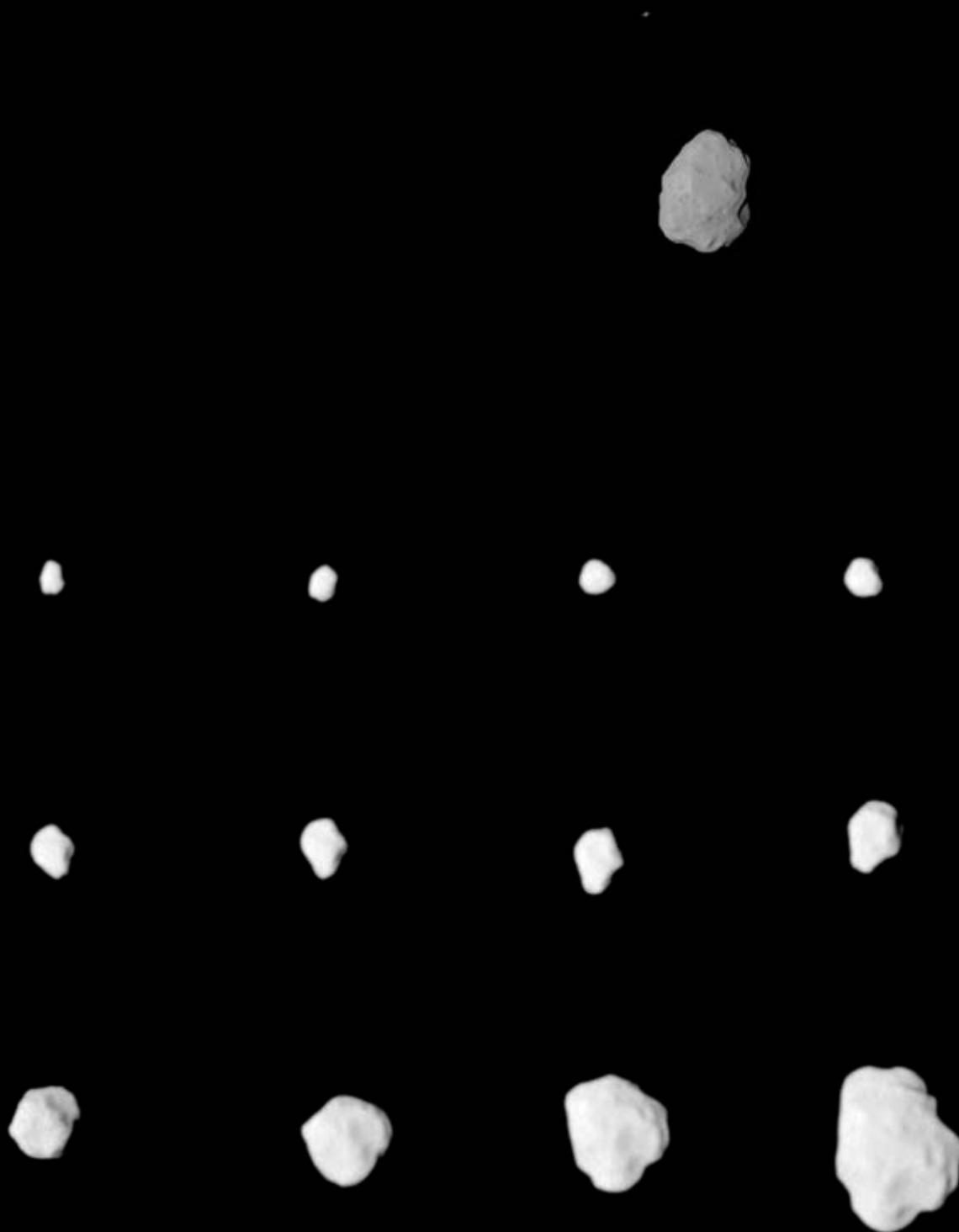
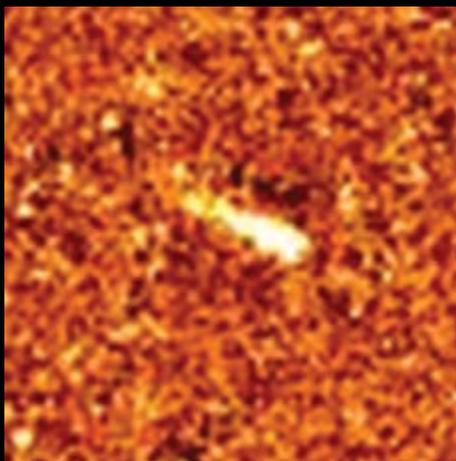
Terra incognita

La odisea de Rosetta al cometa Churyumov–Gerasimenko ha sido un viaje de descubrimiento. La nave espacial pasó por varios astros, de los cuales el asteroide Lutecia fue el más grande: Rosetta voló a una distancia de 3170 km del asteroide de 130 km de largo el 10 de julio de 2010 a una velocidad de 54.000 km/h.

Los demás acercamientos de Rosetta involucraron otros objetos (el asteroide Steins en el 2008 y la cola de polvo (parte inferior) del asteroide en forma de cometa P/2010 A2 a principios del 2010) que parecen ser fragmentos de cuerpos anteriormente más grandes.

Lutecia representa un primitivo minimundo más antiguo. Algunas partes de su superficie tienen alrededor de 3.600 millones de años, mientras que otras, con 50–80 millones de años, son jóvenes en términos astronómicos. Estas áreas más jóvenes de Lutecia son zonas de corrimiento de tierras, probablemente provocados por las vibraciones de impactos cercanos especialmente fuertes. Los residuos resultantes de tantos impactos ahora se encuentran en la superficie como una capa de roca pulverizada de cientos de metros de profundidad. También hay rocas grandes esparcidas por la superficie: algunas de 300 a 400 m de ancho, o aproximadamente la mitad del tamaño de Ayers Rock en Australia.

Lutecia es más semejante a un planeta de lo que pueda parecer a primera vista. Es denso para ser un asteroide, lo que sugiere que contiene importantes cantidades de hierro, pero no necesariamente en un núcleo ferroso. Su superficie aún prístina implica que Lutecia nunca llegó a temperaturas lo suficientemente altas debido a radiactividad interna para fundir este hierro hasta convertirlo en un núcleo, como ocurrió en la Tierra en lo que los geólogos llaman la "catástrofe del hierro", el mundo en capas que hoy conocemos. Por lo tanto, este asteroide resulta ser una imagen en miniatura de una determinada fase del desarrollo temprano de la Tierra.









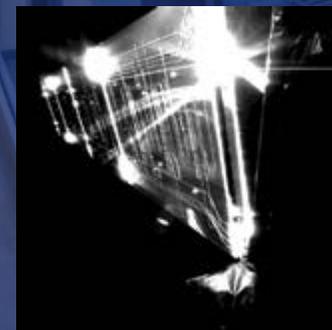
Cuerpo doble

La nave "gemela" de Rosetta sigue en la Tierra; este modelo de ingeniería se encuentra en el Centro Europeo de Operaciones Espaciales (ESOC) de la ESA en Darmstadt, Alemania, desde donde se controla la misión. Antes de enviar actualizaciones de software a la nave espacial, estas se prueban primero en esta nave de pruebas completamente funcional. El modelo también es utilizado para formación, incluyendo simulaciones *hardware-in-the-loop* para operadores.

Rosetta es la primera nave espacial alimentada por energía solar en aventurarse tan lejos en el espacio (véase su autorretrato en la imagen del recuadro), y en 2011 se puso en estado de hibernación para conservar valiosa energía a medida que arrasaba a 790 millones de km del Sol en su camino hacia Churyumov-Gerasimenko. Quedó en silencio, a la espera de ser reactivada automáticamente por el software del ordenador de a bordo y cuatro relojes, esto se produjo a las 10:00 GMT del 20 de enero del 2014.

A continuación, se reanudaron las operaciones: las comunicaciones por radio entre Rosetta y la Tierra hicieron uso de las antenas de la ESA para el espacio profundo situadas en Nueva Norcia en Australia, Malargüe en Argentina y Cebreros en España, cada una de ellas con una antena parabólica de 35 m de diámetro que concentra la energía de la señal de radio en un haz estrecho, lo que le permite alcanzar distancias de más de 1000 millones de kilómetros desde la Tierra. La Red para el Espacio Profundo de la NASA también proporciona cobertura cuando sea necesario.

El caudal al que los datos pueden ser enviados desde Rosetta a la Tierra varía de 10 a 22.000 bits por segundo. Sin embargo, la rotación de la Tierra hace que comunicación en tiempo real no siempre sea posible. Para superar estas limitaciones, la memoria de estado sólido de 35 gigabits de Rosetta puede almacenar todos los datos científicos y, a continuación, transmitirlos a la Tierra a la próxima oportunidad.



¿Un océano seco en el planeta rojo?

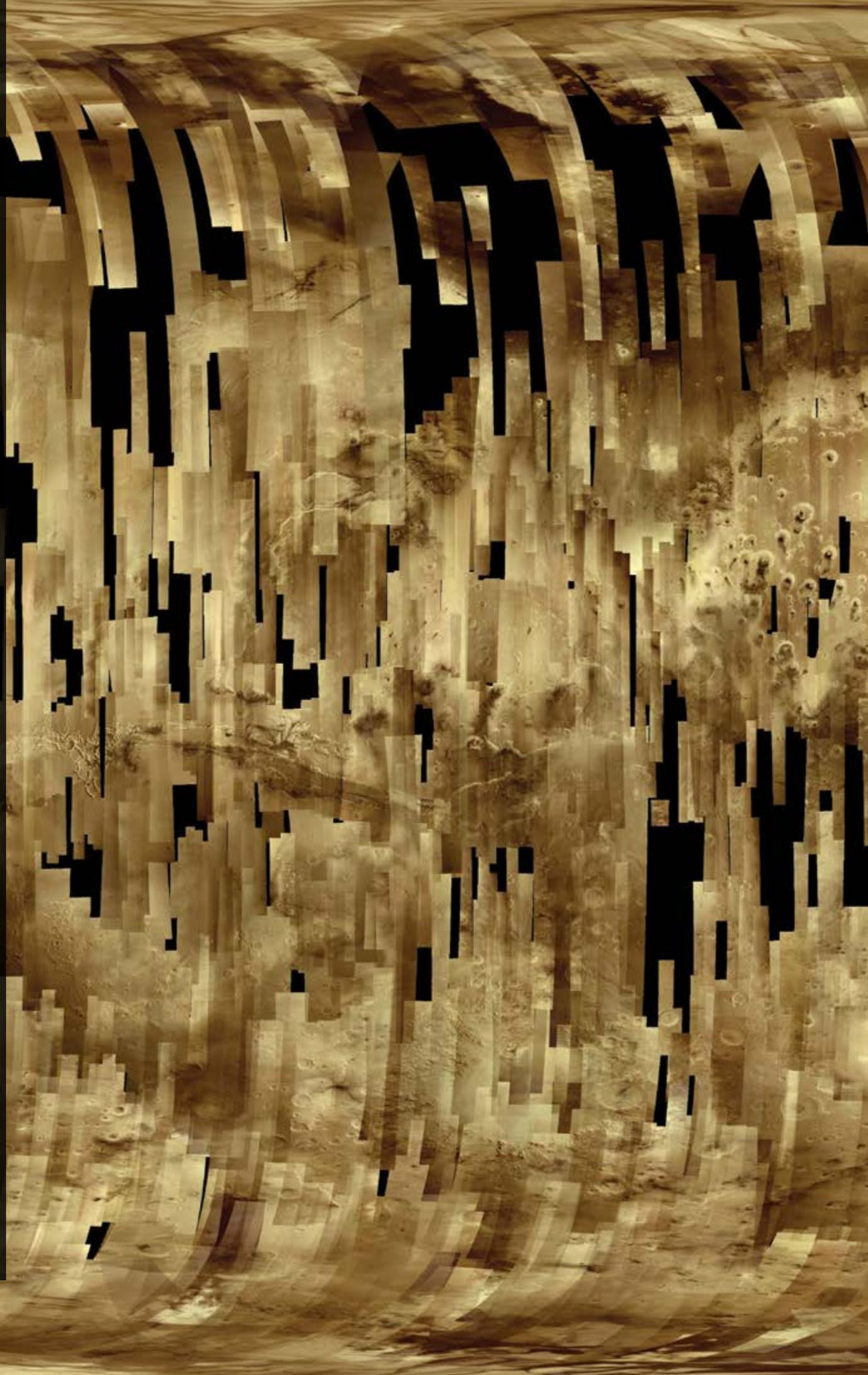
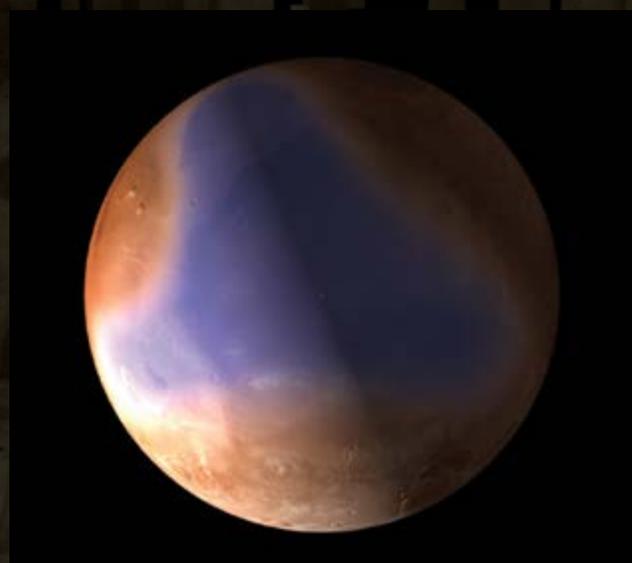
Cobertura global del planeta rojo por la misión Mars Express de la ESA hasta junio del 2011, en órbita desde diciembre del 2003. Aunque es más pequeño que la Tierra, Marte tiene una superficie ligeramente más pequeña que toda la superficie terrestre seca en conjunto.

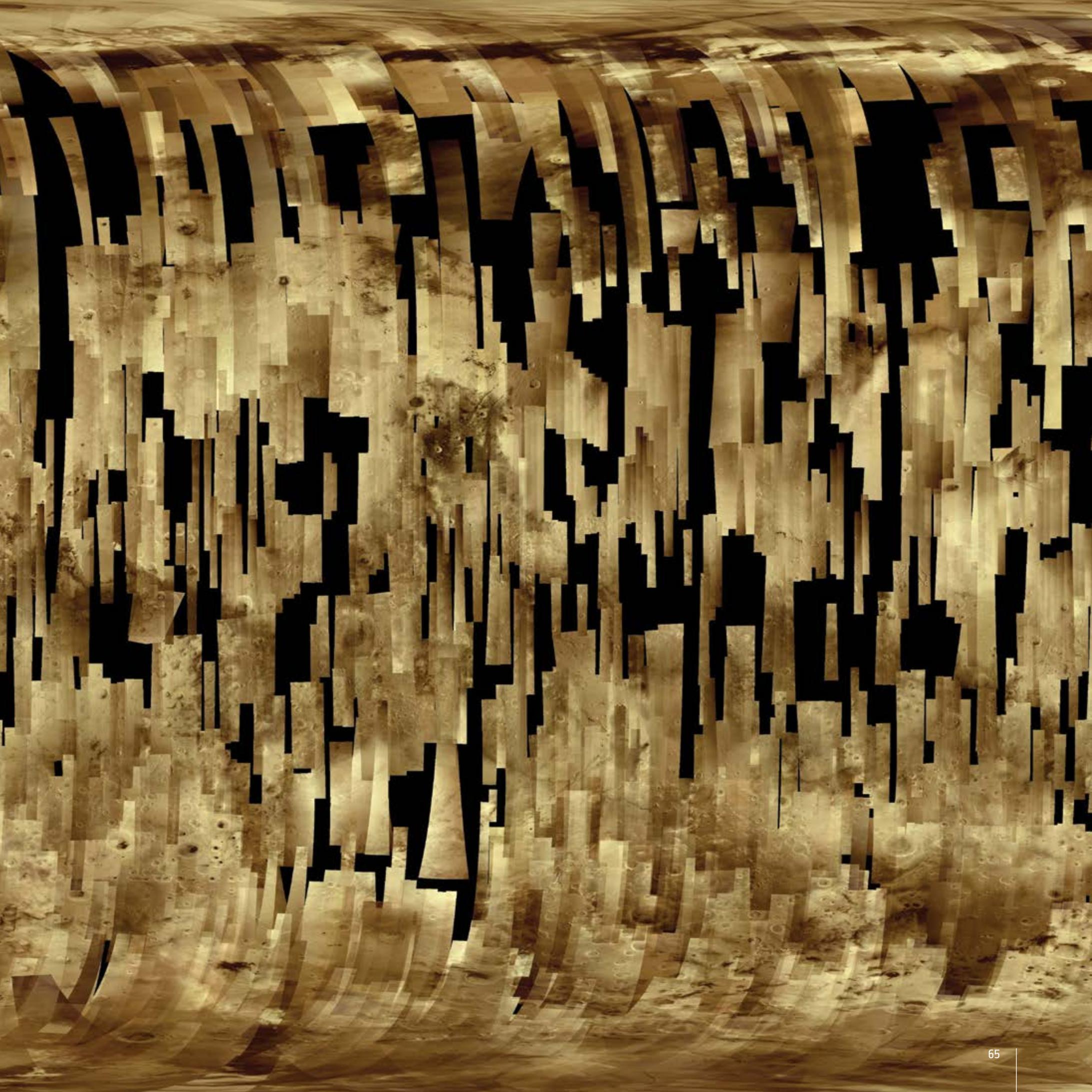
La primera misión europea a Marte tiene suficiente combustible para seguir operando durante muchos años, por lo que los huecos que aún quedan en el mapa probablemente se rellenarán antes de que termine la misión.

Los instrumentos de la nave espacial incluyen una cámara estéreo de alta resolución para trazar la topografía del planeta en 3D, un conjunto de espectrómetros para revelar la composición de la superficie y la atmósfera, así como un analizador de partículas y una sonda de radio para discernir la ionosfera y el campo gravitatorio sobre la atmósfera, midiendo simultáneamente la rugosidad de la superficie del planeta y estudiando la corona solar.

Mars Express desplegó su antena radar de 40 m de largo en el 2005 para dar a los investigadores una visión detallada del subsuelo marciano. Ha detectado capas similares a rocas sedimentarias, lo que sugiere la existencia de un antiguo océano bajo las tierras bajas al norte del planeta (abajo), lo que se suma a la evidencia existente de lo que parecen ser orillas secas.

Se han propuesto dos océanos: hace unos cuatro mil millones de años, cuando el ambiente era más cálido, y también hace tres billones de años, cuando el hielo del subsuelo se derritió, posiblemente como resultado de una mayor actividad geotérmica, creando canales de flujo que drenaban el agua hacia zonas más bajas. Este océano más posterior podría haber sido temporal. En un período de un millón de años o menos, su agua podría haberse vuelto a congelar en el mismo lugar y haberse conservado bajo el suelo, o podría haberse convertido en vapor y elevarse gradualmente a la atmósfera.





Pico marciano

En términos terrestres, el volcán Tharsis Tholus -visto aquí (arriba a la izquierda) codificado por la cámara estéreo de alta resolución de Mars Express según su altura- es un gigante, con sus imponentes ocho kilómetros por encima del terreno circundante, casi tan alto como el Monte Everest, con una base que se extiende más de 155 x 125 km. En Marte, sin embargo, es solo un volcán de tamaño medio.

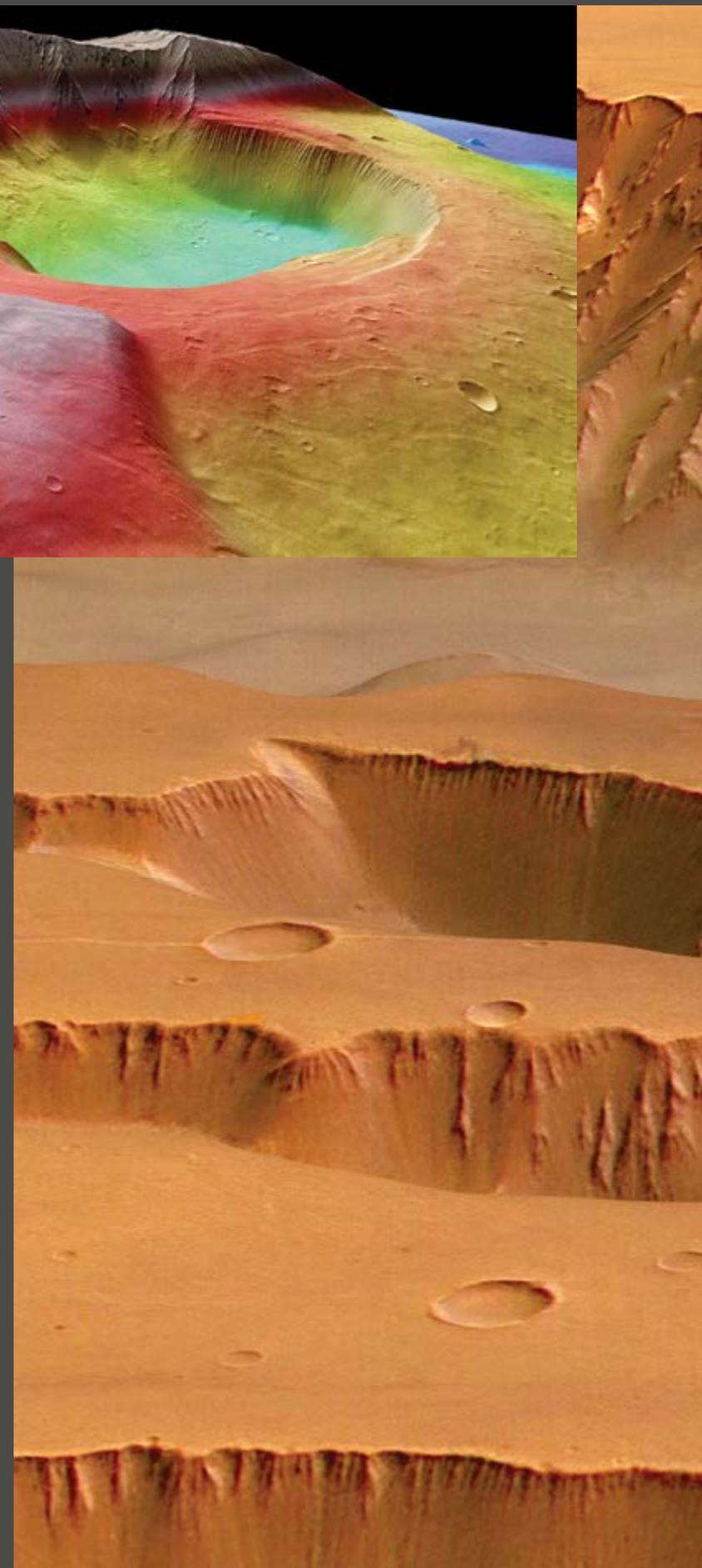
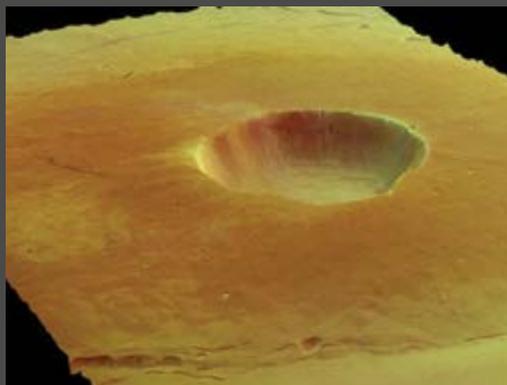
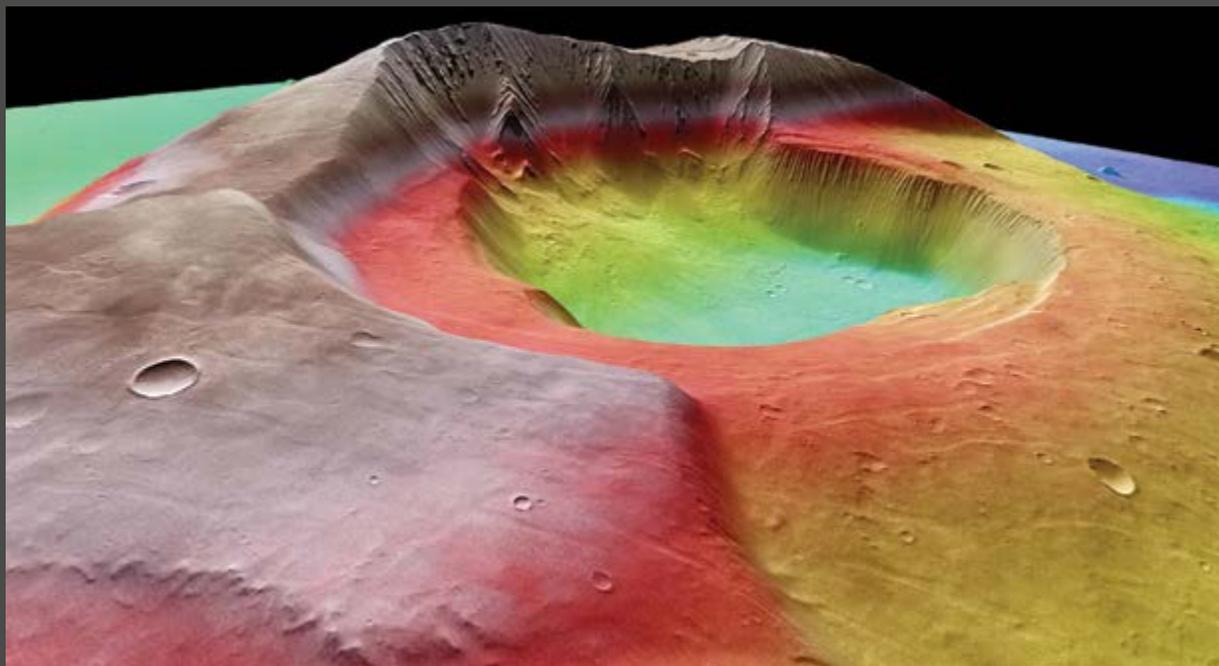
Lo que lo hace inusual es su estado maltrecho, con flancos colapsados y una caldera central derrumbada, lo cual fue causado por la lava al vaciar su cámara de magma hasta que ya no podía soportar su propio peso. La naturaleza inactiva de Tharsis Tholus queda realzada por sus cráteres de impacto que salpican sus altas laderas, pero se estima que fluyó lava de una fisura en la ladera sur del volcán hace tan solo 200 millones de años.

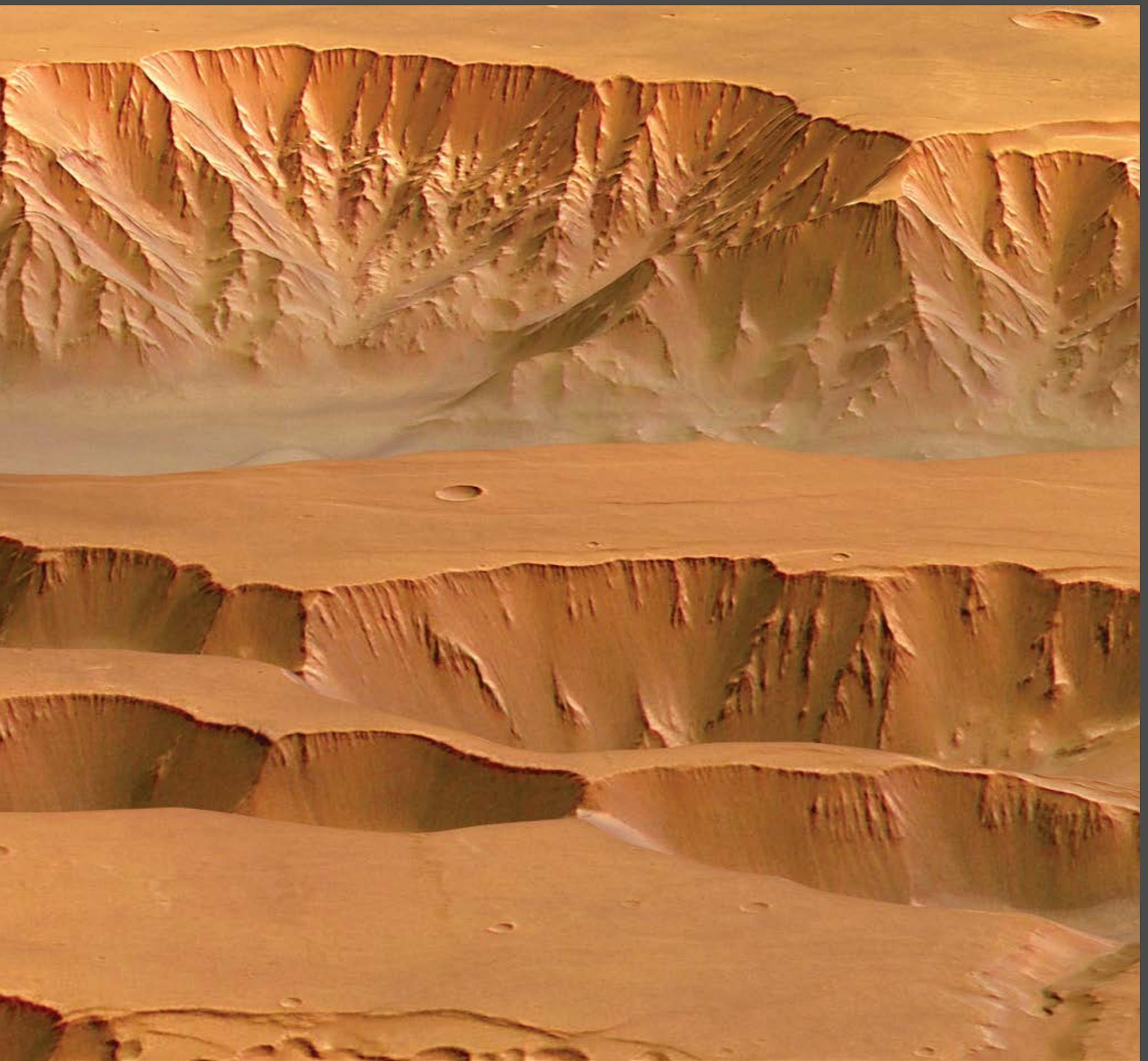
¿Podría estar Marte aún geológicamente activo? Uno de los descubrimientos más sorprendentes y significativos de Mars Express han sido pequeñas cantidades de metano en algunas regiones de la atmósfera marciana, lo que significa que o bien hay actividad volcánica que continúa generando calor por debajo de la superficie o hay alguna forma de vida en Marte. El metano tiene una vida relativamente corta de 300 a 600 años en la tenue atmósfera antes de ser descompuesto por la radiación ultravioleta, por lo que algo lo está reponiendo activamente. También son posibles otros procesos geológicos, pero no implican la presencia de aguas subterráneas líquidas. Los resultados de Mars Express han sido confirmados por trazados de seguimiento desde telescopios terrestres y están preparando el camino para la planificación de futuras misiones a Marte.

Otro descubrimiento sorprendente de Mars Express ha sido la relativa abundancia de agua líquida en la superficie de Marte a través del tiempo, así como la historia de su clima. Posiblemente hubo glaciares activos tan solo hace unos pocos cientos de miles de años.

La ESA está planificando un retorno al planeta rojo en dos partes. A partir del 2016, el orbitador ExoMars de la Agencia examinará trazas de gases en la atmósfera, incluido el metano. Dos años después llegará el turno al vehículo explorador de ExoMars, que transporta un taladro y un conjunto de instrumentos dedicados a la investigación de exobiología y geoquímica.

El lugar donde el vehículo explorador se depositará en la superficie será seleccionado entre una lista detallada de sitios. Los resultados de Mars Express han puesto de relieve algunas características espectaculares de la superficie. La imagen principal muestra parte de Coprates Catena, una de las principales depresiones en el centro de Valles Marineris, un sistema de cañones de más de 4000 km de largo. Observe el suelo blando de la depresión en comparación con las cimas de sus acantilados, probablemente debido a polvo soplado por el viento. La perspectiva 3D de la cámara capta polvo al momento de caer en la caldera del volcán Albor Tholus (centro izquierda).









La cara de Fobos

Una gran ciudad europea apenas podría caber en la luna marciana Fobos, como muestra aquí la imagen de Mars Express. La luna con forma de patata mide 27 km por 22 km por 18 km de ancho. Cabe la posibilidad de que su superficie repleta de cráteres vea huellas humanas antes que el planeta rojo por debajo de ella. Fobos ofrece un acceso relativamente fácil ya que no tiene aire y se asienta en el borde de la gravedad de Marte, por lo que requeriría mucho menos combustible para posarse y posteriormente despegar.

Diseñada para examinar un cuerpo planetario específico, Mars Express ha demostrado ser lo suficientemente versátil como para estudiar este compañero mucho menor. La órbita elíptica, casi polar, de la nave hace que pase cerca de Fobos aproximadamente cada cinco meses. Las ranuras paralelas en la superficie pueden ser grietas, tal vez debidas al enorme impacto que formó el Stickney (izquierda), el cráter más grande de la luna con casi 10 km de diámetro, dividiendo potencialmente todo el cuerpo en pedazos antes de que la ligera gravedad de Fobos los volviera a atraer de nuevo.

De cerca, Mars Express se sale ligeramente de su curso por este mismo campo gravitatorio. Este efecto equivale a no más de unos pocos milímetros cada segundo y no afectará a la misión en modo alguno. Sin embargo, ofrece a los científicos una perspectiva única del interior de la luna para ver cómo está distribuida su masa en total. La baja densidad de Fobos indica que su interior contiene cantidades considerables de materiales porosos y/o agua helada. También parece ser una pila semihueca de escombros, lo cual podría dar una pista sobre su origen aún no resuelto. ¿Es, como su compañera la luna Deimos, un asteroide capturado por la fuerza gravitatoria de Marte, o se formó a partir de un disco de escombros alrededor de Marte, tal vez como consecuencia de un gran impacto en la superficie?

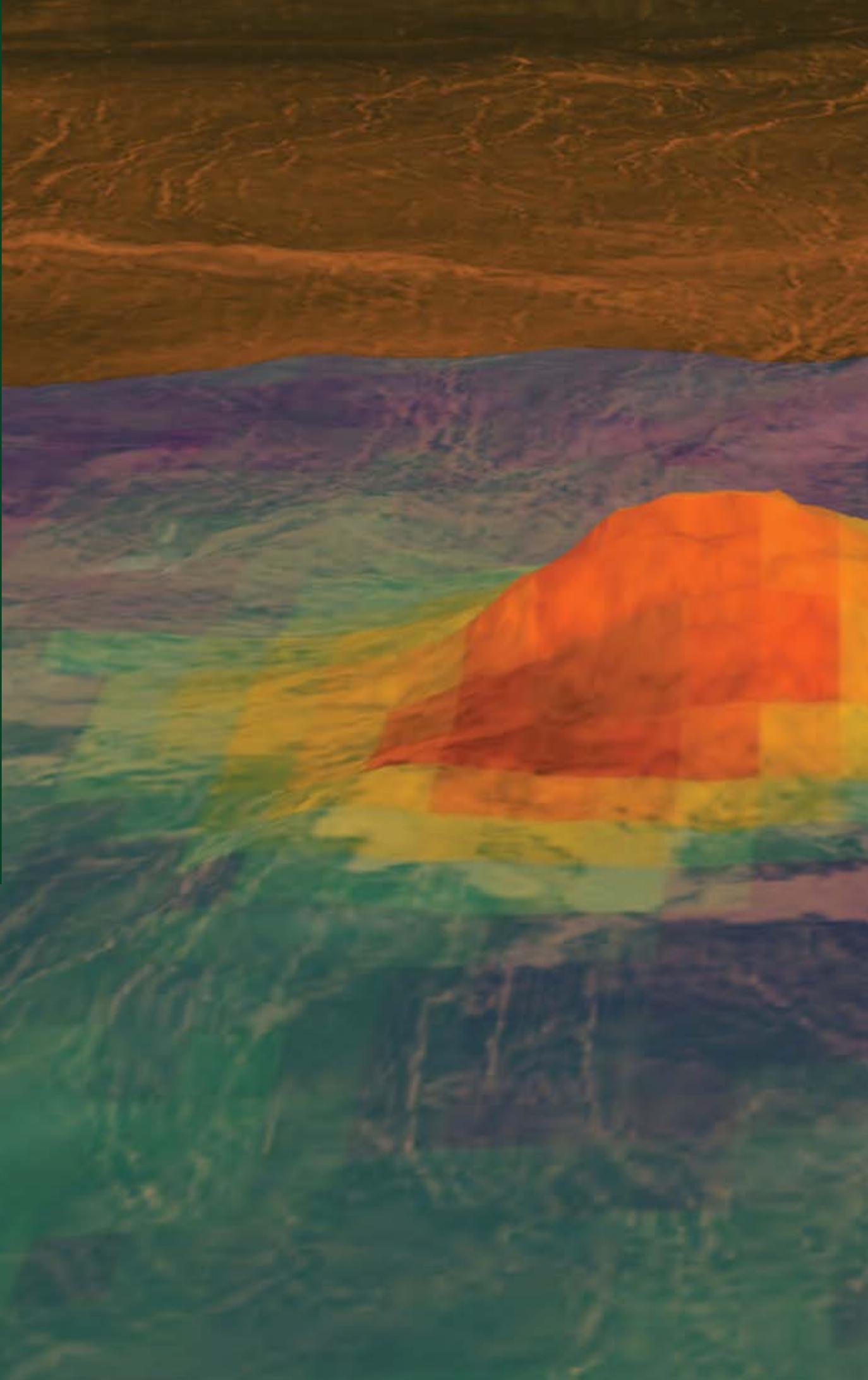


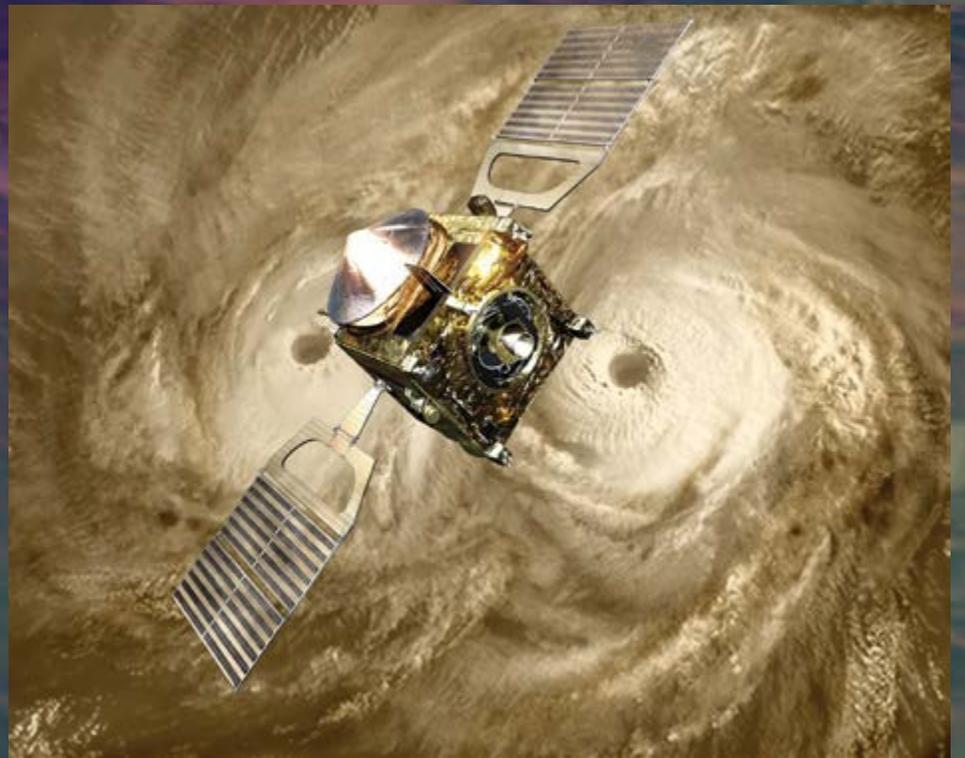
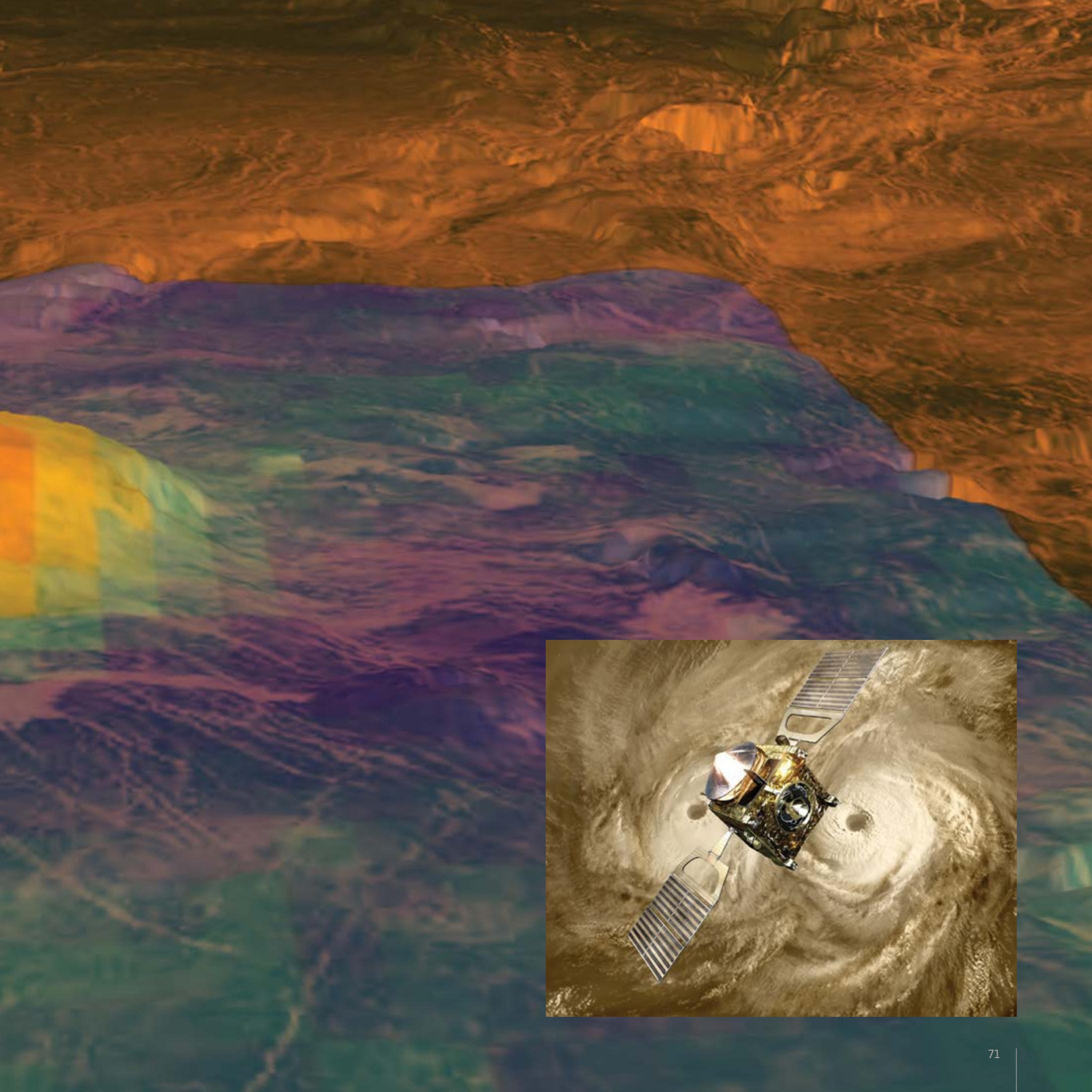
Bienvenidos al infierno

Desde el 2006 la nave hermana de Mars Express, la Venus Express, ha estado orbitando el mundo que a menudo se conoce como el gemelo de la Tierra. Venus es solo ligeramente más pequeño que la Tierra, pero los dos han tenido historias muy diferentes. La engañosamente tranquilas cimas cubiertas por nubes ocultan un mundo infernal de presión atmosférica aplastante (90 veces superior a la de la Tierra), nubes de ácido sulfúrico, tormentas con la fuerza de huracanes que pueden recorrer todo el planeta en cuatro días y una superficie tan caliente que resplandece. A pesar de que solo una décima parte de la luz del Sol llega a la superficie, suficiente energía es atrapada por gases y partículas en la atmósfera baja para elevar drásticamente la temperatura. Está teniendo lugar un efecto invernadero imparable.

La superficie es también muy diferente de la de la Tierra. Parece ser uno de los planetas geológicamente más activos del sistema solar. La superficie no muestra signos de su historia más allá de hace 500 millones de años, y el movimiento de las placas tectónicas que conforman nuestro planeta parece haberse detenido, si es que alguna vez empezó. En su lugar, grandes episodios de actividad volcánica parecen haberlo arrasado.

Un misterio que Venus Express está tratando de resolver es si el planeta todavía está geológicamente activo. Sus instrumentos han detectado dióxido de azufre en la atmósfera que podría provenir de erupciones volcánicas en los últimos 10 a 20 millones de años. Otras mediciones por infrarrojos indican flujos de lava relativamente jóvenes, como en el ejemplo que se muestra aquí de la cima volcánica Idunn Mons. Su calidez (rojo-naranja) en comparación con el terreno circundante sugiere una falta de desgaste, lo que indica que la erupción de los flujos fue reciente. Es posible que los flujos tengan una edad geológica de tan solo 2,5 millones de años, y probablemente mucho menos, quizá incluso estén activos hoy en día. La evidencia irrefutable que se está buscando ahora sería una erupción real.



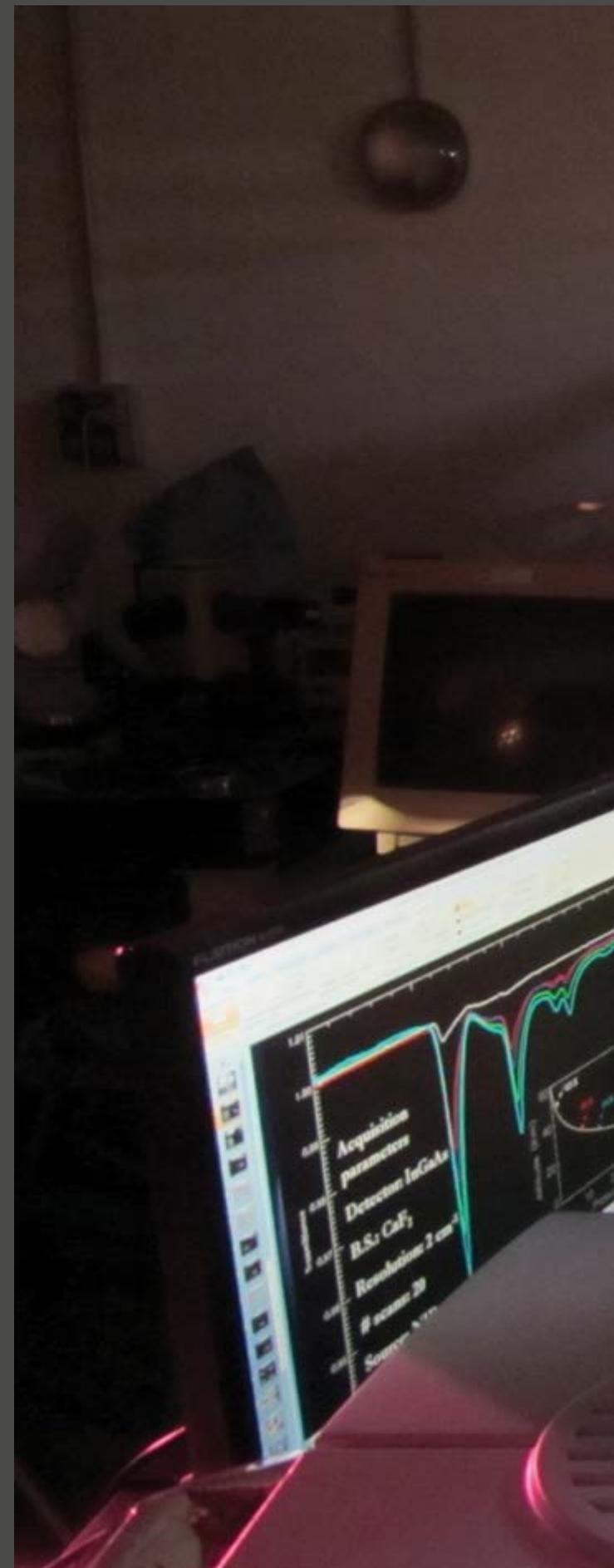
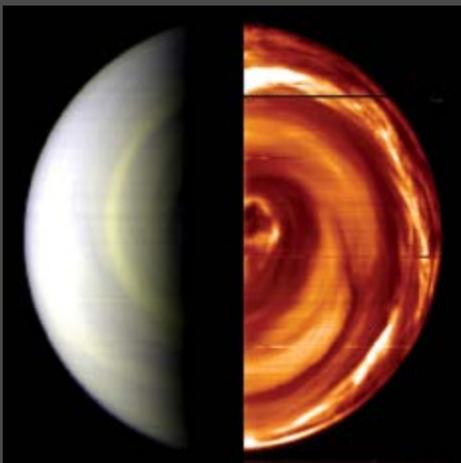
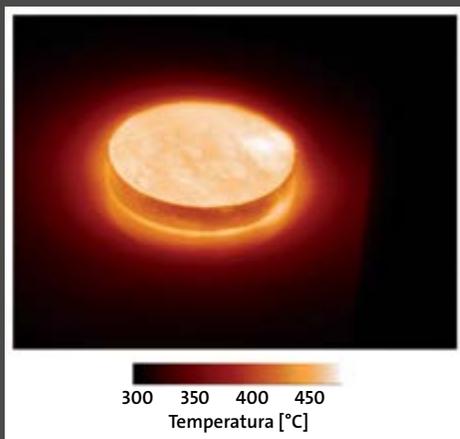


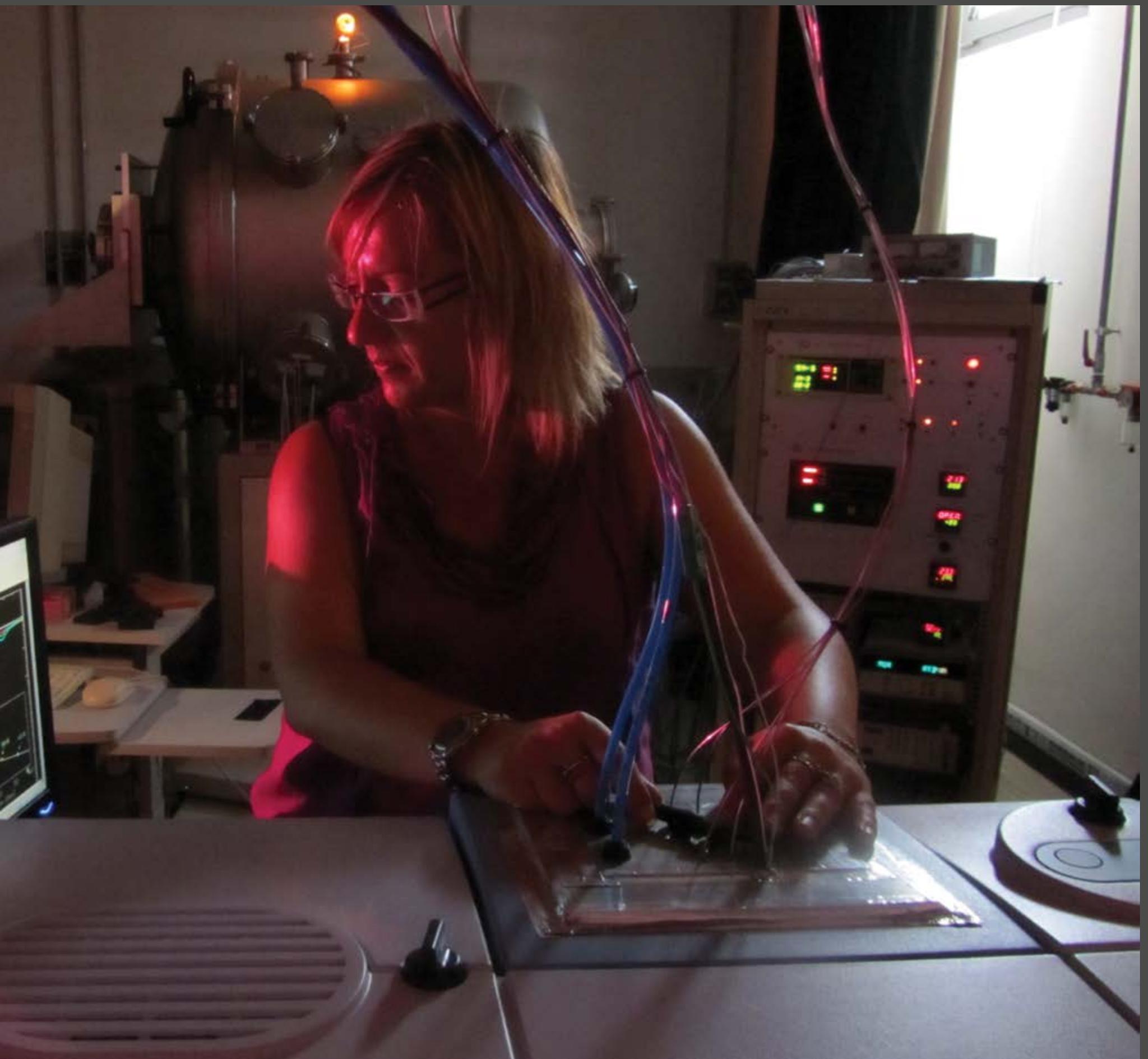
Una luz extraterrestre

Una investigadora recibe un baño de luz mientras trabaja en el Instituto de Astrofísica y Planetología de Roma, perteneciente al Instituto Nacional de Astrofísica de Italia, para reproducir la atmósfera de Venus en la Tierra.

Mientras que las nubes ocultan la superficie de Venus a nuestros ojos, la vigilancia por infrarrojos de Venus Express abre una ventana para explorar los misterios de su atmósfera baja y su superficie. Pero el increíble calor de la superficie del planeta, con temperaturas que pueden superar 480°C (el doble de calor que un horno doméstico), puede hacer que sea difícil interpretar las observaciones. La respuesta es reproducir el entorno extremo en condiciones de laboratorio. En Roma, celdas de muestra se llenan con dióxido de carbono calentado y presurizado para poder registrar su patrón de absorción de luz.

Mientras tanto, el Laboratorio de Emisividad Planetaria del Centro Aeroespacial Alemán DLR en Berlín ha estado calentando muestras de rocas y polvo (abajo) como basalto y granito, observando a medida que resplandecen, en primer lugar en el espectro de infrarrojos y luego en el espectro visible. Como la intensidad relativa de este brillo es exclusiva a cada material, los resultados están ayudando a identificar rocas en la superficie de Venus y a desvelar su desconocida historia geológica.





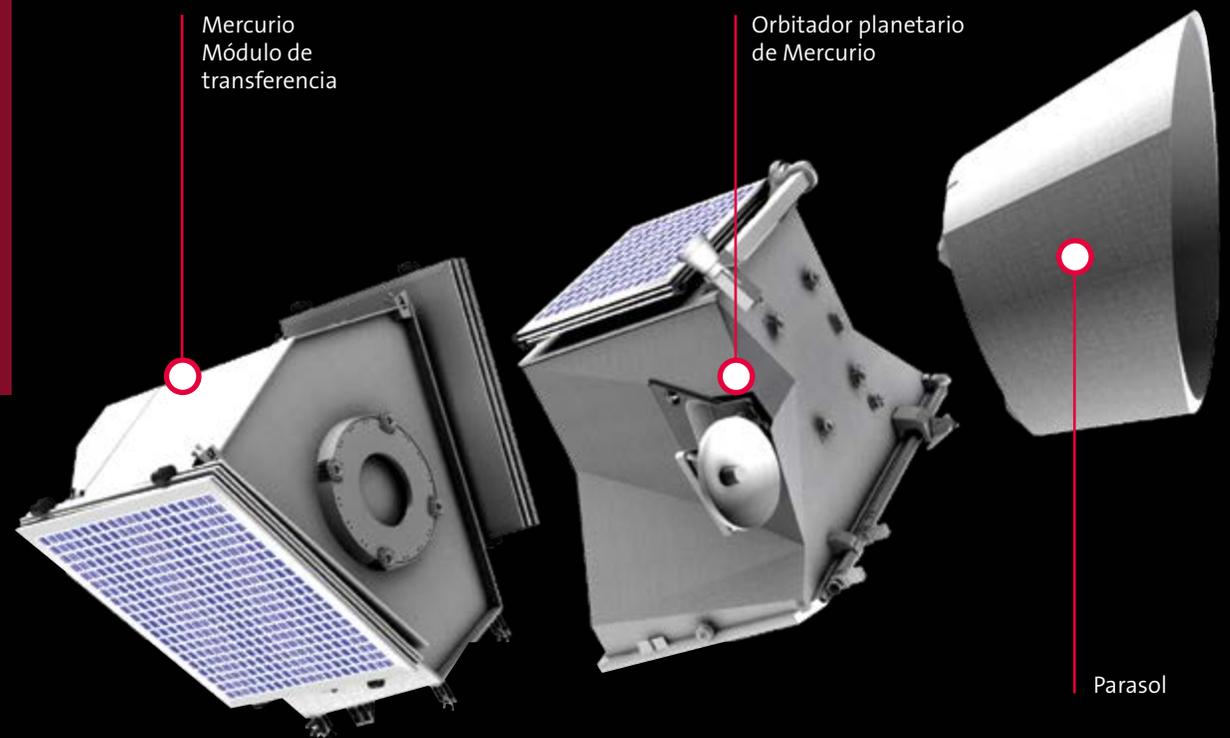
Misión a un eslabón perdido

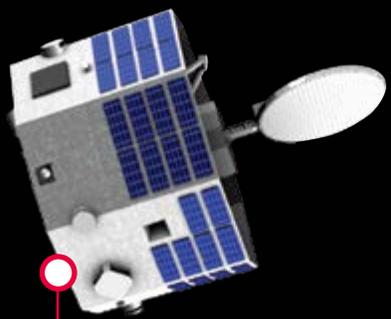
Situado cerca del deslumbrante sol, es difícil observar a Mercurio desde la Tierra y aún es más difícil llegar hasta él. Se le ha llamado el eslabón perdido del sistema solar.

La misión a Mercurio de la ESA para el 2016, denominada BepiColombo, aprovechará la oportunidad al máximo: se trata realmente de dos misiones en una. Tras llegar a Mercurio después de más de seis años, la pareja de naves se separará para estudiar los diferentes aspectos de este misterioso mundo. Es el cuerpo más denso del sistema solar, con la superficie inalterada más antigua y con las mayores variaciones de temperatura: más de 600°C entre el día y la noche.

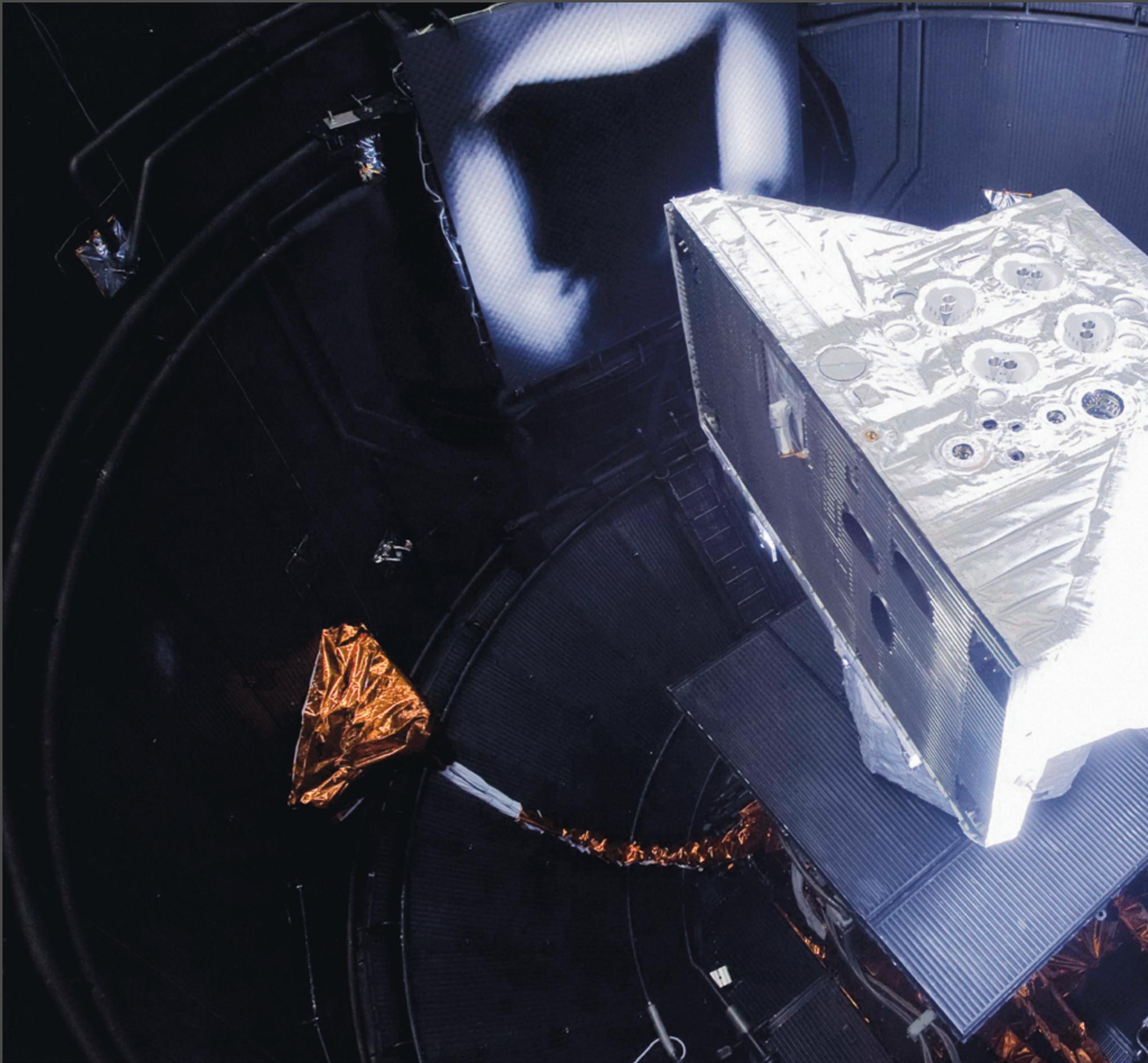
El Orbitador de la magnetosfera de Mercurio, proporcionado por Japón, investigará el campo magnético, mientras que el Orbitador planetario de Mercurio de la ESA entrará en órbita cercana para realizar trazados ópticos y espectrales, tomar muestras de los vestigios de "exosfera" de Mercurio y sondear el interior del planeta.

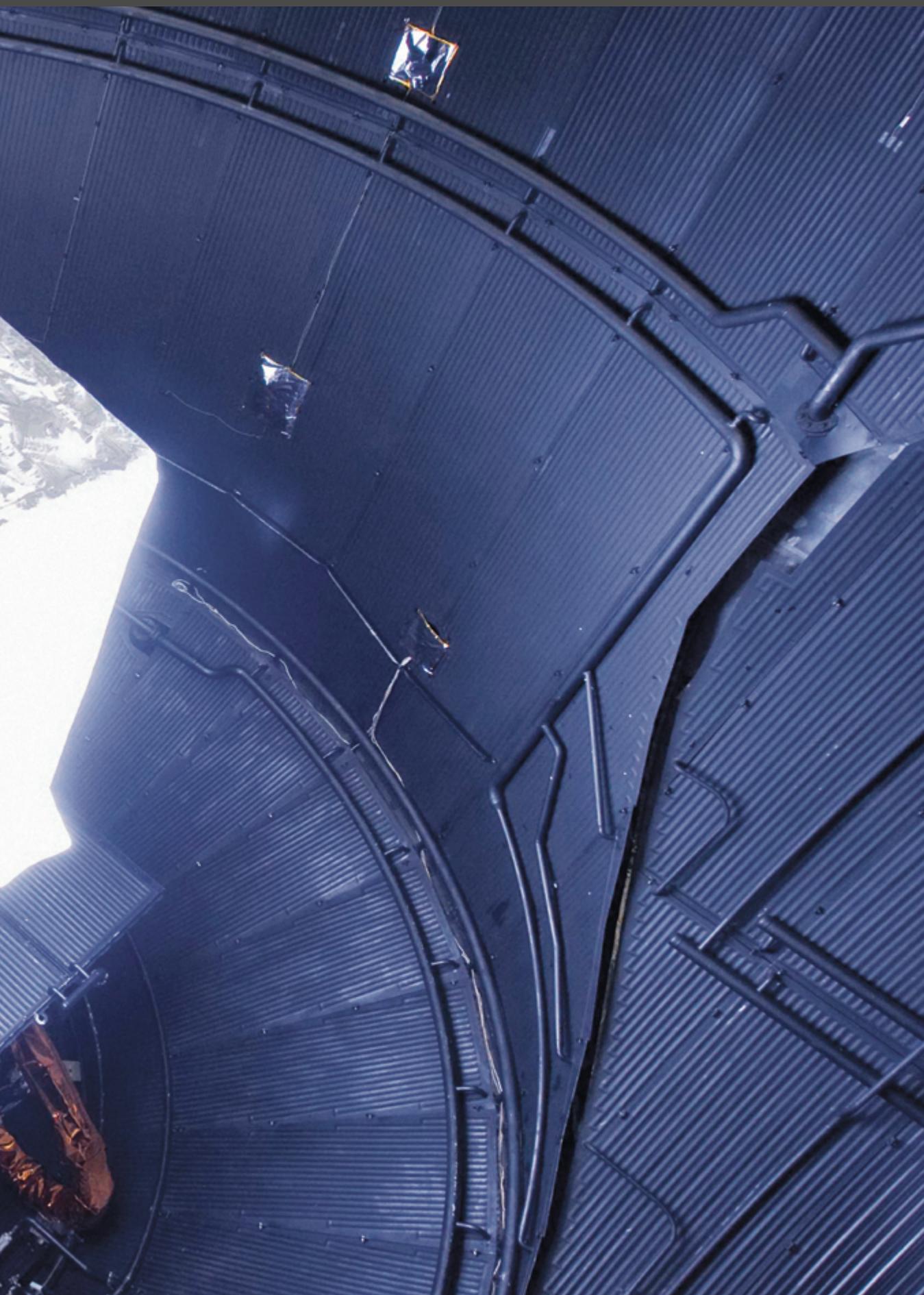
Lograr entrar en órbita alrededor de Mercurio es un reto debido a su proximidad al Sol, cuya enorme influencia gravitatoria acelera las naves espaciales hacia sí mismo como si se tratara de agua en un desagüe. Así pues otra sección, el Módulo de transferencia de Mercurio, utilizará propulsores eléctricos con energía solar para volar más allá de la Tierra y dos veces en torno a Venus hasta colocar a BepiColombo en una posición en la que puede ser débilmente capturado por la gravedad de Mercurio. Las misiones interplanetarias de la ESA normalmente realizan acercamientos para añadir energía, BepiColombo marca la primera ocasión en que se necesitan acercamientos para reducir la velocidad de una nave espacial.





Orbitador de la
magnetosfera
de Mercurio





Foco de atención

El modelo de ingeniería del módulo orbital de BepiColombo, la misión de la ESA a Mercurio, se somete a un nivel de iluminación diez veces superior a la de un satélite normal, debido a su proximidad al sol. Esta imagen muestra las pruebas en el Gran simulador espacial, la mayor cámara de vacío en Europa, en el centro técnico ESTEC de la ESA situado en los Países Bajos.

Normalmente, la cámara simula el entorno espacial en la órbita de la Tierra. Para simular las condiciones en torno a Mercurio, necesitó modificaciones cuidadosas. Las 19 lámparas tipo proyector IMAX que simulan la luz del Sol no se modificaron, pero los 121 espejos hexagonales que reflejan la luz en la cámara de vacío están ahora mucho más enfocados para lograr mayor intensidad.

Estos niveles de iluminación son tan intensos que se necesitó de ingeniería inteligente para mantener la temperatura de la cámara dentro de límites seguros: una cubierta térmica adicional instalada a lo largo de las paredes del simulador ha aumentado el flujo de nitrógeno líquido en más de seis veces, con un promedio de 5000 litros del líquido a -196°C cada hora de cada prueba de dos semanas.

Para hacer frente a condiciones tan extremas, el propio orbitador está revestido con mantas para alta temperatura y recubrimientos especiales para mantenerlo frío, mientras que su interior está equipado con un laberinto de tubos de calor. Estos tubos funcionan como una versión de circuito cerrado de las glándulas sudoríparas del cuerpo humano para transportar el exceso de calor de la parte de la nave orientada al Sol a un radiador orientado al lado contrario. Este radiador de $2 \times 3,6$ m está protegido a su vez por unas persianas que le impiden "ver" el caliente planeta situado debajo al mismo tiempo que permiten que su calor escape al espacio profundo.

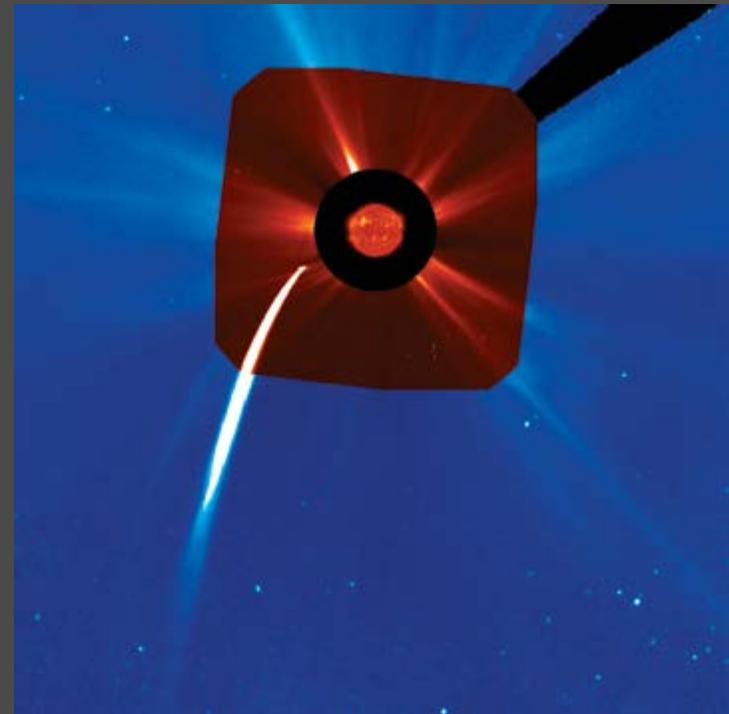
Las pruebas de BepiColombo comenzaron en 2010 con las versiones de prueba del Orbitador Japonés magnetosfera de Mercurio más el parasol de la ESA que lo mantendrá a la sombra durante su viaje a Mercurio. Las pruebas de la totalidad de la nave se realizaron en el 2012: la pila de ambos orbitadores más el parasol y el módulo de transferencia para moverlos por el espacio interplanetario.

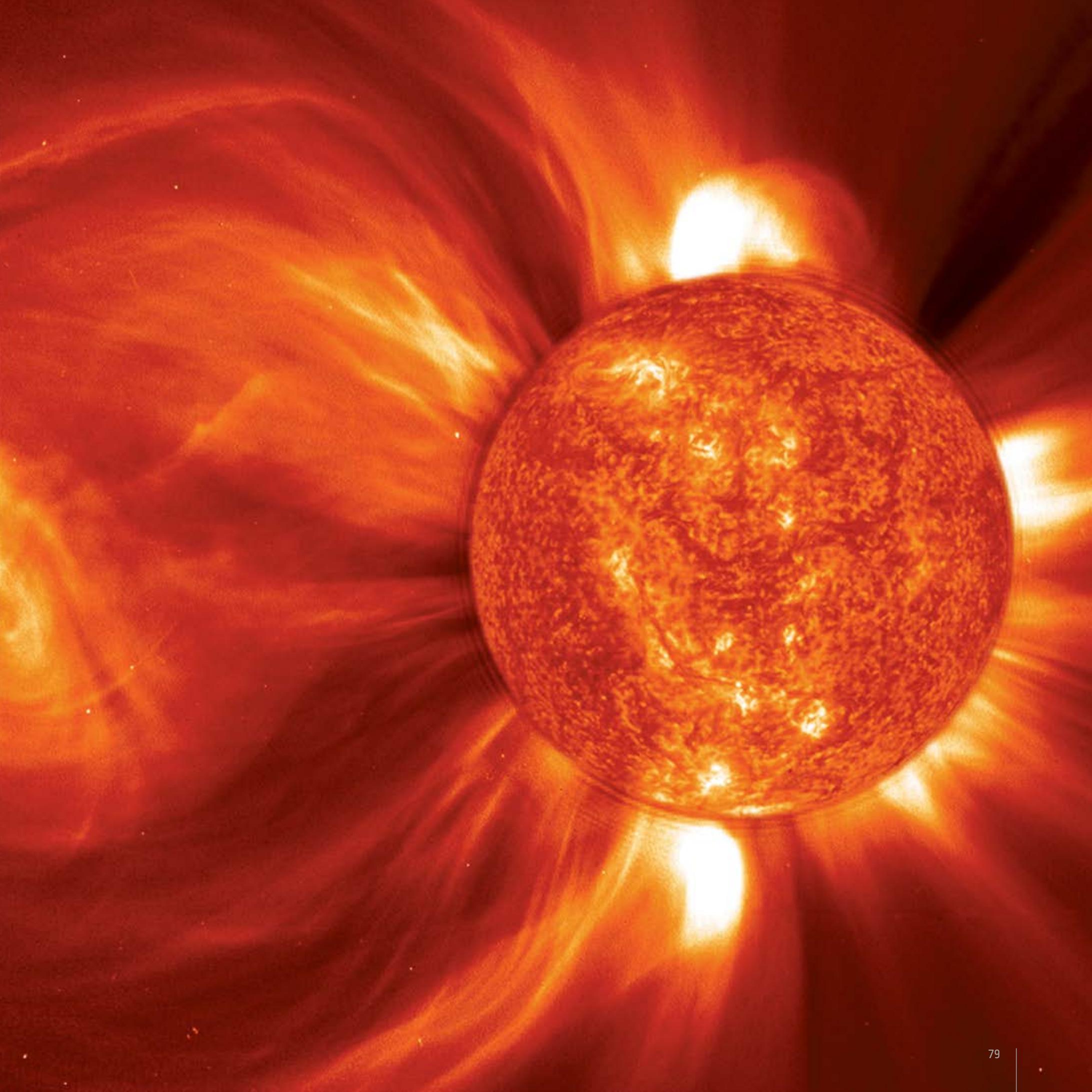
Fuego en el cielo

Más del 99,85% de toda la masa de nuestro sistema solar se concentra en la estrella situada en su corazón. El Sol tiene un diámetro de unos 1,4 millones de kilómetros (o 110 Tierras juntas) y consiste principalmente en hidrógeno (73,5% de su masa) y helio (24,8%), con un 1,7% compuesto de elementos más pesados, principalmente carbono, nitrógeno, oxígeno, neón, magnesio, hierro y silicio. El Sol gira más rápido en su ecuador que en sus polos. Esta "rotación diferencial" juega un papel clave en la creación del campo magnético del sol, que es el origen de toda actividad solar. La masa del Sol es de unas 2.000.000.000.000.000.000.000.000 toneladas (o 330.000 Tierras) y pierde alrededor de 10 millones de toneladas por segundo a medida que quema hidrógeno en su núcleo y expulsa material al espacio en forma de viento solar. Esta tasa aumenta cuando hay una eyección de masa coronal (CME), del tipo que se observa aquí, ocurrida en el 2002. En este caso, más de un mil millones de toneladas son expelidas al espacio, a millones de kilómetros por hora. Esta CME (página opuesta) fue fotografiada por el coronógrafo espectrométrico y de gran angular del Observatorio Solar y Heliosférico SOHO de la ESA y la NASA, con el disco solar superpuesto (no a escala) captado por el telescopio de imágenes ultravioletas extremas. Su disparidad de brillo es tal que no es posible observar el disco brillante del Sol y su débil corona al mismo tiempo.

La enorme masa del Sol lo convierte en el pivote gravitatorio del sistema solar, con cometas pasando a su alrededor con regularidad. El SOHO es el descubridor de cometas más prolífico en la historia de la astronomía: en abril del 2012 ya había encontrado más de 2100, la mayoría de ellos gracias a astrónomos aficionados de todo el mundo que observan las imágenes del SOHO publicadas en tiempo real en Internet. A finales del año 2011, el SOHO vio al cometa Lovejoy escaparse milagrosamente tras volar a través de la corona caliente del Sol (arriba a la izquierda).

En el 2017 la misión Solar Orbiter de la ESA se aventurará más cerca que Mercurio para observar de cerca el Sol y su corona. Algunas de sus tecnologías de observación ya han volado en el microsatélite experimental de la ESA denominado Proba-2, que se lanzó en el 2009 y observa el Sol desde la órbita de la Tierra.



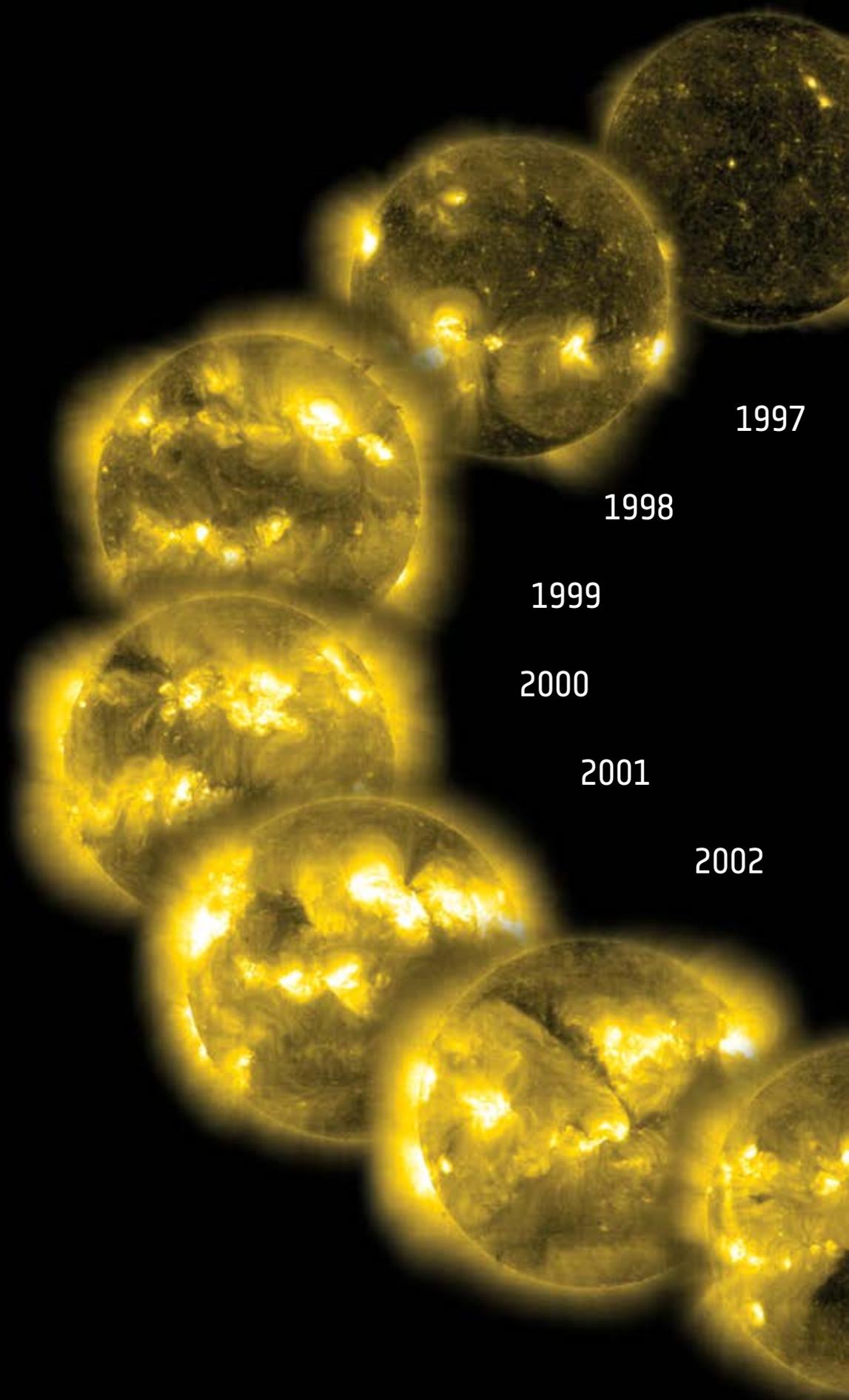


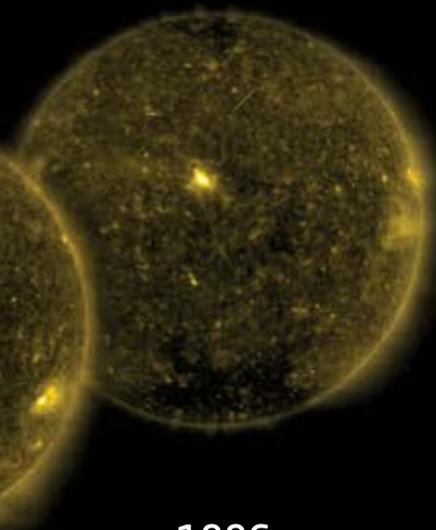
Ciclo de violencia solar

Nuestro sol, anteriormente aletargado, se está despertando. A pesar de que la superficie tormentosa del Sol parece estar en constante cambio, sigue un ciclo de 11 años influenciado por cambios periódicos de su campo magnético, que van desde un máximo solar en el que son comunes las manchas solares, las llamaradas solares y las eyecciones de masa coronal, hasta un mínimo solar en el que dichos acontecimientos son relativamente raros. Los mínimos solares se produjeron alrededor de los años 1996 y 2008, mientras que el último máximo solar ocurrió en los años 2001 a 2003. El último mínimo fue excepcionalmente profundo y prolongado, antes de que iniciara el siguiente máximo en el 2013 y 2014.

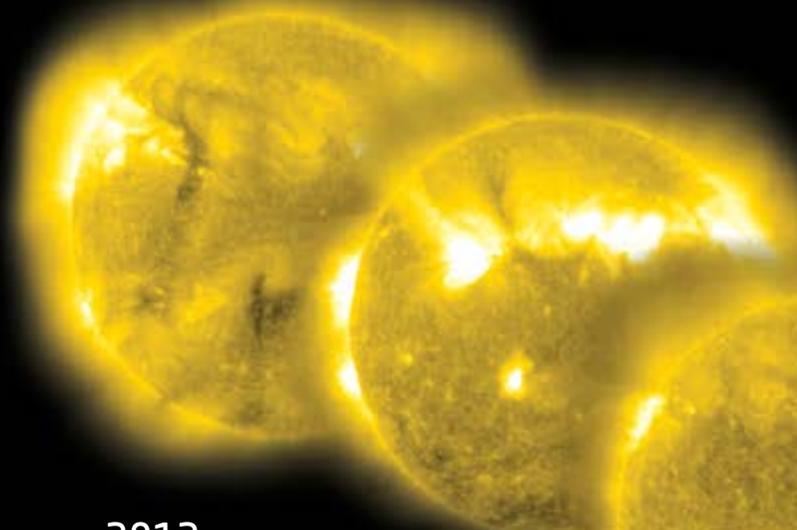
Estos retratos anuales del Sol en luz ultravioleta extrema vienen del SOHO, que está situado a 1,5 millones de km de la Tierra orientado de forma que mantiene una visión continua del Sol. Este puesto de observación solar fue diseñado y construido en Europa, sus instrumentos provienen de equipos europeos y estadounidenses. Lanzado en 1995, el SOHO ha seguido al Sol a través de un ciclo solar completo y se encuentra ahora a medio camino de su segundo.

El SOHO ha proporcionado las primeras imágenes obtenidas de la turbulenta carcasa exterior de una estrella y de las manchas solares por debajo de su superficie. Ha descubierto fenómenos solares dinámicos como ondas coronales y tornados solares. El SOHO ha revolucionado nuestra capacidad de pronosticar la meteorología espacial, advirtiendo con hasta tres días de antelación acerca de perturbaciones en dirección a la Tierra, y observa la radiación solar total, así como las variaciones en el flujo ultravioleta extremo, ambas importantes para comprender el efecto de la variabilidad solar sobre el clima de la Tierra. Las imágenes del SOHO están disponibles gratuitamente en Internet casi en tiempo real. Expertos de todo el mundo utilizan imágenes y datos del SOHO para predecir la meteorología espacial que afectará a nuestro planeta y preparar el programa de Conciencia situacional en el espacio de la ESA, destinado a realizar previsiones operativas de tales eventos.





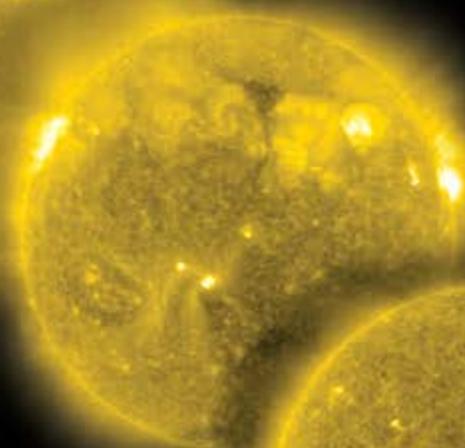
1996



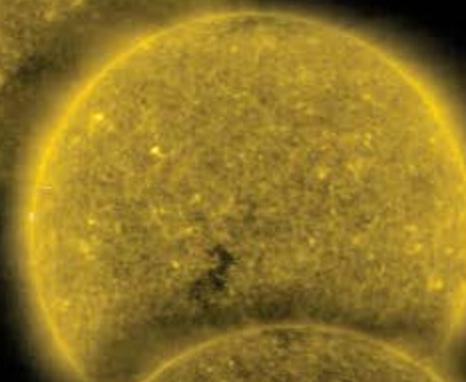
2012



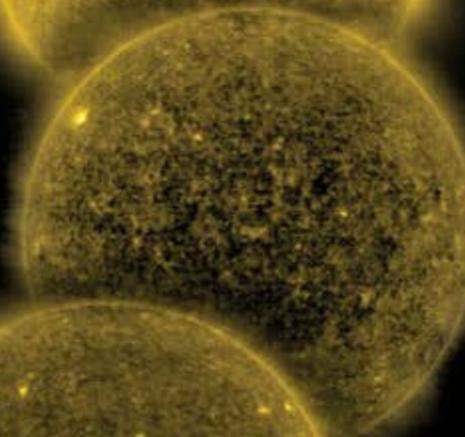
2011



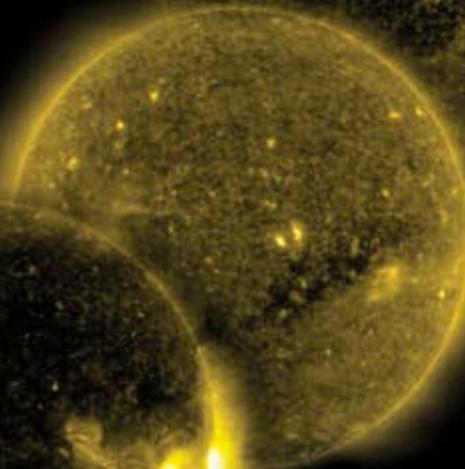
2010



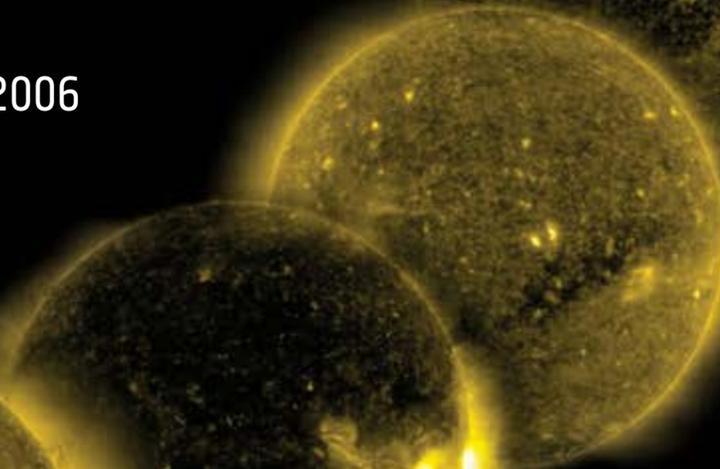
2009



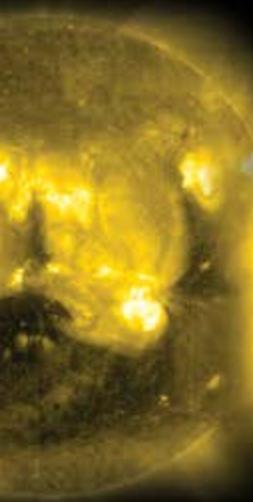
2008



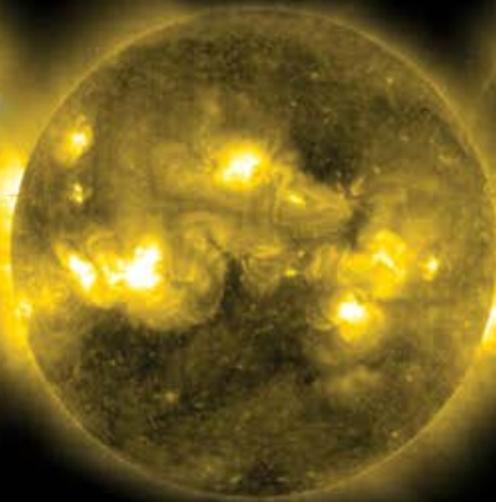
2007



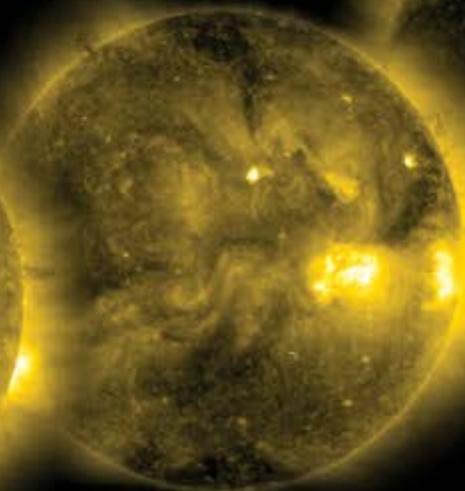
2006



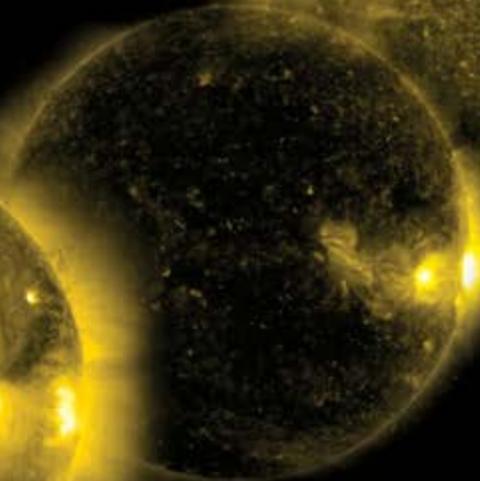
2003



2004



2005



Un toque de sol

Vista a 360° de la Aurora Boreal, tomada por el fotógrafo del espacio Sebastian Voltmer en la región montañosa de Kirkenes en el Ártico noruego, en la costa norte de la Europa continental. Estas luces danzantes en el cielo son la manifestación visible de una enorme batalla que se libra constantemente sobre nuestras cabezas.

Partículas cargadas del viento solar chocan con el campo magnético de nuestro planeta cada día. La mayoría son desviadas, pero algunas son atrapadas y aceleradas hasta chocar con la atmósfera, creando la aurora y los cinturones de radiación de nuestro planeta. En ocasiones, el viento solar se vuelve turbulento y racheado, sacudiendo el campo magnético de la Tierra y produciendo partículas de alta energía. Estas tormentas en la magnetosfera pueden dañar los sistemas eléctricos a bordo de satélites y en la superficie terrestre. En el peor de los casos pueden destruir componentes electrónicos vitales, dejando muertos satélites y otros sistemas eléctricos.

Mientras que el SOHO y Proba-2 observan el Sol y sus emisiones, la misión Cluster de la ESA supervisa los detalles de su interacción con la Tierra. Este cuarteto de satélites volando en formación recopila impresiones en 3D sobre cómo este flujo perpetuo de partículas subatómicas (el viento solar, junto con su campo magnético incorporado) interactúa con la magnetosfera, la burbuja de magnetismo que protege la Tierra. Los satélites vuelan en órbitas elípticas que los llevan desde unos pocos cientos de kilómetros en su punto de máximo acercamiento a la Tierra hasta unos 125.000 km en el punto más lejano.

Cluster ha proporcionado una cantidad inmensa de datos para comprender la meteorología espacial. Una característica recurrente de la interacción de la magnetosfera con el viento solar es la conexión del campo magnético terrestre con el del sol, facilitando la entrada de partículas energéticas solares a zonas cercanas a la Tierra. Dichos procesos se asemejan a un acelerador de partículas natural, proporcionando una visión del comportamiento de los campos magnéticos que se encuentran en el universo, así como de otros comportamientos misteriosos en el corazón de los reactores de fusión nuclear, incluyendo el mismísimo Sol. Del mismo modo, los diversos satélites de Cluster han permitido a los científicos comprender cómo se crean las auroras polares.

Más de mil equipos científicos trabajan en todo el mundo con datos de Cluster, y la misión ha aumentado recientemente su atractivo al captar la atención de la comunidad por medio del anuncio de una oportunidad para permitir a los científicos proponer operaciones y observaciones específicas para naves espaciales, la primera de su tipo en una misión espacial de estas características.

La misión también tiene un lado práctico: revela el entorno en el que se espera que operen las naves espaciales como satélites de comunicaciones y de navegación. Y como las partículas solares pueden dañar los sistemas electrónicos de una nave, los resultados de Cluster están ayudando a orientar el diseño de futuros satélites.





Exploración polar

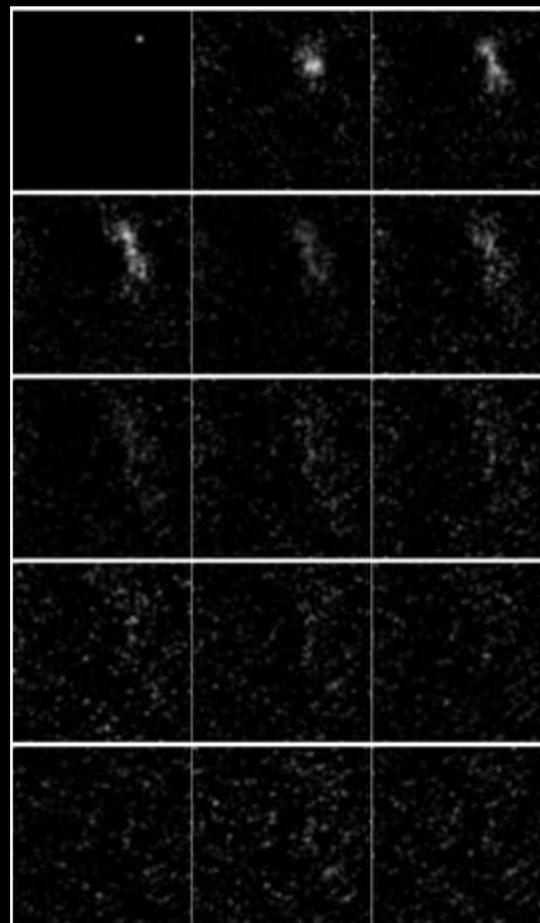
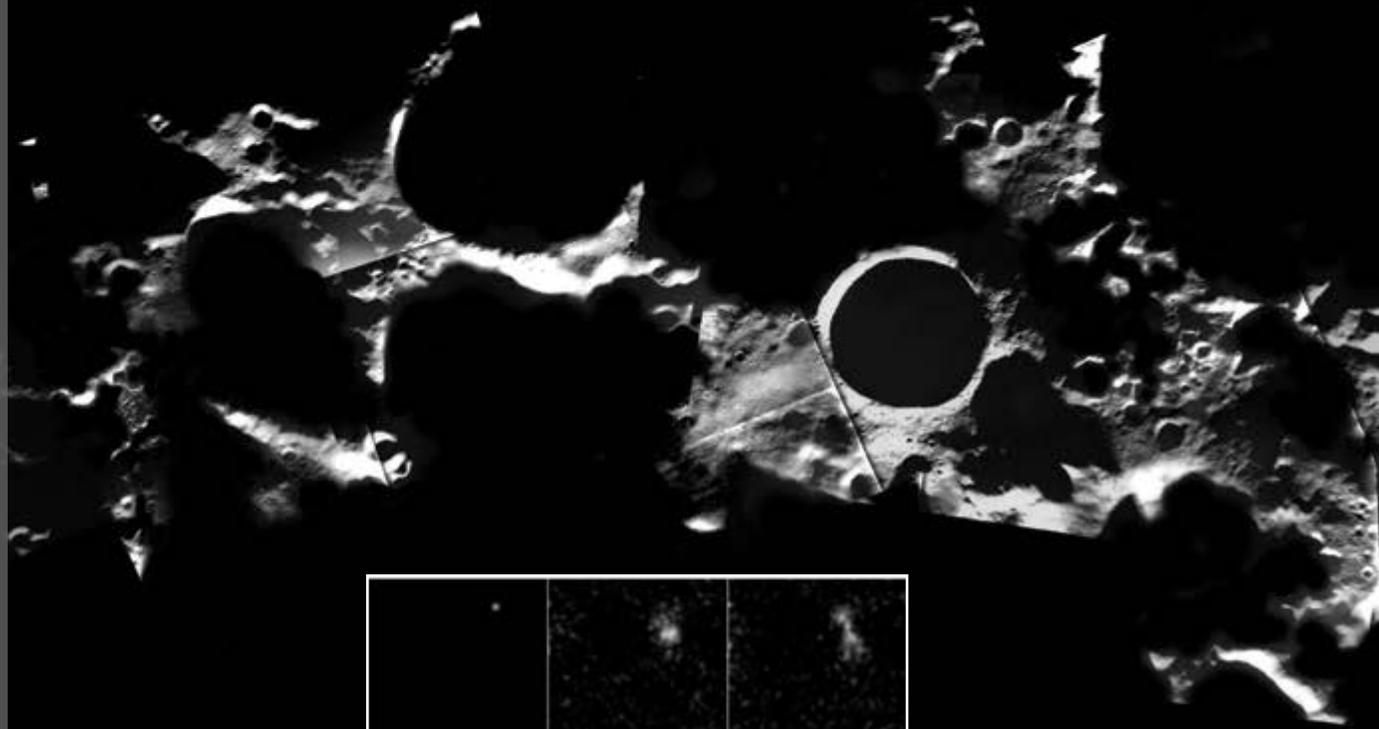
Este mosaico de imágenes del orbitador SMART-1 de la ESA muestra el Polo Sur lunar, una de las más prometedoras propiedades inmobiliarias del sistema solar.

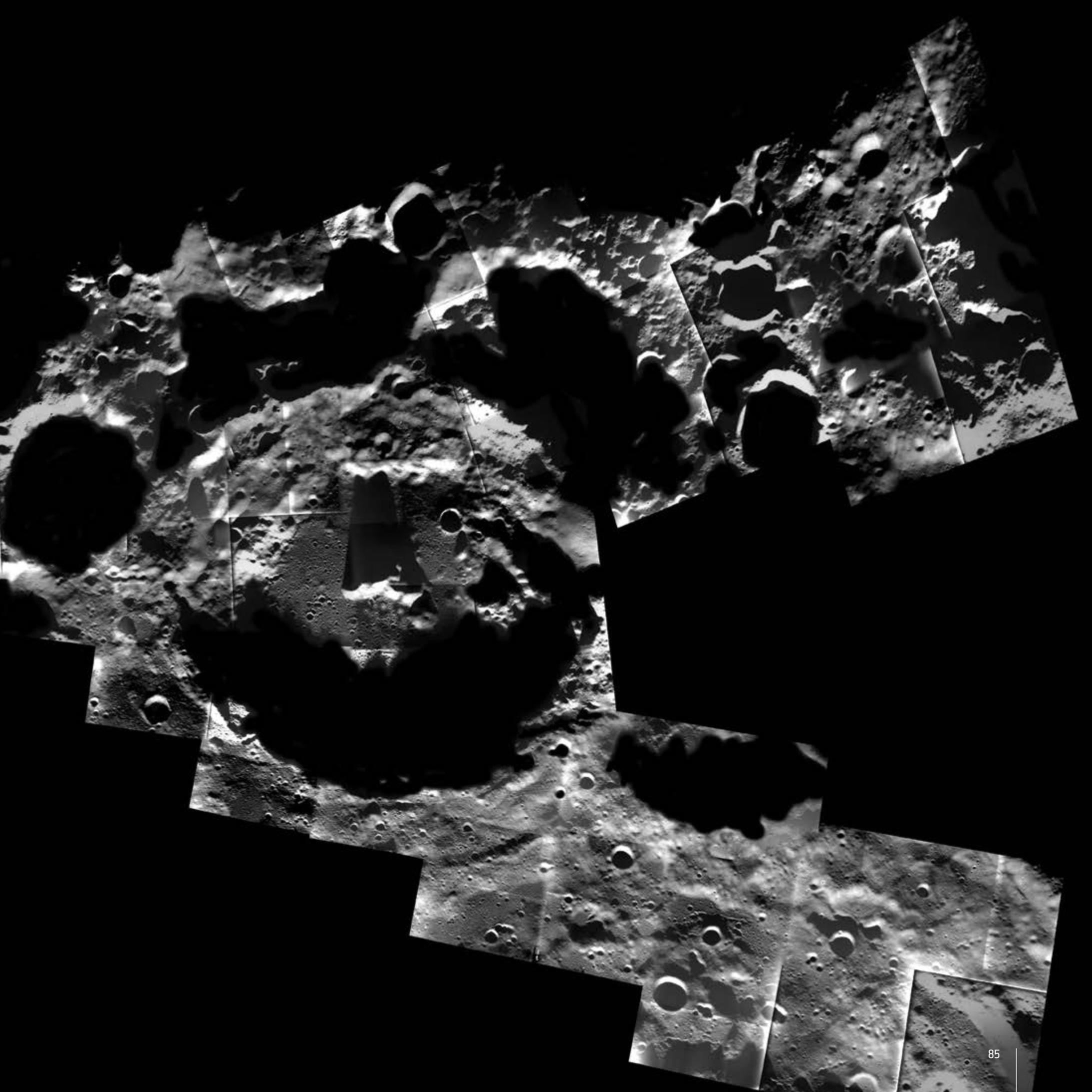
La rotación de la Luna es tal que los rayos del Sol solo inciden en los polos lunares a ángulos bajos. Los malpas de las oscuras profundidades de los cráteres polares donde nunca llega la luz del Sol revelan la presencia de hidrógeno. Se cree que esto indica la presencia de agua y otros compuestos volátiles que proporcionarían agua potable y combustible para los cohetes de futuros colonos. Al mismo tiempo, las altas cumbres cercanas permanecen casi siempre a la luz del Sol. Se ha identificado un "pico de la luz eterna" casi constante en el cráter Shackleton, en el mosaico a la izquierda del centro (segundo a la izquierda desde Amundsen, el cráter más grande con sus característicos picos centrales). La planta casi circular del Shackleton está inmersa en la sombra con una brillante cresta al norte. Un pico tan iluminado por el Sol ofrece abundante energía solar para cualquier futura base lunar.

Esta ubicación proporcionaría un alivio frente a los extremos de calor y frío que se encuentran en todo el resto de la Luna. Cada día lunar de dos semanas experimenta temperaturas por encima del punto de ebullición del agua (los astronautas de las misiones Apolo se posaron durante mañanas lunares suaves), mientras que durante la noche, que también dura dos semanas, las temperaturas caen por debajo de -150°C .

Algunas veces llamada "el octavo continente", la luna tiene la superficie equivalente a América del Norte y del Sur, con concentraciones de metales preciosos como el titanio, el platino y elementos raros en la Tierra. Las veces que la humanidad se ha posado en la luna se han concentrado alrededor del ecuador lunar cercano, por lo que las latitudes más altas todavía no han sido exploradas.

La SMART-1 fue una misión experimental que mapeó la totalidad de la Luna entre noviembre del 2004 y septiembre del 2006. Una parte de la experiencia adquirida durante estos años se puso en práctica cuando tres instrumentos europeos volaron de nuevo a la Luna como parte de la misión lunar Chandrayaan-1 de la India. La primera misión lunar europea termina con un choque controlado (recuadro): es la primera marca que Europa ha dejado en la luna, pero seguramente no será la última.



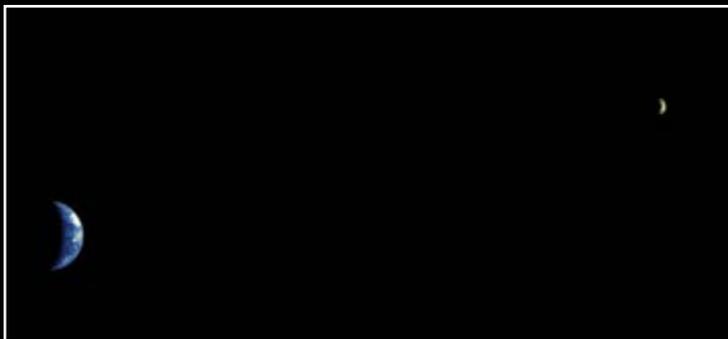


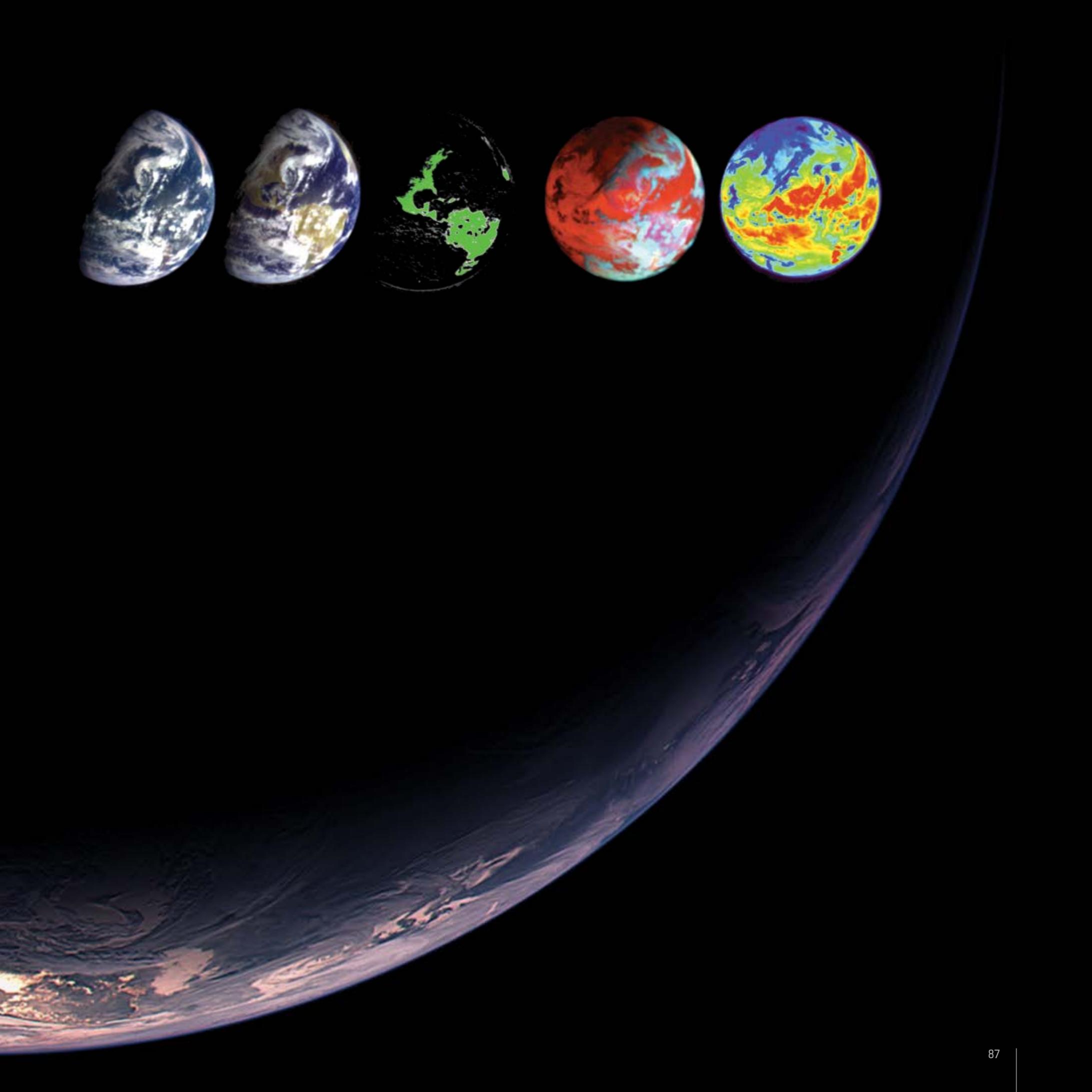
Oasis lejano

Esta vista parcial lejana de la Tierra vino de la misión Rosetta de la ESA mientras volaba más allá de su hogar por tercera y última vez en noviembre del 2009. Capturada a 350.000 km de distancia, muestra una parte de la Antártida y América del Sur iluminada por el Sol.

Las sondas de la ESA que parten en destino al sistema solar retroceden su vista hacia la Tierra para probar sus instrumentos sobre un objetivo conocido. Las imágenes insertadas muestran observaciones de la Tierra de Venus Express en espectros visibles e infrarrojos, que se extienden a la banda espectral de la clorofila (en verde) para detectar vegetación.

Los resultados son una especie de vista extraterrestre de nuestro planeta, como en la imagen inferior a color real de la Tierra y la Luna captada por Mars Express a ocho millones de kilómetros, de camino al planeta rojo en el 2003. El nuestro es sin duda un mundo con vida en comparación con el gris amarillento de la luna. El océano Pacífico es de color azul y las nubes cerca del ecuador y en latitudes centrales y del hemisferio norte son de color blanco a gris claro. Más o menos al mismo tiempo otro sensor analizó la composición molecular de la atmósfera, el océano y algunos continentes. Predominan el agua y el dióxido de carbono, así como oxígeno molecular, ozono y metano, lo cual sugiere que hay vida. Tales espectros globales son valiosos para preparar futuras observaciones de planetas similares a la Tierra. Una misión en búsqueda de nuevas Tierras involucraría que varios telescopios espaciales combinaran sus observaciones para obtener la potencia equivalente a un único telescopio gigante.





→ EL DISTRITO DE NEGOCIOS DEL ESPACIO

Hay una multitud de posibles órbitas de satélite alrededor de la Tierra. Pero una órbita en particular tiene su contribución colectiva a la economía terrestre valorada en miles de millones de euros. Se ha convertido en un ingrediente indispensable de la vida cotidiana. Orbitando a una altura de 35.786 km sobre el Ecuador, los satélites siguen el ritmo de rotación de la Tierra para seguir en el mismo lugar en el cielo con relación al suelo.

Escribiendo en el ejemplar de octubre de 1945 de *Wireless World*, Arthur C. Clarke, cuya fama como autor de ciencia ficción todavía le precede, sugirió colocar “retransmisores extraterrestres” en esta órbita. “Muchos pueden considerar que la solución propuesta en esta discusión es demasiado disparatada como para ser tomada en serio” indicó Clarke en un momento en que solo cohetes V2 habían abandonado brevemente la atmósfera en tiempos de guerra. Pero el primer satélite de comunicaciones alcanzó una órbita “geoestacionaria” 20 años más tarde.

El espacio puesto a trabajar

Hoy en día hay más de 350 satélites de comunicaciones en el “Cinturón de Clarke” que proporcionan retransmisiones, telefonía y enlace de datos. Más de 24.000 canales de televisión se transmiten directamente a más de 270 millones de hogares, e incluso las estaciones locales por cable reciben su

contenido de satélites. Las llamadas telefónicas a larga distancia y los circuitos de proveedores de servicios de Internet se dirigen por satélite, convirtiendo a los sistemas del espacio en un componente esencial de la infraestructura global de telecomunicaciones. Los hogares de regiones sin infraestructura terrestre de Internet pueden adquirir asequiblemente acceso a Internet de banda ancha vía satélite, reduciendo la brecha digital entre zonas urbanas y rurales. Las grandes empresas cada vez enlazan con mayor frecuencia lugares geográficamente dispersos por medio de redes de satélite privadas e incluso los cajeros automáticos de los bancos se integran con la red bancaria global vía satélite.

Es un mercado que no deja de crecer y Europa está a la vanguardia. La ESA lanzó el OTS-2 en 1978, el primero de una serie de satélites experimentales de telecomunicaciones de la Agencia. Entretanto se crearon las compañías líderes de telecomunicaciones internacionales Eutelsat e Inmarsat. Hoy en día, con la tecnología ya bien establecida, es la industria quien abre el camino.

Europa a la vanguardia

Entre el 2006 y el 2011 la industria europea logró una cuota del 35% del mercado de comunicaciones por satélite geoestacionario, una mejora de

14 puntos en el porcentaje en comparación con cinco años antes. Incluyendo las nuevas redes de satélites no geoestacionarios, se realizaron aproximadamente 1800 millones de euros en ventas de comunicaciones por satélite en el 2010, representando más del 60% de la actividad total de la industria de los satélites en Europa y más del 80% de las ventas totales de exportación. La industria espacial europea es financieramente viable gracias a su éxito continuado en el área de las comunicaciones por satélite.

Sin embargo, el mercado de las comunicaciones por satélite está en constante evolución y no hay margen para dormirse en los laureles. La ESA trabaja para mantener la competitividad de Europa a través de su iniciativa Investigación Avanzada en Sistemas de Telecomunicaciones (ARTES), que desde hace mucho tiempo invierte en proyectos innovadores o arriesgados en colaboración con la industria. Estos nuevos productos, tecnologías y servicios mantienen a la industria europea a la vanguardia de la innovación, aunque cada vez encuentra más competencia de EE.UU., Japón, India y Rusia. Y, como reflejo de la madurez del sector europeo de comunicaciones por satélite, la ESA cada vez participa en más colaboraciones entre el sector público y el privado con compañías para avanzar la tecnología punta de forma más financieramente eficaz, compartiendo los riesgos y los resultados con el sector privado.

Advertencias del tiempo

La posición a gran altura de la órbita geoestacionaria tiene otras aplicaciones. Está a mucha distancia de la Tierra (alrededor de la décima parte de la distancia a la luna), por lo que solo ofrece vistas del planeta con una resolución relativamente baja, pero ofrece una perspectiva general única de los sistemas de análisis del tiempo. La ESA envió su primer satélite meteorológico Meteosat a la órbita estacionaria en 1977. La serie Meteosat ha devuelto un flujo ininterrumpido de imágenes meteorológicas desde entonces, que constituyen la base de los pronósticos diarios del tiempo en televisión y ahorran cientos de millones de euros a la economía europea en sectores como la agricultura, el transporte, la energía y el turismo.

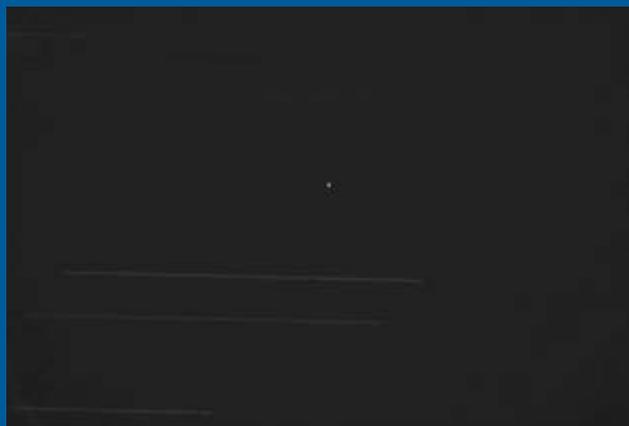


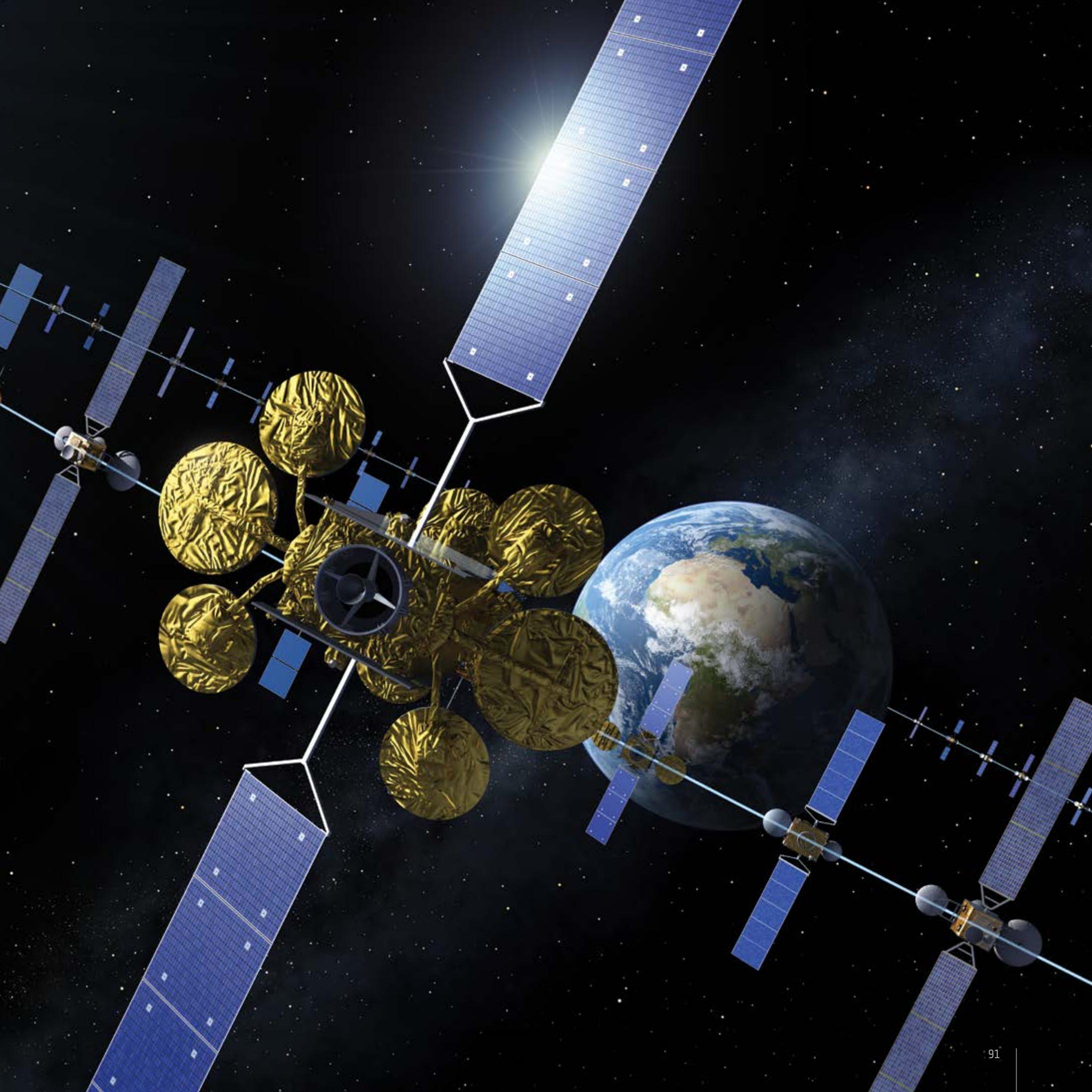
Mundo con anillo

Igual que Saturno y otros gigantes gaseosos, la Tierra tiene un anillo ecuatorial. Excepto que el nuestro es mucho más pequeño y artificial, como se observa en esta visualización exagerada de los satélites activos alrededor de nuestro planeta. La órbita geoestacionaria es una región tan valiosa económicamente que está muy regulada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, y a las naciones se les asignan posiciones geoestacionarias a lo largo del círculo de 265.000 km de largo en función de su territorio geográfico, con un posicionamiento cuidadosamente diseñado para evitar interferencias de otras señales entrecruzadas.

Cada posición geoestacionaria es de unas cuantas decenas de kilómetros de ancho, lo que significa que los satélites geoestacionarios de telecomunicaciones y meteorológicos deben ser cuidadosamente diseñados con sistemas de control sofisticados para que mantengan su posición durante toda su vida operativa, que puede ser de 15 años o más. Los satélites geoestacionarios tienden a desplazarse bajo la influencia gravitacional del abultamiento ecuatorial de la Tierra, de la Luna y del sol, e incluso la ligera pero persistente presión de la luz solar en sí. Cualquier desviación en altitud es detectada por sensores que se centran en el sol, la Tierra y las estrellas para que las ruedas de reacción o propulsores puedan realizar correcciones. La ESA trabaja de cerca con fabricantes de satélites para mejorar los sistemas existentes, contribuyendo a mantener la industria espacial europea competitiva en este sector tan lucrativo.

La imagen inferior muestra una de estas estrellas estacionarias artificiales en el cielo. El Meteosat-9 permanece todavía en esta imagen de larga exposición junto al Observatorio Starkenburg–Sternwarte en Heppenheim, Alemania, en comparación con los trazos que dejan las estrellas que se mueven lentamente en el fondo.







Antenas listas

Las antenas son la rama comercial de los satélites de telecomunicaciones. Una nueva unidad móvil (página izquierda) está permitiendo ahora la verificación directa de un satélite completado sin tener que devolverlo a unas instalaciones de pruebas especializadas en antenas, parte del flujo constante de innovaciones logradas a través del programa Investigación Avanzada en Sistemas de Telecomunicaciones (ARTES) de la ESA, lo cual está fortaleciendo la competitividad de la industria de telecomunicaciones espaciales de Europa y Canadá.

Otros ejemplos incluyen (a la izquierda en esta página) una antena reflectora de alta frecuencia para que el Ka-Sat de Eutelsat pueda transportar más datos; software respaldado por casos reales para diseñar y mejorar antenas y el software Media Fleet Manager para que las emisoras de TV planifiquen, programen y reserven uso de satélite simultáneamente (abajo).

A diferencia de otras potencias espaciales, cuya industria espacial está patrocinada de hecho por presupuestos militares u otros tipos de subsidios estatales directos, la industria europea tiene que competir para lograr contratos en el mercado abierto. Las ganancias de las comunicaciones por satélite son lo que hace que el resto de la industria espacial europea sea viable.

Europa ha continuado siendo un líder en el mercado de las comunicaciones por satélite hasta la fecha, logrando aproximadamente un tercio de los contratos globales para satélites, pero la competencia es feroz por parte de competidores americanos y recientemente también indios y chinos que están entrando en el mercado. La ESA patrocina la investigación y el desarrollo industrial en igualdad de condiciones gracias a ARTES y otros programas relacionados como elemento esencial para lograr nuevos contratos en la escena global.



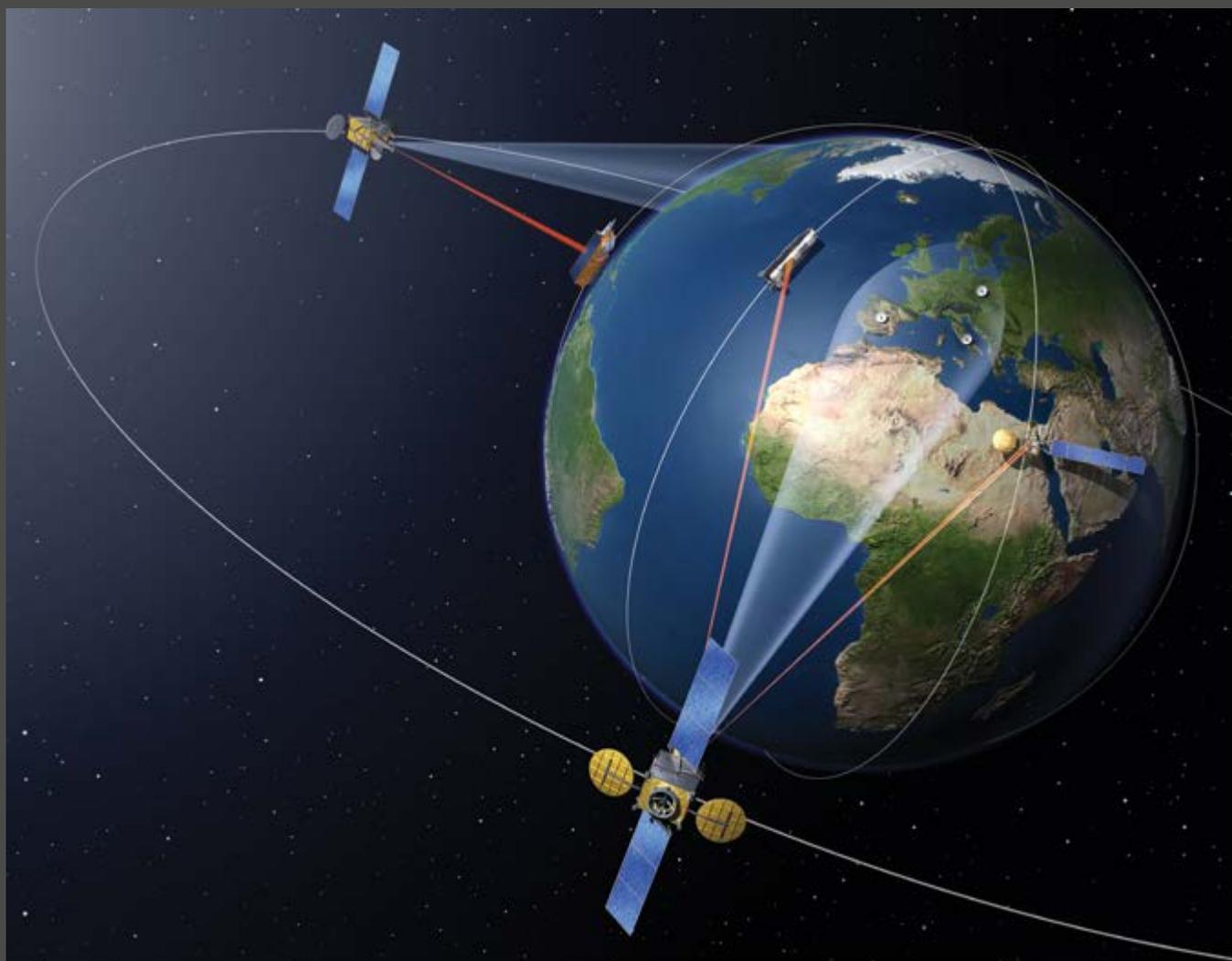
Colaboraciones público-privado

Esta firma el 18 de junio de 2009 (página derecha) del contrato formalizado entre Magali Vaissière, director de telecomunicaciones y aplicaciones integradas de la ESA, Manfred Fuchs, presidente de OHB System AG, Petra Mateos-Aparicio, presidente de Hispasat y Angel Post, director general de Thales Alenia Space (España), durante el Salón de la Aeronáutica y del Espacio de París, marcó un paso importante para convertir en realidad la plataforma de satélites geoestacionarios avanzados SmallGEO de la ESA.

Pero el contrato en cuestión es diferente de un contrato estándar de la ESA: se trata de un partenariado entre el sector público y el privado.

Siendo las comunicaciones por satélite de Europa el sector espacial más desarrollado y más lucrativo, la ESA se ha embarcado en una forma diferente de trabajar. El operador comercial, en este caso Hispasat, contribuye a una mayor parte del presupuesto a cambio de poseer y utilizar la misión sobre una base comercial, mientras que la ESA logra su ambición de impulsar la tecnología de vanguardia y ampliar el mercado europeo de las comunicaciones por satélite.

La primera colaboración del sector público y privado de la ESA en alcanzar órbita fue el satélite de Internet de banda ancha Hylas-1, con Avanti del Reino Unido en el 2010 (abajo). Otros más en el futuro incluyen el Sistema europeo de retransmisión de datos, (EDRS, imagen superior), una autopista de datos en el cielo basada en un par de satélites geoestacionarios interrelacionados, los cuales soportarán en parte la gran cantidad de que serán producidos por Copernicus, la iniciativa europea de monitorización del entorno basada en el espacio (vea la página 120), con Astrium Services (imagen insertada) y la misión Alphasat-XL, con Inmarsat en el Reino Unido.









Reflejando rendimiento

Este reflector de compuesto de carbono que está siendo comprobado en el Centro de pruebas ESTEC de la ESA en Noordwijk, Países Bajos, está destinado al satélite Hispasat-AG1, el primer uso de la nueva plataforma SmallGEO de la ESA. Esta plataforma geoestacionaria, capaz de soportar una carga útil de hasta 200 kg, una potencia de carga útil de hasta 3 kW y una vida útil de hasta 15 años mantendrá a la industria europea competitiva en el sector más pequeño del mercado. SmallGEO es una colaboración del sector público y privado entre la ESA, Hispasat de España y OHB de Alemania.

Con una anchura de 1,8 m, este reflector, diseñado para proporcionar servicios de banda ancha en España y Europa occidental, no es del color habitual. La pintura blanca estándar lo protegería de las temperaturas extremas del espacio pero a costa de distorsionar las señales de radio. En su lugar, el carbono sin recubrimiento mantiene la pérdida de frecuencias al mínimo. Durante la campaña de prueba en ESTEC fue sometido a niveles sonoros de hasta 145 decibelios -ruido similar al del motor de un reactor- y niveles de vibración parecidos a los del lanzamiento de un cohete. Las pruebas de seguimiento evaluaron su rendimiento en cuanto a radiofrecuencia y su resistencia a temperaturas extremas con anterioridad al lanzamiento del Hispasat-AG1 en el 2015.



Introducción de Alphasat

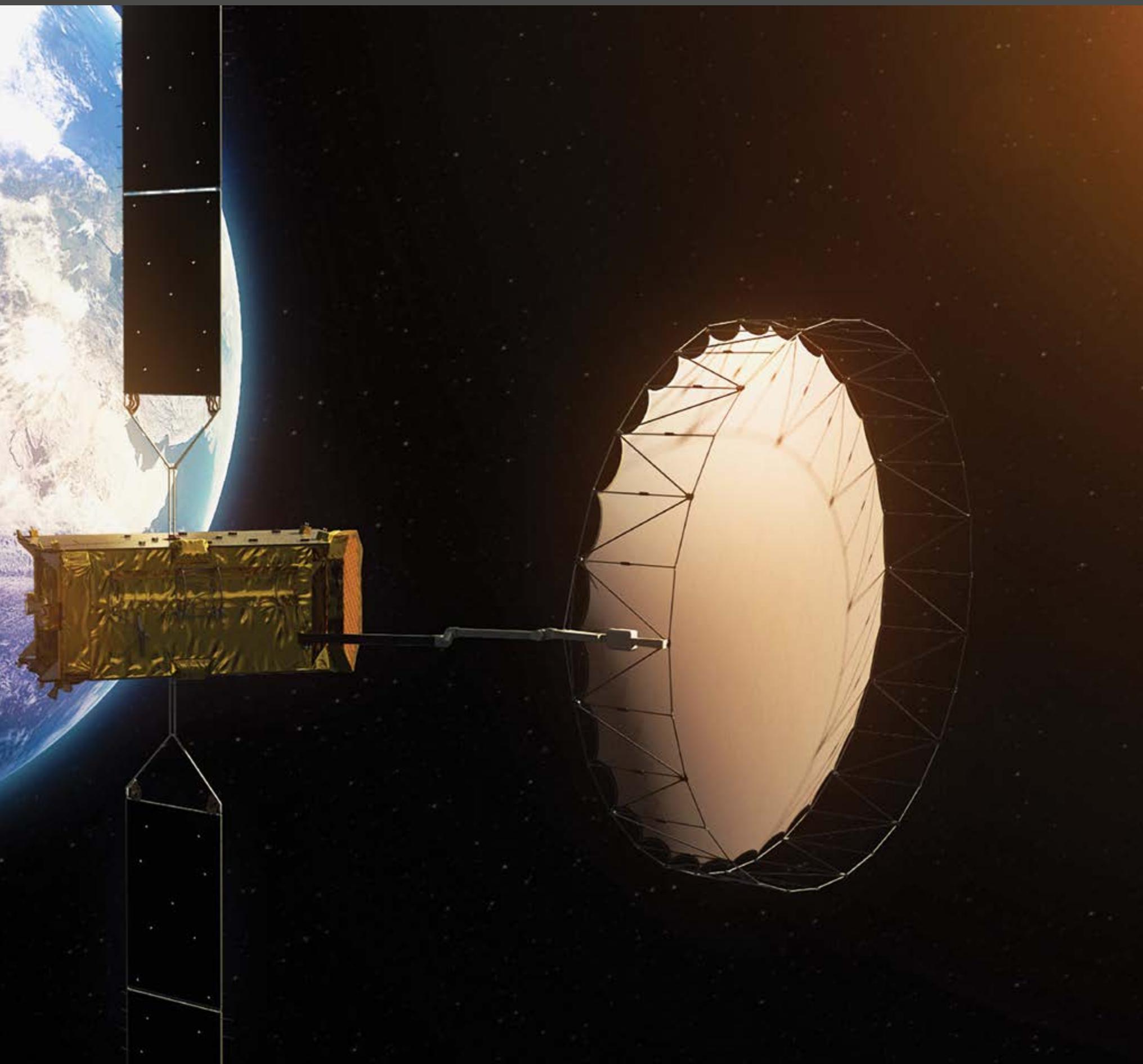
Aunque la masa del satélite medio se está reduciendo, en el caso de los satélites de telecomunicaciones la tendencia es al alza. Cuanto mayor sea la plataforma del satélite más transpondedores y dispositivos de procesamiento avanzado podrá incorporar, más energía solar podrá generar y podrá mantener su posición durante más tiempo usando un mayor depósito de combustible, siendo éste el que determina la duración de una misión.

El Alphasat de seis toneladas, lanzado en el 2013, es el primero de una nueva generación de plataforma europea de telecomunicaciones de alta potencia conjuntamente desarrollada por Astrium y Thales Alenia Space bajo un contrato de la ESA y CNES. Es la respuesta coordinada de Europa a la cada vez mayor demanda del mercado respecto a cargas útiles superiores de telecomunicaciones, capaces de adaptarse a misiones con hasta 18 kW de potencia de carga útil.

Emprendida como una colaboración pública-privada entre la ESA e Inmarsat, la misión demostrará la capacidad de vuelo de esta nueva plataforma Alphabus a la vez que servirá como satélite operativo, conocido como Inmarsat I-XL, aumentando el servicio de la Red de área global de banda ancha de Inmarsat en Europa, Asia, África y Oriente Medio con mayor capacidad.

Alphasat también está transportando un conjunto de paquetes tecnológicos hospedados como parte del programa ARTES de la ESA, dando oportunidades de vuelo tempranas a nuevas tecnologías de comunicación por satélite: un enlace de comunicaciones por láser, transpondedores experimentales, un rastreador de estrellas avanzado y un sistema de monitorización de los efectos de la radiación en el espacio.



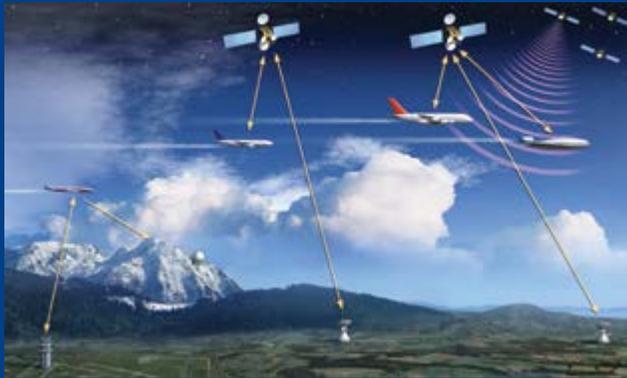


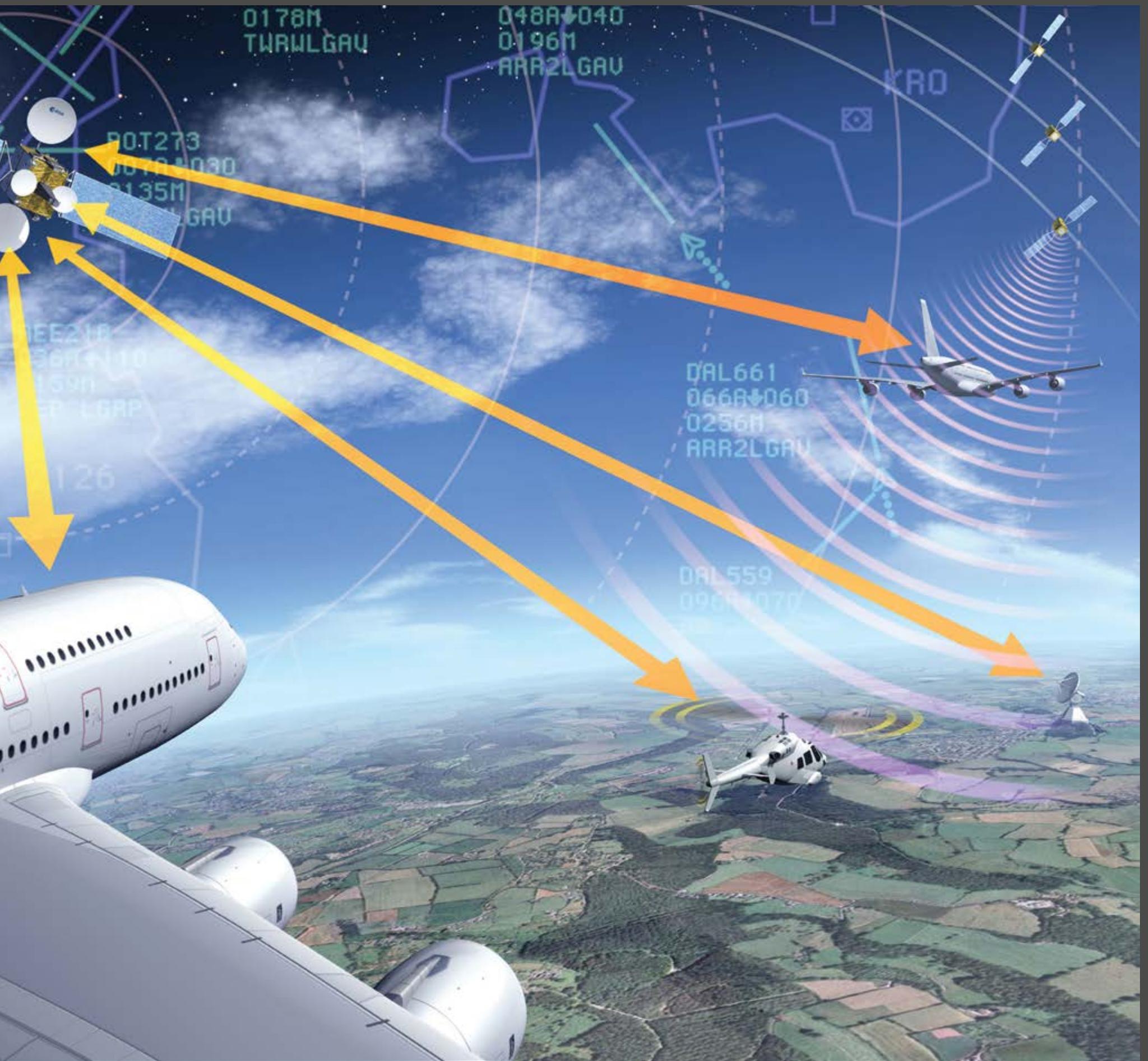
Satélites para mayor seguridad aérea

En días de mucho movimiento, más de 33.000 vuelos están siendo controlados en el espacio aéreo europeo, y se espera que esta cifra aumente. Para el año 2020 se estima que el número de vuelos controlados anualmente alcance 17 millones. Al mismo tiempo, la gestión del tráfico aéreo europeo continúa basada en tecnología de los años 50 y se divide en más de 60 sectores diferentes, todos ellos controlados individualmente.

La iniciativa Cielo único europeo (SES) de la Comisión Europea intenta modernizar y armonizar la Gestión del tráfico aéreo (ATM) en Europa, incorporando un pilar tecnológico: el Programa de investigación de la gestión del tráfico aéreo para un cielo único europeo (SESAR). Como parte de SESAR, la ESA está desarrollando Iris, un sistema de comunicaciones por satélite para servir a la aviación. Trabajando con socios como Eurocontrol, la Organización Europea para la Seguridad de la Navegación Aérea, la ESA está diseñando Iris para proporcionar enlaces de datos digitales a pilotos de cabina por medio de satélites de telecomunicaciones geoestacionarios en el espacio aéreo continental y oceánico.

Los satélites se han utilizado durante años para comunicaciones de los pasajeros, pero no como un medio primario de comunicaciones para seguridad. Iris es una de las tres nuevas tecnologías inalámbricas que están siendo desarrolladas a través de SESAR para lograr comunicaciones sin interrupciones durante un vuelo, con beneficios para mejorar el flujo del tráfico y la eficacia de la distribución de rutas, así como reducir a la mitad los costes relacionados con la gestión del tráfico aéreo.





Permiso de aterrizaje

Por primera vez en Europa, la gestión del tráfico aéreo recibe información crítica de posicionamiento desde el espacio, y no exclusivamente desde el suelo. El 2 de marzo de 2011 el servicio de Seguridad para la vida del Servicio Europeo de Navegación por Complemento Geoestacionario (EGNOS) fue declarado oficialmente disponible para guiar a los aviones durante el aterrizaje. Las operaciones no críticas de EGNOS empezaron dos años antes y encontraron miles de aplicaciones de alta precisión, desde asistir a transeúntes invidentes en España hasta extender sal con precisión en las carreteras principales de la República Checa en invierno.

Refinando la fiabilidad de las señales de GPS de EE.UU. en Europa, EGNOS utiliza una red de estaciones terrestres esparcidas por toda Europa (abajo a la derecha) para comprobar su precisión de posicionamiento y a continuación formula un mensaje de corrección para que se retransmita a través de un trío de satélites geoestacionarios. El servicio está garantizado hasta un nivel extremadamente alto de fiabilidad estipulado por la Organización Internacional de Aviación Civil: solo se permite una posibilidad entre 10 millones de que suceda un error y los usuarios de EGNOS son informados en un plazo de seis segundos si se supera esta tolerancia.

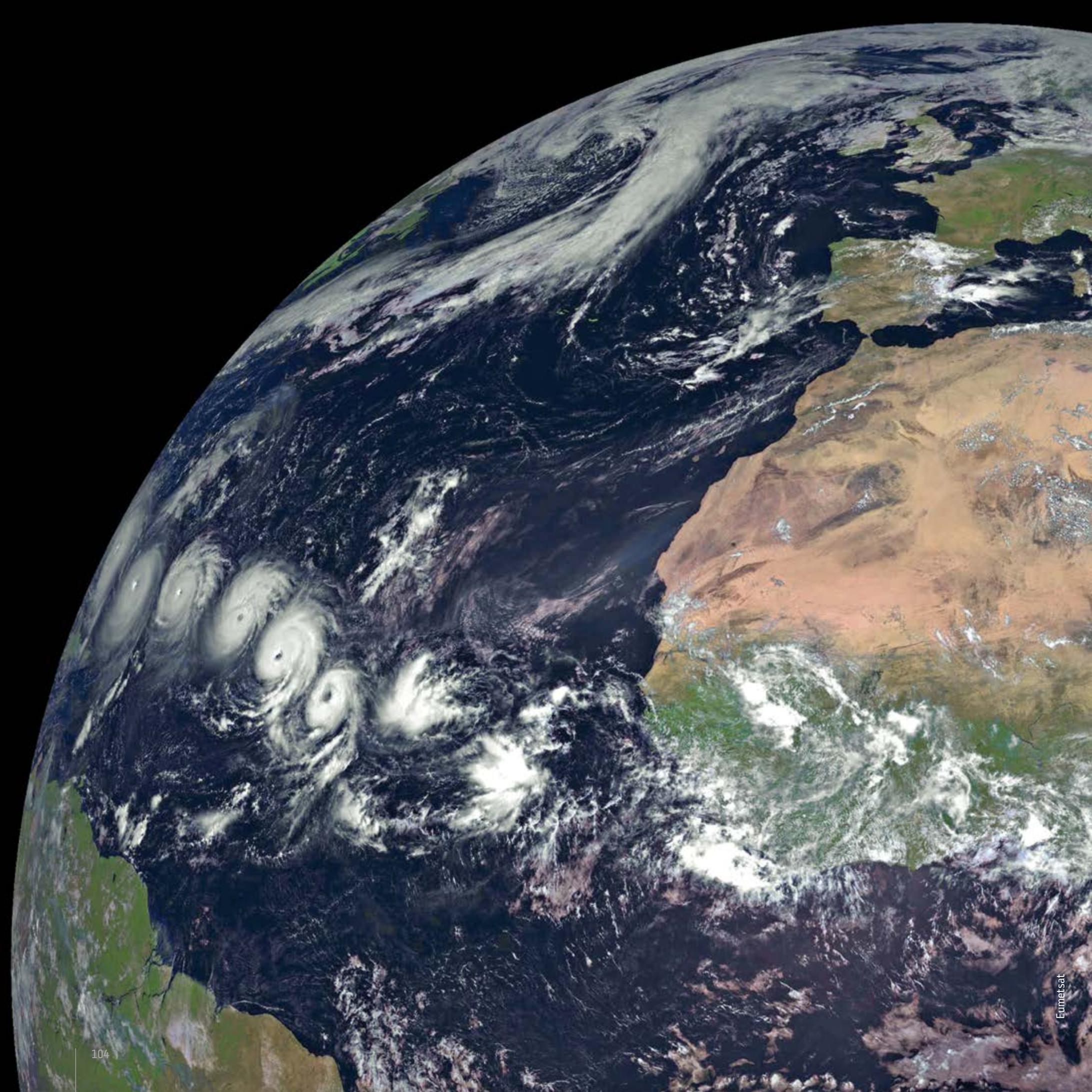
La ESA diseñó EGNOS en cooperación con la Comisión Europea y Eurocontrol. Está siendo progresivamente introducido en toda Europa, empezando por pequeños aeropuertos que no cuenten con un sistema de aterrizaje con instrumentos basados en Tierra.

El desarrollo de EGNOS fue coordinado con otros sistemas de aumento basada en satélite de todo el mundo: MSAS en Japón, GAGAN en la India y WAAS en EE.UU., siendo este último utilizado hoy en día por más de 40.000 aviones.

Los satélites geoestacionarios que hacen que EGNOS sea posible incluyen el Artemis de la ESA (abajo). Este veterano banco de pruebas de tecnología, lanzado en el 2001, también prestó apoyo a la misión de observación de la Tierra Envisat de la ESA y a vuelos del Vehículo automatizado de transferencia a la Estación Espacial Internacional.







Advertencia de tormenta



El avance hacia el oeste del huracán Isabel seguido día a día desde un satélite Meteosat construido por la ESA y posicionado en un punto geoestacionario fijo en el cielo. La cobertura de satélites meteorológicos ha duplicado el tiempo de advertencia anticipada antes de que ciclones y huracanes tropicales toquen tierra, de las 24 horas de 1990 a las más de 48 horas de hoy en día.

Europa ha dispuesto de satélites meteorológicos en órbita estacionaria desde 1977, los cuales devuelven un flujo continuo de imágenes visibles y por infrarrojos para realizar el seguimiento de las nubes, tomar la temperatura de la superficie de las nubes, la tierra y el mar y realizar sondeos de concentraciones de ozono, vapor de agua y dióxido de carbono en la atmósfera.

Una ventaja de encontrarse en una órbita geoestacionaria es la visión simultánea que ofrece de un tercio de la Tierra. Los responsables de la previsión del tiempo pueden realizar el seguimiento de la evolución de sistemas meteorológicos mientras se encuentran sobre los océanos y todavía a varios días de regiones habitadas. La posición normal de cada satélite activo en la serie Meteosat de larga duración es por encima del ecuador y el meridiano de Greenwich. Esto permite una monitorización permanente de Europa, África y el Océano Atlántico, con la única exclusión de las regiones situadas más al norte y más al sur del planeta.

Aunque la ESA diseña y produce los Meteosats, estos son operados en nombre de las agencias meteorológicas nacionales de Europa por Eumetsat, la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos. La cooperación de la ESA con Eumetsat se ha extendido a través de los siete satélites de la serie Meteosat original, un trío de satélites Meteosat de segunda generación mejorados (que son aproximadamente tres veces más grandes que los originales, habiendo sido lanzado el primero de ellos en el 2000) y la futura serie de misiones con Meteosat de tercera generación, así como la serie MetOp en órbita polar. Un satélite activo siempre está acompañado de un "respaldo activo" listo para continuar las observaciones meteorológicas si el primero falla.

→ ÓRBITA ESTABLE PARA LA NAVEGACIÓN POR SATÉLITE

La región por debajo de la órbita geoestacionaria y por encima de la órbita baja esta escasamente poblada y tradicionalmente no se ha investigado en gran medida. En términos del espacio, este es un mal barrio, rodeado por los dos cinturones de radiación del planeta que pueden freír a satélites sin blindaje con arremetidas de partículas cargadas. Cuando el satélite de comunicaciones Artemis de la ESA se quedó varado temporalmente en una órbita media por un problema en el lanzamiento a la órbita geoestacionaria en 2001, la reacción de los controladores de tierra fue sacarlo de allí lo más rápido posible.

Mucha actividad en la órbita media

Hoy en día las cosas han cambiado: justo en el medio, a una altitud de 23.333 km, es donde el sistema de navegación por satélite Galileo de Europa está tomando forma. Resultado de la primera colaboración entre la ESA y la Comisión Europea, la constelación de 30 satélites proporcionará servicios de posicionamiento, navegación y tiempo de alta calidad en todo el mundo como un servicio controlado a nivel civil que ofrece una continuidad garantizada de cobertura.

Un sistema de navegación en órbita geoestacionaria no podría entregar cobertura a nivel mundial puesto que la curvatura de la Tierra dejaría regiones polares fuera de la vista y edificios o árboles altos en los horizontes

locales podrían ocultar fácilmente las señales de satélite en gran parte del continente europeo más al sur. Por otra parte, los satélites en órbita baja se encuentran tan cerca de la Tierra que se necesitarían muchas docenas para difundir señales de navegación por todo el planeta.

La órbita media ofrecía el mejor compromiso posible. El campo de la señal de cada satélite puede cubrir un gran segmento del planeta y los satélites se mueven con suficiente lentitud para permanecer en un área de cielo visible desde la Tierra durante varias horas seguidas. Un total de 30 satélites, incluyendo algunos de recambio, distribuidos cuidadosamente en tres planos orbitales son necesarios para garantizar la visibilidad de por lo menos cuatro satélites en todo momento. Las constelaciones para sistemas GPS de EE.UU., Glonass de Rusia y Compass de China ocupan órbitas similares.

Vuelo estable

Hay aun otra ventaja: la órbita media está relativamente libre de perturbaciones. Es necesario conocer con un alto grado de precisión la posición orbital de cada satélite, puesto que la navegación por satélite se basa en el principio de medir la distancia entre el mismo y el receptor terrestre. Durante el ciclo de vida de 12 años de un satélite individual deberían requerirse muy pocas correcciones orbitales. Europa

nunca ha tenido que supervisar una constelación de satélites tan grande con anterioridad, pero esta característica facilita un poco la tarea.

Suministrando Galileo

Como parte de los preparativos de la ESA, se crearon misiones precursoras para hacer volar realmente elementos de Galileo y recopilar datos sobre la radiación en órbitas medias, puesto que la altitud seleccionada para Galileo está justo por encima del cinturón de radiación exterior de la Tierra. Se construyeron en paralelo dos satélites Galileo In-Orbit Validation Element (GIOVE) con capacidades complementarias para obtener redundancia. GIOVE-A fue lanzado por un cohete Soyuz desde el cosmódromo de Baikonur en Kazajstán el 28 de diciembre de 2005, mientras que GIOVE-B partió del mismo lugar el 27 de abril de 2008. Ambos satélites permanecieron operativos hasta el 2012, gracias en parte a un ciclo solar más moderado de lo habitual, pero demostraron que el blindaje frente a la radiación y otras contramedidas fueron efectivos y que componentes clave de Galileo, como los relojes atómicos de rubidio e hidrógeno pasivo, también podían capear bien la órbita media.

Al mismo tiempo, la ESA diseñó y construyó un sistema terrestre distribuido por todo el planeta destinado a gestionar los satélites y sus cargas útiles de navegación y

capaz de mantener la precisión del servicio de navegación Galileo en todo momento, lo cual es una de las tareas más complejas que jamás haya emprendido la Agencia.

Inicio de los servicios

El sistema debería estar proporcionando servicios iniciales para el 2014 y la constelación completa debería estar en su lugar para el 2018. El socio de la ESA, la Comisión Europea, prevé que Galileo (que en total costará el equivalente a 150 km de autopista en Europa) podría generar alrededor de 90 mil millones de euros durante sus primeros 20 años de funcionamiento y proporcionar 150.000 puestos de trabajo. Mediante la construcción de Galileo Europa está asegurando su independencia en un área de actividad crucial en el plano tecnológico y económico. Hoy en día se estima que la navegación por satélite constituye un 7% del producto interior bruto europeo y este porcentaje no hará sino aumentar en los próximos años.



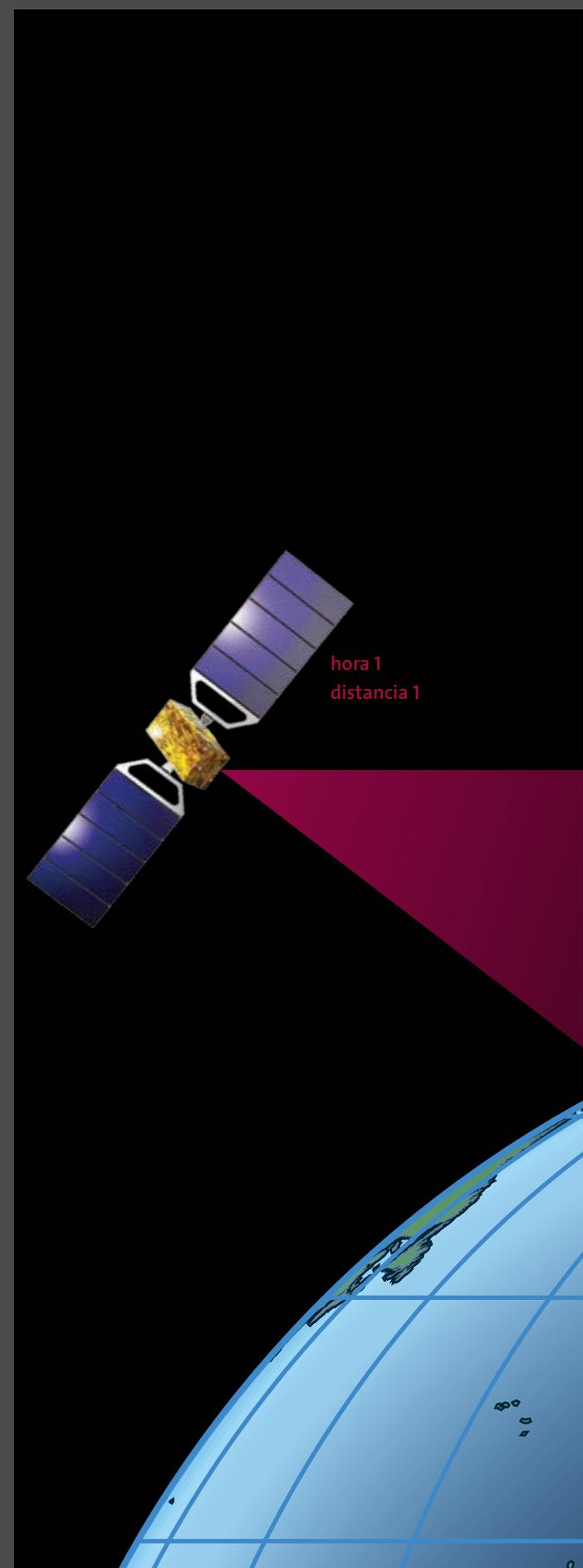
Guiado desde arriba

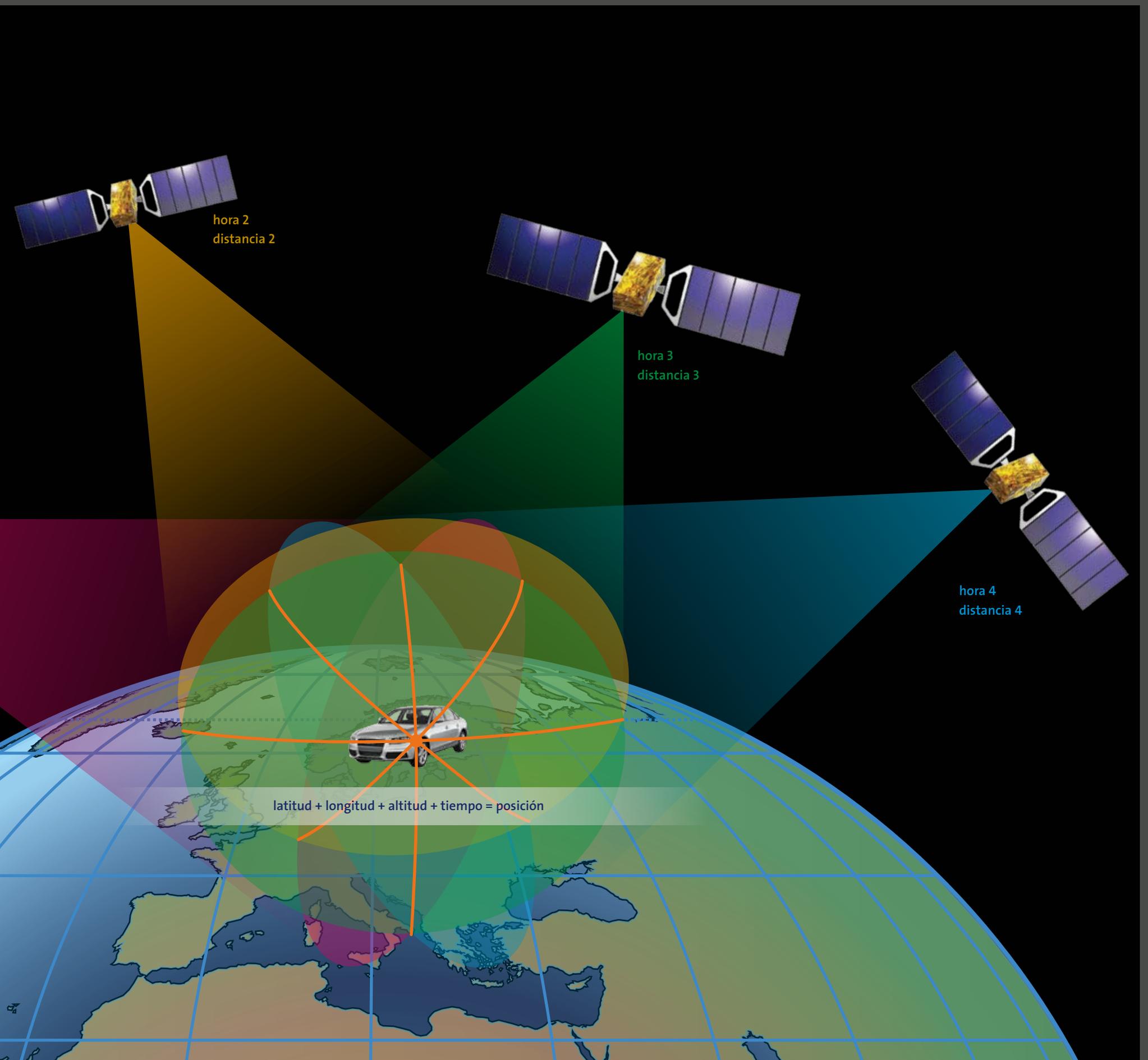
¿Dónde se encuentra usted? Galileo responderá a esa pregunta con más precisión que nunca. La navegación por satélite está basada en el principio de la determinación de distancias: medir cuánto tarda una señal por satélite en llegar hasta usted y utilizar entonces la velocidad de la luz para calcular la distancia entre el satélite y su receptor. Tres satélites proporcionan la longitud, latitud y altitud, mientras que se necesita un cuarto para comprobar la precisión del tiempo.

Estos satélites deben que tener una precisión hasta una mil millonésima de segundo, lo cual equivale a un error de distancia de 30 cm. Una milésima de segundo equivale a un error de 300 m, mientras que un error de un segundo representaría que el sistema le colocaría más allá de la órbita lunar.

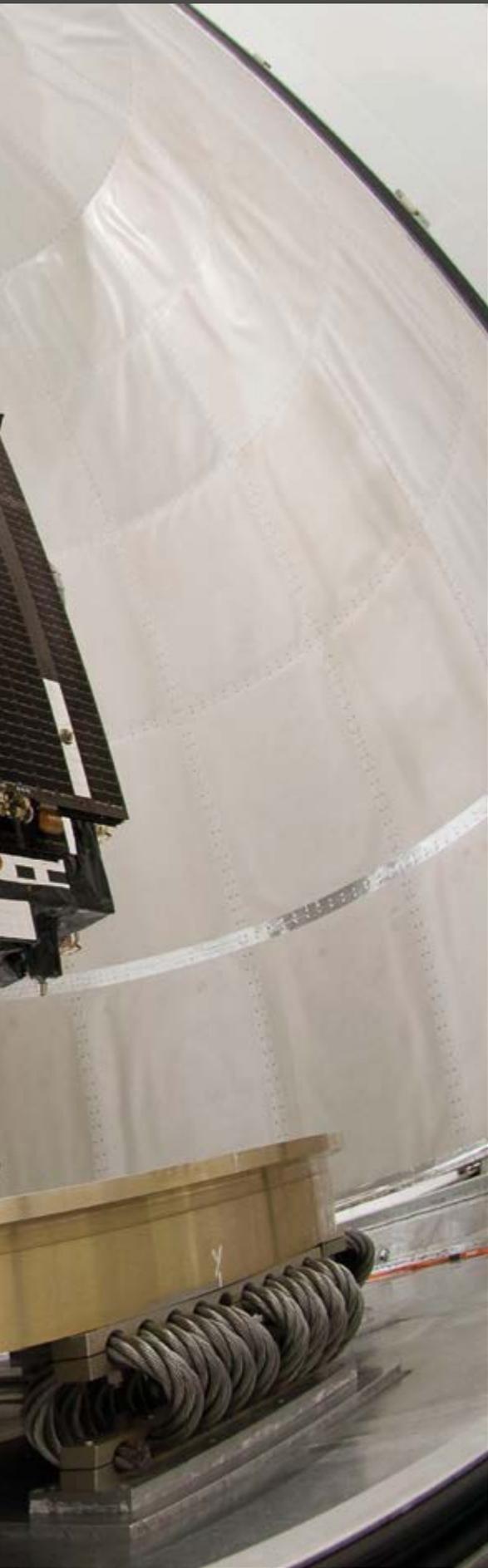
Para que el sistema genere resultados correctos en toda la Tierra se requieren 30 satélites que cuenten con relojes atómicos de alta precisión en un trío de planos orbitales que hayan sido cuidadosamente diseñados para maximizar la cobertura global. Cada satélite Galileo transporta dos relojes atómicos máser de hidrógeno pasivo con una precisión de hasta un segundo en tres millones de años y un par de relojes atómicos de rubidio como respaldo con una precisión de tres segundos en un millón de años.

Su extrema precisión, combinada con un sistema terrestre mundial listo para corregir cualquier error de funcionamiento, ofrece a Galileo una mayor precisión en comparación con la generación actual de satélites de GPS, abriendo un campo más amplio de aplicaciones posibles, como peajes de autopistas y direccionamiento de trenes.









Fundamentos de Galileo

Pareja de satélites Galileo iguales en el dispensador que los libera a sus órbitas destino a 23.222 km para su lanzamiento el 21 de octubre de 2011.

Estos dos primeros de los cuatro satélites iniciales juegan la doble función de demostrar que los satélites y el segmento terrestre cumplen con muchos de los requisitos de Galileo y validar el diseño del sistema así como servir como parte integral de la futura constelación de 30 satélites.

La plataforma de los satélites está diseñada para responder a un requisito principal esencial: con Galileo como soporte para numerosas aplicaciones, los satélites deben ser altamente fiables y funcionar con pocas interrupciones. Cuando los satélites estándar tienen problemas pueden pasar a modo seguro hasta que se produzca un diagnóstico pero estos satélites solamente deberán estar fuera de servicio unos cinco días durante toda su vida operativa de 12 años. Son muy reconfigurables, lo que significa que se pueden intercambiar módulos para mantener la funcionalidad. Cada satélite transmite a la Tierra unos 20.000 datos acerca de su estado con el fin de ofrecer a los controladores una visión detallada de su salud.





Nueva era de la navegación en Europa

Una doble ocasión histórica: los dos primeros satélites de navegación Galileo de Europa se lanzan con el primer Soyuz desde su nuevo centro de lanzamiento en el Puerto Espacial Europeo en la Guayana Francesa el 21 de octubre de 2011, inaugurando la era Galileo.

Una variante más potente del Soyuz con una etapa superior con más combustible impulsó a los satélites hasta su órbita destino a 23.222 km. Estos alcanzaron su altura destino 229 minutos después del lanzamiento, en cuyo punto su dispensador los liberó lateralmente de la etapa superior Fregat, que continuó hasta una órbita cementerio. Los controladores de la misión en Toulouse, Francia empezaron a captar señales de los dos satélites inmediatamente.

Este proceso se repetirá numerosas veces durante los próximos años. A efectos de acelerar el despliegue, se está preparando una versión del Ariane 5 con el fin de que transporte cuatro satélites a la vez, para uso junto al Soyuz. Una constelación Galileo de 18 satélites en órbita a mediados de la década proporcionará una capacidad operativa inicial y se espera que la constelación esté completa para el 2018.



Comprobación de la salud en órbita

El centro Redu de la ESA en el bosque de las Ardenas en Bélgica juega el rol importante de verificar que los satélites Galileo, una vez lanzados, se encuentren en buena salud y listos para funcionar.

Inmediatamente después de que los satélites alcanzan su órbita, van siendo activados gradualmente por un equipo basado en Toulouse o en el ESOC en Darmstadt. Entonces llega la tarea completa de poner en marcha sus cargas útiles de navegación.

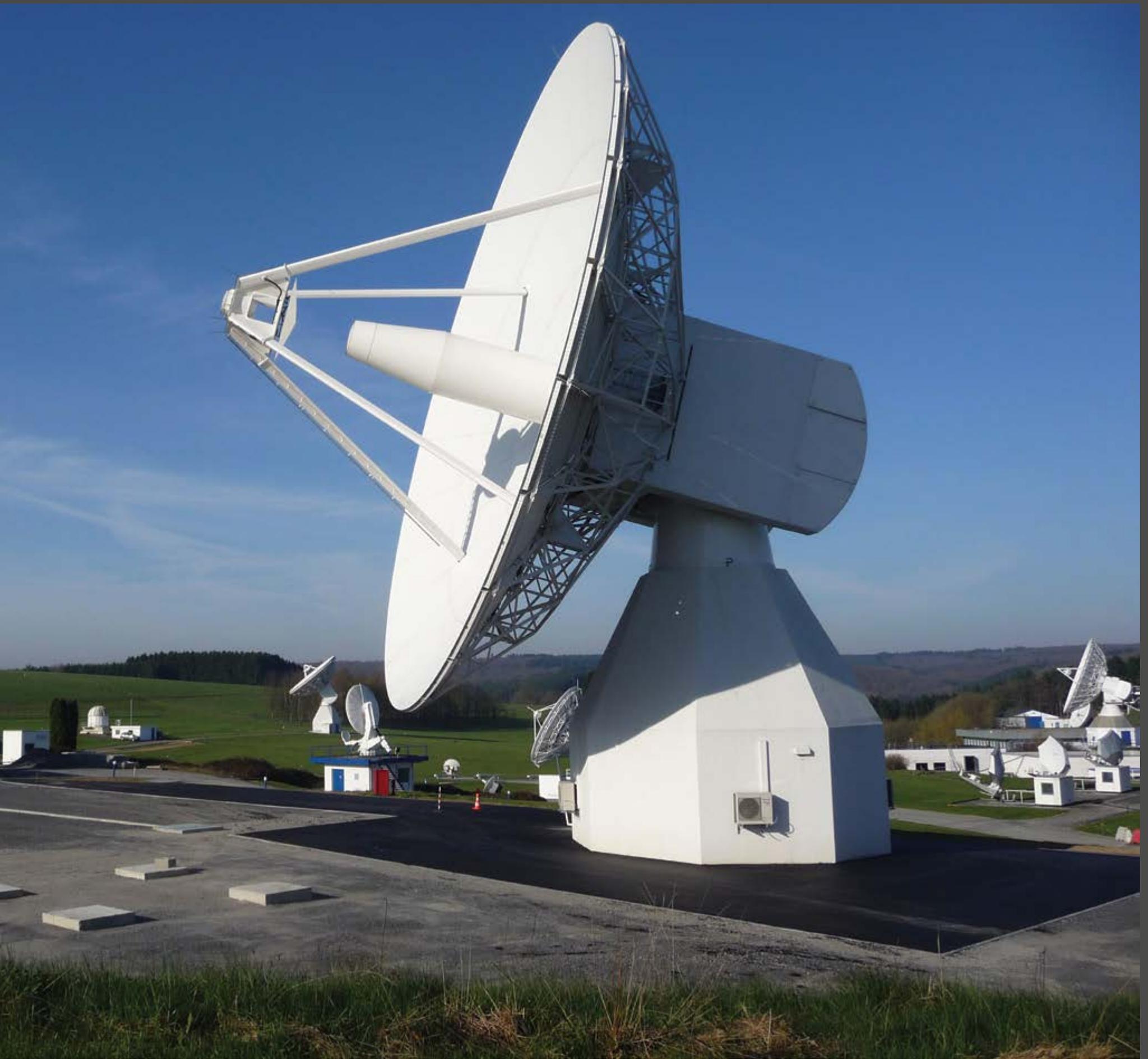
El control de los satélites se pasa al Centro de Control de Galileo de Oberpfaffenhofen en Alemania, en tanto que la evaluación de las cargas útiles se realiza en Redu.

Inaugurado en 1968, Redu fue seleccionado para este rol debido a su larga tradición de realizar tareas similares para satélites de telecomunicaciones europeos.

Para Galileo, el centro Redu cuenta con una antena de 20 m de diámetro destinada a recibir señales de navegación hasta el extremadamente alto nivel de detalle requerido para el diagnóstico (captando la forma exacta de las señales que se transmiten) y una antena de transmisión para comprobar el receptor incorporado en la misión y para enviar mensajes de navegación. Una antena de UHF transmite señales simuladas de búsqueda y rescate, las cuales se transmitirán a autoridades regionales a través del satélite internacional Cospas-Sarsat para el Sistema de búsqueda y rescate.

Redu comprobará la salud de todos los satélites Galileo futuros después del lanzamiento, a la vez que realizará tareas similares para satélites de telecomunicaciones de la ESA. Las misiones Artemis, Integral y Proba de la ESA también se operan desde aquí y Redu también será la sede de uno de los dos Centros de Operación de Misiones para los satélites del Sistema europeo de retransmisión de datos (EDRS).







esa
European Space Agency
Agence spatiale européenne

ESA
Séminaire International de l'Économie et de l'Énergie
Paris, 22 Juin, Le Bourget
Mardi 22 Juin 2011
Sponsors
Ministère de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Énergie
Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie
ESA
European Space Agency
Agence spatiale européenne

esa
European Space Agency
Agence spatiale européenne

esa



Galileo en tierra

Los periodistas en el Salón de la Aeronáutica y del Espacio de París en 2011 observan la firma de contratos entre la ESA y la Comisión Europa para el Segmento de Control de Tierra y el Segmento de Misión de Tierra de Galileo: Galileo en la Tierra.

Los satélites en el espacio son solo la punta del iceberg que es Galileo a nivel global. Siendo uno de los proyectos más complicados jamás emprendidos por Europa, una red terrestre global es esencial para supervisar los satélites y garantizar la fiabilidad continua de la información de tiempo y posicionamiento incorporada en las señales de navegación provenientes de la órbita.

El Segmento de Control de Tierra de Galileo supervisa y controla las plataformas de los satélites, basado durante la fase inicial en el Centro de Control de Galileo en Oberpfaffenhofen cerca de Munich en Alemania y vinculado a estaciones de telemetría, seguimiento y telecomando en Kiruna en Suecia y Kourou en la Guayana Francesa.

El Segmento de control terrestre garantiza que Galileo tenga un rendimiento de navegación puntero comprobando continuamente cada satélite y emitiendo un mensaje de corrección para compensar cualquier ligera desviación de la temporización. Este mensaje se envía al satélite para su retransmisión a los usuarios cada 100 minutos o menos.

Durante la fase inicial, el Segmento de Misión de Tierra está basado en el otro Centro de Control de Galileo en Fucino, centro de Italia, pero en el futuro Oberpfaffenhofen y Fucino alojarán instalaciones equivalentes, trabajando en conjunto como respaldo activo con sincronización de datos en tiempo real para aumentar la solidez general del sistema Galileo.

Avanzadilla solitaria

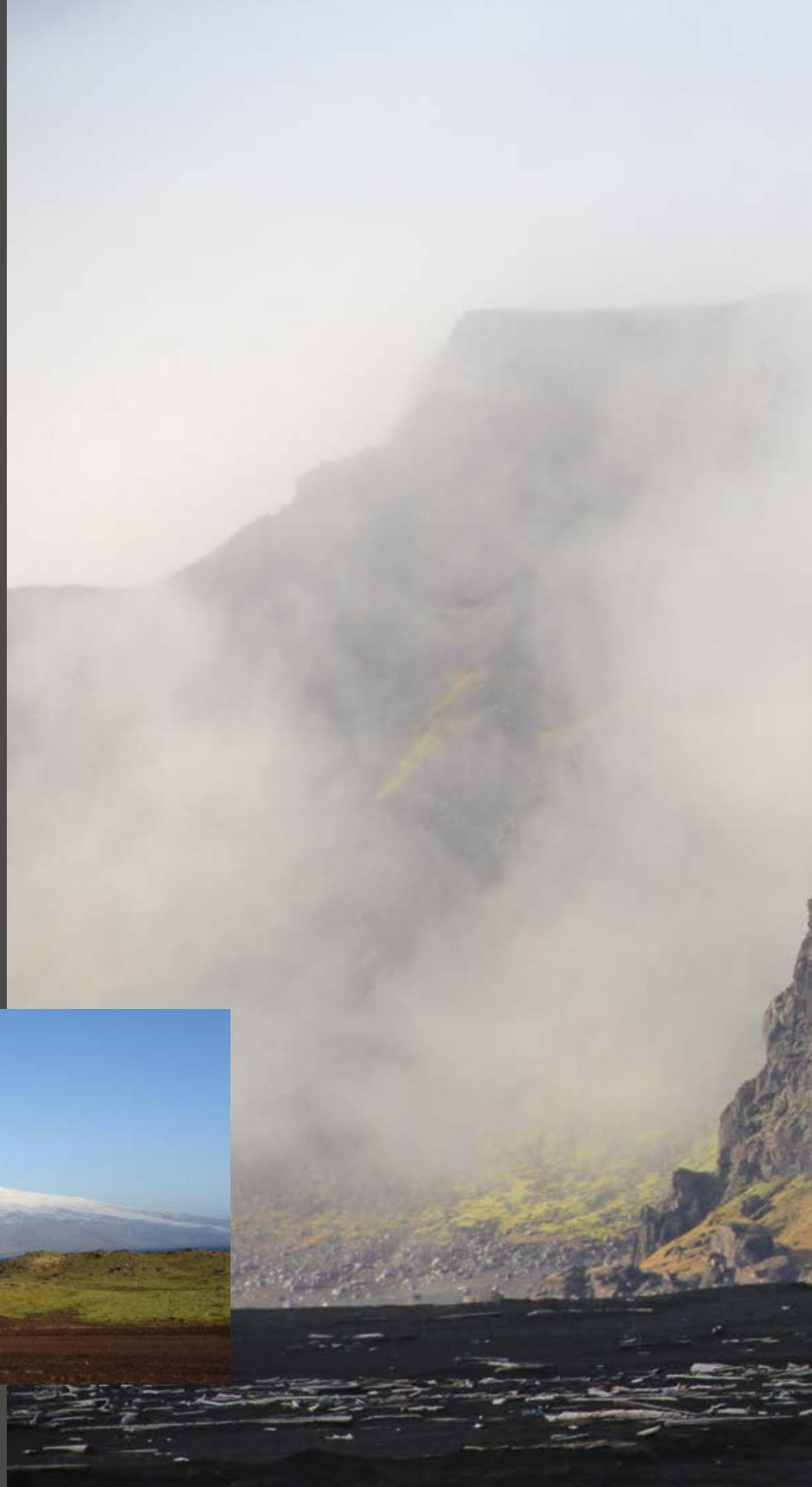
Galileo proporcionará servicios de navegación a nivel mundial, lo cual a su vez requerirá una red terrestre global de estaciones repartidas por toda la Tierra, incluyendo algunos de sus lugares más remotos. La Isla de Jan Mayen, que se observa aquí, es un afloramiento volcánico en el Ártico noruego que tiene fama por ser uno de los lugares con peor clima del planeta, pero aun así es la sede de la Estación de sensores de Galileo.

La navegación por satélite se basa en que el receptor obtenga la hora y el punto en el espacio en el que se transmitió una señal con un nivel extremadamente alto de precisión. Sin embargo, los relojes atómicos incorporados en un satélite podrían desviarse con el tiempo, y también su órbita.

La red global de estaciones de sensores comprueba la hora de cada satélite frente a la Hora del sistema Galileo, determinada por Instalaciones de temporización precisa en los Centros de Control de Galileo en Fucino y Oberpfaffenhofen y que tiene una precisión de 28 mil millonésimas de segundo.

Las órbitas de los satélites también se desvían debido a las fuerzas gravitacionales del ligero abultamiento ecuatorial de la Tierra y debido a la Luna y el Sol. Incluso el ligero pero continuo empuje de la misma luz del sol puede afectar a su trayectoria de órbita. Así pues, las estaciones terrestres repartidas por todo el mundo que captan señales de Galileo realizan una medición inversa por radio de los satélites que las transmiten para determinar su posición exacta e identificar cualquier desviación de órbita. Controlando también la fuerza de la señal, los datos se retransmiten a la Estación de Monitorización Terrestre de Galileo por enlace vía satélite.

La estación de sensores y la conexión satélite en Jan Mayen se construyeron en el único lugar llano de todo el territorio: una playa de arena volcánica negra plagada de madera muy antigua y descolorida que ha llegado a esta isla sin árboles proveniente del distante continente ruso.





En el fin del mundo

El centro de Galileo situado más al sur es la base Troll en la Antártica. Estas instalaciones noruegas están a unos 235 km hacia el interior en el aire poco denso a 1270 m por encima del nivel del mar.

La combinación de una Estación de sensores y una Estación de enlace ascendente de Galileo (esta última se utiliza para retransmitir mensajes de corrección de navegación generados por el Segmento de Misión de Tierra de Galileo a los satélites) está situada en la sólida base del pico de una montaña que destaca entre los glaciales que la rodean.

Como la constelación Galileo orbita tan alto, la ubicación de Troll en la parte más baja del mundo le permite enlazar con satélites por encima de los océanos Atlántico, Pacífico e Índico al mismo tiempo. El equivalente de Troll al norte, Svalbard en el Ártico noruego, ofrece una cobertura similar a las latitudes del norte, y más Estaciones de enlace ascendente por todo el mundo maximizarán las oportunidades de conexión con Galileo, ya que los mensajes de corrección de la navegación son clave para mantener los relojes de los satélites Galileo individuales sincronizados con la Hora del sistema Galileo.

La base Troll ya aloja la estación terrestre por satélite TrollSat. La base tiene personal durante todo el año y le llegan suministros a través de un campo aéreo cercano situado en un glaciar y convoyes por tierra en las épocas de luz permanente durante el breve verano de la Antártica.





→ VIGILANDO EL MUNDO EN QUE VIVIMOS

Al acercarse a la Tierra su increíble y variada superficie queda enfocada con nitidez. Por debajo de una frágil franja de atmósfera, este es el lugar donde todos nosotros vivimos, y se ha de cuidar y vigilar. Desde este punto de observación podemos comprender mejor el complejo sistema que es la Tierra, y conocer más sobre sus orígenes, cómo funciona y su futuro.

La órbita baja es el dominio de los satélites de observación de la Tierra, pero esta nitidez viene con consecuencias. A medida que la resolución de visualización de un satélite aumenta, su campo de visión disminuye, y cuanto más cerca de la Tierra orbita un satélite, mucho más rápido debe moverse para superar el mayor tirón de la gravedad: más de 7 km por segundo en el caso del Envisat de la ESA y misiones comparables de observación de la Tierra. Normalmente situados en órbitas polares de norte a sur, los satélites de observación puede cubrir gran parte del planeta que gira bajo ellos, pero por lo general vuelven al mismo lugar solo semanas o incluso meses más tarde.

Este tipo de frecuencia de revisita tan baja estaba bien para misiones de observación, como la serie Landsat de EE.UU., cuyos datos la ESA comenzó a adquirir y archivar para científicos europeos a mediados de los 80, o las posteriores misiones de radar ERS de la ESA desde principios de los 90. Pero la revelación más importante de tales misiones pioneras es que el planeta está cambiando constantemente. Las imágenes obtenidas por satélite, como los mapas tradicionales sobre papel, están desfasadas tan pronto como se toman.

La razón principal por la cual los satélites de observación de la Tierra son herramientas tan poderosas de información es su capacidad de realizar visitas con regularidad. Un avión de mapeado, sacudido por las turbulencias, rara vez puede reproducir su anterior trayectoria, pero un satélite en órbita lo hace sin esfuerzo, una y otra vez. Imágenes o datos consecutivos de un lugar determinado pueden compararse de forma precisa.

Esta capacidad añade una dimensión de tiempo anteriormente inalcanzable para la teleobservación: las diferencias entre imágenes se vuelven tan reveladoras como las propias imágenes, capturando la naturaleza compleja y dinámica del sistema de la Tierra y la influencia cada vez más perturbadora de la humanidad sobre ella. Las ciudades se agrandan, penachos de contaminación y autopistas atraviesan hábitats naturales, los lagos retroceden y los bosques se talan. Los efectos de los desastres naturales o provocados por el hombre también se observan claramente.

Las misiones de satélites individuales ofrecen vistas estacionales en el mejor de los casos, lo que se conoce como capacidad “con/sin hojas”, sin ninguna garantía de servicio. Y trazar regiones enteras con la franja limitada de un único satélite es como observar una sala mirando a través de una pajita. La usuarios de la comunidad de observación de la Tierra necesitan más, sobre todo desde que a los científicos de investigación se les han sumado gobiernos nacionales y locales, así como organismos internacionales de desarrollo y medio ambiente, especialistas en seguridad alimentaria y agricultura de precisión y agencias de respuesta en casos de desastre, por nombrar algunos.

El satélite Envisat de la ESA ha ayudado a abrir campo en muchos de estos servicios de forma experimental, y sus registros de los cambios observados a nivel mundial subrayaron la necesidad de contar con una vigilancia continua del medio ambiente a disposición de los responsables de la formulación de políticas y los proveedores de servicios públicos, así como científicos. Ningún satélite individual puede satisfacer esa necesidad: se necesitará un sistema que mezcle todos los satélites disponibles y otras fuentes de datos en una sola imagen cohesiva.

Esa es la visión subyacente a Copernicus, una iniciativa de la ESA y la Comisión Europea. Dado el rápido ritmo que ha tomado el cambio climático, Copernicus es un medio para ayudar a gestionar y mitigar sus efectos.

Combinando toda la información disponible, tanto terrestre como espacial, en un conjunto cohesivo, Copernicus proporcionará datos precisos, oportunos y de fácil acceso para mejorar la gestión del medio ambiente, mitigar los efectos del cambio climático y garantizar la seguridad civil.

La nueva generación de satélites Sentinel de la ESA funcionará como “Componente espacial” de base para Copernicus, con dos satélites por misión en lados opuestos de la Tierra para aumentar su cobertura y frecuencia de revisita. Además, el segmento multimisión de tierra ingerirá los datos de todas las fuentes disponibles, como ya está ocurriendo.

Los servicios de Copernicus contribuirán a reforzar la seguridad civil y aportarán beneficios económicos a los ciudadanos europeos y de todo el mundo. Esta evolución, desde la observación científica de la era Envisat a las necesidades operacionales de Copernicus es un reto, pero la ESA ha logrado algo parecido antes, durante la transición de sus satélites Meteosat, de dispositivos meramente experimentales a sistemas operacionales que sustentan actualmente la previsión del tiempo para Europa.

El punto clave sobre la información que los Sentinels producirán es que cualquiera puede acceder a ella. No se realiza distinción entre usos públicos, científicos y comerciales. Esta disponibilidad debería acelerar el desarrollo de servicios de información geográfica de valor añadido. La observación de la Tierra desde el espacio abre una nueva dimensión de conocimiento y servicios de información que simplemente no está disponible de ninguna otra forma. Esto, a su vez, define nuevos mercados e industrias, creando riqueza y empleo para la economía europea.

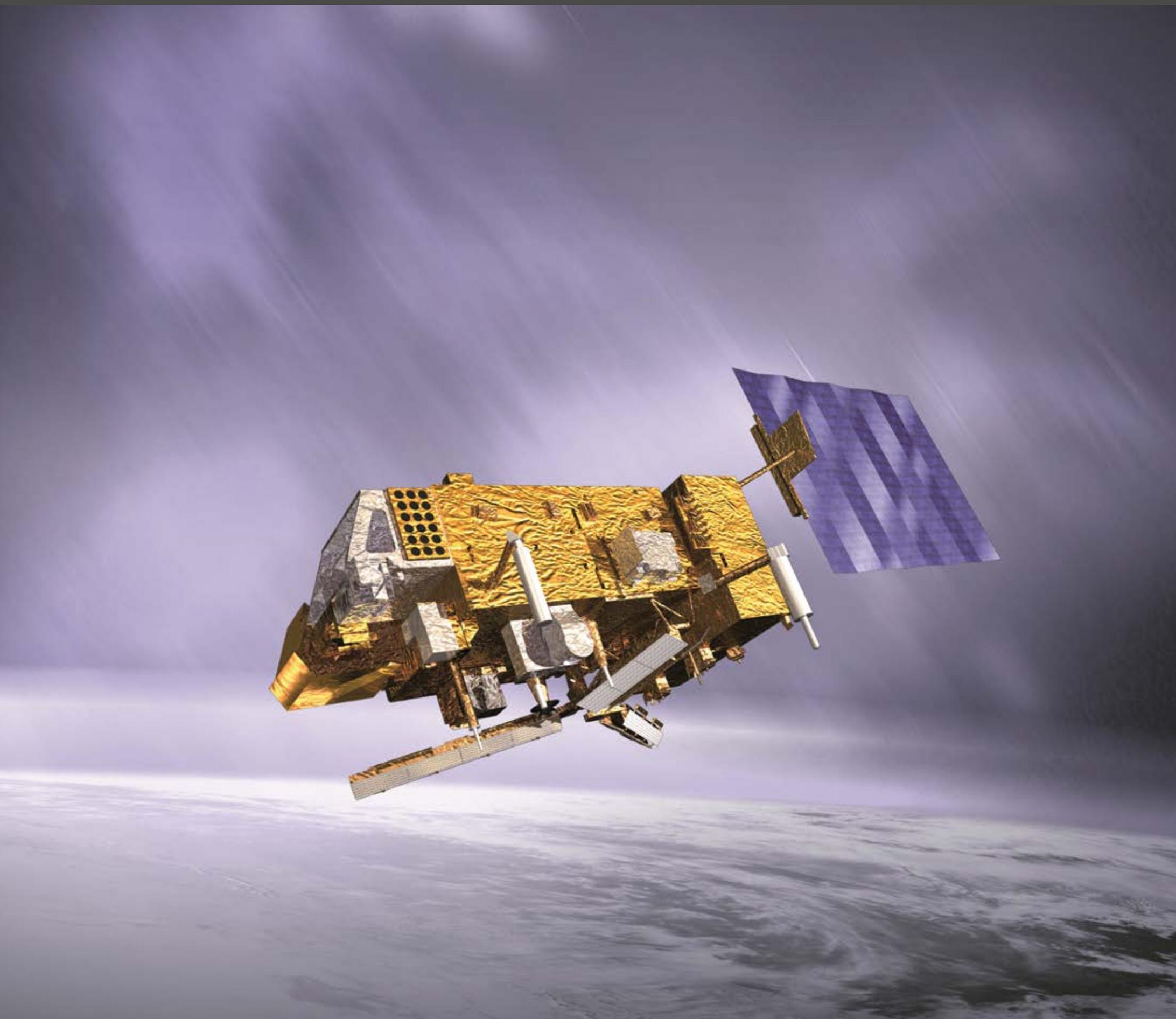
El trazado de mapas para uso de la tierra y la vigilancia del medio ambiente constituyen las principales aplicaciones para los servicios de valor añadido actuales basados en información proveniente de la observación de la Tierra. Desde el 2009 la ESA ha estado explorando

oportunidades de innovación y crecimiento para la industria espacial europea en este campo a través de su programa de Elementos de valor añadido.

Los proyectos piloto han incluido cartografía forestal, planificación de infraestructuras de energía renovable, seguimiento de buques con fines de defensa y de aplicación de la ley, captura y almacenamiento de carbono, evaluación de riesgos para la industria de reaseguros y geo marketing. Parece que en el futuro estos nuevos mercados seguirán creciendo más, impulsados por una economía más verde y la necesidad de mitigar la degradación del medio ambiente y adaptarse al cambio climático.

Nuevos métodos de observación derivados de investigación básica sustentan este proceso de crecimiento de servicios y desarrollo de mercados. Este es un proceso que continúa a través de la nueva serie de satélites científicos Earth Explorer de la ESA, aprovechando la innovación técnica para demostrar nuevas formas de observar nuestro planeta. Cada misión se centra en determinados segmentos del sistema de la Tierra para mejorar nuestra comprensión de los procesos que impulsan el cambio climático. Cada nueva misión de exploración Earth Explorer podría estar seguida por misiones operativas en el futuro, una vez que la comunidad de investigación decida su utilidad a largo plazo. Por ahora, llenan muchas brechas en la comprensión de nuestro mundo cambiante. Sin un esfuerzo sostenido de estas características, nuestros descendientes tendrían muchas posibilidades de encontrarse viviendo en un planeta diferente.



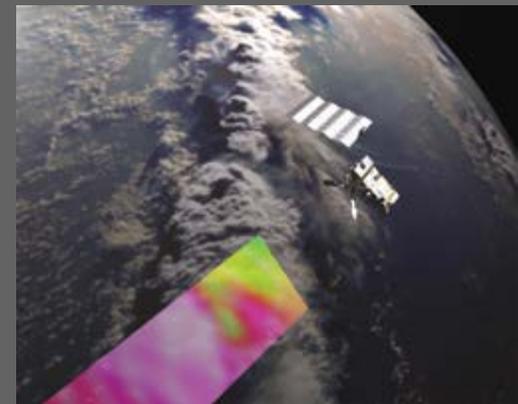


Marcando el camino

Desarrollada por la ESA y operada por Eumetsat, la serie MetOp tiene una diferencia fundamental respecto a satélites meteorológicos europeos anteriores: orbita más de 40 veces más cerca de la Tierra, en una órbita polar a unos 800 km. Esta órbita geostacionaria ofrece un gran ángulo de visión sobre un tercio del planeta, pero los polos se pierden de vista y ver detalles de cerca significa acercarse más.

El programa de Satélites operativos meteorológicos (MetOp) es la aportación de Europa a una iniciativa de cooperación con la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) de EE.UU., que durante más de 45 años ha estado proporcionando datos meteorológicos desde una órbita polar, de forma gratuita, a usuarios de todo el mundo. El MetOp-A, el primer satélite de la serie, sustituyó a uno de los dos servicios satelitales anteriormente operados por la NOAA, tras lo cual la responsabilidad sobre dichos servicios recayó de forma compartida entre Estados Unidos y Europa.

El MetOp-A está diseñado para funcionar junto con el sistema de satélites de la NOAA, en el cual dos satélites vuelan en órbitas complementarias. La órbita polar del MetOp-A es heliosíncrona, lo que significa que la trayectoria del satélite sobre la Tierra siempre se produce a la misma hora local, en este caso a media mañana. La NOAA continúa operando su satélite en órbita a media tarde. En septiembre del 2012 el MetOp-B se unió al MetOp-A en órbita polar, con el fin de asegurar que los servicios de pronóstico continuaran funcionando en caso de que el primer satélite fallara debido a su envejecimiento.



IASI
Interferómetro de sondeo atmosférico de infrarrojos

HIRS
Sonda de alta resolución por infrarrojos

AVHRR
Radiómetro avanzado de muy alta resolución

MHS
Sonda de humedad por microondas

GRAS
Receptor del sistema de satélites de navegación global para sondeo de la atmósfera

ASCAT
Dispersómetro avanzado

SEM
Monitor del medio ambiente espacial

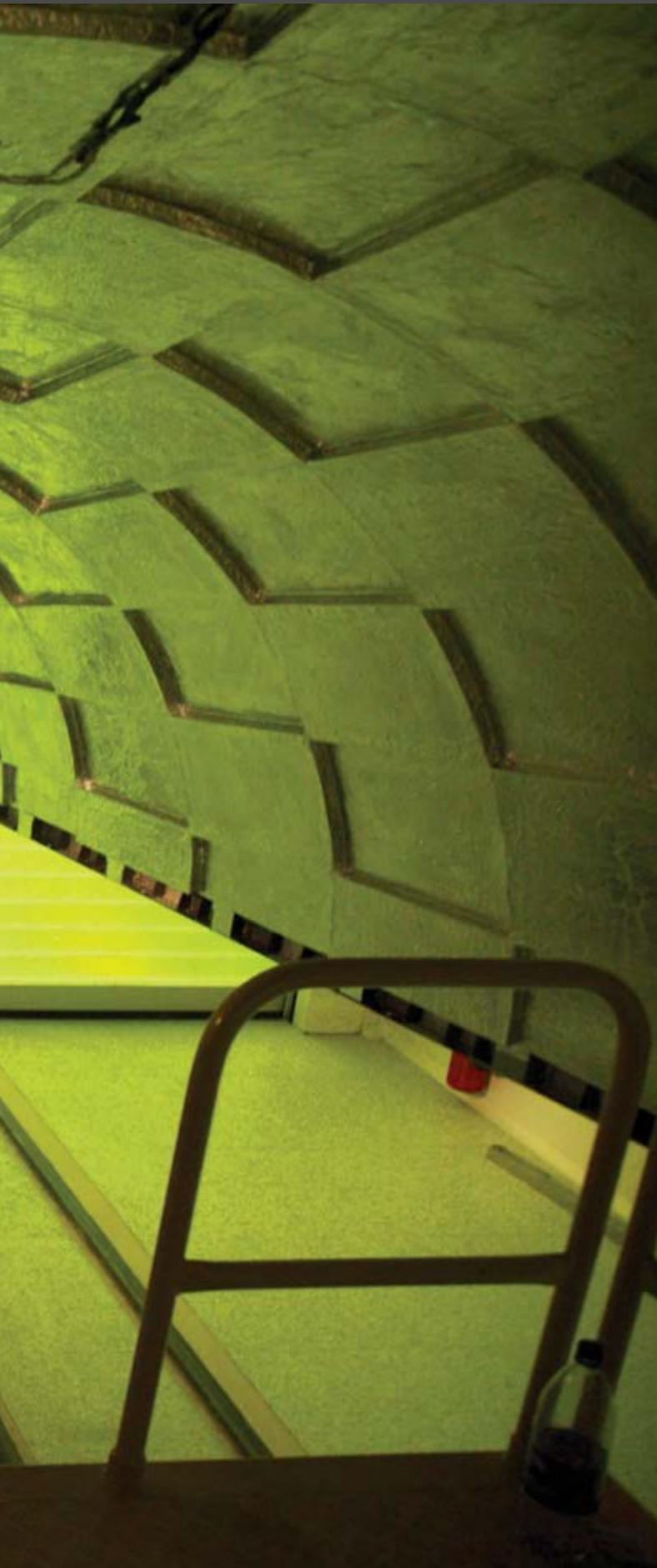
DCS-Argos
Sistema de heliosíncrona de datos-Argos

AMSU-A
Unidad A de sondeo avanzado por microondas

S&R
Búsqueda y rescate

GOME-2
Vigilancia de la capa de ozono de la Tierra





Ascenso del MetOp

Técnicos limpiando el interior del carenado del Soyuz-ST destinado a lanzar el segundo satélite MetOp de Europa desde el cosmódromo de Baikonur en Kazajstán en el 2012. El satélite se observa durante su lanzamiento de septiembre en la imagen inferior.

El carenado de 4,1 m de diámetro del Soyuz-ST permitió que cupieran tanto el satélite como la cuarta etapa Fregat que colocó el MetOp-B en su órbita final. Siguió al primer satélite de la serie, el MetOp-A, lanzado el 19 de octubre de 2006. El satélite completó su puesta en marcha y comenzó a prestar servicio a los meteorólogos y climatólogos a partir de mayo de ese año.

Además de transportar instrumentos que anteriormente llevaban los satélites de la NOAA, el MetOp incluye nuevos sensores para medir la temperatura y la humedad, la velocidad y la dirección del viento en la superficie de los océanos y las concentraciones de ozono y otros gases.

Hoy en día, las observaciones de primer plano del MetOp son una fuente importante para la realización de previsiones meteorológicas numéricas en las que Europa y el mundo se basan con el fin de mantener predicciones meteorológicas precisas. Conservar la cobertura es esencial, por lo que siempre hay a punto una serie de satélites MetOp para prevenir cualquier brecha. La ascensión del tercer satélite de la serie, el MetOp-C, está prevista para el año 2018 desde la Guayana Francesa. La ESA supervisa el proceso de adquisición de satélites MetOp por cuenta de Eumetsat.



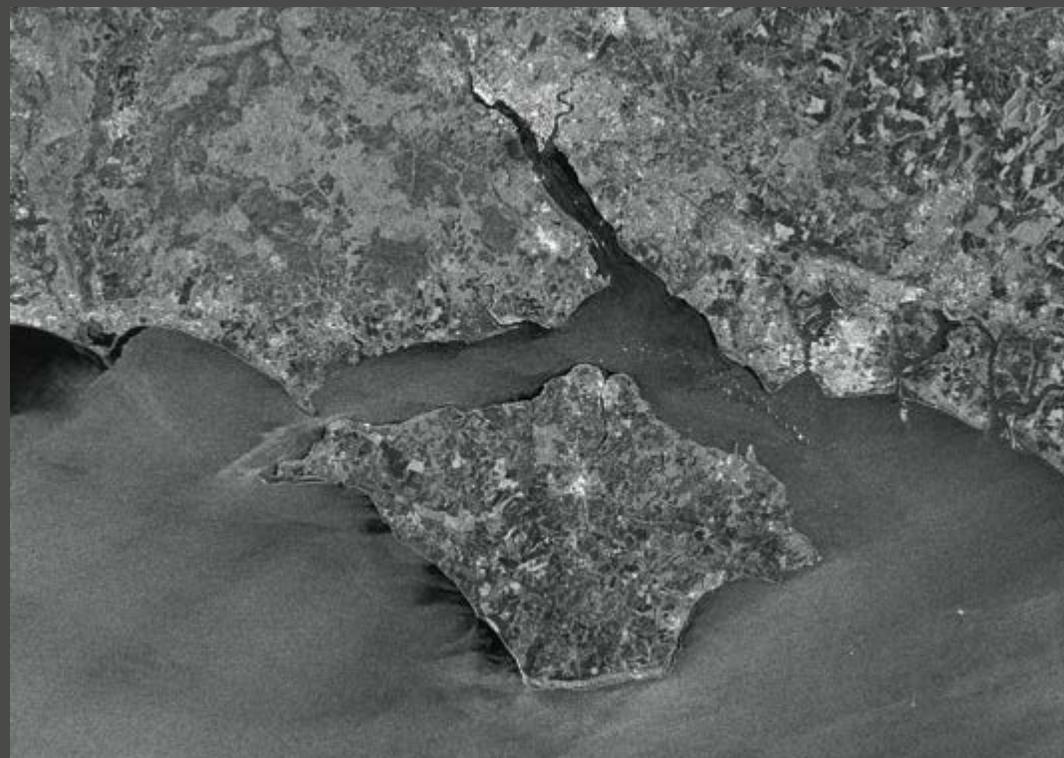
Visión radar

Las primeras misiones de la ESA para observar la Tierra fueron la familia Meteosat de satélites meteorológicos. Las misiones posteriores de la Agencia para la observación de la Tierra captaron nuestro mundo de una forma totalmente nueva. Mientras que las series de satélites Landsat de EE.UU. y Spot de Francia operaban en longitudes de onda de luz visible, los dos satélites de teleobservación de la ESA, el ERS-1 lanzado en 1991 y el ERS-2 en 1995, así como la misión subsiguiente Envisat (2002) realizaron el trazado de la superficie de tierra, mar y hielo por radar.

Las imágenes de radar, como esta del delta del Ganges tomada por el Radar de apertura sintética avanzado del Envisat (página opuesta), tienen un aspecto muy distinto de las vistas de satélite estándar basadas en luz reflejada. Los radares de los satélites envían impulsos al planeta situado por debajo y registran los patrones de retrodispersión resultantes. Así pues, las imágenes de radar revelan la textura de la superficie, siendo potencialmente capaces de diferenciar entre vegetación y cultivos, suelos húmedos y secos, rugosidad de los océanos, diferentes tipos de hielo y estructuras artificiales. La imagen inferior muestra la misma región en luz visible, vista desde el instrumento MERIS de Envisat. La imagen de la derecha muestra los colores brillantes de los barcos reunidos para la Revisión de la Flota Internacional fondeados en el estrecho de Solent entre Portsmouth y la Isla de Wight en el Reino Unido en el 2005. El seguimiento de buques es una aplicación particularmente activa del radar de los satélites; las mismas técnicas también funcionan bien para los icebergs. Los radares pueden atravesar las nubes y la oscuridad local para mantener una observación continua de la Tierra.

Además, las imágenes de radar obtenidas del mismo lugar en diferentes momentos pueden combinarse matemáticamente de varias formas para destacar cambios. Por ejemplo, esta imagen del Ganges proviene de tres capturas, y los colores muestran las diferencias estacionales. Otras imágenes resaltan cambios minúsculos y a escala milimétrica del paisaje, como movimientos tectónicos, fallas sísmicas o hundimientos de túneles.

Las misiones ERS también han incluido altímetros de radar para determinar la altura de las superficies terrestres y marinas de la Tierra, y su temperatura y propiedades de reflexión se miden con radiómetros. El satélite de la siguiente generación, Envisat, amplió aún más la visión de Europa al incluir una sonda multiespectral entre sus 10 instrumentos.



MIPAS
Observa la atmósfera en infrarrojo medio, realizando un seguimiento del ozono y otros gases traza

AASTSR
Termómetro en el cielo que mide las temperaturas del suelo y los océanos

SCIAMACHY
Analiza la atmósfera a través de una amplia gama de espectros, trazando el ozono, el dióxido de nitrógeno, gases traza, polvo y nubes

Antena de banda Ka
para descargar datos a través del satélite de retransmisión de datos Artemis de la ESA

MWR
Mide el vapor de agua atmosférico para aumentar la precisión de la RA-2

DORIS
Utilizado para medir la posición orbital y la velocidad del satélite con una precisión de unos pocos centímetros, mejorando la precisión de los datos

Antena ASAR
Utiliza un haz de radar para trazar la superficie de la Tierra en varios modos diferentes

Matriz solar

Antena RA-2
Mide la altura del satélite con respecto a la superficie con una precisión de unos pocos centímetros

GOMOS
Medidas perfiles verticales de ozono y vapor de agua

MERIS
Adquisición de imágenes en luz visible e infrarroja

Antena de banda X
para recibir órdenes

LRR
Retroreflector láser que permite la determinación de la posición del satélite con respecto a la Tierra

Los Sentinels: creados para vigilar

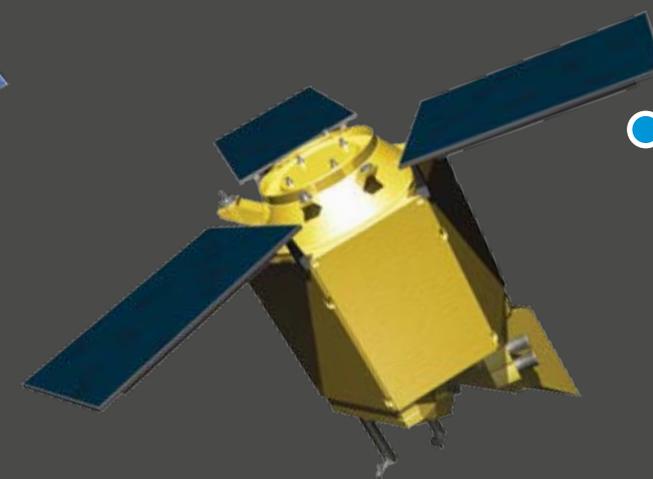
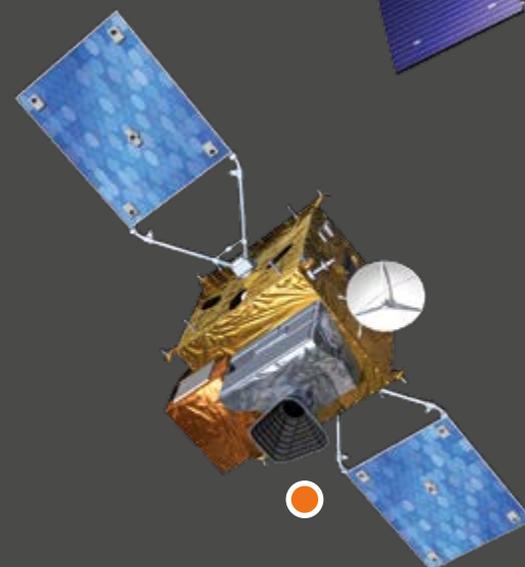
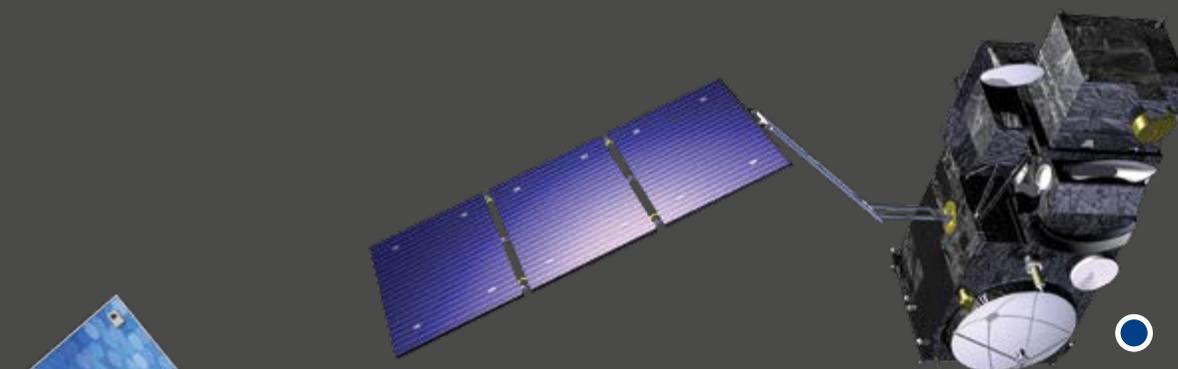
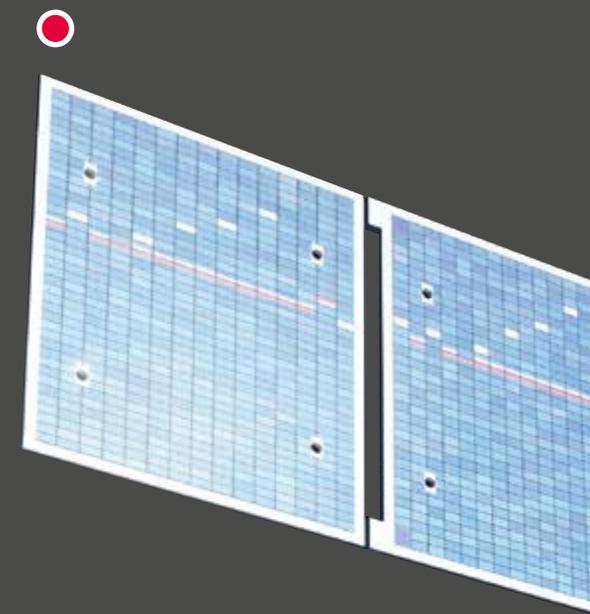
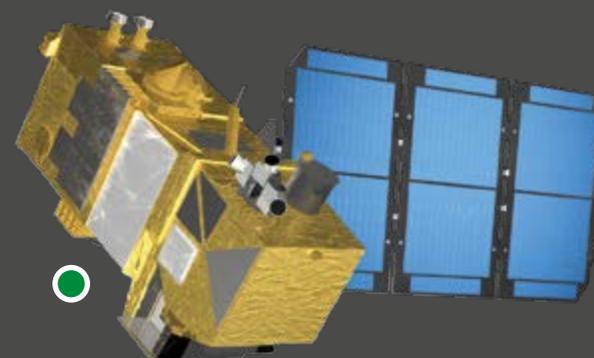
La nueva familia de misiones Sentinel de la ESA es la componente espacial del sistema Copernicus, proporcionando datos de observación terrestre para alimentar una amplia gama de servicios operativos para la vigilancia del medio ambiente y el apoyo a la protección civil.

El satélite multifuncional Envisat demostró la viabilidad de una amplia gama de servicios de información ambiental. Sin embargo, pronto se hizo evidente que, para que estos servicios fueran lo suficientemente sólidos y oportunos para poder confiar en ellos operativamente, se necesitaría mucho más que un solo satélite experimental. Por lo tanto, esta nueva generación divide diversas funciones de observación del Envisat entre diferentes misiones individuales a menor escala. Y cada misión se compone de dos satélites que se encuentran en lados opuestos de la misma órbita para cubrir más superficie del planeta y más rápidamente.

Cinco familias de Sentinels dedicados de la ESA aportan datos a Copernicus junto con misiones de otras agencias espaciales, denominadas "Misiones contribuyentes". Un segmento de tierra unificado, a través del cual se transmiten datos y se colocan de manera gratuita a disposición para servicios de Copernicus, completa la componente espacial.

Mientras los satélites Sentinel están desarrollados específicamente para las necesidades del programa, las Misiones contribuyentes ya están proporcionando una gran cantidad de datos para los servicios de Copernicus, y continuarán ofreciendo datos complementarios después de que los Sentinels se encuentran en órbita.

El lanzamiento del Sentinel-5 Precursor está previsto para el 2015, a fin de reducir la brecha de datos entre el Envisat y el Sentinel-5. Esta misión estará dedicada a la vigilancia atmosférica.



La Sentinel-1 es una misión para tomar imágenes por radar tanto de día como de noche y bajo todo tipo de condiciones meteorológicas para servicios terrestres y oceánicos. El primer satélite Sentinel-1 está previsto para el 2014.

El Sentinel-2 es una misión para tomar imágenes multiespectrales de alta resolución en una órbita polar para la vigilancia de la superficie terrestre proporcionando, por ejemplo, imágenes de la vegetación, el suelo y el agua, las vías navegables y las zonas costeras. El Sentinel-2 también ofrecerá información para servicios de emergencia. El lanzamiento del primer satélite Sentinel-2 está previsto para el 2015.

El Sentinel-3 es una misión de múltiples instrumentos en órbita polar para medir variables tales como la topografía de la superficie de los mares, la temperatura de la superficie de los mares y la tierra, el color de los océanos y el color de la tierra con gran precisión y fiabilidad. El lanzamiento del primer satélite Sentinel-3 está previsto para el 2015.

El Sentinel-4 es una carga útil que será transportada por una satélite tipo Sonda Meteosat de tercera generación (MTG-S) en órbita geoestacionaria, cuyo lanzamiento está previsto para el 2019. El Sentinel-4 estará dedicado a la vigilancia atmosférica.

El Sentinel-5 es una carga útil que será transportada por un satélite MetOp de segunda generación y se lanzará en el 2021. El Sentinel-5 estará dedicado a la vigilancia atmosférica.



Un agujero en el cielo

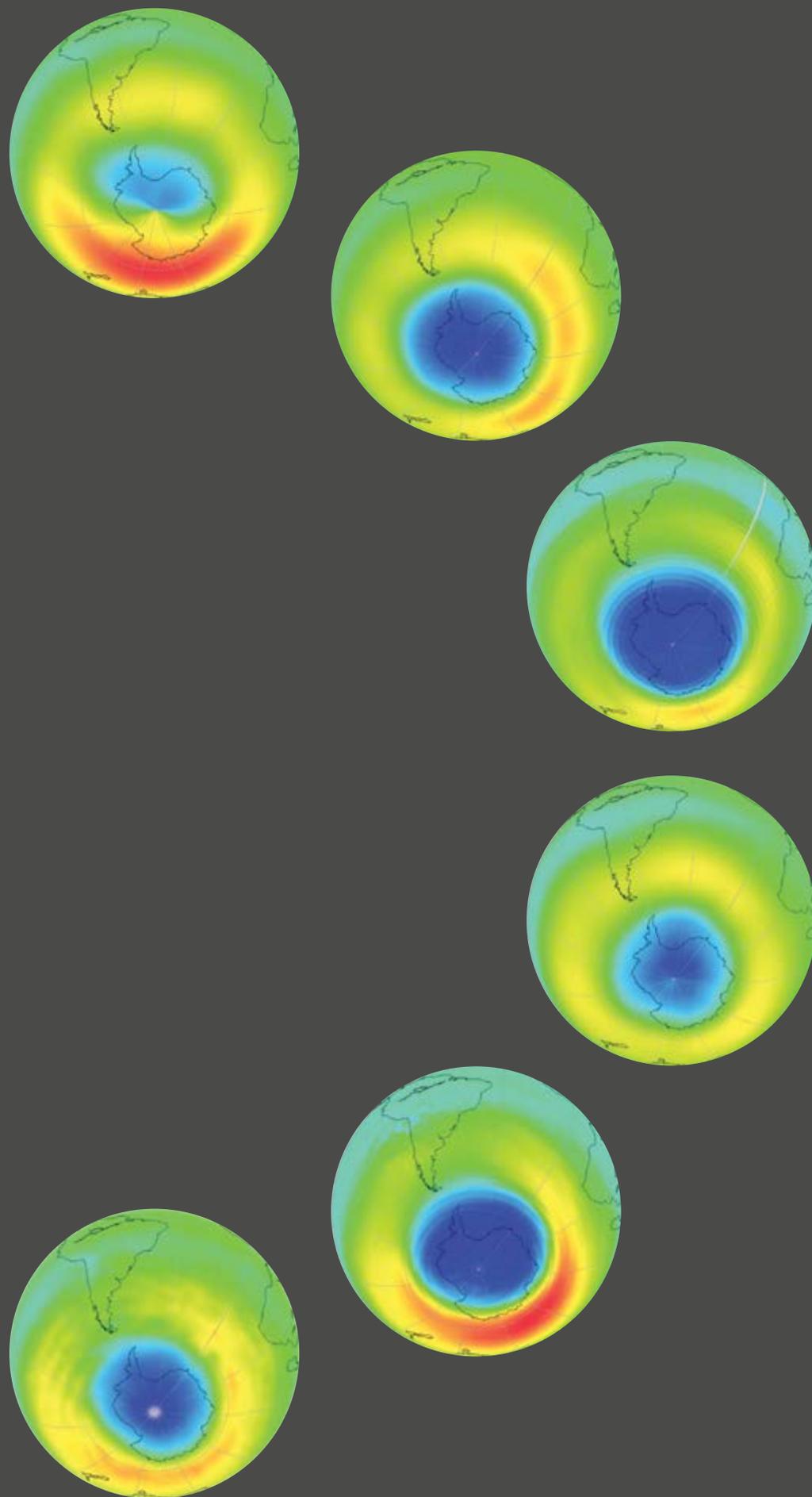
El agujero en la capa de ozono sobre la Antártida visto por el sensor Sciamachy del Envisat (página opuesta). La brecha en esta de capa atmosférica protectora fue descubierta por los investigadores de la Antártida en los 80, pero sus hallazgos parecían ser tan sorprendentes que se requirieron observaciones por satélite para confirmarlos.

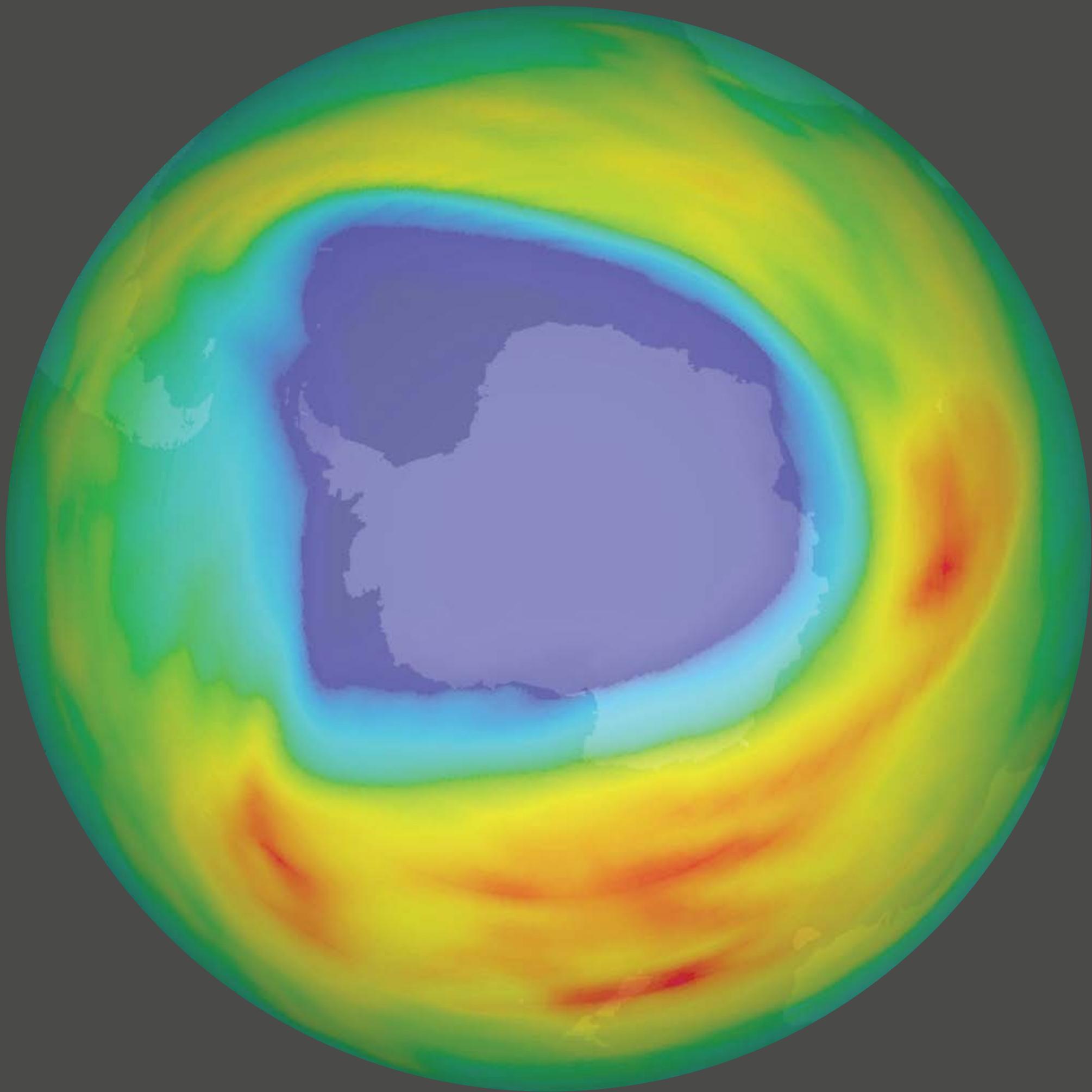
La capa de ozono, a una altitud de 25 km, filtra la luz solar, protegiendo la vida en la Tierra de los dañinos rayos ultravioleta, que pueden aumentar el riesgo de cáncer de piel y cataratas y dañar la vida marina. El agotamiento del ozono está provocado por las temperaturas extremadamente bajas a gran altitud y la presencia de gases que destruyen el ozono, como el cloro y el bromo, procedentes de productos fabricados por el hombre, como los clorofluorocarbonos, que fueron dejando de utilizarse en virtud del Protocolo de Montreal de 1987 pero que siguen influyendo en la atmósfera.

En el 2008, como se observa aquí, la zona de la capa de ozono más fina en el Polo Sur era de unos 27 millones de kilómetros cuadrados, en comparación con un agujero récord en la capa de ozono de 29 millones de kilómetros cuadrados en el 2006 (aproximadamente el tamaño de América del Norte).

En función de las condiciones meteorológicas, el tamaño del agujero de ozono en la Antártica varía de año en año. Durante el invierno del hemisferio sur la atmósfera sobre la Antártica no realiza intercambios con el aire de latitud media debido a los vientos predominantes conocidos como el "vórtice polar", la zona en la que se produce la principal destrucción química del ozono. El vórtice polar se caracteriza por temperaturas muy bajas que ocasionan nubes estratosféricas polares.

A medida que la primavera llega a los polos en septiembre u octubre, la combinación de la luz solar y la presencia de nubes estratosféricas polares conduce a la liberación de radicales de cloro altamente reactivos al ozono que descomponen el ozono en moléculas de oxígeno individuales. Una sola molécula de cloro tiene el potencial de descomponer miles de moléculas de ozono, y agujeros de ozono estacionales, parecidos pero más pequeños, se encuentran en el Ártico, extendiéndose a veces hasta el territorio europeo. Varios instrumentos de satélite han mantenido la vigilancia de los agujeros de la capa de ozono polar, desde el GOME del ERS-2 en adelante (ver imágenes de la izquierda), siendo en la actualidad el GOME-2 del MetOp el que recoge los datos.





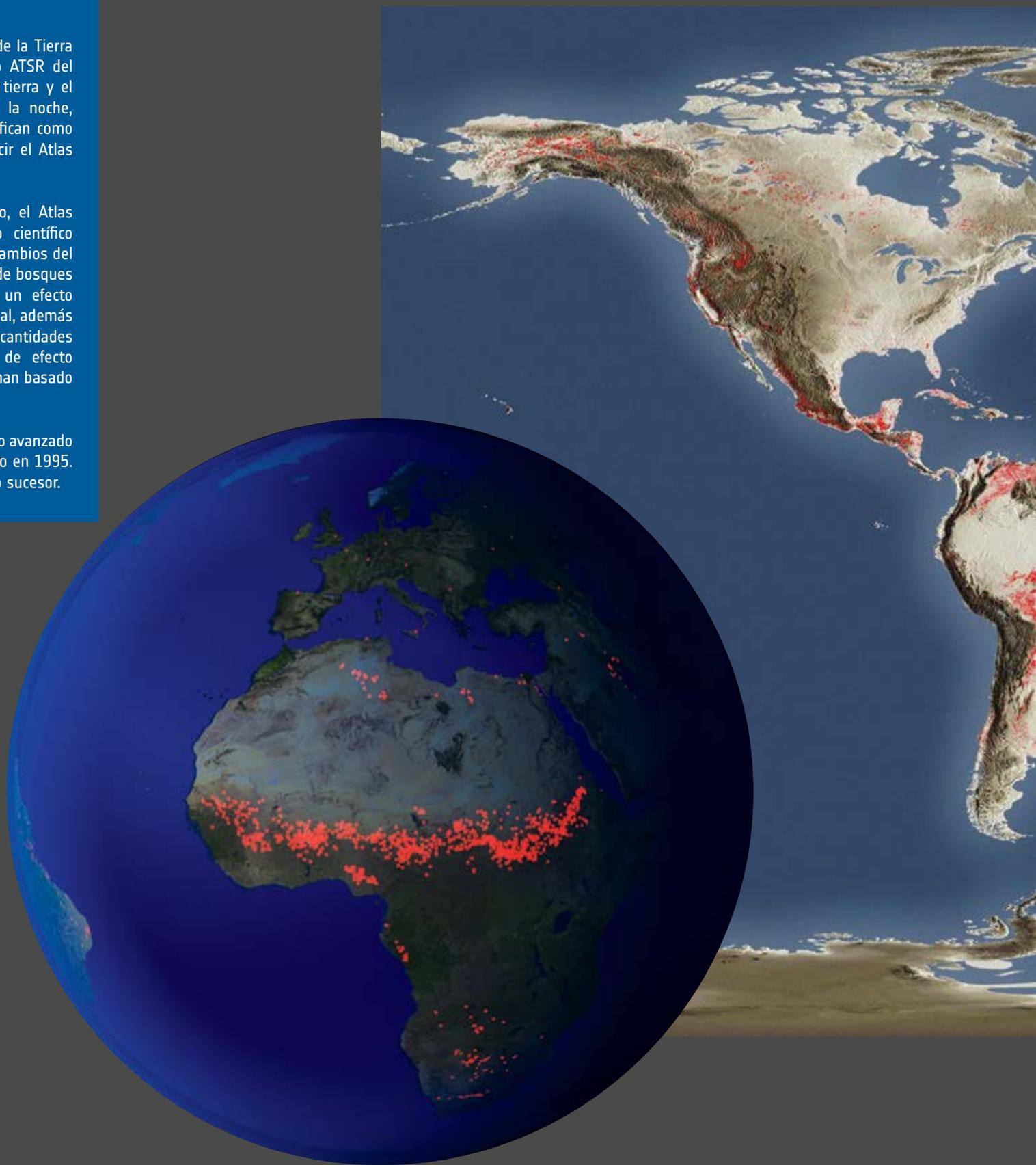
Planeta de fuego

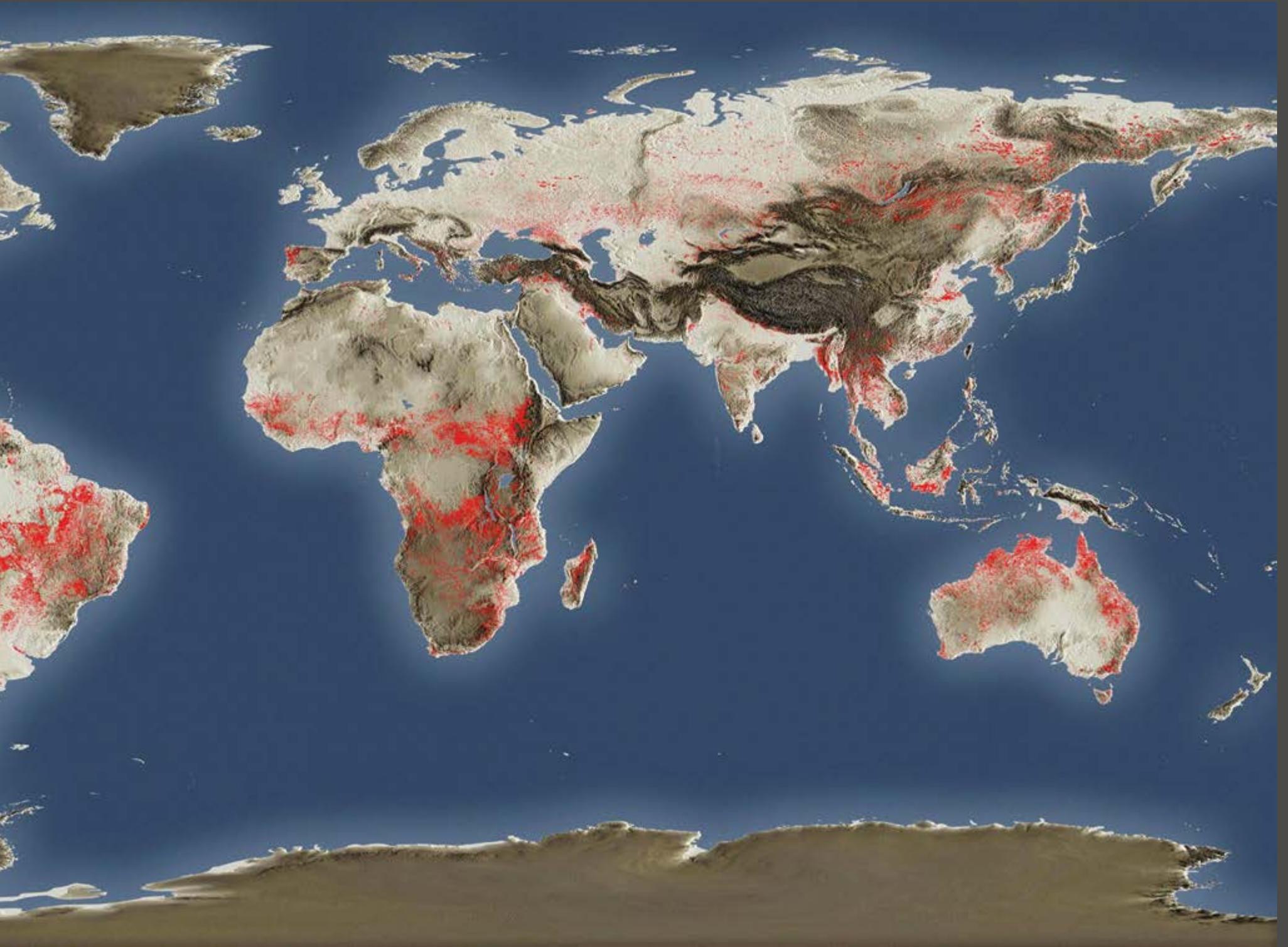
Sorprende ver en qué es única la Tierra. Con su atmósfera de oxígeno, es el único planeta donde el fuego puede quemar libremente. Esto tiene consecuencias importantes para el medio ambiente y el clima.

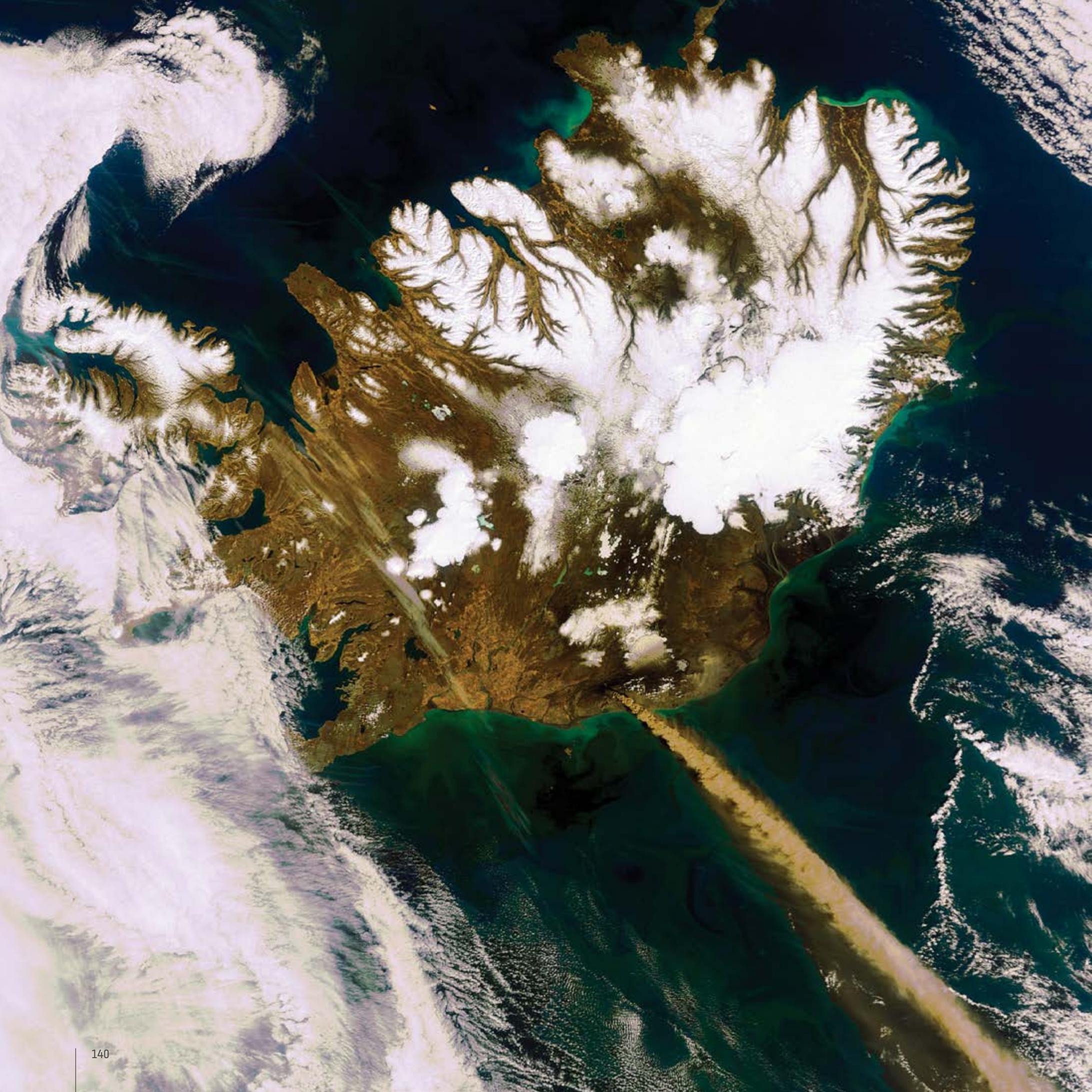
Los satélites de la ESA ha estudiado los incendios de la Tierra durante más de 15 años. El radiómetro avanzado ATSR del Envisat toma continuamente la temperatura de la tierra y el mar. Las temperaturas que superan 38,85°C por la noche, cuando la tierra circundante está más fría, se clasifican como incendios, y la información es utilizada para producir el Atlas mundial de incendios del ATSR.

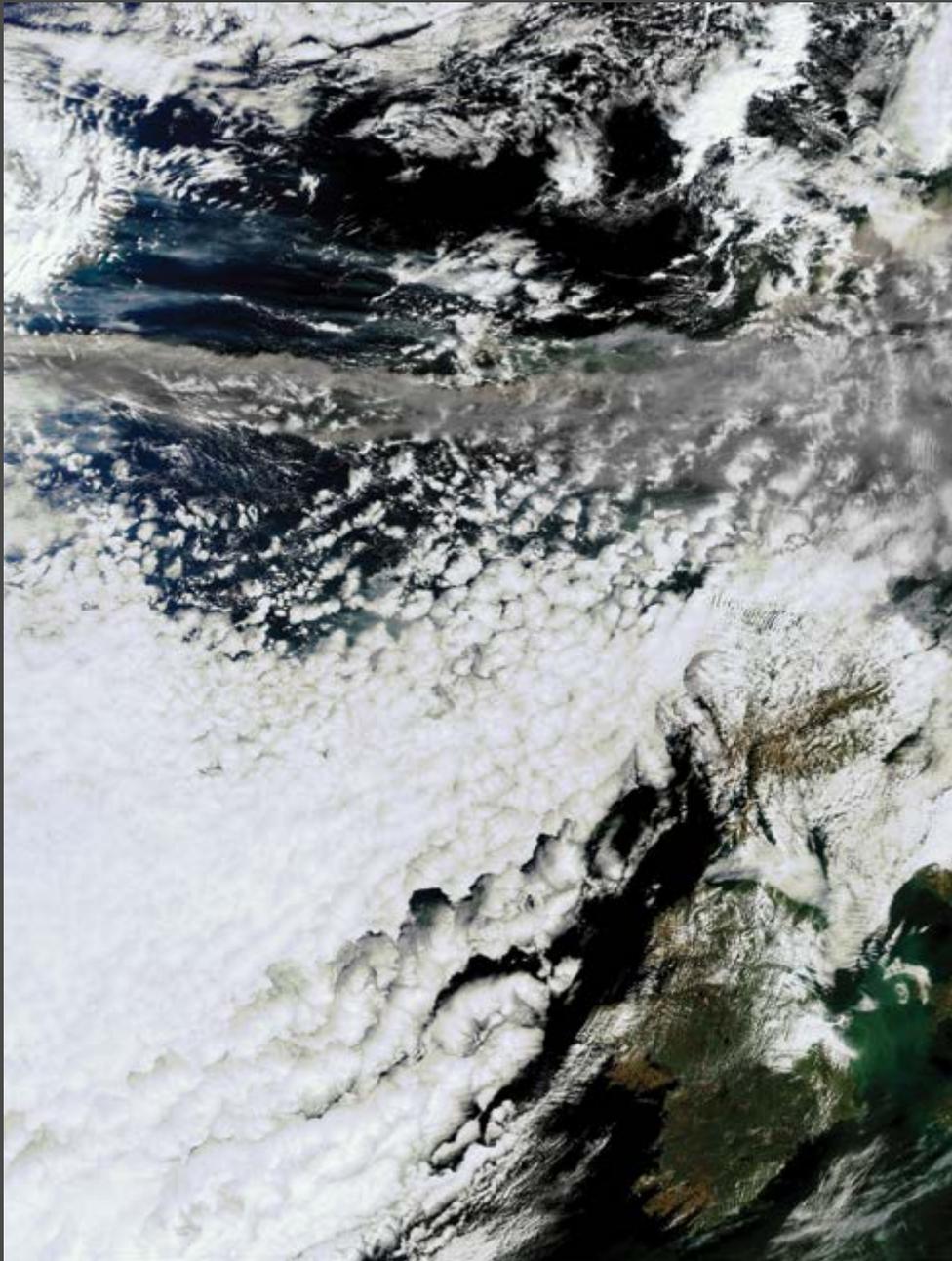
Siendo el primer atlas multianual jamás producido, el Atlas mundial de incendios es un importante recurso científico porque el fuego es un elemento importante en los cambios del medio ambiente. Más de 50 millones de hectáreas de bosques se queman cada año, y estos incendios tienen un efecto significativo sobre la contaminación atmosférica global, además de que la quema de biomasa contribuye a las cantidades globales de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero. Docenas de documentos científicos se han basado en los datos del Atlas.

Antes del Envisat, el Atlas se basaba en el radiómetro avanzado ATSR situado en el satélite ERS-2 de la ESA, lanzado en 1995. El Sentinel-3 de la ESA transportará un instrumento sucesor.









Sacudiendo los cielos

Cuando la explosiva erupción del volcán Eyjafjallajökull en Islandia desde debajo de su capa de hielo en abril del 2010 arrojó cenizas minerales hasta 10 kilómetros en la atmósfera, cerró una gran parte del espacio aéreo europeo durante varios días de abril y mayo. La alta concentración de partículas abrasivas presentaba el riesgo de raspar las alas y las turbinas de admisión de los aviones y obturar sus motores con suciedad.

Los satélites rastrearon la ruta del polvo mientras que un continente sin posibilidad de utilizar sus aviones esperaba a que el cielo se despejara. En la imagen principal tomada por el instrumento MERIS del satélite Envisat de la ESA el 11 de mayo de 2010 se observa una fuerte estela de ceniza desplazándose en dirección sudeste desde el volcán en erupción. La columna de humo, de color marrón-gris, es de unos 400 km de largo. Se utilizaron técnicas especiales para medir la "altura superior de la nube" de la ceniza. Las dos imágenes fueron adquiridas en resolución completa, con una distancia de muestreo terrestre de 300 m. La imagen de la parte inferior es de la cámara de alta resolución del microsátélite Proba-1 de la ESA y ofrece una vista más cercana del punto inicial de la columna con una resolución de 5 m, captada el 20 de abril.



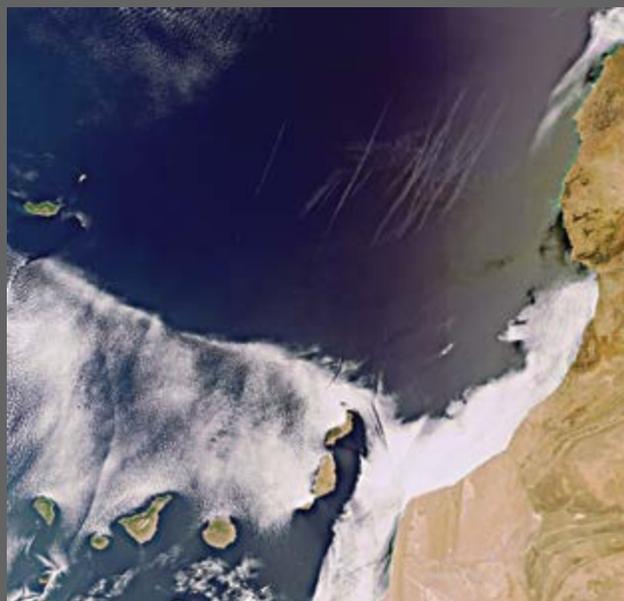
Líneas de vuelo

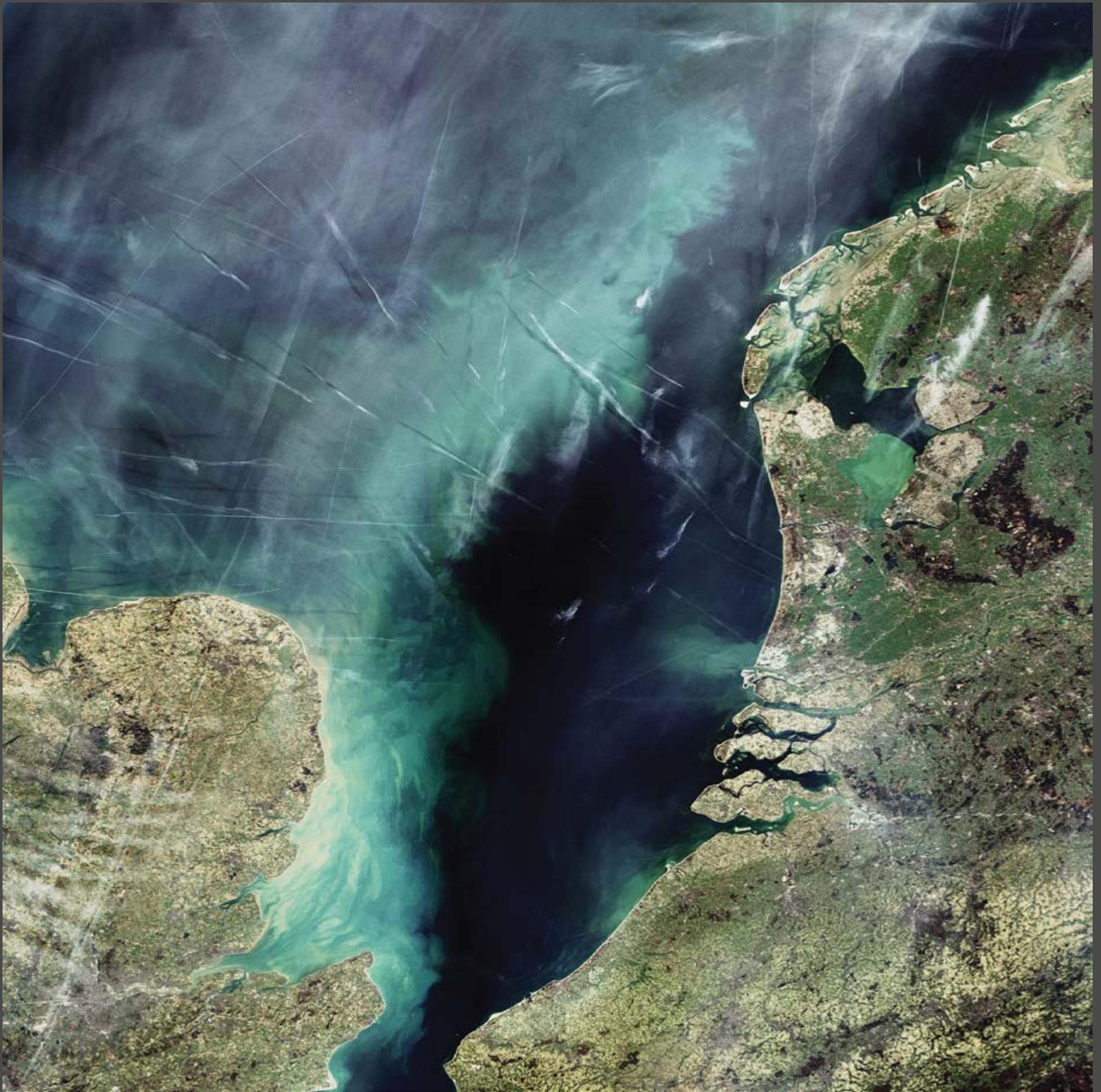
Europa tiene el espacio aéreo con mayor tráfico del mundo, y las consecuencias pueden ser vistas desde la órbita. Esta imagen del instrumento MERIS del Envisat sobre el Mar del Norte muestra numerosas estelas de condensación de aviones, así como partes de los Países Bajos (parte superior derecha), Bélgica (parte inferior derecha) e Inglaterra (parte inferior izquierda). La imagen inferior muestra estelas de condensación similares sobre el Atlántico, al norte de las islas Canarias.

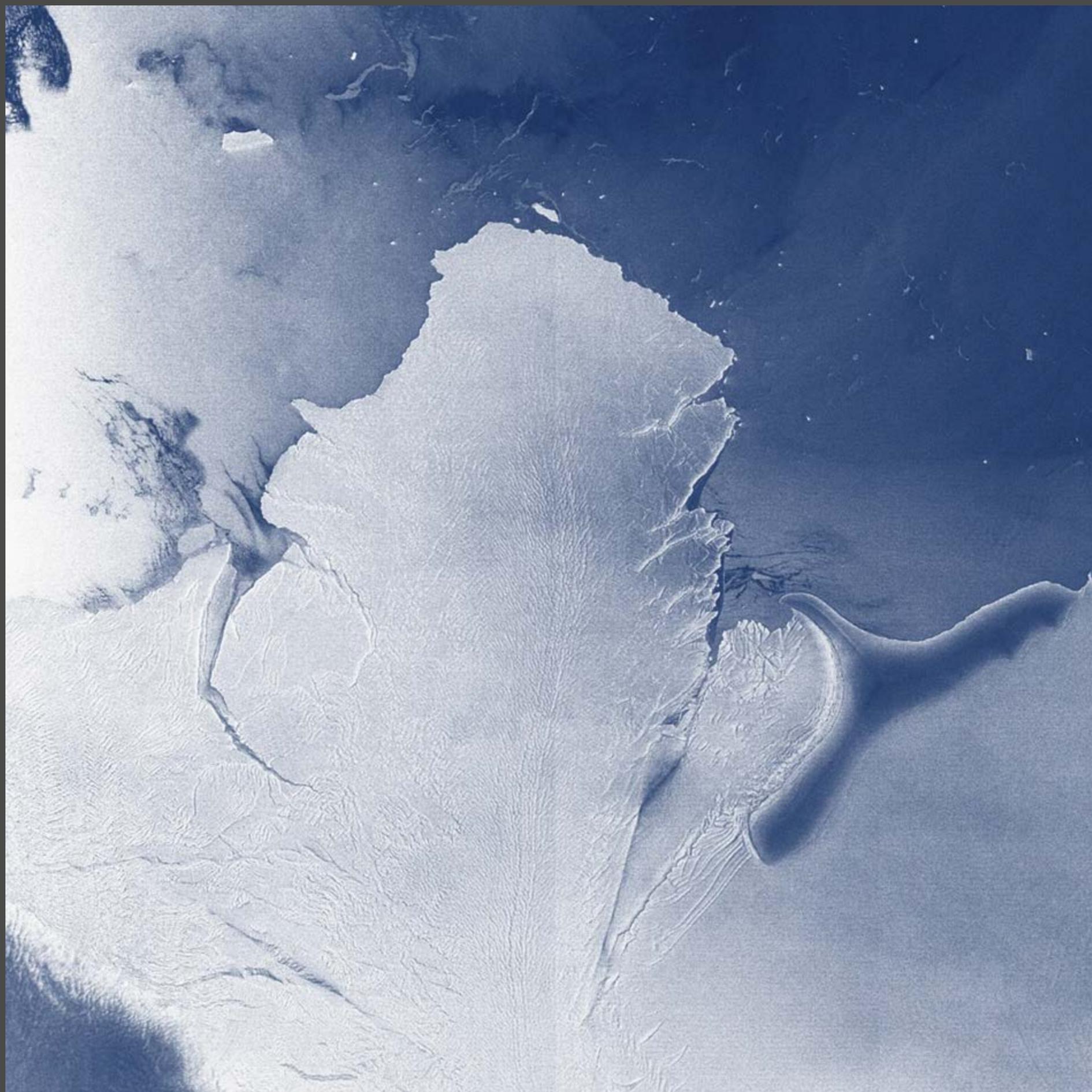
Los gases de escape de los aviones contienen grandes cantidades de vapor de agua que, bajo ciertas condiciones atmosféricas, se condensarán para formar cristales de hielo. Estas actúan como núcleos de condensación en torno a los cuales se condensa aún más vapor de agua. El resultado es la formación de estelas alargadas de condensación en el cielo parecidas a nubes.

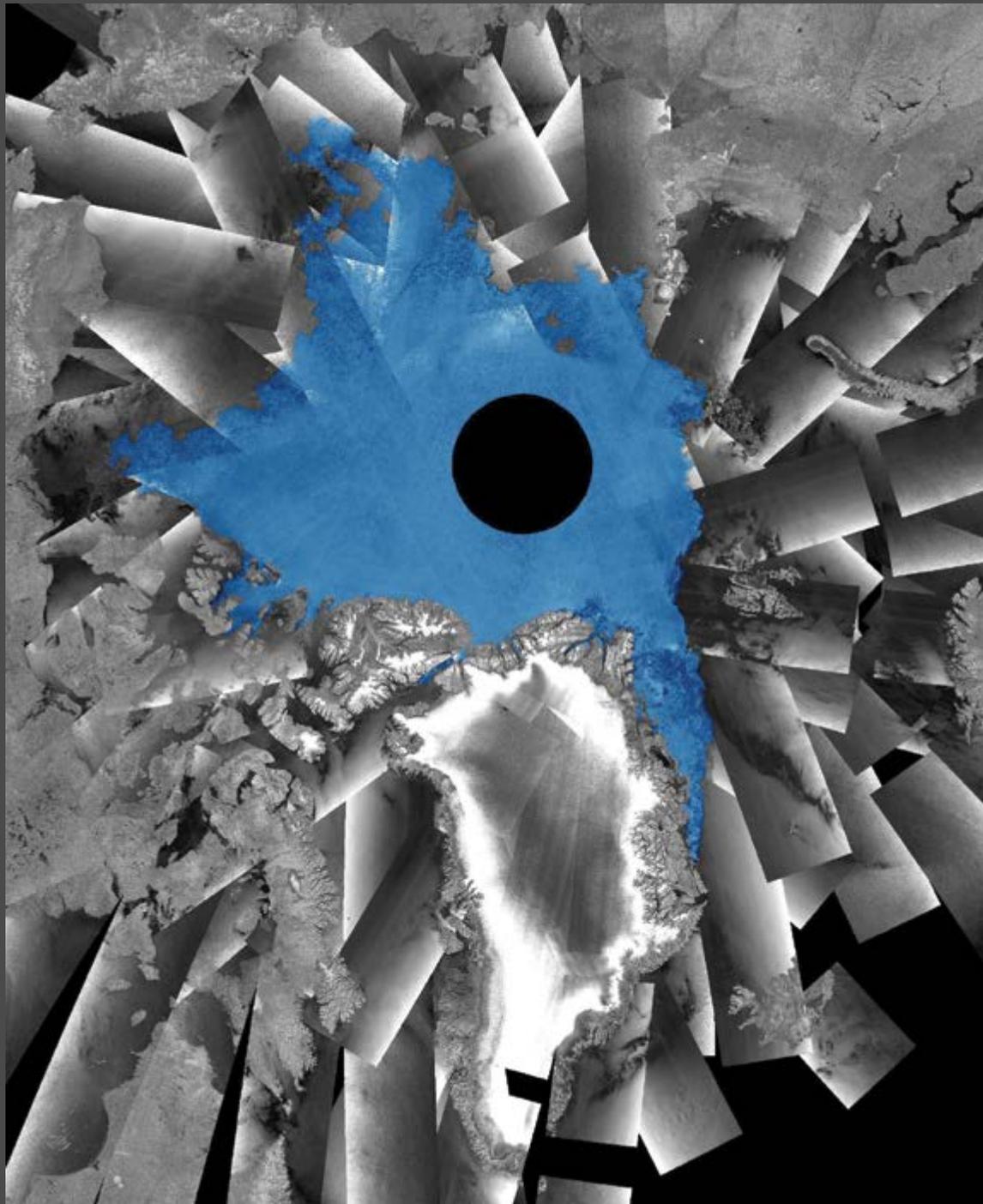
Los investigadores utilizan los datos de los satélites para investigar el efecto de estas estelas de condensación sobre el cambio climático. Mientras que la mayoría de las nubes tienen un efecto de enfriamiento sobre la Tierra porque reflejan la luz solar, los cirros a gran altura producidos por las estelas de condensación tienden a tener un efecto aislante, haciendo que aumenten las temperaturas atmosféricas. Cuando los aviones no podían despegar de Europa durante la erupción volcánica del Eyjafjallajökull en el 2010, se observó un enfriamiento neto. Lo mismo ocurrió en América del Norte durante el período posterior a los ataques terroristas del 11 de septiembre de 2001.

En esta imagen, las distintas tonalidades de verde visibles en el mar se deben a sedimentos en el agua. Captada el 21 de marzo de 2009, la imagen tiene una resolución de 300 m.









Borde de hielo

Esta imagen de radar del Envisat (página opuesta) muestra el sistema de la plataforma de hielo Brunt/lengua de hielo Stancomb-Wills en la costa norte de la Tierra de Coats en la Antártida oriental, que se desplaza varios cientos de metros al año hacia el océano. Una vez que llega al Mar de Weddell, está sometido a tensión por el aumento de las temperaturas y el movimiento de las mareas hasta que finalmente partes del mismo se rompen como icebergs.

Desde mediados de los 50 la plataforma de hielo ha albergado la estación Halley de la Prospección Antártica Británica para trazado del Antártico. A medida que la plataforma de hielo se mueve, lleva consigo a la estación Halley. De hecho, la estación se desplaza al noroeste un kilómetro y medio cada año.

Estudiar plataformas de hielo es importante, ya que son indicadores del cambio climático. En las dos últimas décadas, las misiones ERS y Envisat de la ESA han sido los principales vehículos para adquirir datos de observación de la Tierra en las regiones polares, ya que sus instrumentos de radar son capaces de ver a través de las nubes polares y la oscuridad del invierno.

En latitudes del hemisferio norte (imagen adyacente), el área cubierta por hielo marino en el Ártico en el 2007 se redujo a su nivel más bajo desde que comenzaron las mediciones por satélite hace casi 30 años, abriendo el Paso del noroeste, un atajo muy deseado desde hacía tiempo entre Europa y Asia que había sido históricamente intransitable.

El hielo del mar Ártico extiende de forma natural su cobertura de la superficie cada invierno y retrocede cada verano, pero la tasa de pérdida global desde 1978, cuando comenzaron los registros por satélite, se ha acelerado. La misión CryoSat de la ESA está añadiendo ahora el espesor del hielo a los mapas polares de los científicos.

Hoy en día, servicios dedicados de Copernicus están controlando la cubierta de hielo estacional en rutas de navegación clave, como las del Mar Báltico, sobre una base operativa. Hasta la mitad de su área puede estar cubierta por hielo cada invierno, lo cual afecta a los más de 2000 buques de gran porte que transportan más de 800 millones de toneladas de mercancías en un momento dado.

El rostro de las profundidades

Los océanos, que cubren un 71% de nuestro planeta, están en cambio continuo. Fue solo con la llegada de la era de los satélites que hemos adquirido la capacidad de percibirlos de forma continua, trazándolos de diversas maneras.

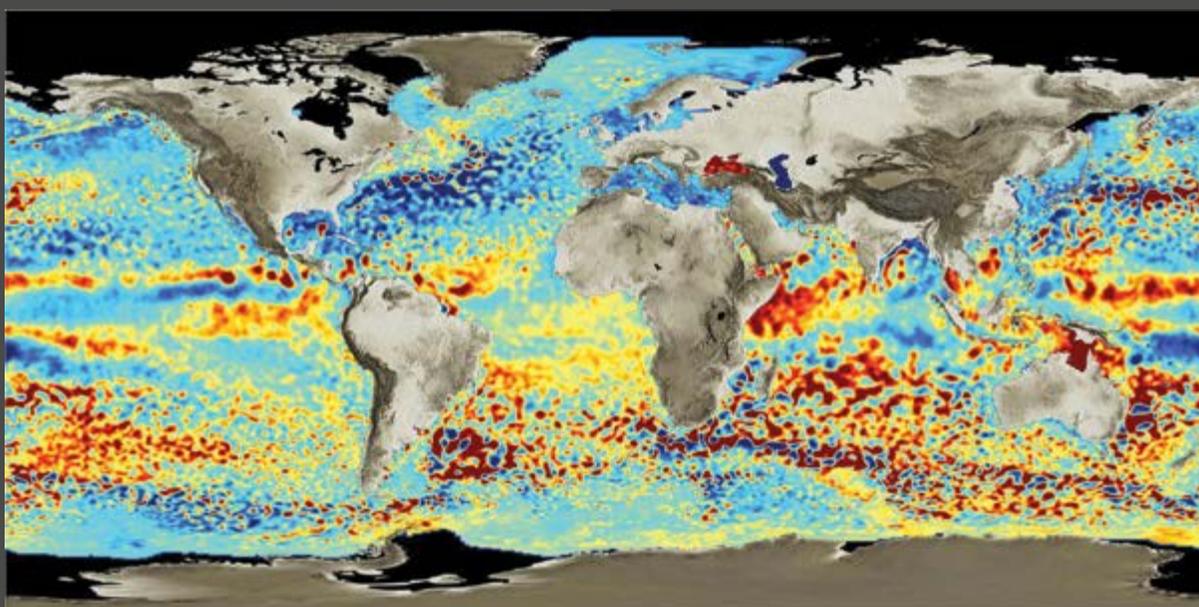
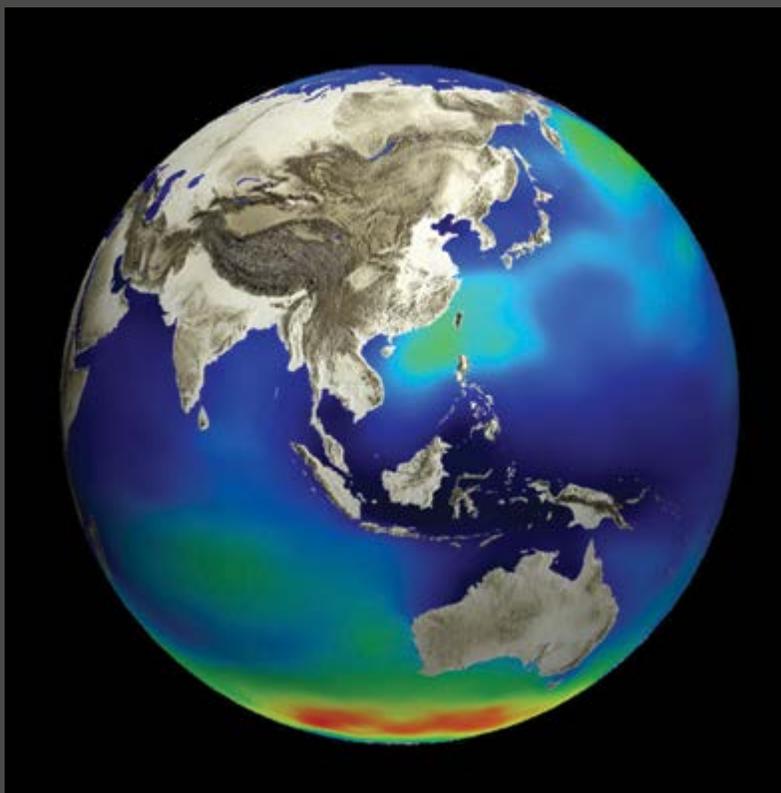
Satélites en combinación con instrumentos in situ toman la temperatura de los océanos a escala regional y mundial. Por sí solos, los 2 m de la capa superior de los océanos almacenan toda la energía equivalente a la contenida en la atmósfera, mientras que el océano completo contiene más de mil veces esta cantidad.

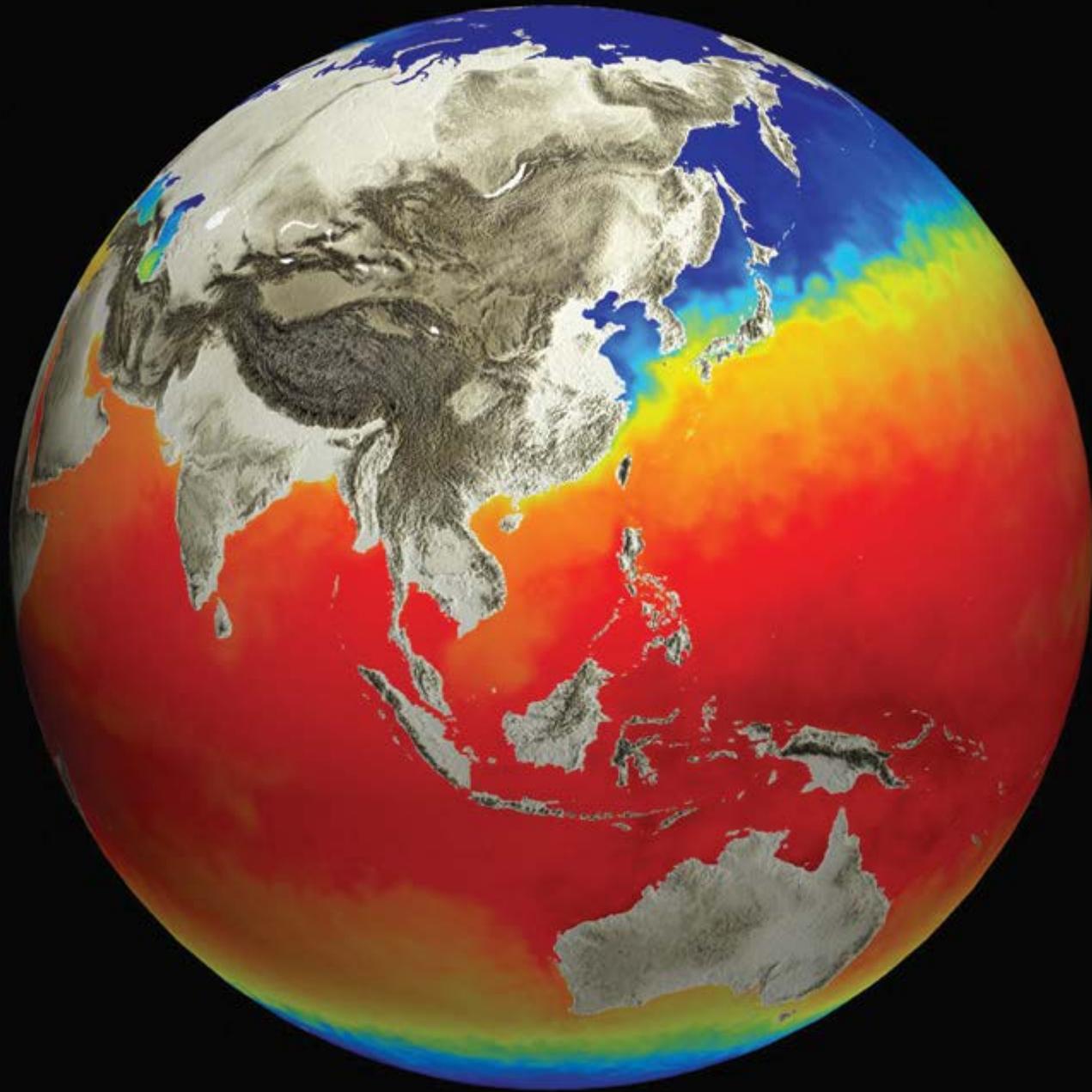
Como termómetros en el cielo, los radiómetros en el espacio usan longitudes de onda infrarrojas para medir la temperatura de la superficie del mar en un kilómetro cuadrado de océano con una precisión de 0,2°C (imagen principal). El radiómetro avanzado ATSR del Envisat fue uno de los ejemplos más recientes, y está previsto que una versión actualizada del mismo vuele a bordo del Sentinel-3. Versiones anteriores volaron en las misiones ERS-1 y el ERS-2 de la ESA, por lo que existe un conjunto de mediciones comparables que van desde 1991 hasta el 2012.

La superficie del mar es una interfaz inestable entre el océano y el aire, transfiriendo humedad y energía entre estos dos ámbitos. Pero sus siempre cambiantes condiciones pueden ser trazadas. Los altímetros de radar en órbita envían miles de impulsos de radar hacia el mar cada segundo, y el tiempo que toma en que estas señales se reflejen permite calcular la altura media de las olas (arriba). Y el dispersómetro de radar del MetOp puede medir la velocidad y dirección del viento sobre los océanos.

El resultado es una mayor comprensión del proceso de transferencia de energía entre el océano y la atmósfera, mejorando los futuros modelos climáticos. También permite una investigación objetiva de la posibilidad de que las alturas máximas de las olas estén de hecho aumentando debido al calentamiento global. La altimetría por radar también se puede utilizar para medir el aumento medio lento pero constante del nivel del mar a nivel mundial (abajo): unos 3 mm por año, aunque con importantes variaciones regionales.

El Servicio marino de Copernicus combina observaciones por satélite con sofisticados modelos numéricos de circulación oceánica para producir una amplia gama de servicios de pronóstico para aplicaciones como determinación de rutas óptimas para buques, gestión de acuicultura y pesca, control de la calidad del agua y de la contaminación y suministro de información a servicios meteorológicos nacionales y europeos.





Hierba del mar

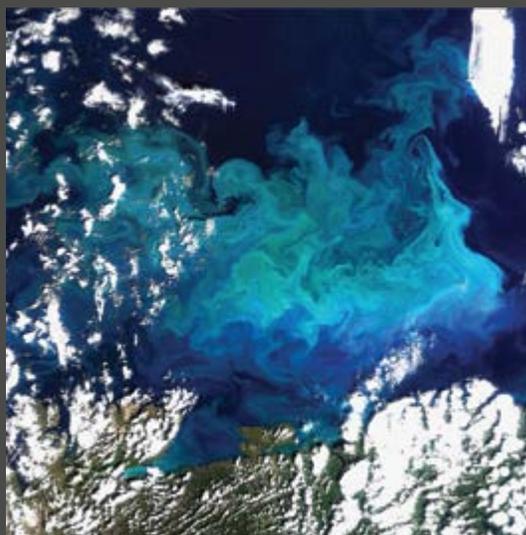
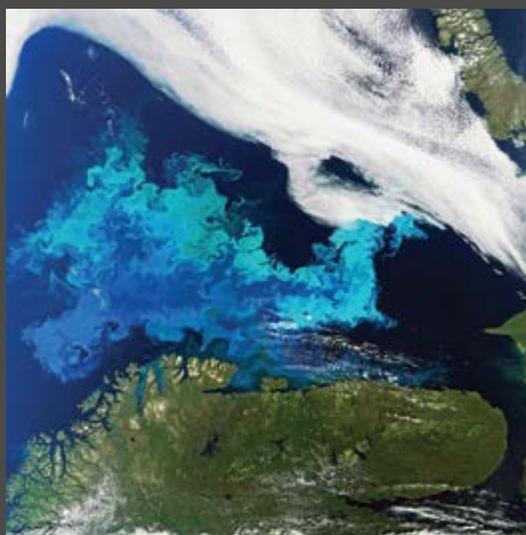
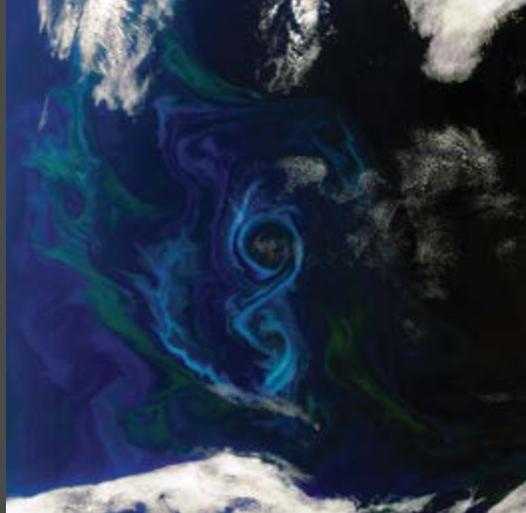
Brotos de fitoplancton de un azul eléctrico florecen al norte del Océano Atlántico junto a la costa de Irlanda en esta imagen del Envisat (página opuesta).

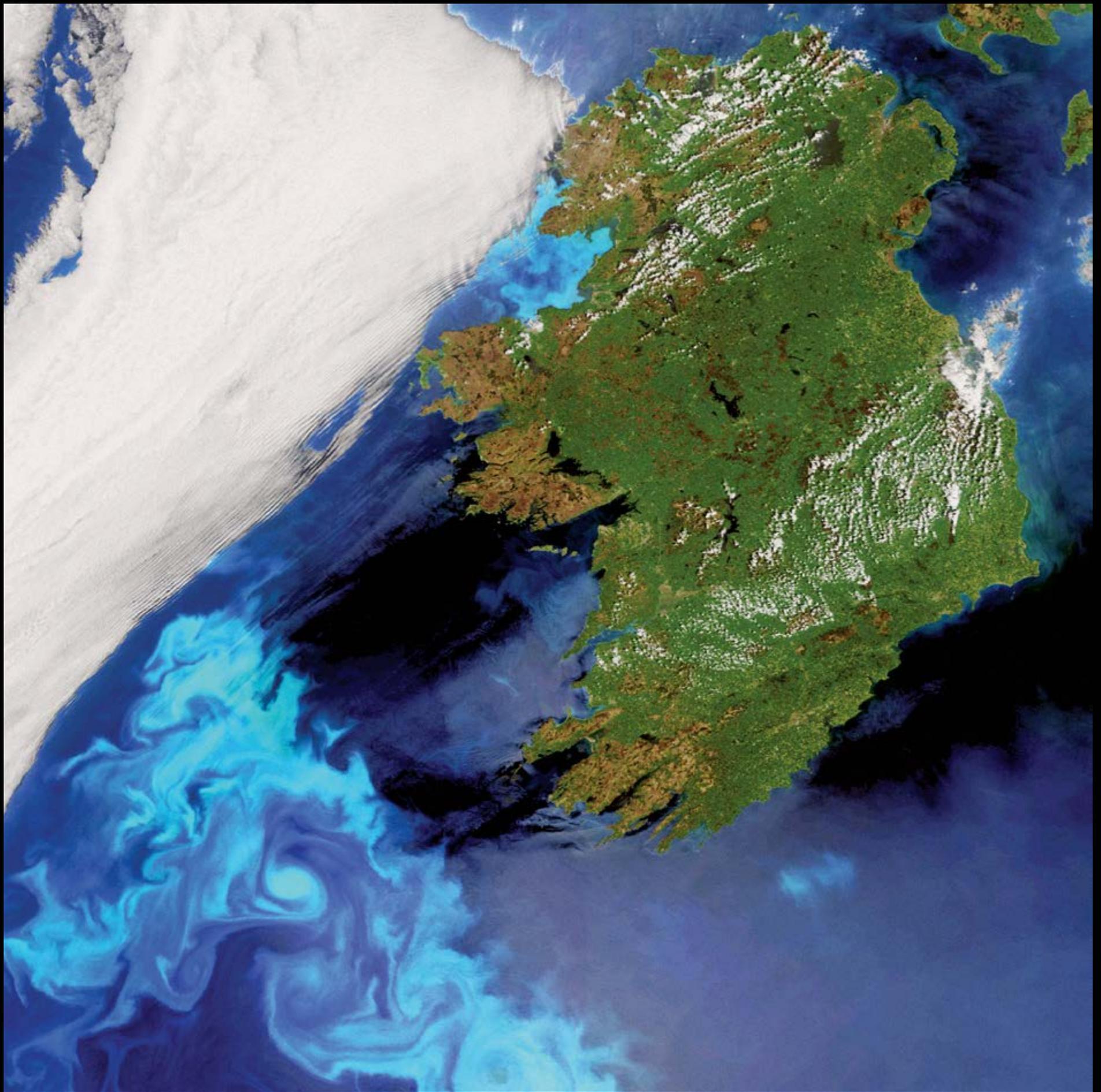
El fitoplancton, conocido como “la hierba del mar”, porque es el alimento básico de todos los demás tipos de vida marina, son plantas marinas microscópicas que van a la deriva en o cerca de la superficie del mar. Convierten compuestos inorgánicos como agua, nitrógeno y carbono en materiales orgánicos complejos. Gracias a su capacidad para “digerir” estos compuestos, se les atribuye la eliminación de dióxido de carbono de la atmósfera del mismo modo que la vegetación lo hace en la tierra.

Aunque individualmente tienen un tamaño microscópico, la clorofila que utilizan colectivamente para la fotosíntesis tiñe las aguas del océano circundante, lo cual proporciona un medio de detectar estos pequeños organismos con sensores “del color del océano” especializados, como el espectrómetro de resolución espectral media (MERIS) del Envisat. Estos brotes son comunes durante los veranos europeos, se trata de una respuesta al calentamiento de las aguas de la superficie y a la luz solar.

Trazar las concentraciones de clorofila en los océanos a escala mundial es importante para modelar con precisión el cambio climático. Por medio de la absorción de la mitad de todo el dióxido de carbono adicional que la humanidad bombea a la atmósfera, el fitoplancton ha frenado el cambio climático, la cuestión es cuánto tiempo puede durar este efecto moderador.

Estas observaciones también activan otros servicios, combinadas con datos sobre la temperatura, el viento y las olas en la superficie del mar: la acuicultura se beneficia de advertencias anticipadas de brotes de algas dañinas o de bancos de medusas.





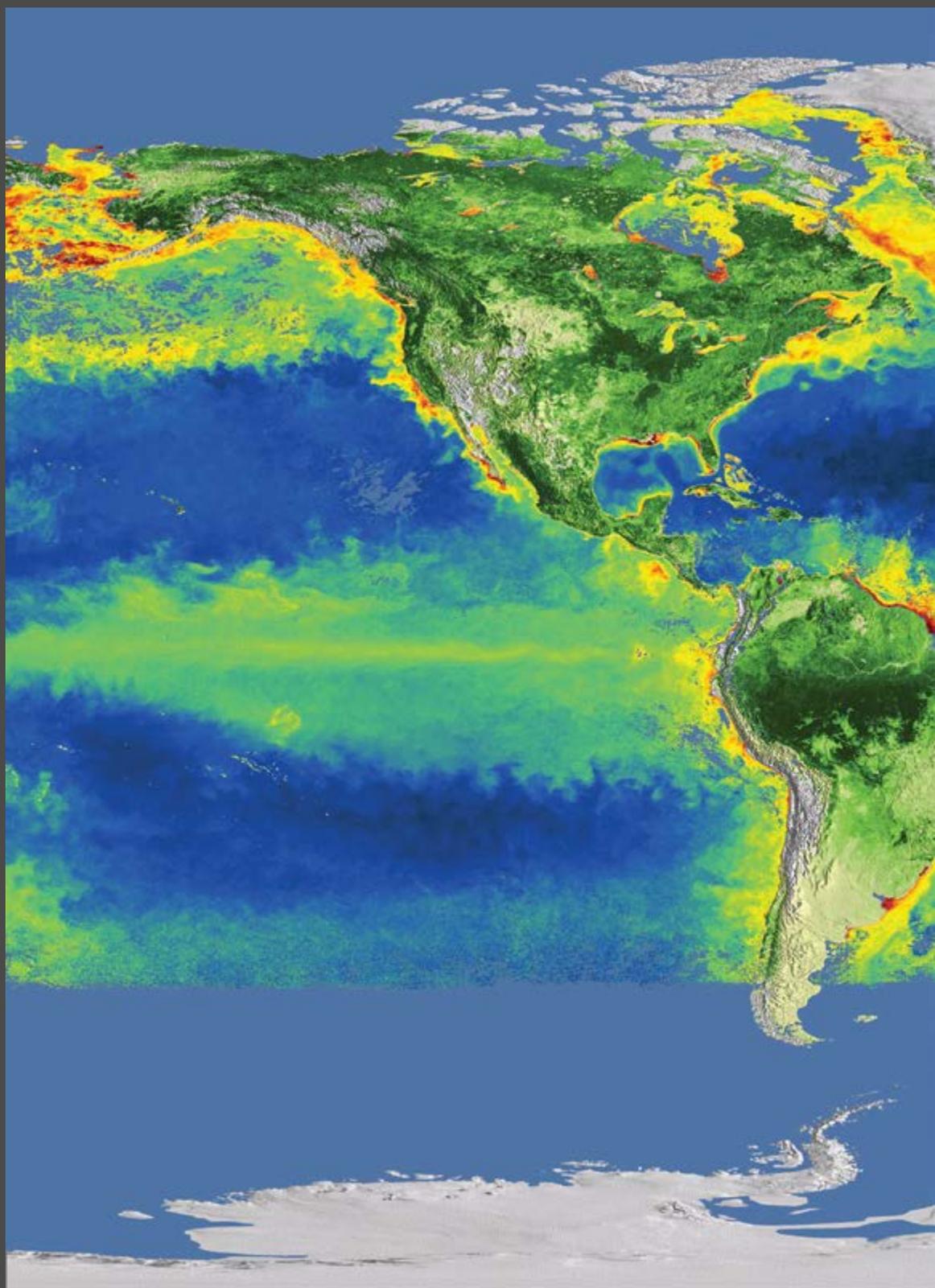
Respiración planetaria

Creada a partir de información de satélite, esta imagen combina áreas de hojas y clorofila sobre la tierra con concentraciones de clorofila marina para mostrar el proceso de fotosíntesis que se produce a escala mundial. A través de la fotosíntesis, la clorofila absorbe energía para transformar el dióxido de carbono y el agua en hidratos de carbono y oxígeno.

La superficie de la tierra es el hogar de la humanidad, así como de la mayor parte de la fauna y la flora mundial. Aunque eclipsada por el mar, todavía cubre una amplia zona: si toda la tierra se juntara sin los océanos, formaría un planeta un poco más grande que Marte. El Servicio de monitorización de la tierra de Copernicus utiliza satélites y datos terrestres para mantener un seguimiento de nuestra patria común.

Como punto de referencia, el proyecto GlobCover de la ESA produjo un mapa global de la cubierta terrestre (abajo a la derecha) con una resolución tres veces superior a los mapas satelitales anteriores, basándose en el Sistema de clasificación de la cubierta terrestre de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Para crear este mapa se utilizaron unos 20 terabytes de imágenes, es decir, una cantidad de datos equivalente al contenido de 20 millones de libros.

El estudio de cómo los ciclos de vida de las plantas están vinculados a las variaciones estacionales del clima se llama "fenología". La ESA ha liderado el desarrollo de un servicio de monitorización de fenología basado en satélite: en el 2010 un usuario del servicio, Woodland Trust del Reino Unido, lo utilizó para poner de relieve un retraso de tres semanas en el "reverdecimiento" de la primavera en las Islas Británicas, causado por el invierno más frío en 31 años.



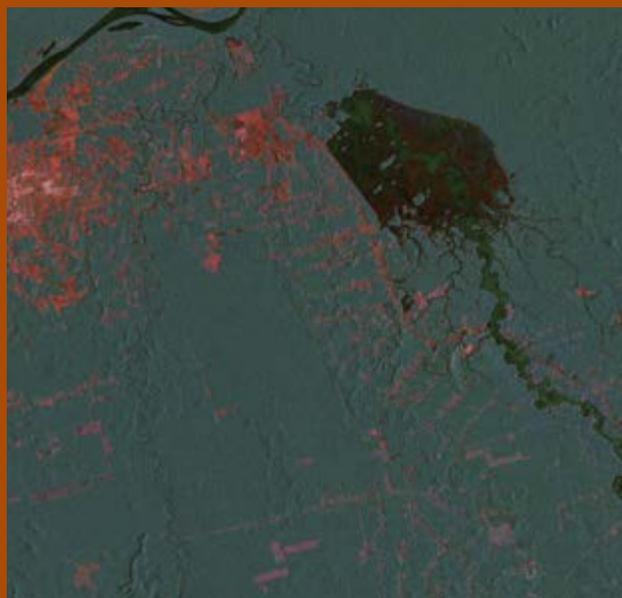
Bosques que desaparecen

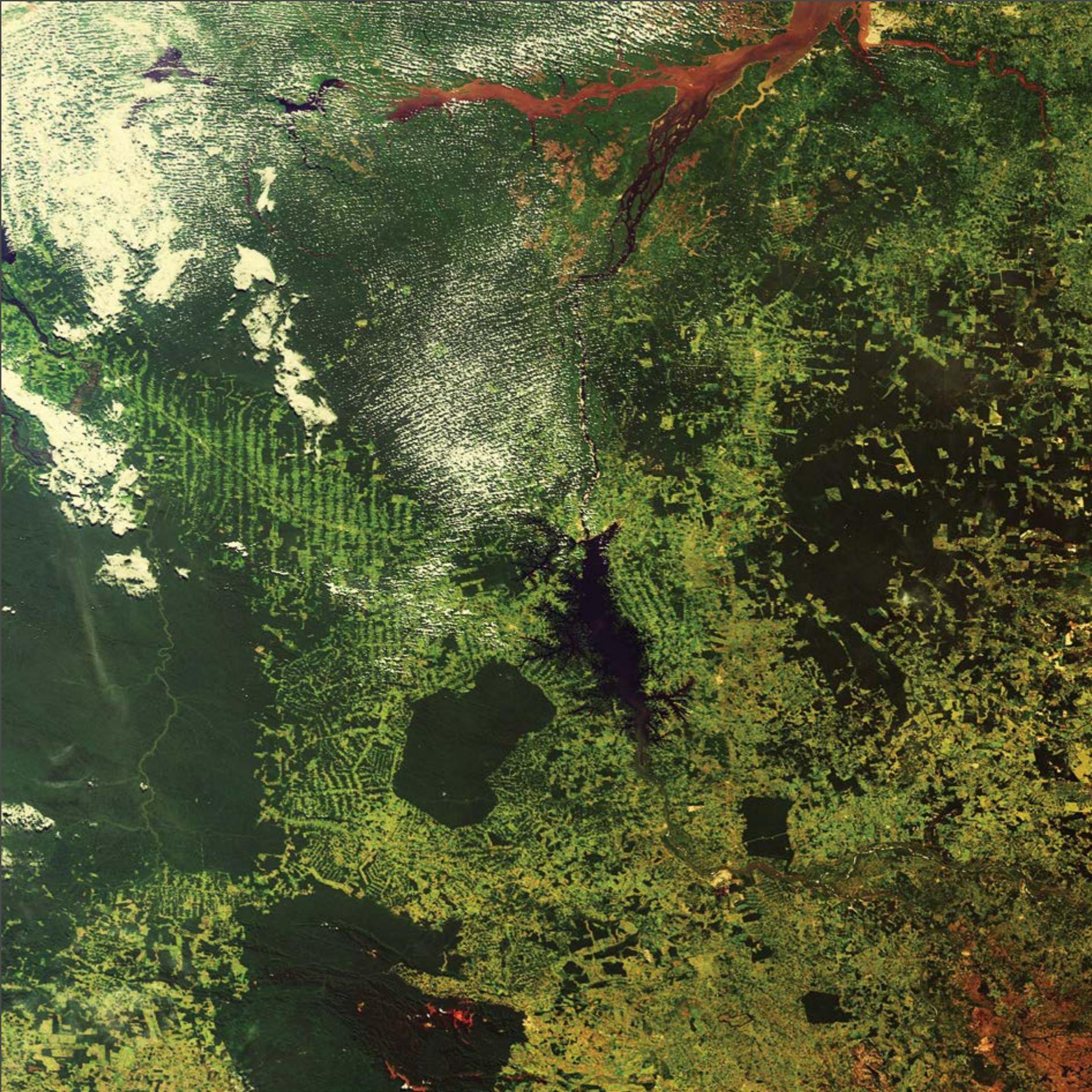
La deforestación observada desde el espacio, como muestra esta imagen de la selva brasileña captada por el MERIS del Envisat, tiene un peculiar aspecto de “raspa de pez”, con líneas despojadas que se extienden desde una carretera principal como ruta de transporte, o en ocasiones un sistema fluvial en su lugar. El resto de la selva es de color verde oscuro, mientras que el verde claro indica áreas agrícolas que anteriormente estaban cubiertas por selva tropical.

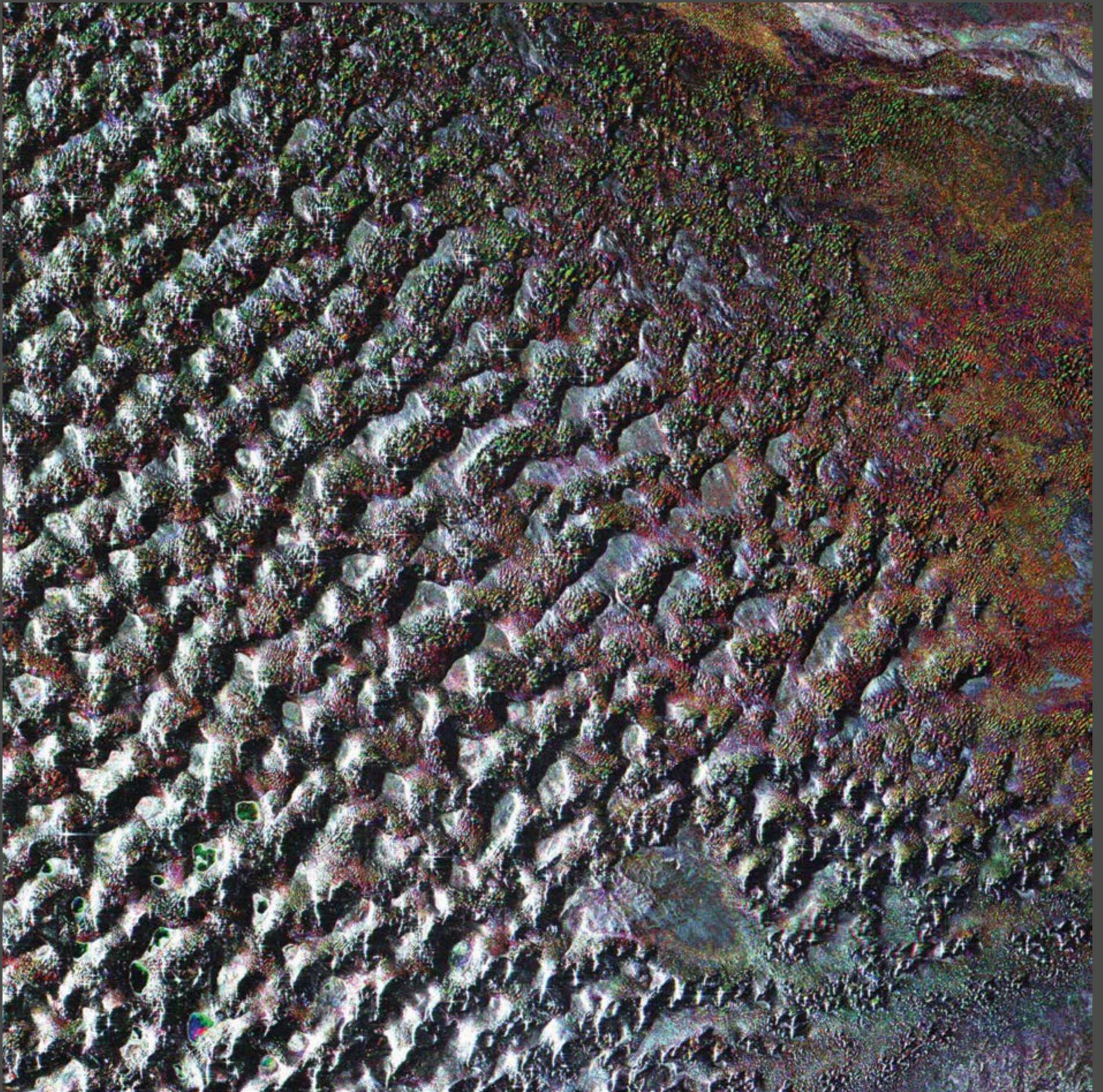
El agua marrón cargada de sedimentos que fluye en la parte superior de esta escena del 2008 es el río Pará, el brazo sur de la desembocadura del Amazonas. La gran zona oscura en el centro es el embalse que fue formado por la presa Tucuruí en el río Tocantins, inundando unos 2430 kilómetros cuadrados de bosques.

La ESA comenzó un servicio de monitorización de los bosques como parte de Copernicus para desarrollar herramientas de información basadas en satélite y destinadas a la gestión forestal. La deforestación tropical es la segunda mayor fuente de gases de efecto invernadero tras la quema de combustibles fósiles. El plan de Reducción de emisiones producidas por deforestación y degradación (REDD) es un acuerdo global de que las naciones más ricas pagarán a las más pobres a fin de que no talen sus selvas tropicales, en reconocimiento de su valor como sumideros de carbono, así como de la amplia gama de otros valiosos servicios ambientales que proveen. Para que el plan funcione, los bosques deben ser estudiados sobre una base global de manera coherente y transparente. Solo los satélites pueden lograr esto de forma práctica y económica. Brasil es de hecho una fuente de inspiración para el REDD, habiendo reducido su tasa de deforestación durante la última década, gracias en parte a su propio uso de los datos de satélite.

Los esfuerzos de la ESA para trazar la deforestación comenzaron con los satélites ERS: la imagen del noroeste de Brasil tomada por radar que aparece en el recuadro muestra las áreas de selva talada en color rojizo, mientras que las áreas inalteradas se muestran en gris (los ríos y las lagunas aparecen en negro).







Corazón duro de Asia

Esta imagen de radar del Envisat muestra la superficie rocosa del desierto de Gobi, que se extiende a través de amplias zonas de la República Popular de Mongolia y de la Región Autónoma de Mongolia Interior. Al contrario de la idea generalizada de que los desiertos son arenosos, el desierto de Gobi está cubierto de roca al descubierto.

Numerosos pequeños lagos que se mantienen con agua gracias al influjo de aguas subterráneas son visibles en la imagen. Según datos arqueológicos, los lagos han existido durante mucho tiempo y los habitantes de la Edad de Piedra vivían a lo largo de sus orillas.

Una ventaja de las imágenes de radar es que se pueden combinar varias capturas del mismo sitio para destacar los cambios en el tiempo, como en la imagen "multitemporal" que aparece abajo de la isla de Qeshm en el estrecho de Ormuz en Irán. A pesar de estar situada junto a una de las rutas de navegación más concurridas del mundo, la isla de Qeshm alberga la Reserva de la biosfera Hara, el tramo más grande de bosques de manglares en el Golfo Pérsico. Se puede observar claramente cómo esta red de bosques y llanuras intermareales, situada entre la Isla de Qeshm y el continente, cambia con las estaciones. Los colores destacan los cambios en la superficie entre las tomas de imágenes.



No hay humo sin fuego

El humo de incendios forestales cubre Moscú, como muestra la cámara MERIS del Envisat. En el 2010 el centro de Rusia y la región de Moscú sufrieron el julio más cálido de la historia. Temperaturas récord por encima de 35°C crearon las condiciones para la aparición de incendios: se reportaron más de 500.

En esta imagen de la zona este de Moscú se pueden observar varias de las grandes columnas de humo procedentes de la combustión de campos de turba e incendios forestales. La ciudad se encuentra en la esquina inferior izquierda. Las columnas de humo se extendieron a varios cientos de kilómetros, aumentando los niveles de contaminación atmosférica urbana y cerrando aeropuertos regionales por falta de visibilidad.

Los grandes incendios son visibles desde el espacio: los satélites no solo detectan el humo de grandes conflagraciones sino también las huellas ennegrecidas que dejan a su paso e incluso el fuego en sí, que aparece como puntos de calor en longitudes de onda infrarrojas. Los bomberos y las organizaciones de protección civil están utilizando cada vez más las imágenes de satélite para combatir estos infiernos.

Los satélites también son capaces de registrar las llamaradas de gas en zonas productoras de petróleo en todo el mundo, lo que permite realizar estimaciones de su efecto sobre las emisiones de carbono. La ESA ha llevado a cabo un proyecto experimental para demostrar las técnicas de vigilancia.



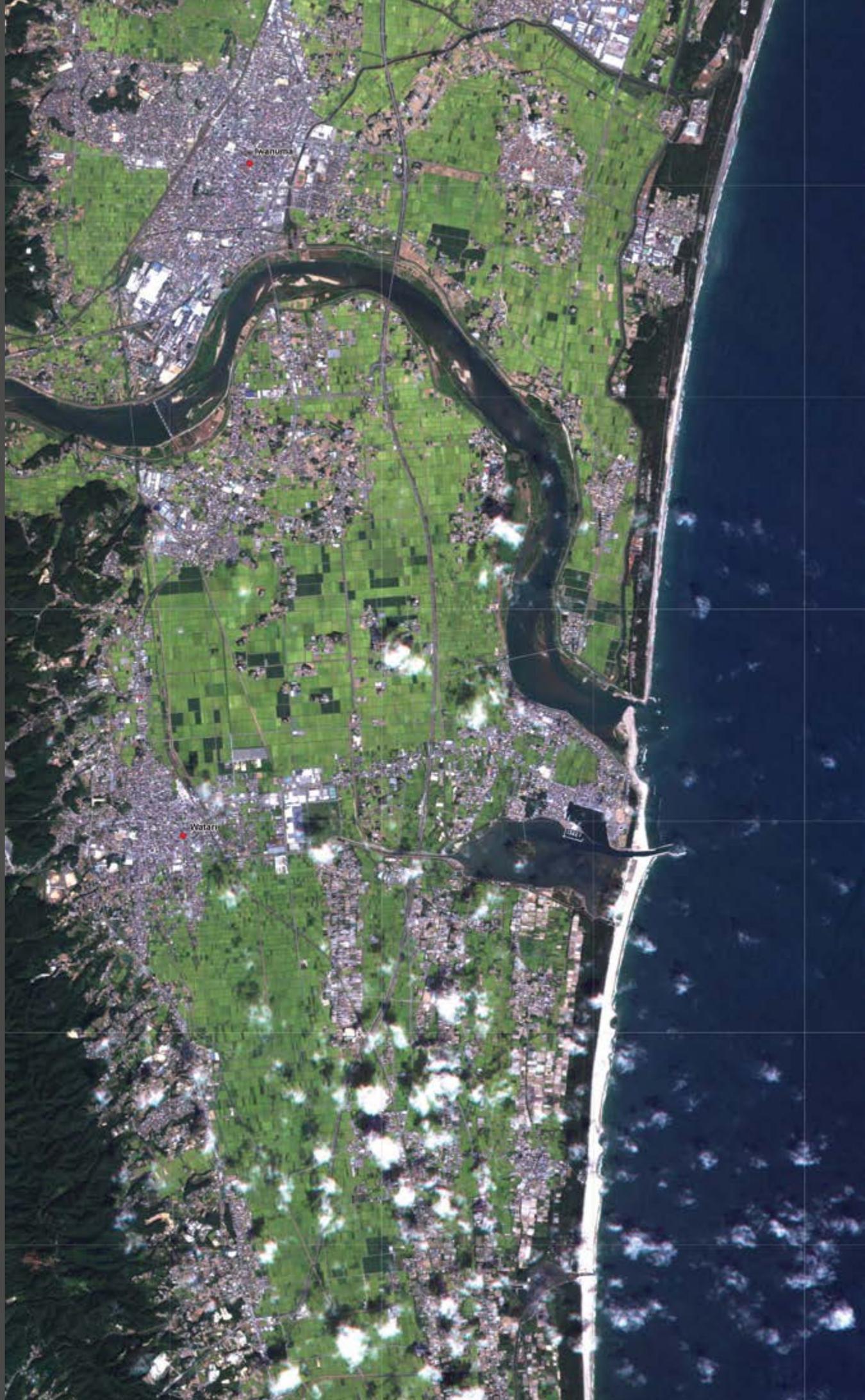


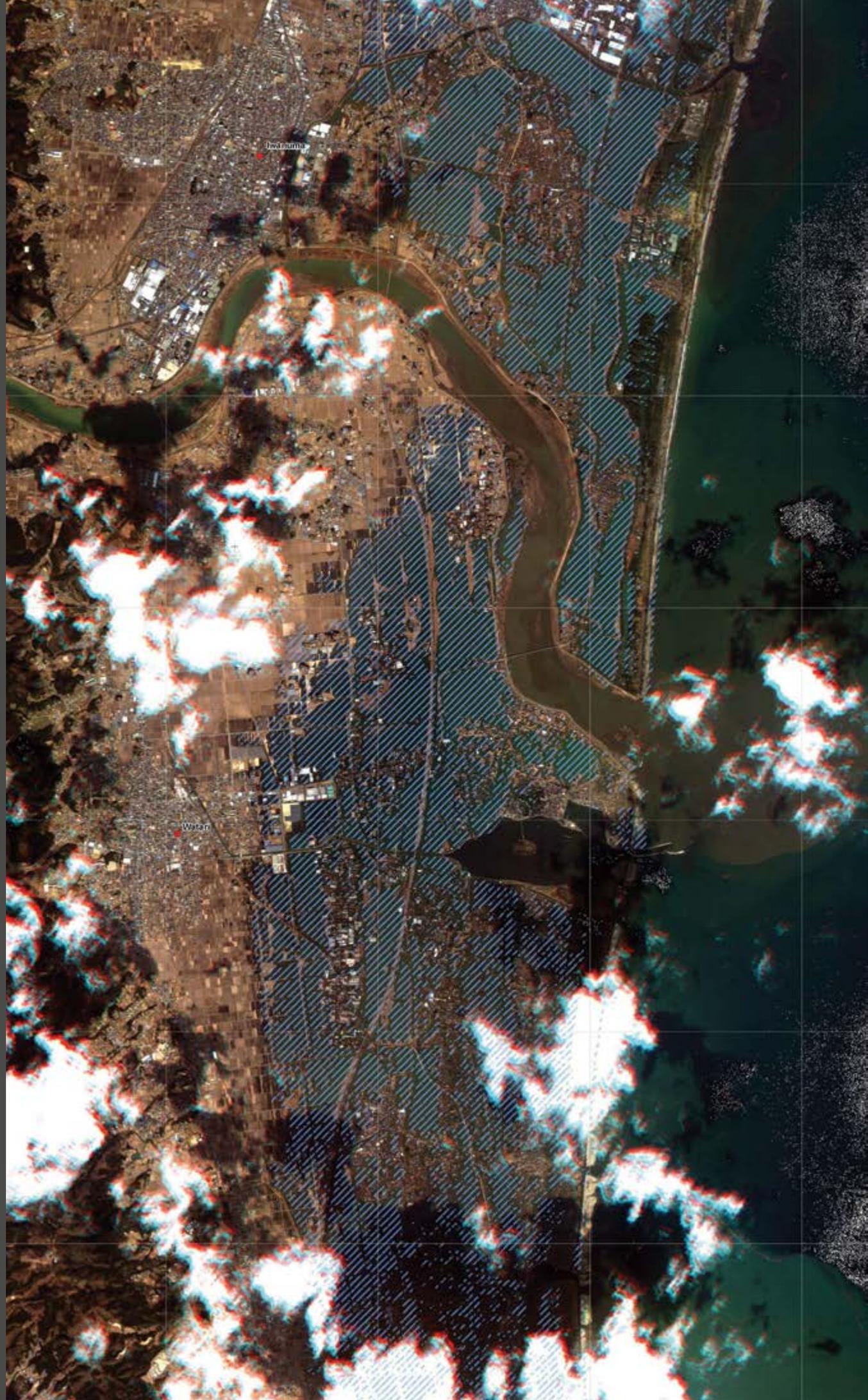
Golpe de tsunami

Este mapa por satélite del antes y después de los daños, preparado para los equipos de emergencia, muestra el impacto devastador del tsunami del 2011 en la costa noreste de Japón. Se hizo de acuerdo con la Carta Internacional sobre el Espacio y las Grandes Catástrofes, cuyas agencias espaciales miembros priorizan la adquisición de imágenes en las zonas de catástrofe para ayudar a coordinar y orientar los esfuerzos de respuesta. La ESA es un miembro fundador y colaborador clave de la Carta.

Ahora en su segunda década, la Carta nació debido a una catástrofe. Cuando el huracán Mitch se cobró miles de vidas al arrasar a través de América Central en octubre de 1998, la ESA y la agencia espacial francesa CNES se apresuraron para poner a disposición de los equipos de emergencia mapas precisos de los daños.

La experiencia inspiró a las dos agencias a formalizar su cooperación futura. La Carta resultante entró en vigor en octubre del 2000, cuando la Agencia Espacial del Canadá se unió a la ESA y al CNES. La primera activación se produjo al mes siguiente, en respuesta a corrimientos de tierra en Eslovenia. Hoy en día, la Carta se ha activado más de 300 veces, y cuenta con 14 organismos miembro en todo el mundo. Se producen activaciones casi cada dos semanas.

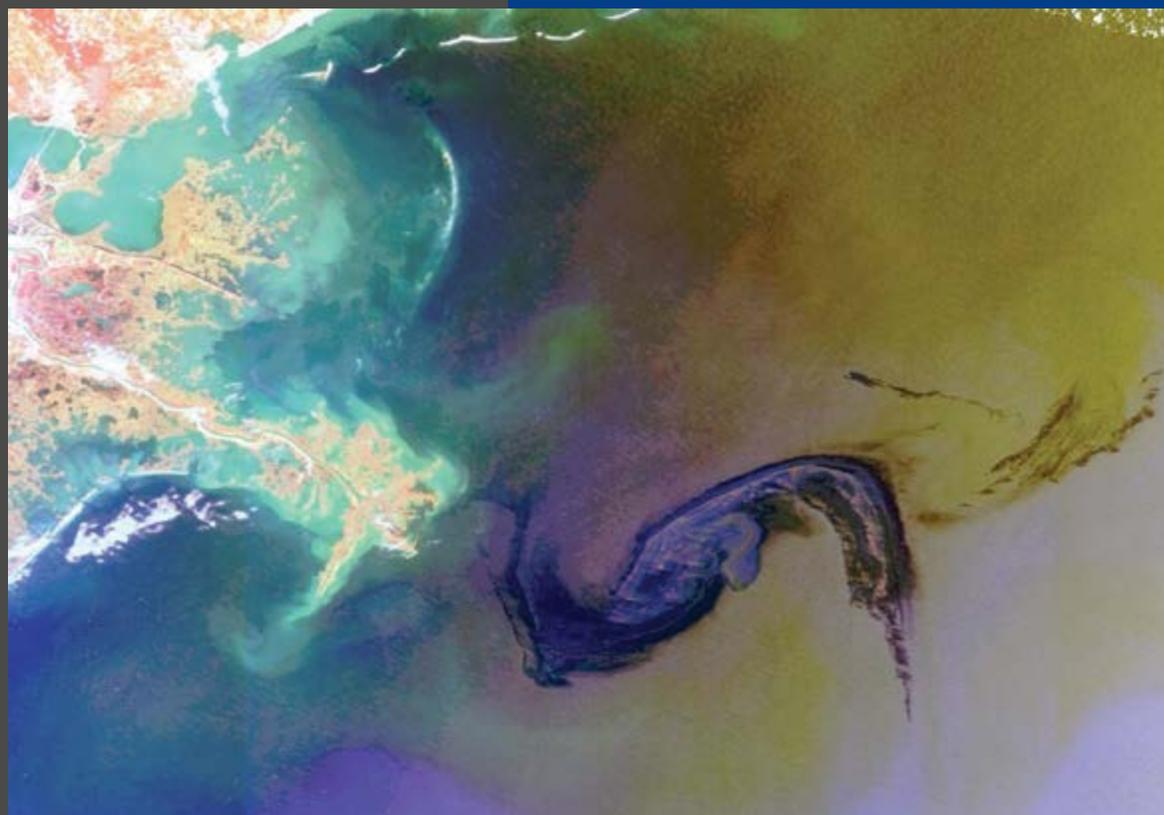




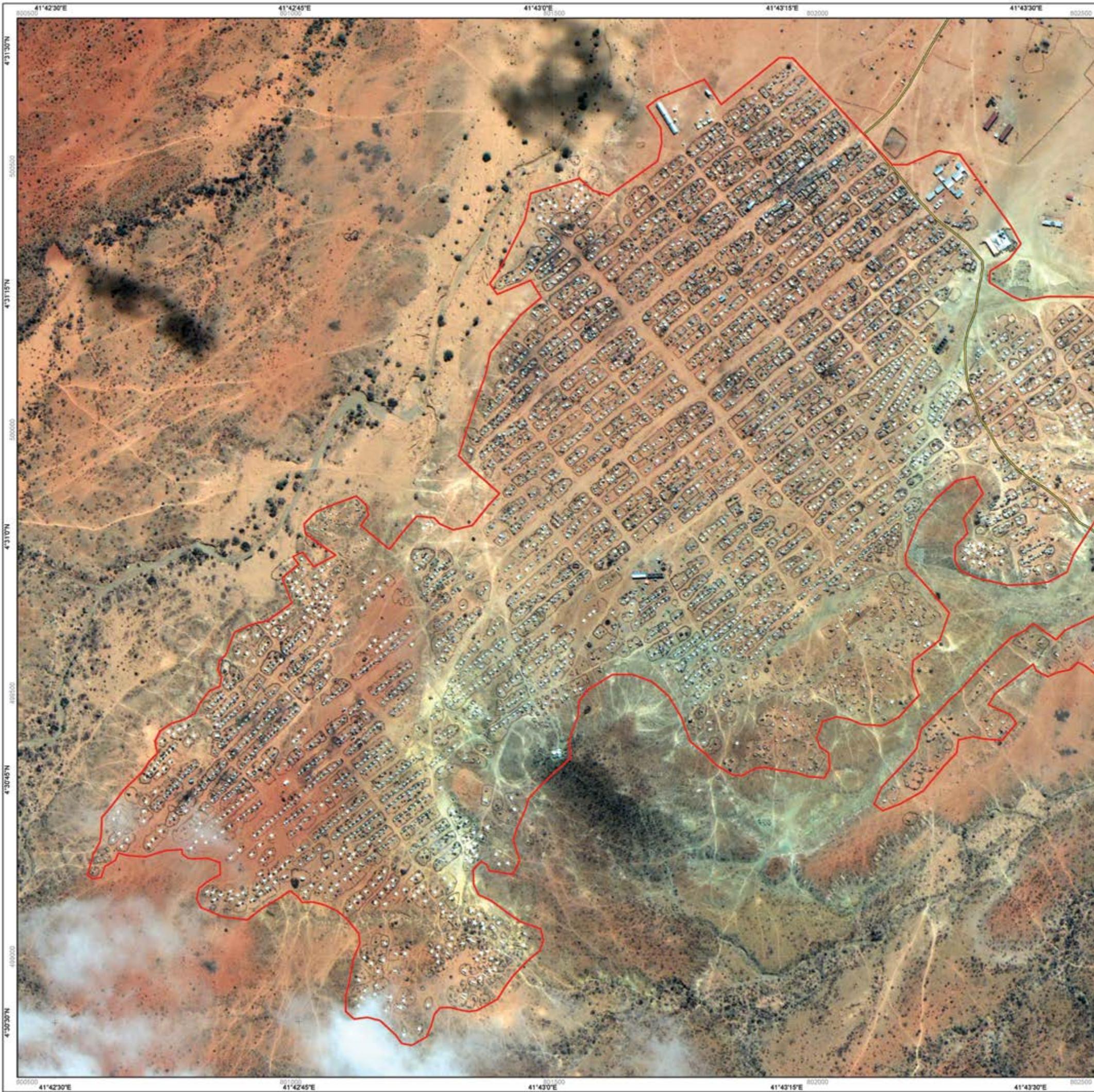
Aguas sucias

El derrame de petróleo en el Golfo de México en vista doble desde el Envisat: en luz visible (abajo) y en longitudes de onda de radar (derecha). El petróleo que se encuentra en el agua tiende a reducir las olas y por eso parece más oscuro que las aguas que lo rodean, se ve como un remolino de color gris oscuro en la parte central de la imagen de radar.

La plataforma petrolera Deepwater Horizon explotó en el Golfo de México el 22 de abril de 2010, matando a 11 hombres y enviando toneladas de petróleo hacia las costas de Luisiana y Misisipí. La Carta Internacional sobre el Espacio y las Grandes Catástrofes fue activada por cuenta de la Guardia Costera de EE.UU. y una amplia gama de satélites de observación de la Tierra, incluyendo el Envisat de la ESA, reunieron imágenes de la marea negra aproximándose a la orilla. Las imágenes del Envisat fueron utilizadas por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los EE.UU. para realizar el seguimiento del avance del petróleo a medida que entraba en la corriente de bucle del Golfo de México y predecir el momento en que probablemente llegaría a tocar tierra.







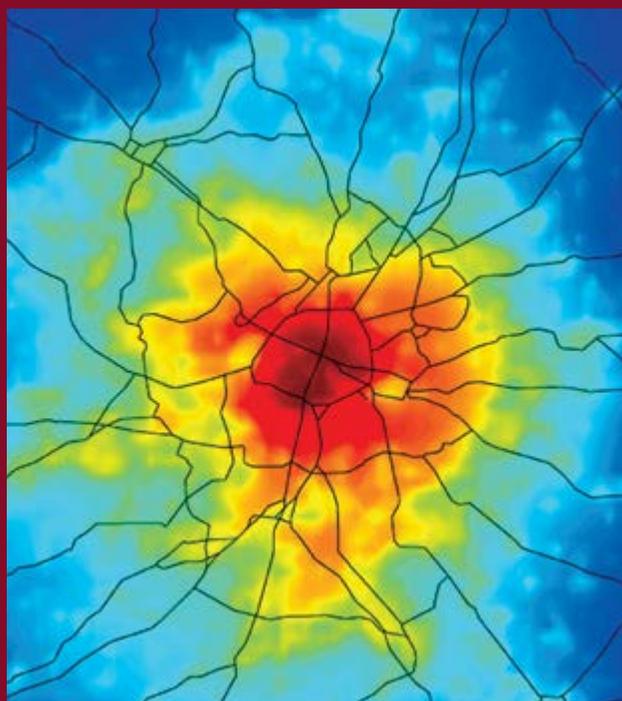
Planeta urbano

París, una de las zonas urbanas más grandes de Europa, con más de 10 millones de personas, parece brillar en esta imagen del Envisat. El gran número de estructuras y superficies geométricas construidas reflejan las señales de radar de vuelta al espacio.

Concentraciones de personas, bienes y riqueza, nuestras ciudades se están expandiendo como nunca antes. De hecho, la mitad de la población mundial vive actualmente en zonas urbanas, es decir, casi un 70% de los europeos habita en ciudades. La población urbana del mundo está creciendo cuatro veces más rápido que su población rural, por lo que se prevé que las ciudades serán el hogar de dos tercios de la población mundial para el 2020. Nueve décimas partes de este crecimiento se está produciendo en regiones en desarrollo, y África muestra el ritmo más rápido de expansión urbana, superando un 5% al año.

Es necesario vigilar este crecimiento para asegurarse de que se lleve a cabo de forma sostenible, no dañe los recursos ambientales y no reduzca la calidad de vida y la seguridad de los habitantes de las ciudades. La simple magnitud de las ciudades puede hacer que esto sea difícil de lograr, al menos desde aquí abajo en la Tierra. Los satélites ofrecen una dimensión adicional de información que complementa los datos in situ para disponer de una gestión urbana acreditada y con capacidad de respuesta.

Como se observa abajo, las aglomeraciones urbanas densas también pueden tener efectos sobre el clima. Este mapa de temperatura muestra el centro de París, como una "isla de calor urbana", varios grados más caliente que su entorno.



La ciudad que se hunde

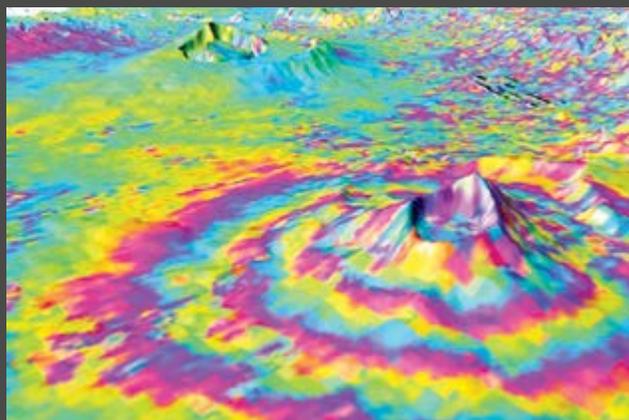
Venecia, como se ve en esta imagen del satélite Ikonos, se está hundiendo poco a poco bajo el agua. La ESA da apoyo al satélite Ikonos de EE.UU. como "Misión de terceros", lo que significa que la Agencia usa la infraestructura de tierra y la experiencia de Europa en varias misiones para adquirir, procesar y distribuir datos del satélite a su amplia comunidad de científicos. En la imagen principal se encuentra insertado un trazado realizado con radar satelital de la Plaza San Marcos, el cual revela el desplazamiento de la superficie debido a la extracción de agua del suelo. Esta información ayuda a los planificadores a concentrar medidas estructurales de protección en los lugares donde más se necesitan. La observación desde el espacio revela un descenso medio de 2 mm por año, junto con un aumento de 2 mm de la laguna de Venecia. Un nuevo conjunto de barreras contra inundaciones que estará terminado en el 2014 debería ayudar a estabilizar la situación.

Las imágenes de satélite pueden definir ambientes urbanos un grado de precisión no disponible desde tierra. Combinando diferentes imágenes de radar en la misma ubicación, los instrumentos de satélite pueden detectar movimientos del suelo que ocurren tan lentamente como el crecimiento de las uñas. El resultado es como un juego de encontrar la diferencia: cualquier cambio que haya tenido lugar entre las imágenes da lugar reveladores patrones de interferencia, es por ello que estas imágenes se llaman "interferogramas de radar de apertura sintética", o InSAR.

La principal limitación es la necesidad de que las numerosas y pequeñas superficies reflectantes que forman el paisaje, o "dispersantes permanentes", permanezcan en su lugar entre secuencias. El crecimiento de la vegetación, el viento esparciendo hojas o incluso la lluvia cayendo sobre el suelo son suficiente para evitar que esto ocurra.

Aun así, los InSAR suelen utilizarse para trazar el hundimiento urbano y costero (el objeto de los servicios especiales de Copernicus), realizar el seguimiento de la lenta "respiración" sísmica de los volcanes (abajo) y trazar movimientos tectónicos.

También se está investigando el uso de InSAR para rastrear el agotamiento de las reservas de petróleo y depósitos de gas en el subsuelo mediante la identificación de ligeros movimientos de la superficie y, en la misma línea, con el fin de mejorar la monitorización de la captura y el almacenamiento de carbono en depósitos geológicos ya vacíos.





Hundimiento del suelo en milímetros por año

-5 0 +5



La nueva generación

Esbelto y aerodinámico, el Explorador de la Circulación Oceánica y de Gravedad (GOCE) de la ESA, que se observa aquí durante pruebas en el centro técnico ESTEC de la ESA, fue el primero de una nueva generación de satélites de observación de la Tierra, los Earth Explorers, lanzado en el 2009.

Mientras que los satélites Sentinel de la Agencia apoyarán a servicios ambientales operativos, los Earth Explorers son misiones de investigación, cada uno de ellos destinado a mejorar la comprensión científica de determinados elementos del sistema de la Tierra. Siendo el cambio climático el mayor reto al que se enfrenta la humanidad este siglo, los Earth Explorers harán una contribución importante al esfuerzo global por comprender nuestro planeta.

La forma sigue a la función, y el GOCE fue diseñado para maximizar su sensibilidad a la gravedad de la Tierra, orbitando a tan solo 255 km, mucho más cerca que cualquier otro satélite.

Fue una misión de observación de la Tierra que no observó, sino que registró el cambiante tirón de la gravedad sobre su "gradiómetro" avanzado, con una precisión hasta una escala de uno entre un billón. Sus aletas contribuyeron a superar las turbulencias de aire residual, junto con una propulsión iónica que compensaba cualquier vibración para que la órbita del GOCE solo estuviera influida por la gravedad. La misión concluyó con éxito el 2013, pero sus mediciones se seguirán explotando durante años.





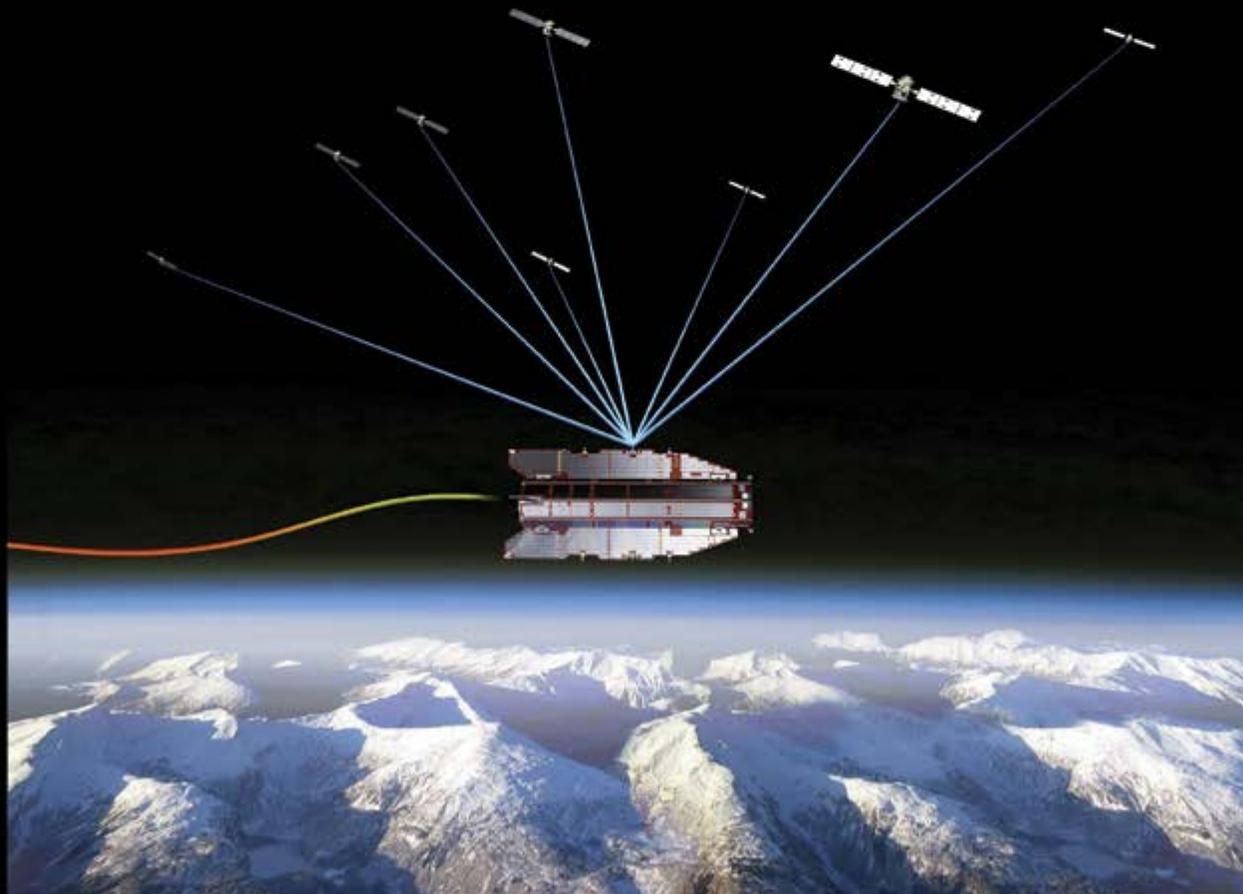
Mapa global de la gravedad

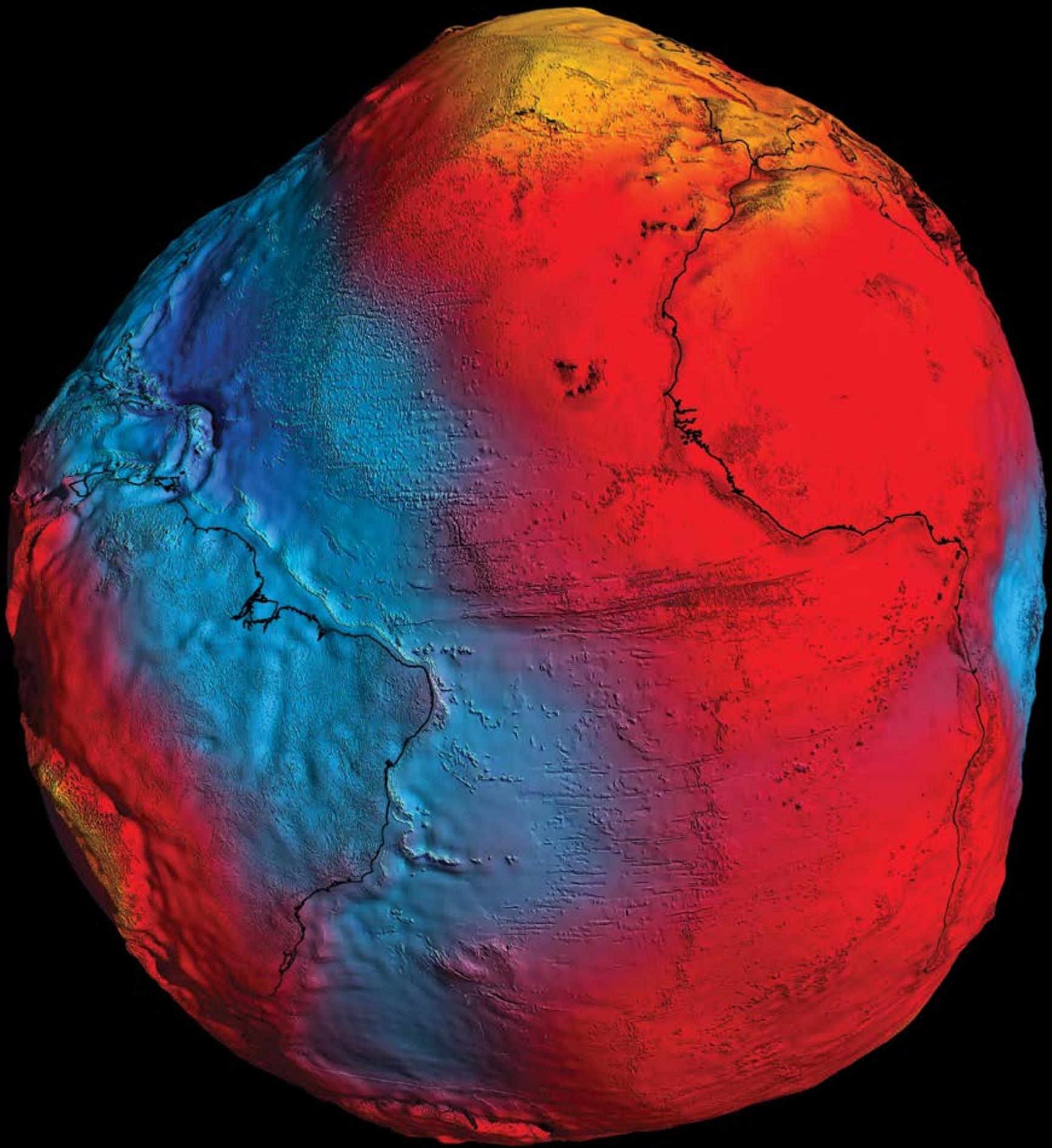
Imagine que está a la orilla del mar y que al chasquear sus dedos el mar se vuelve perfectamente calmado por arte de magia. Frente a usted se encontraría un gran cuerpo de agua sin corrientes ni incluso ondas, que ya no estaría sujeto al viento o a las mareas o a la fuerza de rotación de la Tierra, influido ahora solo por el efecto de la gravedad.

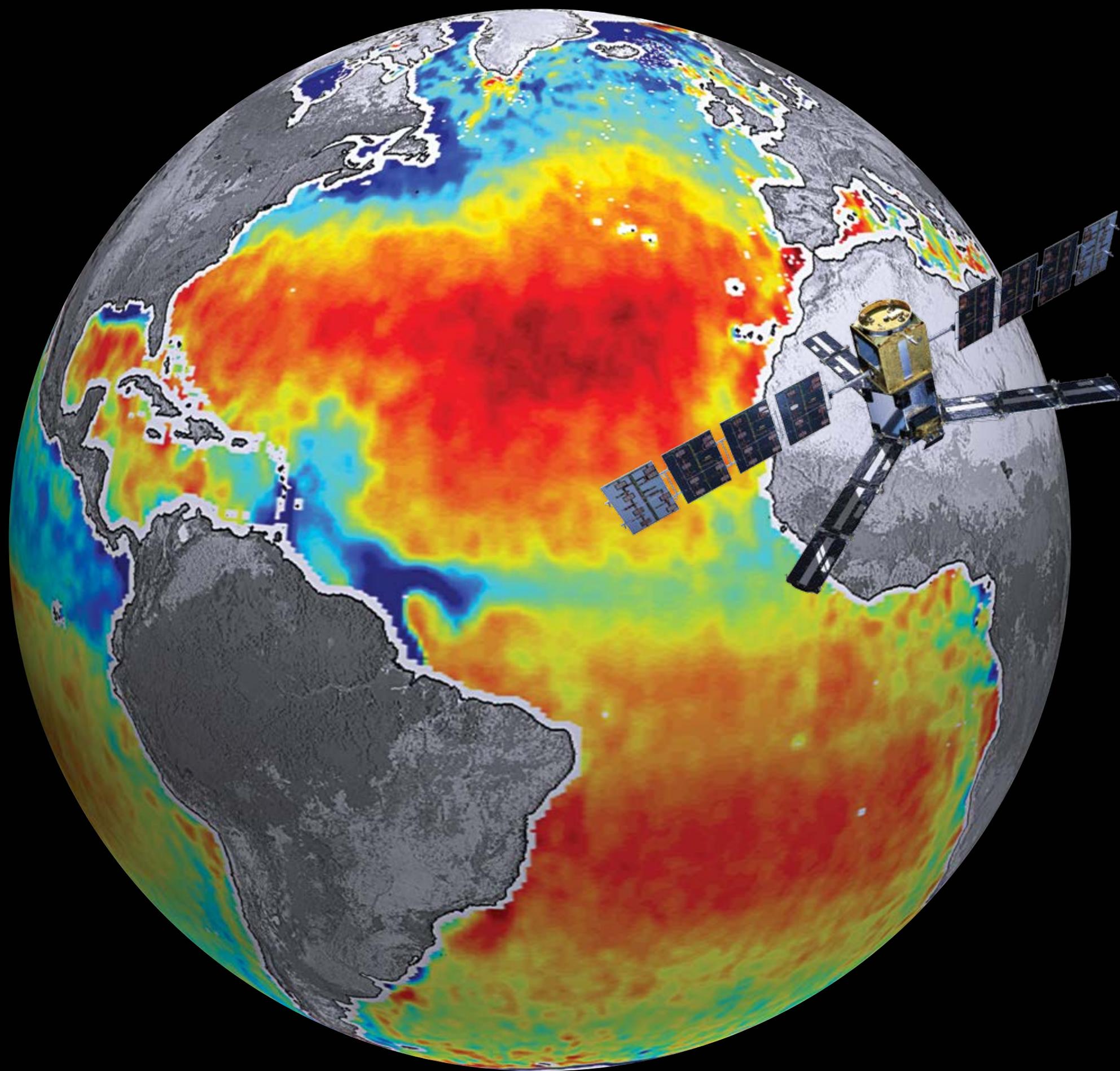
Identificar los detalles de dicha situación teórica fue el objetivo principal del GOCE. En marzo del 2011, el GOCE, con su órbita precisa respecto a la Tierra evaluada mediante navegación por satélite (imagen inferior), produjo este mapa "geoide" global. Representa una superficie del mundo equivalente a la forma que los océanos mundiales seguirían si no se vieran afectados por vientos, corrientes u otras fuerzas perturbadoras.

El geoide tiene una precisión de unos 200 m por todo el mundo, y el GOCE lo llevo aquí hasta unos 4 cm, con una resolución espacial de 100 km, mucho mejor de lo que nunca antes se había logrado. Cada nueva órbita acumuló una imagen ligeramente más precisa a medida que la misión continuaba durante el 2013.

Un geoide preciso ofrece una ventana a la estructura interna de la Tierra, permite trazar las corrientes del fondo de los océanos con más precisión que antes, ayuda a realizar prospecciones en busca de depósitos de petróleo, minerales y agua subterránea, y permite estandarizar sistemas de medición en todo el planeta.







La piel salada y acuosa de la Tierra

La misión Humedad del Suelo y Salinidad de los Océanos (SMOS) de la ESA, lanzado el 2009 como el segundo Earth Explorer, es un radiotelescopio en órbita. Su antena en forma de Y destaca por tener la misma configuración característica de receptores como el famoso Very Large Array de los observatorios de radioastronomía en Nuevo México, EE.UU. (abajo).

En lugar de mirar al universo, el SMOS está trazando señales de radio extremadamente tenues emitidas por la piel acuosa de nuestro satélite, registrando la humedad del suelo en tierra y los niveles de salinidad en los océanos.

El valor de esta información fue aprovechado en primer lugar en el sector de la agricultura y la gestión del agua (para estimar la disponibilidad de alimentos y realizar el seguimiento de procesos de desertización), y más recientemente en términos más amplios del ciclo del agua para mejorar la previsión meteorológica y la climatología. La humedad del suelo influye en el clima regional, mientras que la salinidad de los mares es un impulsor importante de las corrientes oceánicas.

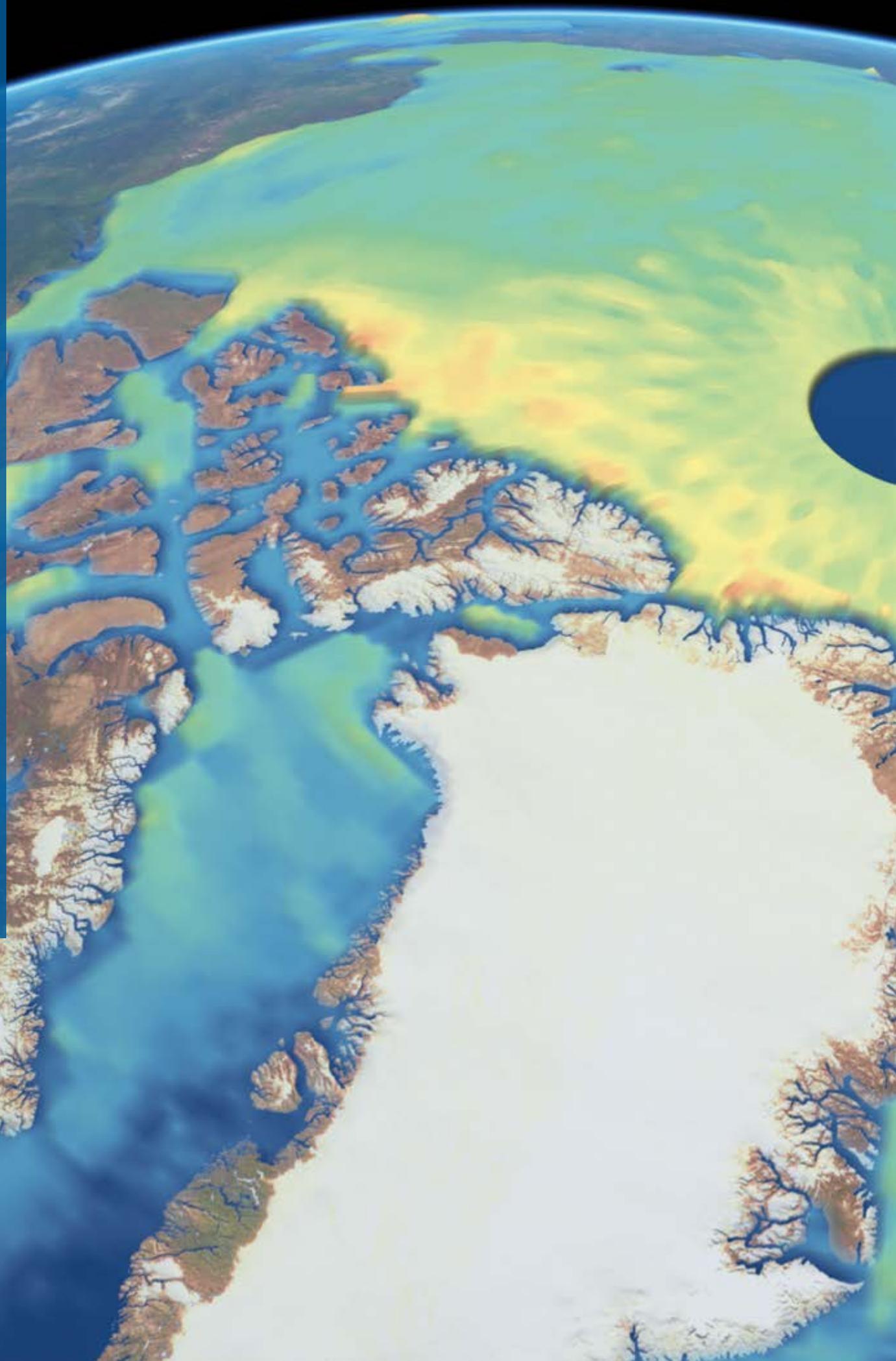
Fueron necesarias dos décadas de desarrollo tecnológico para que la misión SMOS fuera posible, pero ha superado las expectativas, demostrando una sensibilidad inesperada al hielo marítimo y el suelo congelado, y mejorando la precisión de los pronósticos de la fuerza de los huracanes.



Nueva dimensión en la observación polar

Se está incorporando una nueva dimensión a los últimos mapas por satélite de las regiones polares de la Tierra realizados gracias al CryoSat-2 de la ESA. Otros satélites pueden medir la cobertura de hielo y la rapidez con que parece que se está retirando a medida que el mundo sigue calentándose, pero ninguno puede medir el espesor del hielo. Sin embargo, el CryoSat, lanzado en el 2010 como una misión Earth Explorer, incorpora un altímetro de radar avanzado para medir la elevación de los márgenes de hielo terrestre y hielo marítimo flotante y determinar la forma en que cambian con el tiempo. Estas dos regiones son importantes debido a que es donde los cambios se están produciendo más rápidamente, y ambas eran más o menos invisibles para las generaciones anteriores de satélites.

Este mapa del Ártico creado por el Centro de Observación y Modelización Polar en el Reino Unido utiliza los resultados del CryoSat para medir el espesor del hielo marino durante la primavera en la cima del mundo. La imagen es simplemente una muestra de lo que vendrá después, se tardarán años en procesar los datos para determinar las tendencias, y los resultados se tendrán que comparar con campañas de verificación in situ en las regiones polares para confirmar que las observaciones del CryoSat concuerdan con la realidad observada.



Marzo de 2011

Espesor del hielo marino en el Ártico

5,0 m

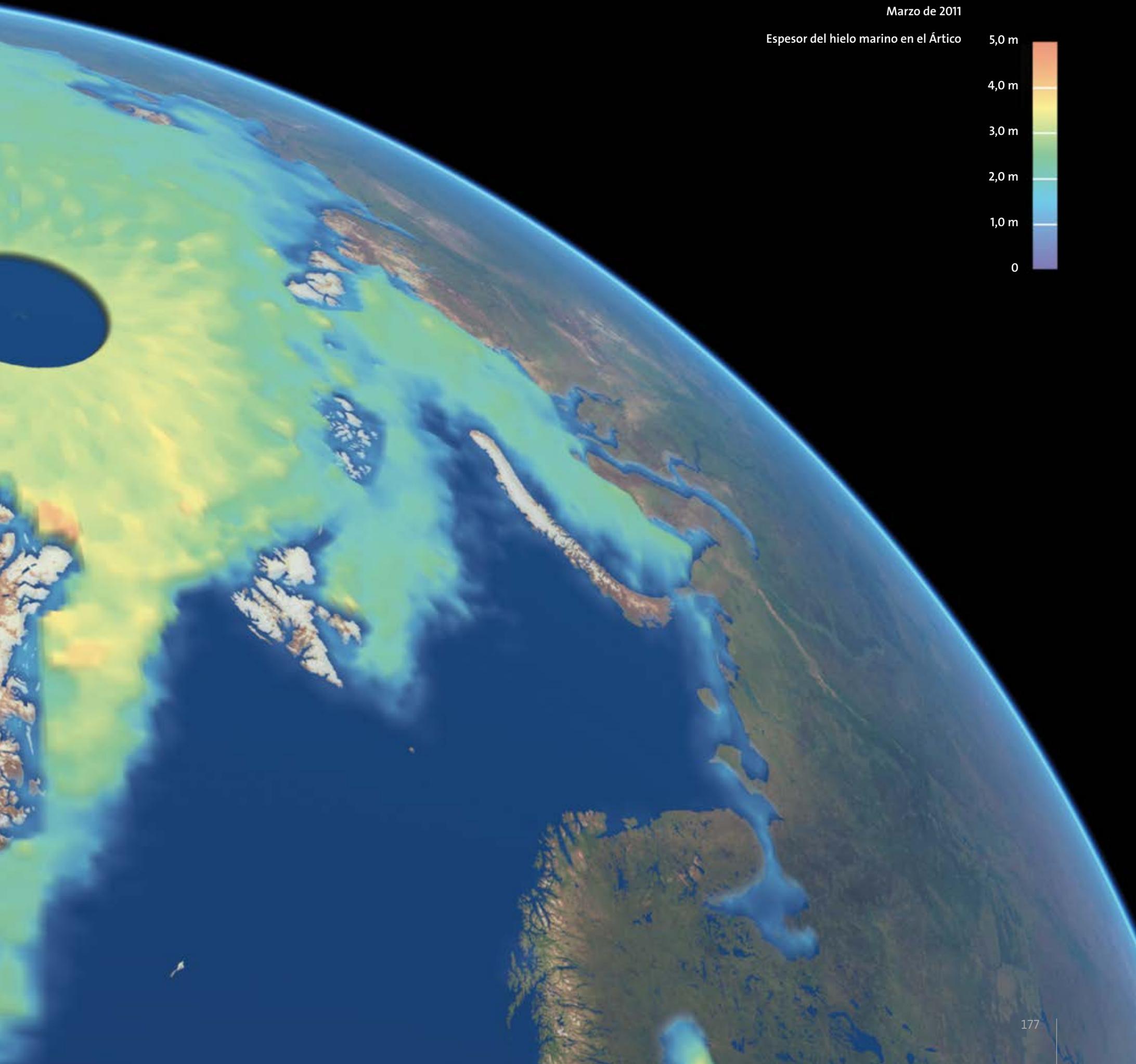
4,0 m

3,0 m

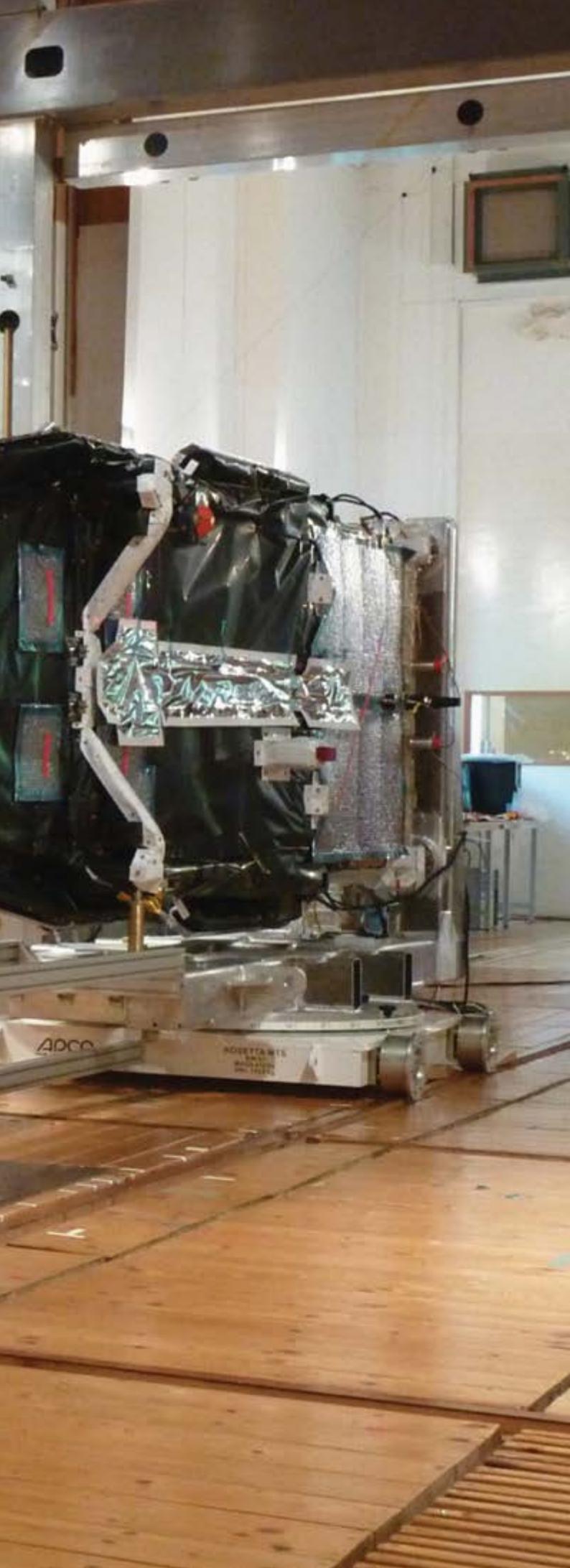
2,0 m

1,0 m

0







Misión magnética

Nuestro planeta está cubierto de modo invisible por otro: un campo magnético del tamaño del mundo. Las misiones Earth Explorer, únicas en su clase, continúan con Swarm, un trío de satélites que realizan el trazado de mayor nitidez hasta la fecha de la "magnetosfera" y de su continua variación en el tiempo.

Vistos aquí durante las pruebas en entorno no magnético de las instalaciones de IABG en Berlín, cada satélite Swarm vuela en una órbita polar diferente a una altitud de entre 400 km y 550 km, con un avanzado sensor para medir la intensidad y la dirección de campo magnéticos, así como dispositivos complementarios tales como receptores de GPS, un acelerómetro y un instrumento para campos eléctricos. Los magnetómetros se colocan en mástiles no magnéticos de 4 m de largo para minimizar la interferencia eléctrica.

El Swarm se lanzó en el 2013. Posteriormente, en el 2015 se lanzará Aeolus, que observará los vientos globales mediante un sensor láser. Está previsto que la misión conjunta entre Europa y Japón EarthCARE vuele en el 2016 para estudiar la interacción entre las nubes, los aerosoles y la radiación y su influencia en el clima.



El ojo de la ESA sobre la Tierra

Si los satélites de observación de la Tierra son considerados como el inicio de un sistema nervioso planetario, entonces el centro neurálgico de Europa es el Centro de Observación de la Tierra ESRIN de la ESA en Frascati, Italia. Rodeado de viñedos en una ladera con vistas a Roma, el ESRIN es el lugar desde donde se conducen todas las misiones de observación de la Tierra de la ESA, y sus datos son procesados, almacenados y distribuidos a usuarios de todo el mundo.

Estas misiones devuelven continuamente datos a la Tierra y el ESRIN gestiona un segmento de tierra descentralizado que coopera a nivel mundial para garantizar que estos datos son adquiridos desde las estaciones receptoras y son procesados en las estaciones terrestres. La ESA también utiliza el segmento terrestre multimisión del ESRIN para adquirir, procesar y archivar los datos de satélites de 30 agencias con las que colabora, conocidas como "Misiones de terceros".

El archivo de datos de observación de la Tierra del ESRIN es el más grande de Europa. Puesto a disposición de los investigadores de forma gratuita, está descentralizado y hace uso de nuevas tecnologías para gestionar cantidades cada vez mayores de datos de una forma que resulte sencilla para los usuarios.

Además, el ESRIN apoya a miles de científicos y usuarios de datos de observación de la Tierra, recibiendo sus propuestas de futuras capturas de imágenes de satélites y haciendo frente a problemas de uso de los datos, estableciendo programas con nuevos grupos de usuarios y albergando un Centro de Incubación de Empresas que trabaja con compañías de nueva creación basadas en tecnologías espaciales. El ESRIN es también el lugar desde donde se organizan las contribuciones de la ESA a Copernicus, incluyendo la gestión de la fase de transición de los satélites Sentinel que entrará en servicio en el 2014.





→ UNA CASA EN LO ALTO

Orbitando por debajo del conjunto de misiones de observación de la Tierra se encuentra uno de los satélites que están situados más abajo, y el más grande. La Estación Espacial Internacional, de 450 toneladas, orbita a 7,4 km por segundo a unos 400 km de altitud y es también el único habitado.

Permanecer con vida

En la actualidad hay seis tripulantes a bordo de la estación, y un astronauta europeo forma parte de ellos aproximadamente cada dos años para “incrementos” de seis meses. Viven en un entorno cómodo en el que pueden vestir en mangas de camisa, a pesar del hecho de que más allá del fino casco de aluminio se encuentra un vacío absoluto que los mataría en un instante. Mantenerlos con vida, por no hablar de su comodidad, presenta un gran reto de ingeniería.

Una persona normal consume 0,84 kg de oxígeno diariamente (solo sobrevivimos un par de minutos en su ausencia) a la vez que produce 1,0 kg de dióxido de carbono. En un sistema cerrado, el primer gas necesita reponerse activamente mientras que el segundo debe ser eliminado. También necesitamos 3,5 kg de agua potable y 0,62 kg de alimentos sólidos cada día para mantenernos saludables, y la presión de aire, la temperatura y la humedad deben mantenerse dentro de unos límites estrictos. Además, la propia estación requiere repostar combustible con regularidad para poderse “relanzar” en su órbita: vestigios de resistencia del aire reducen su altura unos 100 m cada día.

Trabajo en condiciones de ingravidez

¿Por qué dedicar tantos esfuerzos internacionales para mantener la estación en su lugar? Ya que estamos, y siempre hemos estado, dentro del campo de gravedad terrestre, es difícil entender cuál es la influencia o los efectos de enmascaramiento que tiene la gravedad

sobre todo tipo de fenómenos. Tan solo “suprimiendo” la gravedad podemos entender los mecanismos que subyacen a estos fenómenos y cómo la gravedad interfiere con ellos. Sin embargo, la gravedad es omnipresente y no hay forma de pararla. Incluso a la altura a la que orbita la estación, la atracción de la gravedad de la Tierra se reduce solo una pequeña fracción. Pero la estación está continuamente cayendo libremente hacia la Tierra y su movimiento lateral garantiza que nunca llegue al suelo. Por el mero hecho de su velocidad, la estación permanece en esta continua caída libre y ofrece una plataforma para estudiar los procesos fundamentales de la física sin los efectos de distorsión de la gravedad.

Los investigadores pueden producir nuevas aleaciones metálicas y otros materiales, observar cómo arde el fuego para desarrollar procesos industriales de encendido más eficaces y estudiar el funcionamiento de la vida vegetal y animal, incluyendo nuestros propios cuerpos - productos de miles de millones de años de evolución dentro de un campo de gravedad. Puesto que los seres humanos han evolucionado de esa manera, la vida en condiciones de microgravedad plantea inconvenientes para los astronautas, por supuesto, pero en realidad nos adaptamos. Los tripulantes permanecen en órbita durante semanas o meses seguidos.

Cada hora de cada día en el espacio es una experiencia de aprendizaje: una oportunidad para realizar ciencia básica así como para desarrollar nuevas aplicaciones industriales, médicas y de consumo.

Haciendo progresos

El Conjunto de relojes atómicos en el espacio, o ACES, de la ESA es un experimento que implica un nuevo tipo de reloj atómico libre de la influencia de la gravedad, lo que hace que sea más exacto de lo que jamás podría haber sido en la Tierra. Al comparar la hora de la estación con los relojes atómicos de la Tierra, los científicos verificarán

constantes fundamentales de la física, pero ACES también podría doblar la precisión de la navegación por satélite. Nuevas aleaciones metálicas a base de espuma descubiertas en condiciones de ingravidez se están utilizando en todas partes, desde el sector aeroespacial a los teléfonos móviles. En el campo médico, los estudios de biología en astronautas han identificado la enzima responsable de la muerte de células inmunes, mientras que los plasmas fríos estudiados a bordo de la estación están ofreciendo un novedoso medio de lucha contra las bacterias resistentes a los antibióticos. Al estudiar cómo el cuerpo adapta su flujo sanguíneo a la microgravedad, podemos entender por qué nuestra sangre no va hacia nuestros pies cuando nos ponemos de pie y qué sucede en los casos médicos en que eso se produce y las personas se desmayan.

Estudiar los efectos de la gravedad en la fisiología también significa que estamos descubriendo cómo vivir en el espacio a largo plazo, para que podamos explorar más lejos cuando llegue el momento.

Los europeos en órbita

La ESA fue un miembro fundador de la cooperación internacional que posibilitó la existencia de la estación, y ha centrado su actividad en personas que viven y trabajan en el espacio durante un largo tiempo. Cuando los primeros astronautas se posaban sobre la luna, los científicos europeos estaban discutiendo sobre su participación en las actividades post-Apolo de la NASA. El resultado fue el Spacelab, un módulo de laboratorio alojado en el interior del compartimento de carga del nuevo Transbordador Espacial para transformarlo de un camión a un laboratorio orbital plenamente equipado. Los astronautas de la ESA realizaron sus primeros vuelos en el Transbordador Espacial. Comenzaron como “especialistas en carga útil” encargados de realizar experimentos y gradualmente fueron aumentando sus capacidades a través de los años hasta el punto de participar en actividades esenciales, como paseos

espaciales y la operación del brazo robótico del Transbordador Espacial.

La iniciativa de crear laboratorio permanente en microgravedad -lo que se convertiría en la Estación Espacial Internacional- comenzó a mediados de los 80. La ESA utilizó su experiencia en la creación del Spacelab para diseñar sus módulos de la estación, así como el Vehículo automatizado de transferencia, de fabricación europea, que es actualmente la nave espacial de mayor capacidad para abastecer la Estación.

Yendo más lejos

Para la misma estación, la ESA produjo el laboratorio Columbus y sus instalaciones para experimentos, y contribuyó al sistema informático que opera la sección rusa, los congeladores usados por los módulos Kibo y Destiny (de Japón y EE.UU. respectivamente) y una instalación de materiales científicos especializados en Destiny. Los rusos se unieron a la iniciativa de la estación a principios de los 90, y astronautas europeos volaron en la nave espacial rusa Soyuz, primero a la estación Mir y después a la nueva estación. La experiencia posterior con la construcción y operación de la estación ha cimentado el enfoque internacional como base de referencia para futuras exploraciones. Para vuelos espaciales tripulados, los valores europeos de diversidad y cooperación se han convertido en la norma. Pero ir más allá en el espacio será difícil. La luna está unas mil veces más lejos en el espacio que la estación y Marte está unas mil veces más lejos que la luna. La ESA está investigando tanto los avances tecnológicos como los factores humanos necesarios para este tipo de salto exploratorio.





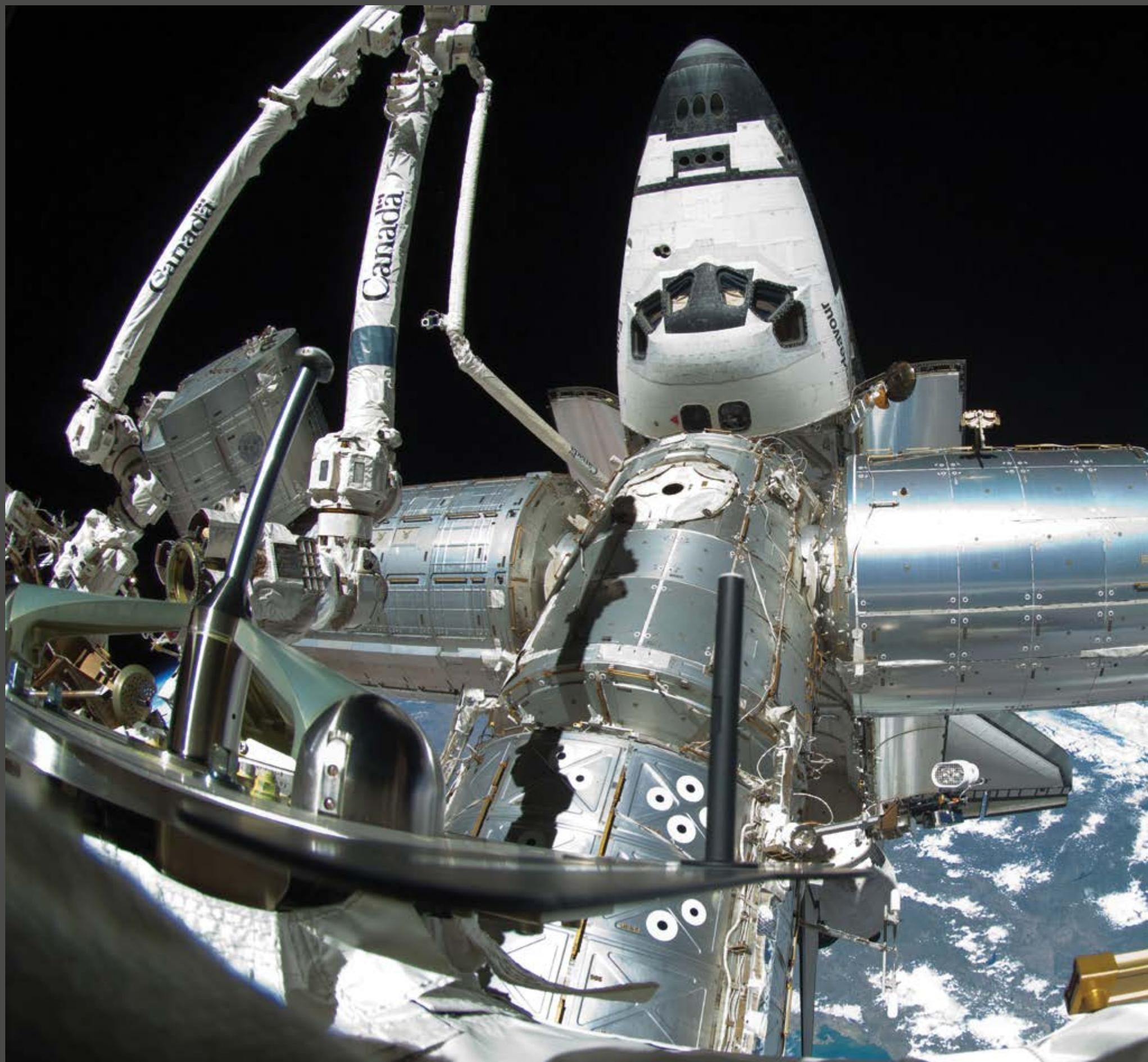


Un espacio compartido

La Estación Espacial Internacional es de lejos el objeto más grande en el espacio hecho por el hombre, comparable en escala a un Airbus A380 en órbita. Con una masa final de unas 450 toneladas, se extiende 108 m a lo ancho (más que un campo de fútbol), con una longitud de 74 m que aumenta hasta 88 m cuando está acoplada la nave de abastecimiento. Sus 2230 m² de paneles solares generan suficiente electricidad para abastecer a una ciudad pequeña.

En el interior de los módulos presurizados perpendiculares al entramado principal de la estación, sus seis tripulantes tienen 1200 m³ de espacio a su disposición: unas tres veces el volumen de una casa europea típica.

La construcción de la estación fue la tarea más compleja de carácter internacional en la historia. La ESA es responsable de dos componentes principales de la estación: el laboratorio Columbus y la nave de abastecimiento denominada vehículo automatizado de transferencia (ATV). Además, más de la mitad de los elementos presurizados de la estación fueron diseñados y construidos en Europa, siendo suministrados a la NASA gracias a un acuerdo de intercambio.





Plataforma de investigación

Esta vista de ojo de pez del exterior de la Estación Espacial Internacional con el transbordador espacial *Endeavour* acoplado muestra la naturaleza en expansión del complejo orbital: el resultado final del proyecto de construcción más difícil de la historia. El módulo Columbus de la ESA está en el centro a la derecha. Han sido necesarios más de 40 vuelos de construcción para llegar a este punto, con más de 120 lanzamientos a la estación en total. Estrictamente hablando, sigue siendo un trabajo en progreso, con otro módulo ruso que aún no se ha agregado, así como el brazo robótico europeo de la ESA. Y aún hay amarres disponibles para más módulos.

El transbordador espacial de la NASA fue el principal encargado de proporcionar y acoplar elementos de la estación, realizando más de 150 paseos espaciales durante un total de casi mil horas para tareas de equipamiento y mantenimiento, así como de realización y recuperación de experimentos externos. En el 2006 Thomas Reiter se convirtió en el primer astronauta de la ESA en tomar parte en un paseo espacial para la construcción de la estación, instalando material en el exterior en preparación de un futuro ensamblaje.

La estación es una plataforma para investigaciones de diversos tipos, tanto en la parte exterior como en el interior. El instrumento "Monitor imágenes de rayos X de todo el cielo", alojado en el módulo Kibo de Japón (a la izquierda) observa todo el cielo con rayos X para indicar a los astrónomos hacia dónde mirar. La Espectrómetro alfa magnético (abajo) -supervisado por el CERN en Suiza y probado para el espacio en el centro técnico ESTEC de la ESA en los Países Bajos- trata de detectar partículas exóticas, como posibles pruebas de materia oscura y antimateria.



El lugar de Europa en el espacio

El laboratorio Columbus es la principal contribución de la ESA a la Estación Espacial.

A veces, las cosas grandes vienen en paquetes pequeños. Abajo en la Tierra, unas instalaciones como Columbus fácilmente podrían ocupar un edificio de varios pisos. Después de todo, no se trata de un laboratorio individual, sino de un centro de investigación plenamente equipado, dedicado a un amplio rango de disciplinas científicas: física fundamental, ciencia de materiales, pruebas de tecnología y biología, así como control ambiental.

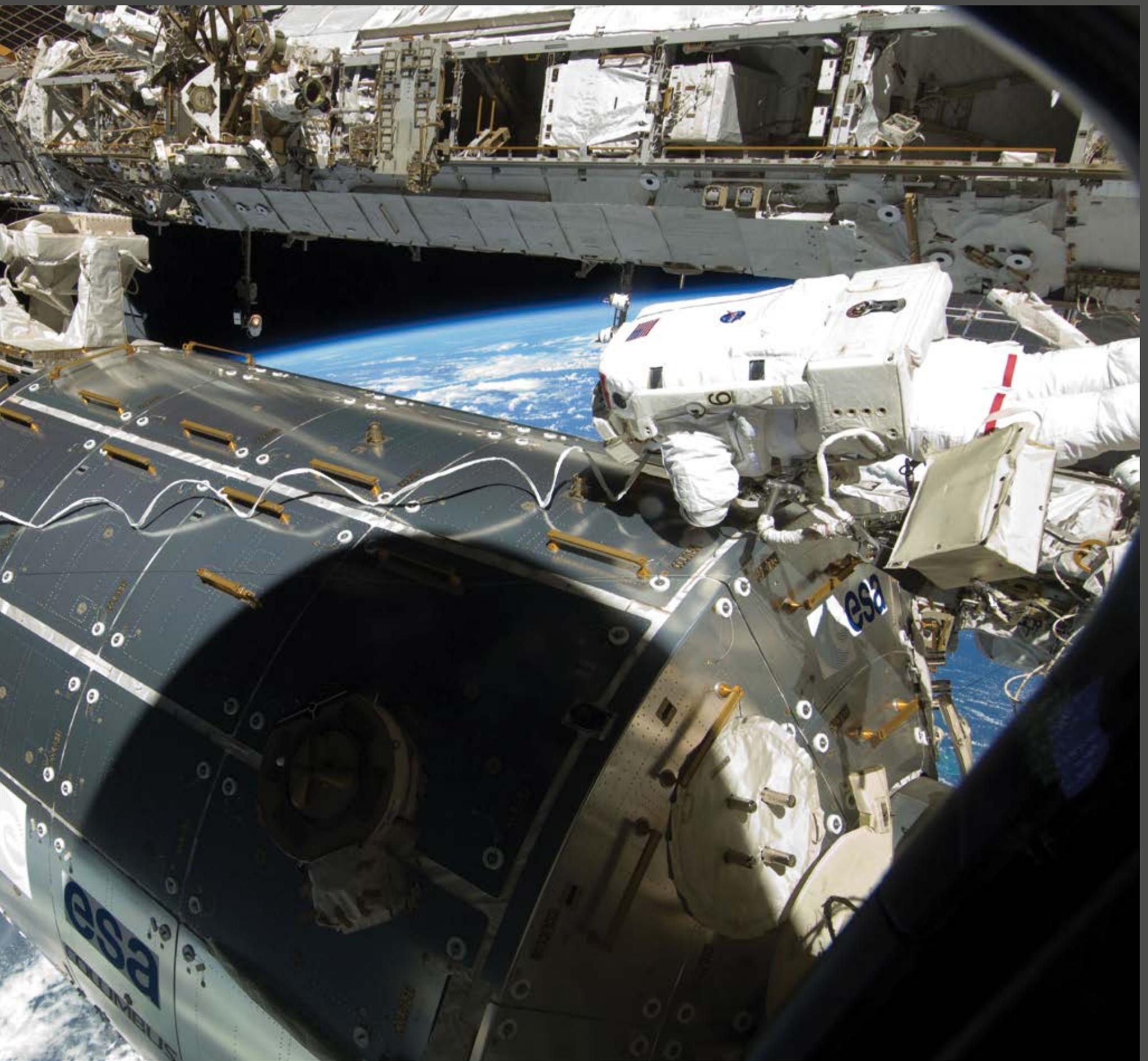
Pero la ESA no diseñó Columbus para la Tierra, sino para el espacio. Y en el espacio lo que siempre escasea es espacio en sí.

Por lo tanto los ingenieros europeos se enfrentaron al reto de miniaturizar un conjunto completo de laboratorios para que cupieran dentro de un armazón cilíndrico de tan solo 6,8 m de largo por 4,5 m de ancho como máximo (aproximadamente el tamaño de un pequeño contenedor de transporte o una autocaravana grande). Además, junto con los laboratorios tenían que ir todos los subsistemas esenciales, disposiciones laberínticas de enlaces de potencia, datos y vídeo, tuberías de fontanería y refrigeración, mas controles para operaciones remotas y de apoyo a la vida.

Se puede comparar con la escala de la ingeniería necesaria para construir un coche de fórmula 1: componentes de alto rendimiento provenientes de muchos lugares diferentes se integran meticulosamente dentro de un espacio de tamaño estrictamente limitado. En ambos casos, la máquinas resultantes -demasiado complejas para que una sola persona pueda comprenderlas del todo- requieren software operativo compuesto de cientos de miles de líneas de código. Y, por supuesto, ambas deben ser también diseñadas para albergar seres humanos.

Sus 75 metros cúbicos de volumen albergan un conjunto completo de laboratorios científicos, donde en cualquier momento pueden realizarse docenas de diferentes experimentos en ciencias de la vida, ciencias de los materiales, física de fluidos y otras disciplinas. Muchos experimentos de Columbus pueden trabajar sin supervisión de los astronautas, siendo supervisados en su lugar por el Centro de control de Columbus en Oberpfaffenhofen, Alemania, que está vinculado a su vez a una red de Centros de operaciones y apoyo a los usuarios de Columbus que atienden a diferentes estados miembros de la ESA. Así pues, aunque solo un puñado de personas pondrá un pie dentro de Columbus durante toda su vida útil, miles de personas habrán trabajado en el proyecto.





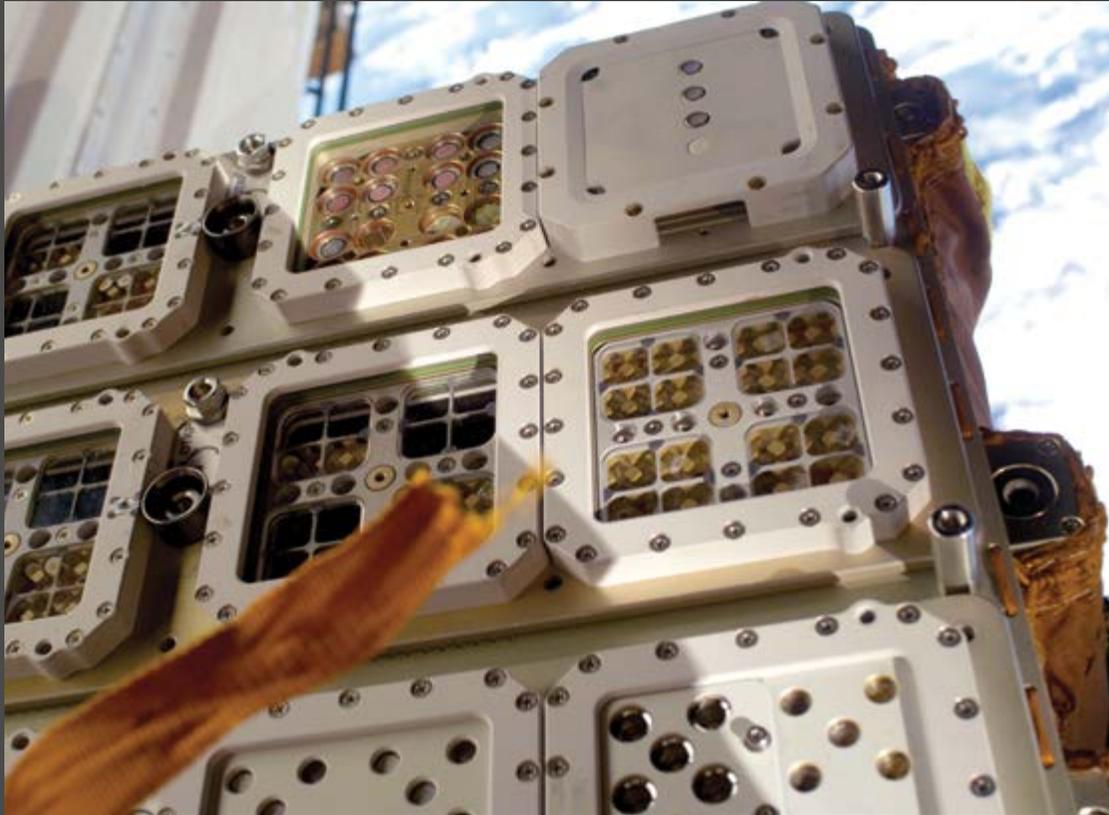


Desafiando la gravedad

En perpetua caída alrededor de la Tierra, arrastrada hacia abajo por la gravedad de la Tierra, pero moviéndose demasiado rápido como para tocar el suelo, la Estación Espacial proporciona acceso continuo a condiciones de microgravedad. Esta es una gran ventaja para la ciencia: la ingravidez solo puede obtenerse en la Tierra durante breves segundos, ya sea a través de torres de caída o durante vuelos aéreos parabólicos dedicados.

En la Tierra vivimos en el fondo de un pozo de gravedad. Esta configura el mundo, define la forma en que vivimos y da lugar a procesos fundamentales de la física, como la flotabilidad, la sedimentación y la convección. La investigación en la estación realizada por la ESA, apoyada por el Programa europeo para las ciencias físicas y de la vida (ELIPS), proporciona la oportunidad de estudiar procesos físicos, químicos y biológicos fundamentales sin los efectos distorsionadores de la gravedad. En muchos sentidos, la estación es como un libro de texto de física que ha cobrado vida: la tercera ley del movimiento de Newton -"para cada acción hay una reacción igual y opuesta"- se convierte en la base práctica para el movimiento de los astronautas.

El vacío absoluto inmediatamente más allá del fino casco de aluminio es otro recurso científico. Se pueden colocar muestras en la parte exterior para ver cómo reaccionan al medio ambiente espacial, como por ejemplo en la plataforma Expose (imagen adyacente).



Líneas de suministro en el espacio

La Estación Espacial fue la casa que construyó el transbordador: casi todos sus módulos y gran parte de sus suministros fueron puestos en órbita por medio de naves espaciales con gran capacidad de transporte. La imagen inferior izquierda muestra la llegada de la misión STS-134 en el año 2011, el penúltimo vuelo del transbordador y el último en llevar un astronauta europeo, el italiano Roberto Vittori.

El resto de los socios internacionales ahora tienen que mantener la estación abastecida de materiales y personal. La Soyuz de Rusia es actualmente la única nave espacial certificada para transportar personas a y desde la estación (imagen principal), con dos de ellas conectadas a la estación en todo momento. Observe su aspecto de insecto segmentado; solo el segmento central en forma de campana, que es el módulo de descenso, baja de nuevo a la Tierra.

Transportadores de carga no tripulados mantienen la estación abastecida con nuevos materiales para experimentos, comida, agua, oxígeno y combustible que le permite mantener su órbita a unos 400 km. La nave rusa Progress se deriva de la Soyuz, pero el módulo de descenso se ha sustituido por un depósito de combustible que transporta casi dos toneladas de combustible y una cantidad similar de carga útil. El vehículo de transferencia H-II de Japón (parte inferior derecha) lleva seis toneladas de suministros en su característico casco de tonos dorados. Un eslabón importante en la cadena de suministro es el Vehículo automatizado de transferencia (ATV) de Europa, junto con los transportadores de carga no tripulados Dragon y Cygnus, desarrollados por el sector comercial de Estados Unidos.

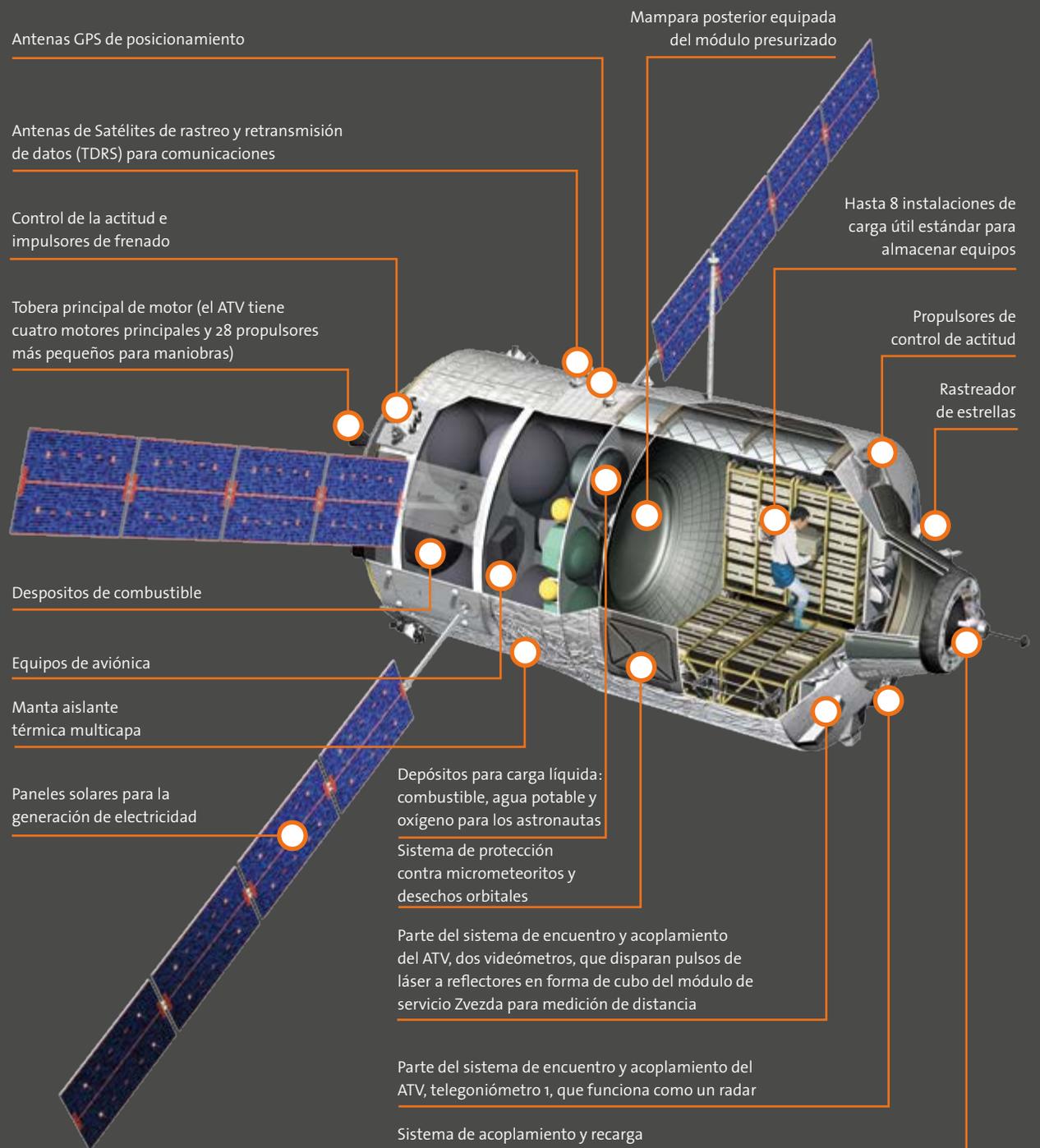




Cargamento de último hora

Carga de último hora del tercer vehículo automatizado de transferencia (ATV) de la ESA en el centro de lanzamiento de Kourou en el 2012 (abajo). Ya que la seguridad de la tripulación es de gran importancia, los técnicos que bajan por la escotilla de acoplamiento para añadir elementos finales utilizan trajes ultralimpios para evitar introducir contaminación. Una vez completada esta operación, el interior se purga con aire ultralimpio antes de cerrar la escotilla. En este punto ya se ha realizado la mayor parte de la carga, antes de que las dos mitades del ATV (su módulo de servicio y su transportador de carga integrado) se unan.

Desde que el Transbordador Espacial se retiró de servicio, el ATV, del tamaño de un autobús, tiene la mayor capacidad de transporte de carga a la Estación Espacial Internacional. Montado a partir de elementos provenientes de toda Europa, el ATV mide 10,3 m de altura y 4,5 m de ancho, pesa más de 20 toneladas en el momento del lanzamiento, 7,6 de las cuales son de carga (agua, aire, combustible y carga seca como comida, equipos de repuesto y materiales para experimentos). Del combustible que el ATV transporta, una parte se usa para su propio encuentro y acoplamiento con la estación, otra se bombea a bordo de la estación y el resto es utilizado por el ATV para realizar relanzamientos periódicos de la Estación cada pocos meses con el fin de superar la resistencia aerodinámica de los escasos restos de atmósfera.









El ATV en camino

Así se ve un lanzamiento espacial desde arriba. El lanzamiento del ATV-2, *Johannes Kepler*, fue presenciado por la tripulación de la Estación en espera el 16 de febrero de 2011. Esta notable foto fue tomada por el astronauta de la ESA Paolo Nespoli a 350 km en el espacio justo unos minutos después del lanzamiento del ATV sobre su Ariane 5 desde el Puerto Espacial Europeo en la Guayana Francesa. Muestra los gases de escape del Ariane durante el ascenso, en la etapa inicial de su trayectoria vertical hasta la órbita, visible como una fina estrela enmarcada bajo el brazo robótico de la estación.

Unos 75 minutos después de su lanzamiento, a unos 260 km de altitud, el ATV se separa de la etapa superior del Ariane 5 para convertirse en una nave espacial completamente autónoma. Un conjunto de maniobras orbitales preparadas por su centro de control en Toulouse eleva y alinea gradualmente el ATV con la estación.

El ATV-3 de la ESA, lanzado el 23 de marzo de 2012, fue la combinación más pesada de cohete y carga útil jamás puesta en órbita por Europa.



Encuentro robótico

Es posible que el ATV sea una nave no tripulada, pero está repleto de inteligencia humana. Alrededor de un millón de líneas de código supervisan su vuelo, controlando casi un centenar de modos de operación. El resultado es una nave espacial que puede acoplarse con la estación espacial de forma totalmente automática sin supervisión de la tripulación. Su diseño sigue normas de seguridad obligatorias para los vuelos tripulados: ser segura bajo cualquier circunstancia después de cualquier combinación de dos averías. Con fines de redundancia, dos series de software supervisan conjuntamente sus maniobras de acoplamiento y un tercero se basa en una matriz independiente de sensores, listo para colocar el ATV en una órbita de estacionamiento al menor indicio de problemas. El Centro de control del ATV también puede vetar las maniobras sucesivas, al igual que el personal de observación de la estación.

El ATV comienza su acoplamiento final según información de localización por GPS, cambiando a mediciones por vídeo y láser para su aproximación final. Se acerca a la estación a una velocidad que equivaldría a la de una tortuga, 7 cm/s, y realiza el acoplamiento final con una precisión de 1,5 cm/s, todo ello mientras se mueve a 8 km/s. El acoplamiento es tan suave que el personal que espera dentro ni siquiera nota un golpe.

Una vez acoplado, se abre la escotilla y se descargan manualmente los bastidores del ferry mientras que se abren llaves de paso para agua y oxígeno. El repostaje de combustible es automático, rellenando los depósitos de la estación.

Otra ventaja para la tripulación es algo de espacio adicional para vivir y dormir durante el máximo de seis meses en que puede permanecer acoplado. Si bien no está diseñado como vivienda, a los tripulantes les gusta porque es tranquilo y está bien iluminado y, por supuesto, totalmente equipado con blindaje contra micrometeoritos.









El factor humano

El 2 de noviembre del 2000 probablemente será una fecha histórica para las generaciones futuras. Ese fue el día en que la primera tripulación de tres hombres empezó a vivir en la Estación Espacial embrionaria. La "Expedición 1" estableció una presencia humana permanente en órbita baja que permanece ininterrumpida hasta el día de hoy, más de 30 expediciones más tarde.

La estación es un laboratorio de primera categoría para experimentos físicos, químicos y biológicos en microgravedad pero, como cualquier laboratorio, necesita técnicos. Las personas son el ingrediente añadido de la estación: las tripulaciones se mantienen ocupadas atendiendo experimentos, incluso sirviendo como sujetos de pruebas y realizando todo tipo de tareas de mantenimiento presuntamente de rutina que sistemas automatizados jamás podrían aspirar a igualar. La estación también es una plataforma de observación multifuncional, ya que los astronautas vigilan su planeta a medida que orbitan a su alrededor.

Y la experiencia que los socios internacionales obtienen al vivir y trabajar en órbita puede ser transferida a expediciones posteriores que vayan más allá en el espacio, incluyendo la comprobación de materiales y sistemas novedosos.

Los astronautas de la ESA tripulan la estación con regularidad. El italiano Umberto Guidoni se convirtió en el primer astronauta de la ESA en poner un pie a bordo, en el año 2001, mientras que el alemán Thomas Reiter fue el primer astronauta de la ESA en unirse a una tripulación de "incremento", durante las Expediciones 13 y 14 en el 2006. Leopold Eyharts se incorporó para poner en marcha el módulo Columbus en el 2008. Frank De Winne se convirtió en el primer astronauta de la ESA en estar al mando de la estación, durante la Expedición 21 en el 2009. El astronauta Paolo Nespoli de la ESA, visto aquí, ayudó a supervisar la entrega del módulo Nodo 2-Harmony en el 2007 y actuó como ingeniero de vuelo durante las expediciones 26 y 27 en el período 2010-11.





Perder peso rápidamente al estilo de la ESA

El próximo grupo de astronautas de la ESA en entrenamiento prueba la ingravidez en mayo de 2010, a bordo de la nave "Zero-G" de la CNES/ESA para vuelos parabólicos, despegando desde el aeropuerto de Bordeaux-Mérignac en Francia.

De derecha a izquierda, en azul: Samantha Cristoforetti de Italia, Thomas Pesquet de Francia, Andreas Mogensen de Dinamarca y Tim Peake del Reino Unido. También se encontraban a bordo Alexander Gerst de Alemania y Luca Parmitano de Italia. Estos candidatos a astronauta de la "clase del 2009" se graduaron como astronautas más tarde ese mismo año.

El hombre vestido de rojo es un "ángel de la guarda" cuyo trabajo es reorientar a todos a tiempo entre los hasta 22 segundos de microgravedad y el período similar de "hipergravedad" de 1,8 g que sigue cuando los pilotos encienden los motores para terminar el período de desplazamiento en punto muerto. Repitiendo la maniobra, se puede obtener un total de unos 12 minutos de microgravedad por vuelo.

Los vuelos parabólicos se utilizan mucho más a menudo para la investigación científica. La ESA patrocina campañas de vuelo parabólico con regularidad, abiertas a equipos científicos de toda Europa.







Hundirse y nadar

La microgravedad solo puede crearse en la Tierra por períodos breves. Lo más parecido a ello es estar sumergido bajo el agua, en un traje espacial cuidadosamente equipado con una combinación de pesos y boyas para mantener una flotabilidad neutra. La imagen muestra al astronauta de la ESA Alexander Gerst mientras se entrena para paseos espaciales en el Laboratorio de flotabilidad neutra (NBL) de las Instalaciones de entrenamiento Sonny Carter de la NASA, cerca del Centro espacial Johnson en Houston, Texas, EE.UU. en febrero del 2012. Alexander se está preparando para un viaje de seis meses de servicio en la Estación Espacial Internacional como ingeniero de vuelo para las expediciones 40 y 41 en el 2014.

El NBL es la mayor piscina del mundo: 62 m de largo, 31 m de ancho y 12,34 m de profundidad. Módulos completos de la estación se sumergen en los 23,5 millones de litros de agua del NBL. Flotabilidad neutra significa que el personal que se está entrenando (y todo aquello con lo que trabajan) tienden a flotar dentro del agua, en vez de hundirse o ascender a la superficie. Incluso entonces, el personal en entrenamiento no está en verdaderas condiciones de ingravidez, por lo que es crucial la utilización de trajes muy apretados.

Tal y como correspondería a un proyecto espacial internacional, los astronautas deben pasar por una odisea global antes de que se considere que están listos para viajar a la estación. Esto es porque independientemente de su origen nacional, se espera que cada tripulante sea capaz de hacer funcionar todas las partes de la estación, y por lo tanto los diferentes socios internacionales proporcionan entrenamiento sobre sus elementos respectivos. Este complejo proceso de formación dura de tres a cinco años en total.

El mejor amigo del hombre

No solo las personas deben entrenarse para paseos espaciales. En el 2007 el prototipo de "asistente robótico" de tres brazos denominado Eurobot fue puesto a prueba extensivamente en las Instalaciones de flotabilidad neutra de la ESA, de 3 m de profundidad, en el Centro Europeo de Astronautas en Colonia, Alemania, para trabajar en una tarea simulada junto al astronauta de la ESA Jean-François Clervoy.

Se espera que personas y robots sean compañeros en futuras exploraciones del espacio. Los robots situados en el casco de la estación podrían realizar inspecciones de cerca antes de cualquier paseo espacial y llevar a cabo cualquier trabajo preparatorio inicial, como transferir herramientas y equipos. Estos asistentes robóticos serán cada vez más importantes a medida que una estación cada vez más vieja requiera más mantenimiento.

Más allá de la órbita de la Tierra, los robots pueden investigar nuevos entornos con anterioridad a los exploradores humanos. El proyecto Red de operaciones robóticas multiusuario de extremo a extremo de la ESA, Meteron, está tratando controlar robots en la Tierra desde la estación, probando el concepto para misiones futuras donde astronautas en órbitas planetarias podría teleoperar vehículos exploradores en la superficie, proyectando presencia humana hasta un entorno extraterrestre sin el coste y los peligros adicionales de tener que posarse.





Soyuz simulado

El astronauta de la ESA André Kuipers practicando en la centrifugadora de la nave Soyuz en el centro de entrenamiento de la Ciudad las estrellas cerca de Moscú, en preparación para su vuelo de diciembre del 2011 a la Estación Espacial. La Soyuz se había modernizado desde la primera visita del astronauta holandés en el 2004, con considerables mejoras internas que necesitaba aprender.

En la Ciudad de las estrellas se entrenó primer grupo de cosmonautas soviéticos, incluyendo a Yuri Gagarin, cuya viuda todavía vive allí. Las instalaciones incluyen una centrifuga para simular las altas aceleraciones durante un lanzamiento y versiones de los módulos de la estación de Rusia. Algunos módulos están inmersos en el "Hidrolaboratorio" de flotabilidad neutral dedicado al entrenamiento para paseos espaciales, mientras que otros miembros en tierra seca posibilitan que las personas en entrenamiento se familiaricen con los más mínimos detalles de su próximo hogar orbital, practicando procedimientos y entrenando para situaciones de emergencia como un incendio en condiciones de microgravedad, una experiencia que muestra que los módulos se llenan de humo cegador a una velocidad alarmante.

"Ellos tratan de simular en la medida de lo posible el vuelo real", señaló André en aquel entonces. "Y nosotros estamos más y más preparados para cosas que esperamos que no sucedan".





Tren para cohetes

Rodando a velocidad de paseo, el cohete Soyuz es desplazado horizontalmente por tren hasta su plataforma de lanzamiento un par de días antes del vuelo. Una vez allí, se planta en vertical y se somete a un ensayo del lanzamiento que incluye la activación de los equipos eléctricos y mecánicos. El cohete recibe su combustible en el día de la partida y la cuenta atrás comienza tres horas antes del lanzamiento, mientras que los tres tripulantes de la nave entran en ella media hora después.

La Soyuz rusa -el nombre designa tanto al cohete de tres etapas como a la nave espacial tripulada que vuela en la parte superior de éste- es por el momento el único medio de acceso para que los astronautas visiten la Estación Espacial. La versión tripulada del Soyuz vuela solamente desde el cosmódromo de Baikonur en Kazajstán, el mismo sitio desde donde partió Yuri Gagarin en 1961, inaugurando la era de los vuelos espaciales tripulados.

Baikonur es un lugar sombrío, seleccionado originalmente debido a consideraciones en materia de seguridad durante la Guerra Fría. En el corazón de Asia Central, sus condiciones climáticas pueden variar considerablemente. Por ahora, todos los astronautas del mundo vienen aquí para volar. La participación de la ESA en la estación permite a los astronautas europeos realizar expediciones aproximadamente cada dos años.





Subiendo

La Soyuz TMA-15 asciende desde el cosmódromo de Baikonur el 27 de mayo de 2009, transportando al astronauta de la ESA Frank De Winne para que se convierta en el primer comandante europeo de la Estación Espacial Internacional. La Soyuz se eleva hacia el cielo gracias a su primera etapa de queroseno y oxígeno líquido y sus impulsores auxiliares. El encuentro y acoplamiento con la Estación suelen tardar ahora unas seis horas, en lugar de los dos días que se necesitaban anteriormente.

El cohete Soyuz es el caballo de batalla del programa espacial ruso, en producción continua desde los años 60, y descendiente en términos de diseño del cohete que lanzó al Sputnik en 1957, inaugurando la Era espacial. La nave Soyuz ha realizado más de 1700 misiones tripuladas y no tripuladas y ha sido diseñada con el fin de proporcionar niveles de fiabilidad extremadamente altos para los vuelos espaciales tripulados, incorporando un cohete de escape para elevar a su tripulación de manera segura en caso de que se produjera una emergencia durante el despegue.





Una ventana al mundo

Una vez en órbita, los ojos de la tripulación de la estación hacen tanto trabajo como sus manos. La Cupola de la ESA tiene la mayor ventana que jamás haya volado en el espacio, con una ventana principal de 80 cm de diámetro rodeada de seis ventanas laterales trapezoidales en una cúpula de aluminio para dar una visión completamente hemisférica de la Tierra y el espacio alrededor de la estación. Sus paneles de cristal de silicio son tan ópticamente perfectos como es posible y están diseñados para soportar años de exposición a las radiaciones solares e impactos de desechos.

Conectada con el Nodo 3, la amplia visibilidad de la Cupola es útil para supervisar el acoplamiento y las maniobras del brazo robótico (ya que está equipada con una estación para trabajo robótico) a la vez que también se pueden montar ahí instrumentos científicos. La ventana principal ofrece una observación directa de la superficie terrestre, mientras que sus laterales proporcionan vistas del "miembro" atmosférico de la Tierra. La Cupola es también un lugar incuestionablemente popular entre los astronautas para relajarse en sus horas libres: la trayectoria de la estación hace que sobrevuele la mayor parte de la superficie habitada de la Tierra.

Cuando no están en uso, las ventanas están protegidas por persianas exteriores, que pueden ser abiertas por la tripulación desde el interior con un simple giro de muñeca. Posteriormente, las persianas se cierran para proteger el cristal de micrometeoritos y desechos orbitales, y para controlar la temperatura.

Las paneles acristalados de tres capas están diseñados para poderse sustituir fácilmente, ya sea de forma individual o como una ventana completa, en cuyo caso un astronauta fijaría primero desde el exterior una cubierta provisional.









Luces en la noche

Las tripulaciones de la estación que miran a la Tierra a menudo tienen dificultades para detectar signos directos de vida, por lo menos durante cada 45 minutos de "luz de día". Las zonas urbanas pueden mezclarse con el segundo plano a menos que los astronautas sepan exactamente dónde buscar. Las carreteras y líneas de ferrocarril rectas y largas, la tierra cultivada y las presas son más fáciles de discernir. Pero todo eso cambia cuando se pone el sol y cae la noche cada 45 minutos.

Las regiones densamente pobladas comienzan a resplandecer como islas de luz en la oscuridad que las rodea, como en el ejemplo de Sicilia y la "bota" de Italia, que pueden observarse en esta imagen tomada apuntando hacia el norte por el astronauta de la ESA Paolo Nespoli en el 2010. El Mediterráneo aparece de color negro, mientras que parte de Túnez es visible al oeste y la costa del Adriático al este.

Las luces nocturnas son un indicador fiable de población y las fotografías de noche -ya sean tomadas por astronautas o adquiridas por satélites no tripulados (abajo)- se han utilizado para evaluar los efectos del continuo crecimiento urbano sobre los ecosistemas circundantes.

Otras fuentes de luz son de origen natural, como por ejemplo, tormentas eléctricas entrelazadas que se extienden por cientos de kilómetros y las auroras en torno a los polos. Observe también el brillo verdoso captado por la cámara de alta sensibilidad, procedente de una débil luminiscencia en la parte superior de la atmósfera, y la luz de las estrellas y la luz artificial dispersada a través de partículas en el aire.



Joyas azules del Mar Rojo

En principio, una imagen de la Tierra tomada automáticamente por un satélite y una hecha por un astronauta deberían ser más o menos lo mismo, pero las imágenes encuadradas por la mano y el ojo del hombre siguen mostrando una clara ventaja en cuanto a la calidad de la composición.

Esta foto muestra las Islas Farasan en el Mar Rojo, cerca de la ciudad de Jizan en la parte sudoeste de Arabia Saudita, fotografiadas por Paolo Nespoli. Este archipiélago de coral es una reserva natural especial, posee la mayor biodiversidad en todo el Mar Rojo de Arabia Saudita, es hogar de 231 especies de peces, 49 especies de corales, 3 especies de delfines y un gran número de aves marinas.

Paolo tomó miles de fotografías durante sus cinco meses de permanencia en la Estación Espacial Internacional, compartidas con el público a través de su cuenta de Twitter y páginas en Flickr. Incluso tomó fotografías que le habían solicitado.

En el proceso, Paolo adquirió más de 20.000 seguidores en Twitter y sus fotografías en Flickr fueron vistas dos millones de veces. Incluso llegó a la final en la categoría de ciencia de los Premios Shorty 2010, el equivalente a los Óscar para los medios sociales.





Alturas nevadas

El planeta Tierra tiene de lejos el terreno más variado en el sistema solar, transformado por miles de millones de años de actividad geológica y atmosférica, así como procesos biológicos. La gran diversidad de fotografías de la Tierra tomadas por los astronautas hace que apenas resulte plausible que todas estas imágenes se hayan originado en el mismo planeta.

Esta imagen principal tomada por Paolo Nespoli en el 2011 muestra las cimas cubiertas de nieve de Licanabur y los volcanes Juriques, más pequeños, a 4000 m de altitud en la frontera boliviano-chilena. Cerca de allí, al noreste de Licanabur se encuentra Laguna Verde, un lago de sal cuyo color verde proviene de sedimentos de cobre.

La imagen del recuadro superior es una fotografía tomada por Paolo de los Montes Zagros en la provincia de Fars en Irán, formados por la colisión de las placas tectónicas euroasiática y arábiga, que se extienden desde Irán al sur y al oeste hasta Irak al norte, observe los picos más altos cubiertos de nieve. El recuadro inferior muestra la imagen de Paolo de una región geográfica más conocida, el lado norte del Gran Cañón en Arizona, EE.UU.









Radiovigilancia del tráfico marítimo

Instantánea a nivel mundial del tráfico marítimo, adquirida por la Estación Espacial Internacional (abajo). Su órbita se extiende hasta latitudes polares, cubriendo una gran parte del mundo habitado. Por consiguiente, puede servir como plataforma para observaciones de la Tierra de varios tipos.

En este caso, el laboratorio Columbus de Europa ha alojado el Sistema de identificación automática (AIS, la instalación de su antena dorada se observa en la imagen principal), más comúnmente utilizado por las autoridades portuarias y los servicios de guardacostas para controlar el tráfico costero de buques. Todos los buques internacionales, barcos de pasajeros y buques de carga que pesen más de 300 toneladas están obligados a llevar transpondedores de radio VHF del AIS. En tierra, los mensajes del AIS tienen un alcance de solo unos 50 km hacia el horizonte, pero esta prueba de receptores de Noruega y Luxemburgo vinculados a una antena externa demuestra que las señales se propagan mucho más allá verticalmente: incluso hasta la órbita. Se han seguido barcos individuales durante meses de esta forma. En las rutas marítimas más frecuentadas, como el Canal de la Mancha o el Estrecho de Malaca, hay una saturación de señales del AIS y los barcos se pierden en la multitud. Pero la ventaja del seguimiento del AIS desde su órbita es que llena lo que hasta ahora habían sido espacios en blanco en el océano abierto. La ESA está estudiando ahora la posibilidad de crear un servicio de detección mediante el AIS.



Descendiendo

Una vez terminada la misión, el módulo de descenso de la Soyuz se precipita en paracaídas hasta aterrizar en las llanas estepas de Kazajstán. Por ahora, la Soyuz es la única nave espacial de la estación que puede ir hasta allí y volver, trayendo experimentos y personas de regreso a la Tierra.

El ATV no puede volver a entrar en la atmósfera, aunque se han propuesto futuras variantes para hacer justo eso, aumentando la capacidad de "descarga" de la estación en lugar del espacioso transbordador. Después de seis meses, el ATV está cargado con toneladas de basura y se separa de forma autónoma del mismo modo que se acopló, situándose entonces para una caída suicida sobre un sector vacío del Pacífico Sur, quemándose en la atmósfera (abajo).

Cualquier reentrada es mejor que ninguna, aunque el astronauta de la ESA Paolo Nespoli la describe como una experiencia dura después de la serenidad del espacio: "Todo empieza con las sacudidas de la cápsula, como si alguien con un gran martillo estuviera golpeando desde el exterior. De hecho, los dispositivos pirotécnicos están funcionando y el módulo central se separa del resto. Y a continuación, empiezas a acumular aceleración... Alcanzamos 4,5 g en el pico de la reentrada y yo realmente tenía dificultades para respirar". Una vez que esto termina los paracaídas se abren y durante 30 segundos más o menos la cápsula da tantas sacudidas que sus ocupantes son lanzados en todas las direcciones. Esto está seguido por el desprendimiento de la protección térmica, la sacudida de los asientos y finalmente el impacto del aterrizaje. "Es una serie de eventos muy bruscos, pero ¿qué puedo decir? Es fiable, funciona, estamos de vuelta en el suelo y me alegro de ello".





Señal de progreso

Nuestra vista alcanza a ver la Estación Espacial Internacional. Búsquela más o menos una hora después de que anochezca, o una antes del amanecer. Sale por el oeste, parece una estrella que se desliza rápidamente por todo el horizonte. Puede brillar tanto como Venus, como en esta foto tomada por el aficionado holandés Wim Joris, pero en esta estrella hay personas que viven y trabajan.

Un buen telescopio puede revelar más, como la imagen que aparece abajo del astrónomo holandés Ralf Vandebergh, tomada en el 2009 y que muestra el transportador de carga japonés HTV (a la izquierda) aproximándose a la estación mientras brilla con la luz del Sol.

Es el reflejo del sol en sus módulos y alas solares lo que hace que la estación se pueda ver desde la Tierra. Arriba en el espacio sigue iluminada por el Sol después de que este se pone por ese lado de la Tierra, de la misma manera que las cimas de las montañas siguen recibiendo la luz del sol después de que sus valles se hundan en la penumbra.

La estación tarda unos 90 minutos en completar una órbita, por lo que a veces es posible ver más de una pasada en el transcurso de una noche o madrugada, aunque su posición en el cielo cambia cada noche. Sin embargo, debería pasar por encima de cada lugar en la Tierra más o menos una vez cada seis semanas.









Lo que yace debajo

Es posible que los astronautas de la ESA terminen aventurándose a destinos más allá de la Estación Espacial. Por eso a veces se dirigen hacia abajo en vez de hacia arriba, buscando análogos al ambiente orbital que sean realistas. En el 2011 este equipo internacional de astronautas europeos, americanos y rusos pasó seis días explorando las profundidades de un sistema de cavernas en Cerdeña como parte de su formación para la supervivencia. A Tim Peake y Thomas Pesquet se unieron Randolph Bresnik de la NASA, Norishige Kanai de Japón y Sergey Ryzhikov de Rusia.

Los entrenadores del Centro Europeo de Astronautas seleccionaron estas cavernas por su aislamiento del mundo exterior, su sensación de confinamiento, la privacidad mínima, los retos técnicos y los limitados equipos y recursos necesarios para la higiene y la comodidad, justo igual que en el espacio.

Su rutina diaria se organizó en torno a plazos, como en una misión espacial. Se llevaron a cabo sesiones de planificación dos veces al día a través de una línea telefónica que conectaba con un equipo de apoyo a la entrada de la caverna. El sistema de cavernas incluía numerosos pasajes inexplorados, de modo que el equipo tuvo que tomar sus propias decisiones sobre cómo proceder: ya fuera utilizar un bote inflable al encontrarse con lagos subterráneos o dividirse en grupos más pequeños al encontrarse con pasajes divididos. Su labor científica incluía realizar trazados, tomar fotografías, controlar el flujo de aire, la temperatura y la humedad, además de tomar muestras geológicas y microbiológicas.

La exótica experiencia les ayudó a superar diferencias culturales y de idioma materno para trabajar en equipo y resolver problemas. Cuando finalmente salieron parpadeando a la luz, el equipo fue interrogado a fondo y dio una presentación que se utilizará para la próxima serie de "cavernautas".



Preludio helado a la exploración

La base internacional de investigación Concordia se encuentra ubicada en uno de los puntos más altos de la placa de hielo del Antártico, conocido como "Domo C", a 3200 m sobre el nivel del mar. Es uno de los lugares más aislados y más fríos de la Tierra. Durante cada invierno antártico es imposible acceder a la base ya que las temperaturas descienden a -84°C . Los 14 habitantes de Concordia tienen que aprender a vivir y trabajar juntos sin la ayuda del mundo exterior. Solo después de que el verano antártico caliente el frígido entorno pueden llegar nuevos suministros y personal.

El programa de investigación de este solitario puesto incluye glaciología, biología humana y la atmósfera, y la ESA utiliza la base para preparar futuras misiones de larga duración más allá de la Tierra. Concordia es un lugar ideal para estudiar los efectos sobre pequeños equipos multiculturales aislados durante largos períodos en un ambiente extremadamente hostil. La ESA patrocina a investigadores para que vayan a la base, específicamente para estudiar cómo se adaptan sus ocupantes. Las zonas de especial interés son patrones de sueño, rendimiento individual y de equipo, y ejercicio. También se evalúan herramientas y técnicas que podrían ayudar a las tripulaciones de misiones futuras.

El trabajo continúa investigaciones anteriores de la ESA sobre factores humanos, en particular su participación en el experimento internacional Mars500 en los años 2011-12, donde dos voluntarios europeos se unieron a una tripulación internacional (abajo) de "martenautas" simulando una misión a Marte mientras se encontraban encerrados en una cámara durante 520 días en el Instituto Ruso para Problemas Biomédicos en Moscú. El estudio ayudó a determinar los principales efectos fisiológicos y psicológicos de permanecer en un entorno cerrado por un período tan largo.





→ PUENTES HASTA LA ÓRBITA

No hay una definición oficial de dónde empieza, pero el espacio está más cerca de lo que usted pueda creer. La Estación Espacial Internacional orbita a aproximadamente la misma altura que la distancia de Londres a París. Si pudiera conducir con su coche recto hacia arriba, llegaría al más bajo de los satélites en un par de horas.

Pero la altitud sola no es suficiente para permanecer en el espacio: la atracción de la gravedad de la Tierra a la altitud de la Estación sigue siendo nueve décimas partes de lo que es a nivel terrestre, así que se lo llevaría de nuevo hacia abajo. Ir al espacio para quedarse significa orbitar, y para eso su coche tendría que empezar a conducir de forma paralela a la superficie terrestre pero a casi 8 km por segundo. Técnicamente, un objeto en órbita continúa cayendo a la Tierra, pero moviéndose lateralmente tan rápido que siga la curva del horizonte y nunca golpea el suelo.

Con la tecnología actual, los cohetes químicos de varias etapas continúan siendo nuestro único medio para orbitar. Un motor de cohete encendido es casi una explosión controlada, con la fuerza de empuje dirigida hacia abajo. Siguiendo la tercera ley de Isaac Newton *-por cada acción hay una reacción igual y opuesta-* el cohete sube hacia el cielo. Esto requiere una gran cantidad de energía: el Ariane 5 de 53 m de altura pesa

780 toneladas, pero más del 95% de ese peso es combustible y comburente. Aun así, el cohete tiene que soltar los impulsores una vez vaciados y las etapas a medida que asciende, reduciendo metódicamente su masa de vuelo e incrementando la velocidad para alcanzar la órbita.

Ariane en ascenso

Han pasado más de 40 años desde que un grupo de gobiernos europeos decidió que el programa espacial europeo necesitaba un acceso garantizado al espacio y que tenía sentido aunar sus esfuerzos para lograr esta meta. Gracias a su visión de futuro, Europa desarrolló la familia de cohetes lanzadores Ariane y estableció su propia base de lanzamiento en la Guayana Francesa. El primer Ariane 1 se lanzó la Nochebuena de 1979. Desde entonces han volado más de 215 Arianes, progresando con el Ariane 2, 3 y 4 hasta el Ariane 5 de la actualidad.

Ariane se ha consolidado como un líder de mercado, poniendo en órbita más de la mitad de todos los satélites comerciales. El nuevo cohete europeo Vega ha sido desarrollado para cargas útiles más pequeñas y el Soyuz ruso se ha llevado al Puerto Espacial Europeo en la Guayana Francesa para aumentar la flexibilidad y la

competitividad de la familia de lanzadores de Europa. Una compañía privada, Arianespace, opera la familia de lanzadores, mientras que la ESA conserva un rol de desarrollo técnico, incluyendo trabajar en el “Lanzador de próxima generación” para el futuro.

Respondiendo

Casi todos los satélites de la ESA que abandonan la Tierra nunca regresan, pero siguen vinculados por un tipo diferente de puente -comunicaciones por radio- a través del cual los equipos de tierra mantienen el control y la nave espacial retorna sus valiosos resultados a la Tierra.

Su capacidad de banda ancha y la habilidad para pasar libremente a través de la atmósfera de la Tierra significan que las señales de radio son la columna vertebral de las comunicaciones en el espacio, con una red de estaciones terrestres repartidas por todo el planeta para servir a satélites en diversas órbitas. En pocas palabras, cuanto mayor la antena de radio, más lejos podrán estar las naves espaciales a las que sirva.

El primer satélite de todos los tiempos, el Sputnik, no transmitió nada más que un simple “bip bip” a la Tierra.

Más de cinco décadas después, las misiones al espacio se enfrentan al riesgo de ahogarse en la inmensa cantidad de datos producidos por instrumentos de última generación para satélites. Los planificadores de misiones se encuentran cada vez más con el problema espinoso de cómo retransmitir tantísimos resultados a la Tierra. El ancho de banda disponible de una misión está determinado por una combinación del tamaño de la antena, la potencia de los transmisores y las características de las estaciones terrestres asignadas. A medida que aumenta el tráfico en el espacio, el ancho de banda se está convirtiendo en un recurso muy escaso, y las bandas tradicionales se van saturando. Compartir frecuencias y otras estrategias hábiles están llegando a sus límites.

Llega un punto en el cual aumentar el número total de estaciones terrestres resulta ineficiente. Retransmitir comunicaciones a través de satélites es otra forma de aumentar la conectividad de las estaciones terrestres: el Sistema europeo de retransmisión de datos de la ESA investigará esta solución. Otro método más directo es reducir los resultados de una misión a un tamaño más manejable por medio de la compresión de los datos a bordo antes de descargarlos a la Tierra.



Listo para el lanzamiento

Un cohete Ariane 5 se perfila en el cielo de la tropical Guayana Francesa, rodeado por una densa jungla. El mástil es uno de los cuatro pararrayos protectores. El Puerto Espacial Europeo está a tan solo 500 km al norte del Ecuador, sus lanzadores obtienen velocidad adicional gracias a la rotación de la Tierra.

Este es el vehículo que lanzó la sonda de cometas Rosetta el 2 de marzo de 2004, marcando la primera ocasión en que un Ariane colocara una carga útil en una trayectoria para escapar de nuestro planeta.

La etapa criogénica en el núcleo del Ariane 5 transporta hidrógeno y oxígeno líquidos para alimentar a su motor principal, junto con un par de impulsores de combustible sólido que proporcionan más del 90% del empuje total durante los 130 primeros segundos de vuelo. Encima de la primera etapa se puede añadir una etapa superior de combustible almacenable o una etapa superior de combustible criogénico que se encarga del vuelo más allá de la atmósfera para diferentes tipos de misiones, desde la órbita baja a la órbita geoestacionaria y más allá. La caja de equipos del vehículo, en la parte superior de la etapa principal, contiene el ordenador de guiado que lleva al lanzador hasta su órbita final con una precisión que muy pocos competidores pueden igualar. Esto permite al satélite ahorrar combustible durante las maniobras finales hasta su posición operativa. El ahorro puede prolongar la vida útil de un satélite casi un año.

La imagen insertada muestra uno de los dos conductos de evacuación de llamas de la plataforma de lanzamiento de Ariane, que dirigen los gases de escape calientes provenientes de los propulsores sólidos en el momento de la ignición. Los conductos están revestidos con placas de acero inoxidable de 8 cm de espesor para proteger las paredes de hormigón, reduciendo el mantenimiento necesario entre lanzamientos.

Actualmente hay dos variantes de Ariane 5 en producción: el Ariane 5 ECA (con la etapa superior criogénica) para hasta 10 toneladas hacia órbitas de transferencia geoestacionarias y el Ariane 5 ES (con la etapa superior de combustible almacenable) para hasta 20 toneladas hacia una órbita baja, como el Vehículo automatizado de transferencia de la ESA así como, posiblemente, el despliegue simultáneo de cuatro satélites de navegación Galileo a una órbita de altitud media.





Volar sobre a fuego

Un Ariane 5 asciende dejando una estela de humo justo después del despegue dirigiéndose a su órbita (derecha). El humo proviene en su mayor parte de propulsores de combustible sólido que en este momento se están ocupando de la elevación. Tras una subida inicial en vertical, el cohete empieza a inclinarse y balancearse para dirigirse hacia el este sobre el Océano Atlántico.

Esta vista (del vuelo V164 el 23 de febrero del 2005) fue tomada desde el centro de telecomunicaciones en el Monte Pariacabo, a unos 15 km de la plataforma de lanzamiento. Los impulsores son eyectados aproximadamente después de 130 segundos y 65 km de vuelo, mientras que la etapa principal (que transporta 150 toneladas de oxígeno líquido y 25 toneladas de hidrógeno líquido) opera durante casi 540 segundos. Durante el apagado, a una altitud de entre 160 km y 210 km dependiendo de la trayectoria de la misión, la etapa principal se separa y vuelve a entrar en la atmósfera sobre el Atlántico, dejando que la etapa superior continúe su vuelo hacia el vacío del espacio.

Dependiendo de la ventana orbital establecida, el Ariane 5 puede lanzar durante la noche en lugar del día, como se observa en la imagen izquierda. Los testigos oculares describen el momento del despegue como un amanecer en la oscuridad.





Sólido aspirante

La plataforma de lanzamiento de hormigón en el ELA-1 alojaba en el pasado los lanzadores Ariane 1 en sus vuelos orbitales, pero se ha modificado para servir al más reciente cohete de Europa.

A medida que la tecnología espacial evoluciona, el tamaño medio de los satélites se está reduciendo. El lanzador Vega de la ESA, que voló por primera vez el 13 de febrero de 2012, ha sido específicamente diseñado para servir a este mercado creciente, con la capacidad de lanzar simultáneamente varios satélites.

Vega es compatible con masas de carga útil que van de 300 kg a 2500 kg, dependiendo del tipo y la altitud de la órbita requerida por los clientes. La capacidad de referencia es 1500 kg hacia una órbita polar a 700 km de altitud y al lanzador se le encomendarán futuras misiones de la ESA como LISA Pathfinder, ADM-Aeolus y Sentinel-2 y 3 para el programa de monitorización global Copernicus.

El diseño de Vega está guiado por décadas de experiencia construyendo y haciendo volar Arianes, con sus tres primeras etapas de combustible sólido derivadas de los impulsores auxiliares del Ariane 5. Una cuarta plataforma reactivable de combustible líquido completa la puesta en órbita de las cargas útiles de Vega así como el alojamiento de dispositivos de aviónica y propulsores para controlar el balanceo del cohete durante todo el vuelo.

Vega también incorpora una amplia gama de materiales nuevos para mantener su propio peso lo más ligero posible: cuando menor masa propia, más carga útil puede poner en órbita. Lo que más destaca es el casco de Vega, realizado con un polímero reforzado con fibra de carbono y cocido hasta alcanzar un estado sólido: un material que suele utilizarse con mayor frecuencia para los núcleos que soportan carga en el corazón de los satélites de telecomunicaciones o en las carrocerías de los coches de Fórmula 1.

El vehículo resultante es tres veces más ligero que un cohete equivalente con un casco metálico, pero con una relación resistencia/peso casi cinco veces superior a la del acero o el aluminio. Otros materiales innovadores incluyen compuestos fenólicos de carbono y carbono/carbono, utilizados para las toberas de las tres etapas de combustible sólido.









Soyuz sudamericano

Este Soyuz ha viajado por medio mundo antes de tan siquiera despegar. El cohete se encuentra dentro de su pórtico móvil sobre la plataforma de lanzamiento de su nuevo hogar en el Puerto Espacial Europeo en la Guayana Francesa.

El Soyuz es el caballo de batalla del programa espacial ruso, en producción continua desde los años 60, y descendiente del cohete que lanzó al Sputnik en 1957, inaugurando la Era espacial. Como lanzador de clase media, traer el Soyuz a la Guayana Francesa complementa al Ariane 5 y al Vega, de tamaño más pequeño, para aumentar la flexibilidad y la competitividad de la familia de lanzadores europeos.

Para lanzamientos en la Guayana Francesa, este cohete de tres etapas -a las que suele añadirse una etapa superior Fregat- se monta horizontalmente según el estilo tradicional ruso y a continuación se coloca en posición vertical para que su carga útil se pueda acoplar desde arriba a la manera europea. Un nuevo pórtico móvil ayuda en este proceso, a la vez que protege a los satélites y al cohete del húmedo ambiente tropical.

La Guayana Francesa está cerca del Ecuador, por lo que cada lanzamiento Soyuz se beneficia en gran medida de la rotación de la Tierra, aumentando la carga útil máxima hasta la órbita de transferencia geoestacionaria de 1,7 toneladas a 3 toneladas.

Observatorio isleño

Este Cine-Telescopio de cúpula blanca (izquierda) entre las ruinas de un presidio colonial en la Isla Real (Île Royale) en la costa de la Guayana Francesa realiza el seguimiento de los lanzadores que ascienden desde el Puerto Espacial Europeo. Filma todo antes de que el cohete se pierda de vista, incluyendo el desacoplamiento de los impulsores, la separación de las etapas y cualquier anomalía. El material producido en bandas de onda visibles e infrarrojas es posteriormente analizado por Arianespace y por los socios fabricantes. Para lanzamientos Ariane 5, el evento más frecuentemente visible es la separación del carenado (la cofia) -que protege la carga útil frente a los zarandeos de la atmósfera- a una altitud de 110 km a unos tres minutos de vuelo.

Estas ruinas son testimonio del hecho que la Guayana Francesa, hoy en día una de las principales ventanas al espacio del planeta, marcó prácticamente el final del mundo para generaciones de prisioneros. El famoso Capitán Alfred Dreyfus fue mantenido en confinamiento solitario en la vecina Isla del Diablo (Île du Diable). Junto a la Isla de San José (Île Saint-Joseph) estas islas forman un trío denominado las Islas de la Salvación (Îles du Salut). Situadas directamente bajo la trayectoria de los lanzadores de Kourou, las islas pasaron a ser propiedad de la agencia espacial francesa, CNES, en los años 60. La agencia restauró las ruinas de la colonia penal en los 80. Las islas hoy en día son una atracción turística y una reserva natural. La selva de esta imagen es hogar para una cuadrilla de monos, y oculta el cementerio de la prisión.

Mientras que el Cine-Telescopio recopila metraje visual, una cadena de estaciones terrestres realiza el seguimiento de la telemetría de los lanzadores, desde Kourou a Brasil, la Isla de la Ascensión en medio del Atlántico, Gabón en África occidental y Kenia en África oriental.







Radioenlace con la órbita

La antena de 15 m de diámetro de la ESA en Kourou observa el cielo mientras que el Ariane 5 transportando Herschel y Planck despegaba el 14 de mayo de 2009.

Las misiones de la ESA dirigidas a una órbita de la Tierra o al sistema solar continúan vinculadas con su planeta mediante enlaces de radio invisibles gracias a la red de estaciones terrestres de la ESA repartidas por todo el mundo, conocida como Etrack.

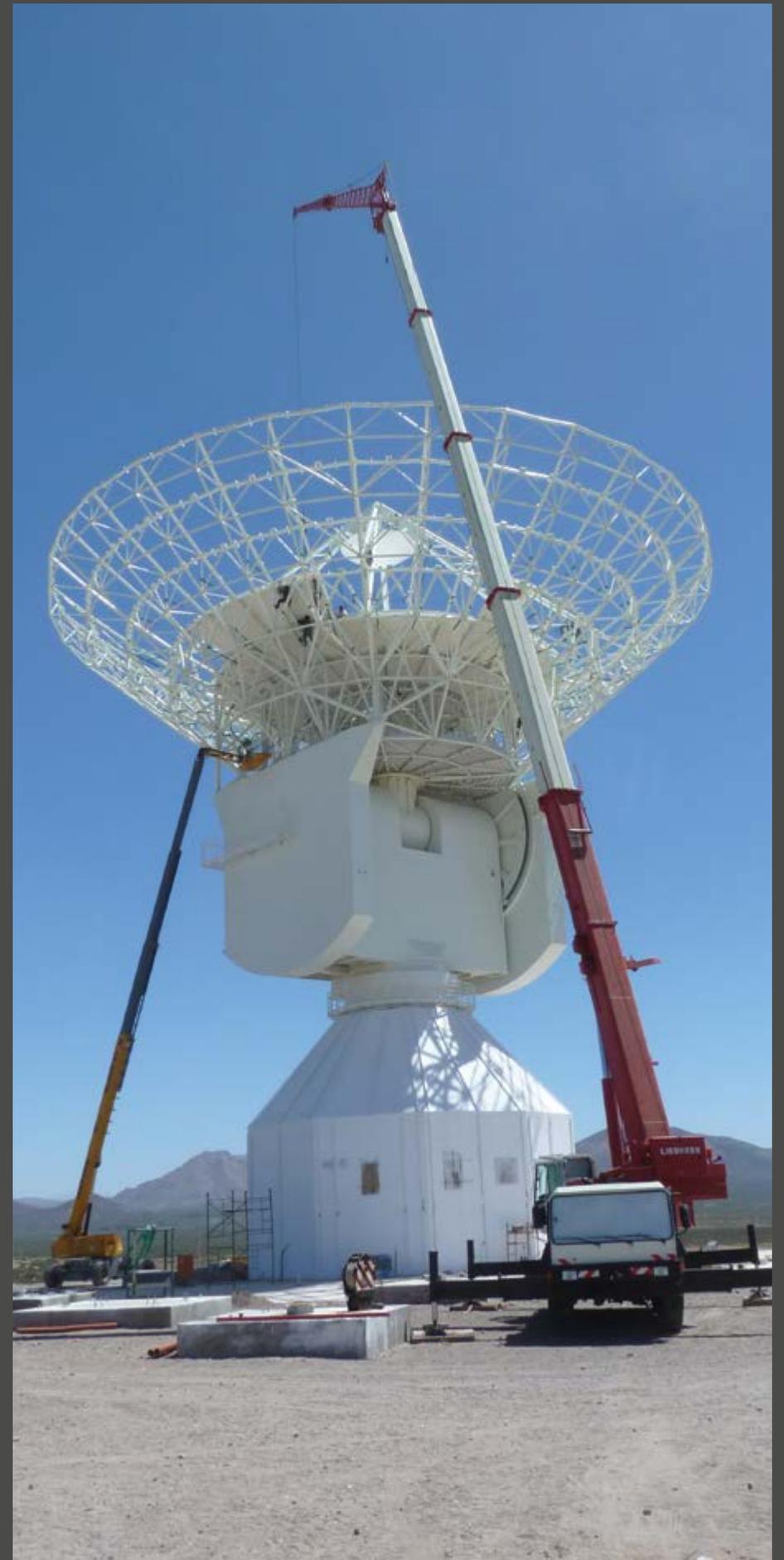
La tarea esencial de todas las estaciones de seguimiento de la ESA es comunicarse con las misiones de Europa, enviar órdenes y recibir datos científicos e información del estado de los satélites. Las estaciones Etrack también recopilan datos radiométricos para ayudar a los controladores de misiones a conocer la ubicación, trayectoria y velocidad de su nave espacial. Las estaciones proporcionan servicios adicionales, incluyendo buscar y adquirir satélites recientemente lanzados, control de frecuencia y temporización usando relojes atómicos y la recopilación de datos atmosféricos y meteorológicos por medio del análisis de señales. Hay 10 estaciones Etrack principales, respaldadas por otras estaciones cuando es necesario. A su vez, las estaciones de la ESA apoyan misiones de socios internacionales, y la ESA juega un rol líder en el establecimiento de estándares técnicos que permitan compartir datos entre estaciones, naves espaciales y redes en la Tierra y en el espacio. Situada a unos 5 km al oeste del complejo de lanzamiento de Ariane 5, la estación Kourou, vista aquí, se controla de forma remota desde el Centro Europeo de Operaciones Espaciales (ESOC) en Darmstadt, Alemania, y proporciona seguimiento y soporte de comandos para todas las fases de las misiones de la ESA.



Gran antena

La nueva estación terrestre de 35 m de diámetro para el espacio profundo de la ESA en Malargüe, Argentina, entró en servicio a finales del 2012, completando la cobertura de la esfera celestrial entera junto con las estaciones para el espacio profundo ya existentes en New Norcia, Australia y Cebrenos, España, que comenzaron a operar en el 2002 y el 2005 respectivamente. En conjunto, proporcionan a Europa capacidad de seguimiento del espacio profundo, suplementando las estaciones Estrack existentes que cuentan principalmente con antenas de 15 m de diámetro diseñadas para órbitas terrestres bajas. Las estaciones de 35 m proporcionan mejor alcance, mejor radioenlace y mayor caudal de datos para las misiones científicas actuales y de próxima generación como Mars Express, Venus Express, Rosetta, BepiColombo, Solar Orbiter, Euclid y Juice.

Las misiones al espacio profundo suelen volar a cientos de millones de kilómetros de la Tierra, y comunicarse a tales distancias requiere un apuntamiento mecánico de alta precisión. En agosto del 2012, y usando Mars Express como estación de retransmisión de datos, Estrack proporcionó un apoyo crucial al vehículo explorador Mars Science Laboratory de la NASA cuando se posó en Marte. En enero del 2014 volvió a establecer comunicaciones con Rosetta cuando la nave se despertó de su estado de hibernación y se preparó para entrar en órbita alrededor del cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko.







073 13:43:18
CLOCK + 006:39:48

European Space Operations Centre

esa
esoc





Centro de control

La Sala de control principal es el corazón del Centro Europeo de Operaciones Espaciales (ESOC) en Darmstadt, Alemania.

Aquí, los equipos supervisan los espectaculares eventos que marcan el progreso de todas las misiones una vez que se separan del cohete, desde la fase crítica de lanzamiento y órbita inicial (cuando una misión nueva cobra vida por primera vez) y maniobras complejas como acercamientos a asteroides, hasta la entrada en órbita en mundos extraterrestres.

Para operaciones de rutina, los controladores de misiones trabajan desde salas de control especializadas, donde controlan naves espaciales de observación de la Tierra, astronomía y espacio profundo 365 días al año, planificando el envío de órdenes y asegurándose de que exista un flujo fiable de valiosos datos enviados a científicos y comunidades de usuarios. Equipos operativos interactúan diariamente con las estaciones Estrack y dependen de apoyo crucial de especialistas en navegación, redes y dinámica de vuelo. Los analistas de misión trabajan en misiones futuras para evaluar cuál es la mejor manera en que los satélites pueden lograr objetivos científicos en nuestro sistema solar.

Desde 1967 el ESOC ha operado más de 60 misiones de la ESA y ha prestado apoyo a más de 50 satélites lanzados por socios europeos e internacionales. El éxito del Centro se debe no solamente a su experiencia técnica sino también, quizás de forma aún más importante, a la dedicación individual y al trabajo en equipo meticulosamente fomentados durante décadas. ESOC es el núcleo de la Agencia para las operaciones de las misiones, la dinámica de vuelo, el diseño de estaciones terrestres, la ingeniería y las operaciones, el desarrollo de software de control de misiones, estudios sobre desechos en el espacio y mucho más.

Trabajando de cerca con la industria europea, los ingenieros mejoran continuamente la tecnología de sistemas terrestres; muchos de los conceptos llevados a la práctica por primera vez en el ESOC son posteriormente transferidos a la industria para uso comercial. Las Instalaciones de Navegación del ESOC son una de las fuentes más respetadas del mundo de datos geoespaciales que soportan servicios de navegación de gran importancia económica.

Hoy en día, el ESOC tiene una reputación exclusiva y envidiable como "centro de excelencia" en cuanto a operaciones de misiones y jugará un rol clave en futuros programas y misiones espaciales.





Manteniendo un puesto de observación

Los cielos claros sobre Tenerife han hecho que sea uno de los principales lugares para observatorios astronómicos. Sin embargo, las instalaciones de la ESA en la mayor de las Islas Canarias españolas son una excepción: sus telescopios no están orientados al espacio profundo, sino simplemente a la órbita terrestre.

La Estación Óptica Terrestre de la Agencia es una parte exclusiva de las operaciones terrestres globales de la Agencia, usando observaciones astronómicas para observar los satélites que el hombre ha colocado en el espacio. Situada a 2400 m en el Observatorio del Teide, en las laderas del volcán El Teide, la estación fue inicialmente construida a finales de los 90 para realizar un enlace experimental de comunicaciones por láser con el satélite de comunicaciones Artemis de la ESA. Ha continuado este trabajo, sirviendo a otras misiones con comunicaciones por láser (como la misión lunar SMART-1 de la ESA) y logrando un récord mundial en comunicaciones cuánticas por láser en la distancia de 150 km entre Tenerife y La Palma.

La estación tiene una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo el seguimiento de los desechos en el espacio, el sondeo de la atmósfera y la realización de observaciones astronómicas. Mientras que el radar es el mejor detector de basura espacial en órbitas bajas, los objetos más distantes se observan mejor ópticamente. Se desarrolló una matriz especial de CCD con 16 millones de píxeles de campo ancho. Sondeos regulares han creado un amplio catálogo de desechos, convirtiendo a la ESA en un líder mundial en este importante asunto.

Las instalaciones jugarán un papel crucial en la iniciativa "Conciencia situacional en el espacio" de la ESA, destinada a aumentar nuestra comprensión de los peligros en el espacio, como desechos en órbita y asteroides cercanos.



→ PREPARANDO EL CAMINO

Las naves espaciales son unas de las máquinas más complejas jamás construidas, puesto que deben soportar la aceleración, vibración y ruido extremos durante el lanzamiento de un cohete y luego deben soportar el vacío absoluto, la ingravidez, temperaturas extremas y altas radiaciones del espacio durante años y años, sin perspectivas de reparación.

La ESA ha diseñado, comprobado y lanzado más de 70 misiones espaciales, junto con seis tipos de cohetes lanzadores. La escala de los logros de la Agencia es aún mayor si se tiene en cuenta su condición de organización dedicada a la investigación y el desarrollo. La ESA no hace cosas rutinarias. Cada nueva misión marca un decisivo avance técnico o científico en comparación con la anterior. En muchos casos, las misiones futuras están basadas en tecnologías que todavía ni siquiera existen.

Extendiendo los límites de lo posible

¿Cómo se hace? La industria europea es responsable de diseñar y construir las misiones, pero la ESA desempeña roles vitales de liderazgo, coordinación y supervisión. Cada nueva misión espacial nace de una nueva idea de exploración o aplicaciones (que puede provenir de instituciones de investigación o de la industria) a partir

de la cual los ingenieros de la ESA especializados en cualquier aspecto del entorno espacial evalúan su viabilidad y la guían a través de las fases de desarrollo.

Hacer realidad esos planes requiere un flujo constante de innovación, posibilitado a través de contratos de investigación con la industria. Las nuevas tecnologías avanzan cuidadosamente por la escala de “Nivel de madurez de tecnologías”, donde TRL 1 denota una idea prometedora y TRL 9 representa una tecnología que está lista para vuelos espaciales. Pero alcanzar cada una de las etapas de la escala implica más y más cualificaciones y pruebas. El dilatado Programa de investigación básica de tecnologías de la ESA (TRP) explora nuevos conceptos, mientras que su Programa de soporte general de tecnologías (GSTP) toma los prototipos resultantes y los convierte en productos listos para vuelos espaciales y para el mercado. Los directorados de la ESA también apoyan a sus propias actividades adicionales de desarrollo de tecnologías según se requiera.

Mapas de ruta para el desarrollo de tecnologías

El proceso es supervisado por expertos de la ESA, guiados por hojas de ruta de investigación y desarrollo, coordinados con otras entidades europeas. La ESA

también contribuye a establecer estándares comunes de trabajo para la industria espacial europea por medio de su afiliación a la Cooperación Europea para la Estandarización del Espacio y compila una lista de piezas cualificadas para misiones espaciales a través de una entidad denominada Coordinación Europea de Componentes para el Espacio. Y la cantidad y calidad de piezas y elementos integrados fabricados en Europa disponibles para misiones espaciales se está extendiendo a través de la Iniciativa de Componentes Europeos. La ESA está trabajando en conjunto con agencias espaciales nacionales y organizaciones relacionadas como la Agencia de Defensa Europea para garantizar que la independencia europea no peligre por una dependencia excesiva de proveedores extranjeros.

Apoyo a las misiones

Los especialistas de la ESA ayudan a decidir con qué debería estar fabricada una determinada nave espacial. Los materiales y las piezas candidatos son comprobados de forma exhaustiva en laboratorios del centro técnico principal ESTEC de la ESA o en una red de laboratorios externos de toda Europa: son bombardeados de varias formas con radiación, se someten a esfuerzos energéticos, térmicos o de vibración o se exponen a un vacío como el del espacio o incluso se les hace girar

bajo alta gravedad durante días o semanas. El Centro ESTEC combina un exclusivo conjunto de instalaciones para realizar pruebas de misiones espaciales completas en condiciones simuladas de lanzamiento u órbita: es el mayor centro de su clase en Europa y uno de los más grandes del mundo.



El corazón técnico

Ubicado junto a las dunas de Noordwijk, en la costa del Mar del Norte de los Países Bajos, el ESTEC, o Centro Europeo de Investigación y Tecnología Espacial, es el mayor centro espacial de Europa y el corazón técnico de la ESA.

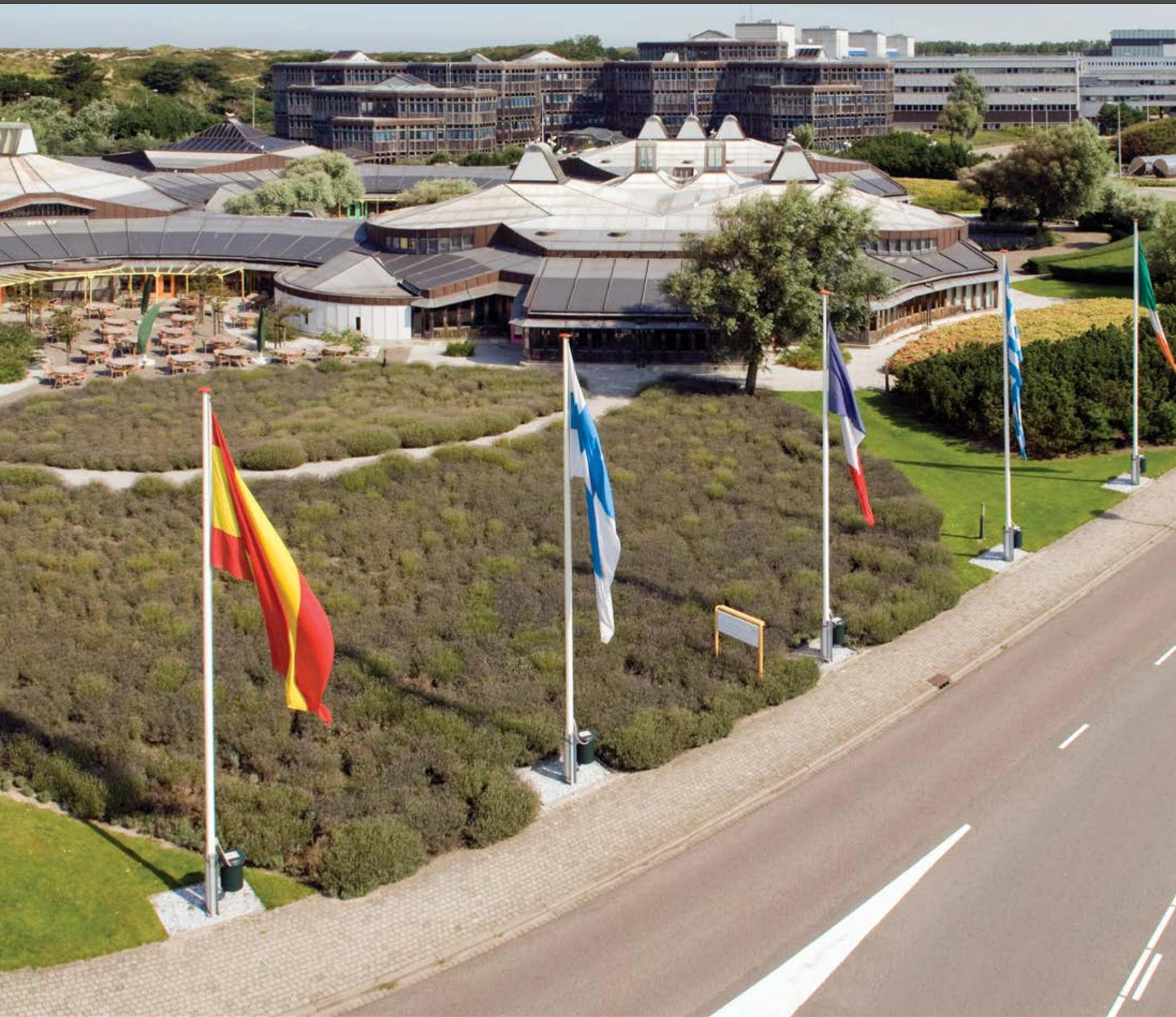
El ESTEC es la incubadora de las iniciativas espaciales europeas, donde las misiones se conciben y se guían a través de su desarrollo, donde nace la tecnología para habilitar las misiones del futuro y donde el material para el espacio puede someterse a condiciones similares a las del espacio.

Las más de 2600 personas que trabajan aquí son responsables de desarrollar y gestionar todo tipo de misiones de la ESA: ciencia, exploración y vuelos espaciales tripulados, telecomunicaciones, navegación por satélite y observación de la Tierra.

Los especialistas del ESTEC dan apoyo a la industria espacial europea y cooperan de cerca con otras organizaciones, como universidades, institutos de investigación y agencias nacionales de los estados miembros de la ESA, así como agencias espaciales de todo el mundo.

El ESTEC también es la sede de varias instalaciones de ensayo, únicas en Europa, para someter a componentes de satélites o a naves espaciales completas a la aceleración, vibración y ruido extremos que se necesitan para entrar en órbita y al vacío absoluto, las temperaturas extremas y la alta radiación que se encuentran en órbita. Más de 180 misiones espaciales han pasado por las puertas del ESTEC de camino a su puesta en órbita.







Misiones que toman forma

Toda misión espacial de la ESA nace de una nueva idea de exploración o aplicaciones. Esas ideas iniciales toman una forma definida aquí, en la Instalación de Diseño Concurrente (CDF) de tecnología punta del ESTEC. Considerando que las naves espaciales son unas de las máquinas más complejas jamás diseñadas, el proceso de diseño en sí puede producirse de manera sorprendentemente ágil en la actualidad.

La red de ordenadores, dispositivos multimedia y herramientas de software de la CDF permite a un equipo de expertos de diversas disciplinas en el campo de la ingeniería trabajar de forma muy coordinada, en el mismo lugar y al mismo tiempo.

Tradicionalmente, los ingenieros se enfrentaban a la tarea de diseñar una estructura o sistema nuevo y complejo (un vehículo, una aeronave o un satélite) trabajando en secuencia, paso por paso, pasando el diseño de ingeniero a ingeniero. La ingeniería concurrente reúne a todos los ingenieros implicados, junto con todas sus capacidades y las herramientas requeridas, con el representante del usuario final en el mismo lugar y al mismo tiempo. Esto permite un diseño iterativo a un ritmo rápido, ya que el cliente y los diseñadores acuerdan los requisitos y toman decisiones en tiempo real para garantizar el mejor diseño al coste correcto y con un riesgo aceptable.

Este proceso ha sido desarrollado y perfeccionado y ahora es común producir un diseño conceptual de misión espacial con una valoración de costes y riesgos junto con varias opciones e incluir programación, pruebas y operaciones en cuestión de semanas en lugar de los varios meses que esto solía tardar.

Como pioneros reconocidos en el campo de la ingeniería concurrente, los ingenieros de la CDF de la ESA han contribuido a guiar la creación de instalaciones similares en otras agencias espaciales, universidades, instituciones de investigación y la industria. La ESA está contribuyendo a establecer una forma completamente nueva de trabajar.



El espacio en una botella

Una cámara de vacío térmico utilizada para simular la ausencia de aire y los extremos de temperatura en el espacio. En la imagen inferior, las células solares candidatas para la misión BepiColombo a Mercurio que se está preparando para la comprobación de la iluminación.

El recurso más valioso de ESTEC son los conocimientos de su personal, amasados a lo largo de casi 50 años de diseñar misiones espaciales. Alojados también en Noordwijk se encuentran los equipos que se especializan en cada aspecto de ingeniería para el entorno espacial.

El espacio es un entorno muy distinto y mucho más difícil que la vida cotidiana en la Tierra. Se requieren aceleración, vibración y ruido hasta un punto extremo para entrar en órbita. La nave espacial debe soportar entonces un vacío fuerte, ingravidez, variaciones extremas de temperatura y alta radiación, todo ello mientras funciona durante años, sin perspectivas de recibir servicio.

Mientras que el trabajo en sí de producir una misión espacial es externalizado al sector industrial y académico en Europa, ESTEC es el centro espacial de Europa, proporcionando coordinación y supervisión. Los especialistas de ESTEC contribuyen a preparar las normas de ingeniería para operaciones espaciales, respaldadas por pruebas rigurosas. Supervisan un flujo constante de innovación, basada en planes de investigación y desarrollo, destinada a hacer que las misiones planeadas en el futuro entren en el ámbito de lo posible.

Y cuando se considera una pieza o un material en concreto para una misión, los equipos del proyecto deben asegurarse de que es apto para el espacio. Las piezas y materiales candidatos se comprueban exhaustivamente, más allá del punto de destrucción si es necesario, en el conjunto de laboratorios especializados de ESTEC. Los artículos pueden ser bombardeados con radiación, sometidos a potencia eléctrica, vibración o carga térmica o expuestos a vacío como el del espacio.

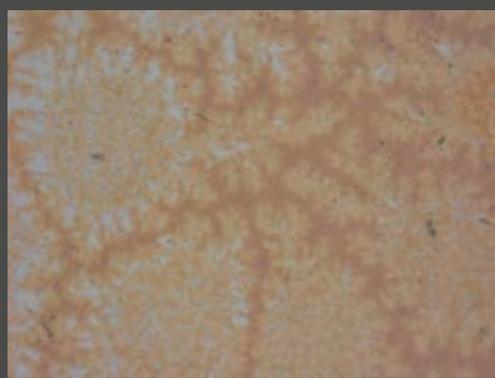
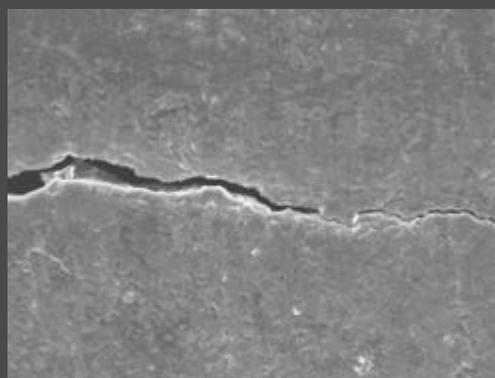
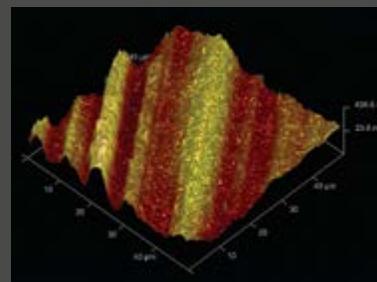
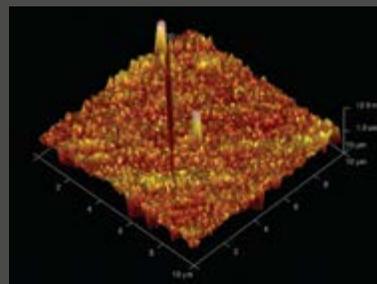
Por supuesto, la mejor forma de comprobar un sistema para el espacio es hacerlo volar en el espacio. Del tamaño aproximado de un paquete de leche, los "CubeSats" de 10 x 10 x 10 cm son un estándar común de satélite para permitir el acceso al espacio más allá de gobiernos y grandes corporaciones.

La ESA utiliza los CubeSats como parte de su misión educativa de apoyo a la industria espacial de Europa, inspirando a la próxima generación de científicos e ingenieros y preparándoles para el mercado laboral. El programa CubeSat de la ESA ofrece una experiencia de formación exhaustiva, desde la concepción, pasando por el diseño y los ensayos, hasta las operaciones de vuelo de una aeronave real y su sistema terrestre asociado, totalmente llevados a cabo por estudiantes de universidades europeas bajo la orientación de la Agencia.









Sondeando el nanomundo

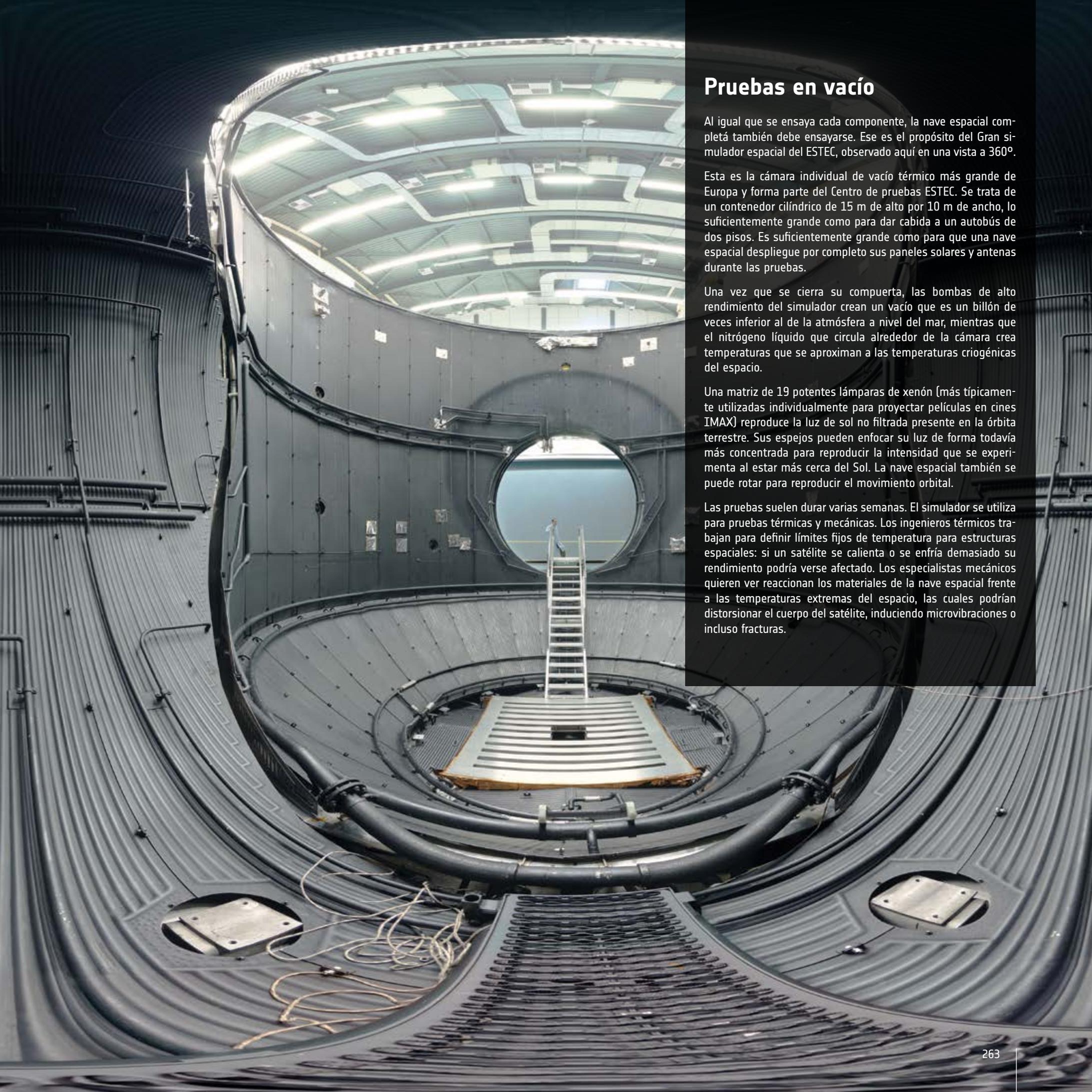
Preparar misiones para el espacio exterior puede requerir pruebas que van hasta el espacio interior, realizadas en los laboratorios de pruebas del ESTEC, situadas a lo largo del pasillo que se observa aquí.

Las dos imágenes superiores de la derecha se han creado con una punta de tan solo un nanómetro de ancho (una billonésima parte de un metro, equivalente a escala a una avellana en comparación con el planeta Tierra) que es arrastrada a través de los materiales de prueba como si se tratara de una aguja sobre un tocadiscos, en el microscopio atómico del ESTEC. El "perfilómetro" ha sido afilado hasta una escala tan diminuta (que suele equivaler a unas pocas docenas de átomos individuales) utilizando técnicas tomadas de la industria de los semiconductores. Este proceso revela la topografía de la superficie de los materiales de prueba a escala atómica, trazando aproximadamente un átomo individual por segundo. Los investigadores están interesados en cómo reaccionan los materiales frente a diversos aspectos del entorno espacial, como extremos de temperatura y la radiación, puesto que cualquier cambio en la química de la superficie puede alterar sustancialmente el comportamiento general del material. La imagen superior muestra un filtro óptico diseñado para la misión Sentinel-2, mientras que la segunda muestra un aislamiento de lámina de oro.

Los laboratorios de ESTEC cuentan con diversos microscopios ópticos, microscopios electrónicos de barrido y microscopios confocales para obtener vistas de proximidad de los resultados de las pruebas, con microscopios de sonda de barrido que llevan la resolución hasta escalas atómicas. Herramientas especializadas pueden realizar un taladrado o corte preparatorio de los materiales de prueba. Como alternativa hay disponibles métodos no invasivos, como microscopios acústicos que utilizan ultrasonidos. El espectroscopio de fotoelectrones por rayos X del ESTEC puede identificar la composición química de una superficie hasta un nivel nanométrico. Un "nanoraspador" evalúa la resistencia de los recubrimientos en la misma escala de espesor.

La tercera imagen es una visión microscópica de cristal fundido durante pruebas con láser. La cuarta imagen muestra grietas microscópicas desarrollándose en una lámina de titanio con un espesor de 10 micras. La imagen final es una vista microscópica de depósitos orgánicos formados en una muestra de cristal de la instalación orbital Expose (vea la página 191).





Pruebas en vacío

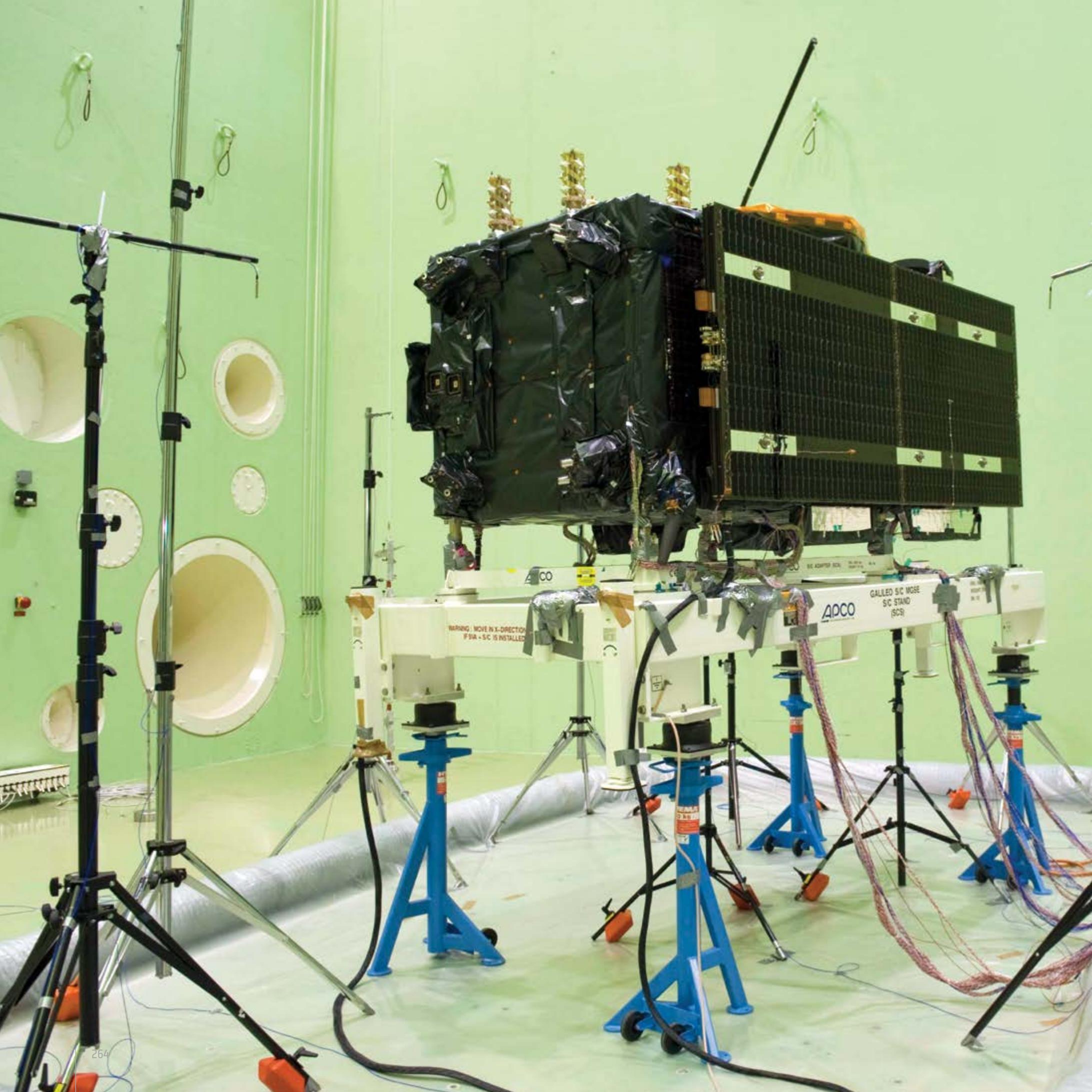
Al igual que se ensaya cada componente, la nave espacial completa también debe ensayarse. Ese es el propósito del Gran simulador espacial del ESTEC, observado aquí en una vista a 360°.

Esta es la cámara individual de vacío térmico más grande de Europa y forma parte del Centro de pruebas ESTEC. Se trata de un contenedor cilíndrico de 15 m de alto por 10 m de ancho, lo suficientemente grande como para dar cabida a un autobús de dos pisos. Es suficientemente grande como para que una nave espacial despliegue por completo sus paneles solares y antenas durante las pruebas.

Una vez que se cierra su compuerta, las bombas de alto rendimiento del simulador crean un vacío que es un billón de veces inferior al de la atmósfera a nivel del mar, mientras que el nitrógeno líquido que circula alrededor de la cámara crea temperaturas que se aproximan a las temperaturas criogénicas del espacio.

Una matriz de 19 potentes lámparas de xenón (más típicamente utilizadas individualmente para proyectar películas en cines IMAX) reproduce la luz de sol no filtrada presente en la órbita terrestre. Sus espejos pueden enfocar su luz de forma todavía más concentrada para reproducir la intensidad que se experimenta al estar más cerca del Sol. La nave espacial también se puede rotar para reproducir el movimiento orbital.

Las pruebas suelen durar varias semanas. El simulador se utiliza para pruebas térmicas y mecánicas. Los ingenieros térmicos trabajan para definir límites fijos de temperatura para estructuras espaciales: si un satélite se calienta o se enfría demasiado su rendimiento podría verse afectado. Los especialistas mecánicos quieren ver reaccionar los materiales de la nave espacial frente a las temperaturas extremas del espacio, las cuales podrían distorsionar el cuerpo del satélite, induciendo microvibraciones o incluso fracturas.



WARNING: MOVE IN X-DIRECTION
IF SW - SC IS INSTALLED

ADCO

GALLED SIC MOBE
SIC STAND
(SC)



Pared de sonido

Este satélite Galileo está siendo preparado para realizar pruebas dentro de uno de los sistemas acústicos más grandes del mundo. Observe las bocinas estilo altavoz estéreo de las paredes y los micrófonos alrededor satélite. Esta es la Gran Instalación Acústica Europea (o LEAF), que simula el ruido de un cohete durante el lanzamiento, el cual es equivalente en volumen al sonido de una flota de aviones a reacción despegando a tan solo unos metros.

Cualquiera que presencie el lanzamiento de un cohete se sorprende por el nivel de ruido, aunque se encuentre a varios kilómetros. Por supuesto, un satélite situado sobre su lanzador está expuesto a niveles muy superiores. Mucho antes de llegar a esa etapa, sus diseñadores han de asegurarse de que el satélite pueda soportar un ruido sostenido de tales características.

La LEAF, que es la mayor instalación europea de su clase, es una cámara de pruebas que mide 11 m de ancho por 9 m de fondo y 16,4 m de alto. Sus paredes están hechas de hormigón reforzado con acero de 0,5 m de espesor para contener el sonido y tienen un ancho recubrimiento de resina epoxídica para reducir la absorción del ruido y aumentar la reverberación interna.

El Centro de pruebas ESTEC incorpora múltiples instalaciones de pruebas bajo un mismo techo, todo ello conservado en condiciones prístinas de sala blanca vitales para las pruebas de naves espaciales. Varias de ellas están preparadas para comprobar otros aspectos del lanzamiento, incluyendo mesas vibrantes para realizar pruebas de vibración y cámaras de compatibilidad electromagnética y antenas que están aisladas de los campos electromagnéticos del mundo exterior con el fin de valorar si los sistemas eléctricos y de radio de una nave espacial pueden funcionar sin interferir entre sí.

Batido, no revuelto

Una sección del fuselaje del Airbus situada sobre la mesa vibratoria hidráulica "Hydra" del Centro de pruebas ESTEC, capaz de generar vibraciones equivalentes a un terremoto de 7,5 en la escala Richter. El Centro de pruebas puede atender a más industrias europeas cuando su programa lo permite. En este caso, Airbus intentó simular las tensiones breves pero considerables, conocidas como "transitorias" que una aeronave sostiene durante maniobras, vientos fuertes y aterrizajes, verificando posibles efectos nocivos de la resonancia interna.

Visto desde arriba, Hydra (la mesa de vibración más potente en su categoría) parece bastante modesto. Su parte visible es simplemente una placa de aluminio de 5,5 x 5,5 m colocada a ras del suelo. Pero esta placa es la parte superficial de una mesa de 18 toneladas que es movida por ocho actuadores hidráulicos y que se comporta de forma similar a la plataforma de un simulador de vuelo. El movimiento de la mesa está controlado por una red de 28 ordenadores en paralelo. La instalación puede sacudir objetos de hasta 22 toneladas con aceleraciones desde 0,05 a 5 veces la gravedad terrestre.

La industria espacial requiere las pruebas de vibración más rigurosas del mundo. Los dos primeros minutos del vuelo de un satélite son los más duros, puesto que experimenta la vibración extrema del lanzamiento. Es esencial comprobar los satélites y sus componentes antes del lanzamiento para asegurarse de que las sacudidas no los convertirán en pedazos.





→ EL ESPACIO EN LA TIERRA

Los exigentes requisitos del entorno espacial son un reto perpetuo para científicos e ingenieros. Sus respuestas amplían los límites de la innovación. Las tecnologías resultantes son una clase en sí: capaces de soportar una aceleración, vibración, temperatura y otras tensiones extremas a la vez que son lo más compactas y ligeras posible. Dichos atributos son obviamente beneficiosos para otros sectores industriales. El Programa de transferencia de tecnología de la ESA tiene la tarea de aportar tecnologías espaciales a la Tierra mediante aplicaciones innovadoras que beneficien a los ciudadanos y a la industria de Europa.

Transferencia de tecnología

Muchas de las mejores transferencias de tecnología se producen automáticamente cuando la capacidad de una tecnología es evidente para todos. Es un proceso continuo y a menudo inadvertido: los fabricantes pueden utilizar los conocimientos adquiridos en el espacio para mejorar componentes, productos y procesos industriales.

En otros casos cuesta encontrar un campo prometedor para la tecnología espacial, según los conocimientos de

los especialistas respecto a las necesidades particulares de un sector industrial. El proceso empieza analizando el sector no espacial. La ESA ha establecido una red de agentes de tecnología cuya tarea es valorar los requisitos de los mercados en toda Europa, buscando todos los sectores que presenten potencial de explotar las innovaciones espaciales.

El Programa de transferencia de tecnología de la ESA existe para facilitar el proceso y ha supervisado más de 260 transferencias durante las últimas dos décadas. Estos sistemas existentes fueron adaptados a un nuevo ciclo de vida en una industria muy diferente. Se parece a trasplantar plantas a un nuevo suelo: las condiciones tienen que ser las adecuadas para garantizar que el trasplante dé buenos frutos.

Construyendo negocios

El programa también ha establecido nueve Centros de Incubación de Empresas (BIC) en Europa, con más de 160 compañías de nueva creación patrocinadas por estos BIC. El programa apoya a empresarios que quieran establecer nuevos negocios que apliquen tecnologías espaciales al mercado terrestre por medio de amplio asesoramiento comercial y técnico,

contribuyendo a crear docenas de compañías no relacionadas con el espacio cada año. Estos centros mantienen sólidos vínculos con la Red Europea Espacial de Incubación y redes similares que fomentan la incubación de empresas.

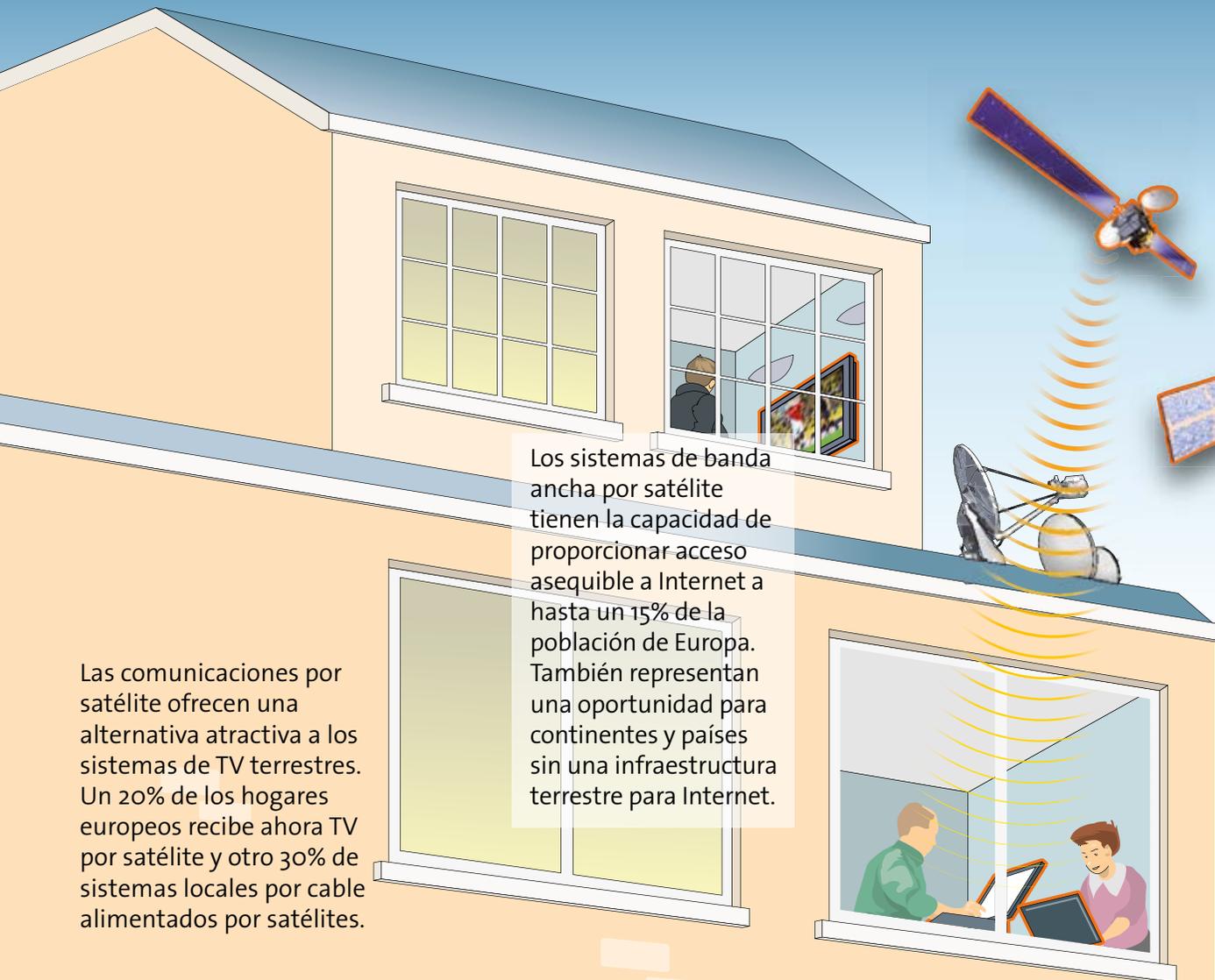
Pasar de un concepto inicial a construir una empresa de nueva creación que tenga éxito puede ser una labor ardua. Sin embargo, el apoyo de la ESA no termina cuando una compañía se gradúa de uno de sus Centros de Incubación de Empresas. El Programa de transferencia de tecnología puede poner entonces en contacto directo a firmas nuevas con inversores vanguardistas enfocados en la tecnología durante el Foro de Inversiones que la ESA organiza cada año. Además, la ESA también ha constituido su propio fondo de inversiones denominado Open Sky Technologies Fund para financiar compañías comerciales durante su adaptación al mercado.

Retorno de beneficios

La transferencia de tecnología continúa proporcionando beneficios reales de la tecnología espacial a las empresas de la Tierra, ofreciendo a la industria, a los usuarios comerciales y en última

instancia al público en general una mayor selección de bienes más robustos y fiables. El proceso también fortalece la industria espacial europea al abrir nuevas oportunidades de negocios para sistemas existentes, incrementando el retorno sobre la inversión inicial. El Programa de transferencia de tecnología de la ESA garantiza que las iniciativas de Europa para llegar a las estrellas redunden en una base industrial más amplia y competitiva y en una mejor calidad de vida para los ciudadanos de Europa.





Los sistemas de banda ancha por satélite tienen la capacidad de proporcionar acceso asequible a Internet a hasta un 15% de la población de Europa. También representan una oportunidad para continentes y países sin una infraestructura terrestre para Internet.

Las comunicaciones por satélite ofrecen una alternativa atractiva a los sistemas de TV terrestres. Un 20% de los hogares europeos recibe ahora TV por satélite y otro 30% de sistemas locales por cable alimentados por satélites.

Las tecnologías de posicionamiento ya utilizan GPS para realizar el seguimiento de autobuses públicos. Ayudando a calcular y mostrar los tiempos estimados de llegada a las paradas, proporcionan a las personas un servicio innovador y útil.

Los satélites que monitorizan las condiciones ambientales proporcionan datos acerca de la calidad del aire en las ciudades. Esta información ayuda a los asmáticos, a los padres de bebés y a muchos otros a gestionar su exposición a la contaminación.

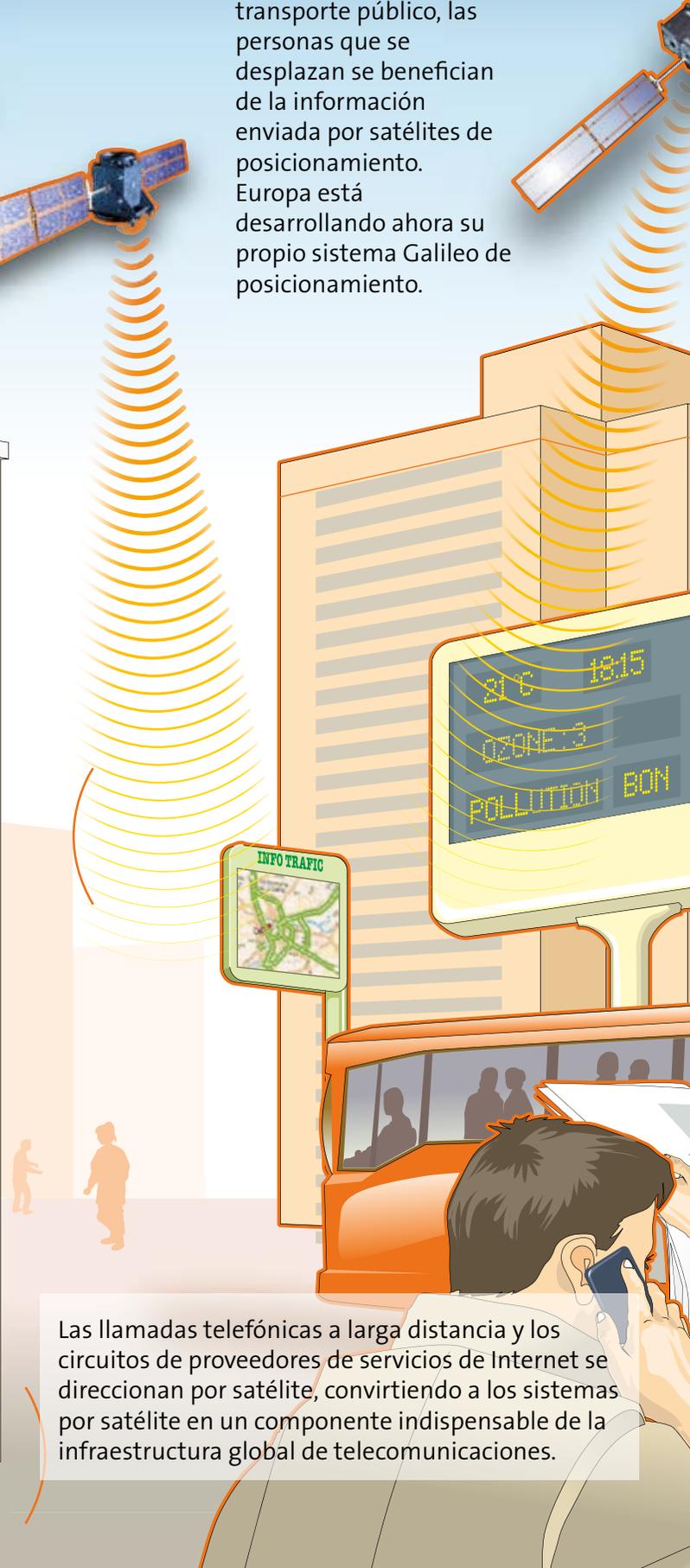
Muchas actividades cotidianas son posibles gracias a los satélites en órbita sobre nuestras cabezas. Su fiabilidad y flexibilidad permiten varios servicios, como que los bancos minoristas contacten rápidamente con la sede central de Visa®.



Los vehículos más recientes de gama alta cuentan con sistemas de frenado basados en compuestos de carbón, desarrollados originalmente para sistemas aeroespaciales de protección térmica.



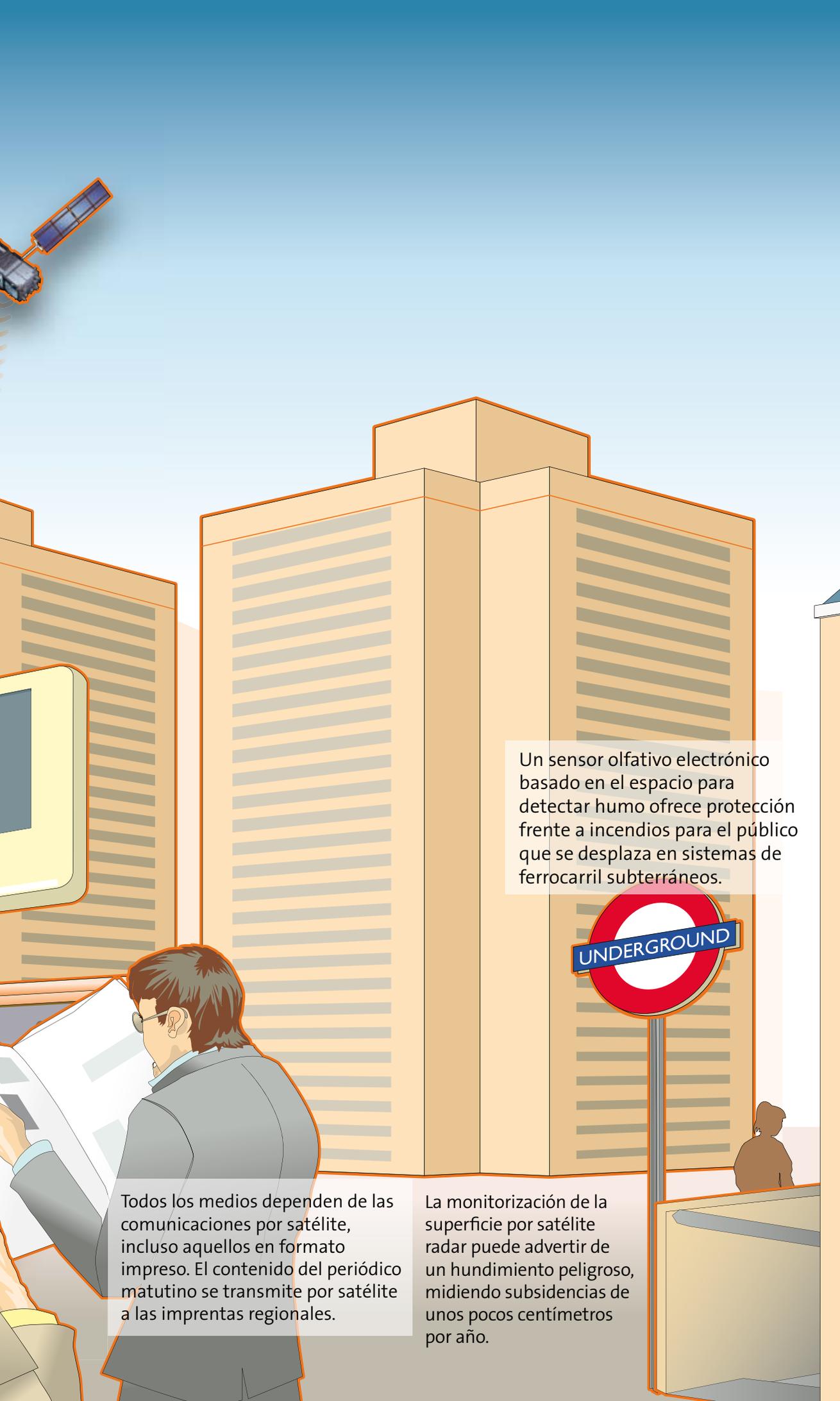
Tanto si es en sus propios vehículos como en el transporte público, las personas que se desplazan se benefician de la información enviada por satélites de posicionamiento. Europa está desarrollando ahora su propio sistema Galileo de posicionamiento.



Las llamadas telefónicas a larga distancia y los circuitos de proveedores de servicios de Internet se dirigen por satélite, convirtiendo a los sistemas por satélite en un componente indispensable de la infraestructura global de telecomunicaciones.

La forma en que vivimos hoy

De forma casi imperceptible, las tecnologías espaciales se han convertido en parte de nuestras vidas cotidianas. Es una paradoja que cuanto más útil y ubicua demuestre ser una tecnología espacial, menos probable sea que la percibamos como una tecnología "del espacio". Los recursos patrocinados por la ESA, como satélites meteorológicos, sistemas de navegación por satélite y satélites de telecomunicaciones forman una infraestructura invisible, tan esencial para la forma en que vivimos y trabajamos ahora como los tubos soterrados para agua, gas y telecomunicaciones o los postes de electricidad que se extienden de población en población. Los materiales derivados del espacio están empezando a jugar roles igual de desapercibidos.



Un sensor olfativo electrónico basado en el espacio para detectar humo ofrece protección frente a incendios para el público que se desplaza en sistemas de ferrocarril subterráneos.

Todos los medios dependen de las comunicaciones por satélite, incluso aquellos en formato impreso. El contenido del periódico matutino se transmite por satélite a las imprentas regionales.

La monitorización de la superficie por satélite radar puede advertir de un hundimiento peligroso, midiendo subsidencias de unos pocos centímetros por año.

Doblando el metal

El avanzado proceso de fabricación utilizado para crear estos depósitos esféricos de combustible para Ariane 5 está siendo ahora aplicado por la industria terrestre para hacer vehículos más seguros.

La etapa superior de Ariane, que es tanto una nave espacial como un cohete, despliega su cargamento de satélites en el vacío del espacio. Su potente combustible, la hidracina es altamente volátil, corrosivo y se transporta a alta presión. Las esferas se fabrican con titanio 6/4 (una aleación ligera de titanio, aluminio y vanadio) ya que éste no reacciona con la hidracina. Pero golpear titanio en frío para malearlo en curvas puede ocasionar microgrietas.

Para solventar esa dificultad, la compañía alemana FormTech utiliza "conformado superplástico", calentando la aleación hasta 920°C (la mitad de su punto de fusión) y colocando entonces el metal reblandecido en un molde y aplicando presión de gas, como si se tratara de hinchar un globo. Los depósitos de 1 cm de espesor resultantes son ligeros pero resistentes, de hecho son tan duraderos que varios han sobrevivido tras precipitarse en llamas de regreso a la Tierra.

FormTech ha estado trabajando con el agente de transferencia de tecnología de la ESA MST Aerospace para encontrar usos terrestres para este proceso, investigando la fabricación de pantallas protectoras para los bajos de los vehículos (abajo a la derecha) que puedan operar a una temperatura superior, encajando mejor y con solo un 70% de la cantidad actual de blindaje de aluminio.







Girando al viento

Encontrar un buen hogar para un parque eólico es bastante simple, una vez que se sabe la forma en que sopla el viento. Para que los nuevos parques eólicos sean rentables es esencial medir las condiciones locales del viento e identificar la mejor posición para cada turbina. Comprender las condiciones del viento puede ser difícil debido a que los árboles, acantilados o colinas afectan a su fuerza y dirección. El método tradicional es plantar un mástil para recabar información, pero una compañía francesa de nueva creación apoyada por un Centro de Incubación de Empresas de la ESA en los Países Bajos ideó una alternativa más económica.

El pequeño paquete autocontenido Windcube de la empresa Leosphere se coloca en el suelo y puede medir perfiles eólicos a un rango programable de alturas de hasta 5 km utilizando el equivalente láser del radar, el lidar. Los impulsos de láser de Windcube son esparcidos por partículas en el aire, como polvo, agua y aerosoles y rebotan hasta un sensor que capta patrones de movimiento en la atmósfera.

El concepto es similar al próximo satélite Aeolus de la ESA, que medirá los vientos globales desde su órbita. Los expertos de la Agencia utilizaron su experiencia con Aeolus para ayudar a los ingenieros de Leosphere a optimizar el rendimiento, el peso y la capacidad óptica de Windcube. Leosphere está comercializando otros sistemas con la misma tecnología lidar en áreas como la meteorología y la investigación del cambio climático.



El arte del cristal

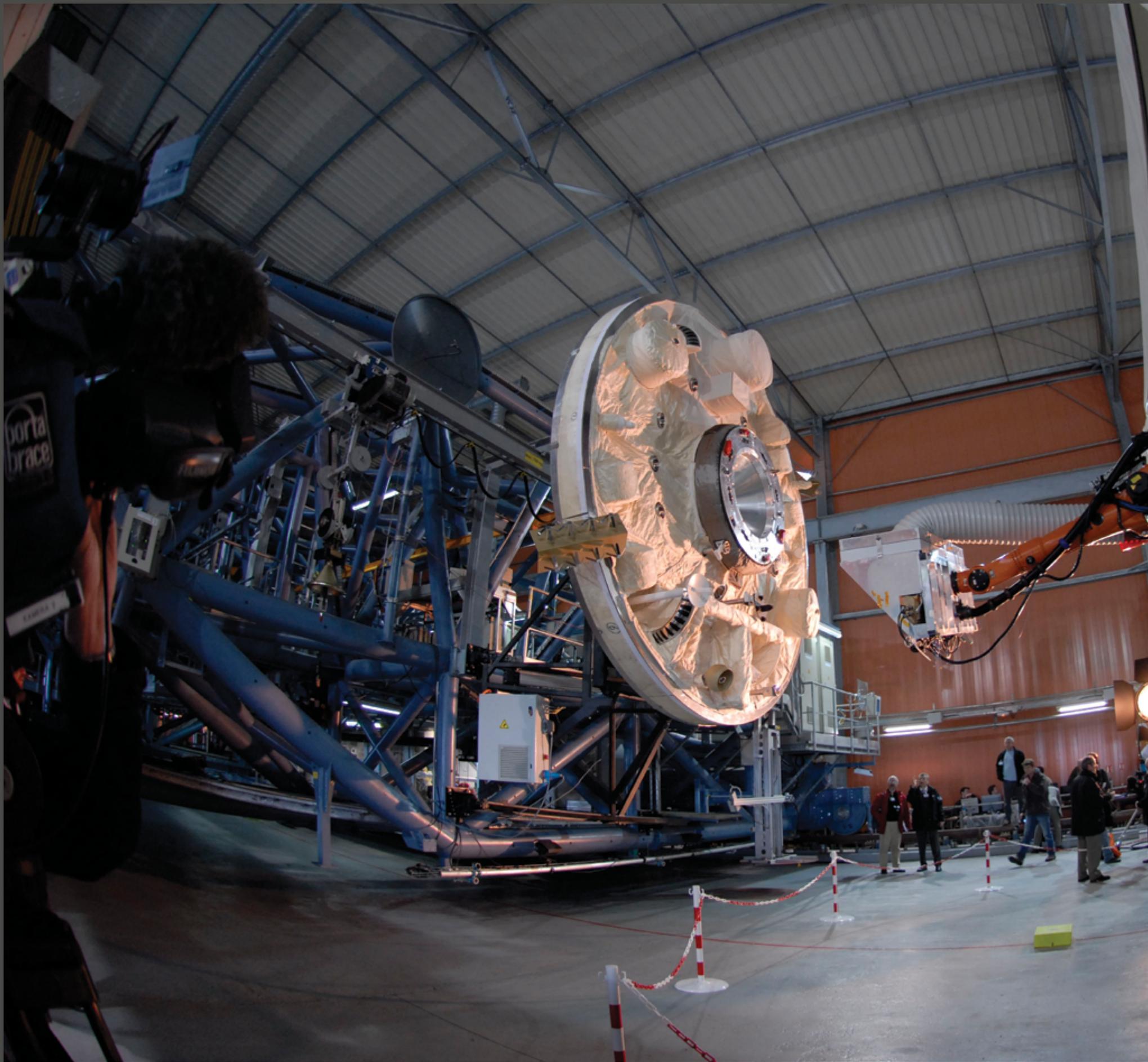
El complejo More London, situado a la orilla del Támesis junto al Tower Bridge, es una muestra extravagante de la arquitectura moderna. El edificio de diez plantas 7 More London (en la imagen) incorpora una fachada de cristal de 16.500 m².

No obstante, su cristal es de una clase especial, con mejores propiedades de aislamiento para mantener el interior del edificio fresco en verano y caliente en invierno. Gracias a su innovador recubrimiento, transfiere solamente un tercio del calor en comparación con el cristal de los ochenta, mientras que conserva una capacidad de transmisión de la luz de un 80% para reducir la necesidad de iluminación eléctrica. Fue el primer edificio de Inglaterra en recibir la codiciada calificación de "excelente" según el Método de evaluación medioambiental de edificios BREEAM por su sostenibilidad medioambiental.

El proceso de recubrimiento de cristal de alto rendimiento está basado en un sensor originalmente desarrollado en virtud de un contrato con la ESA a principios de los noventa para detectar oxígeno atómico altamente erosivo en órbitas bajas. Una versión en miniatura de dicho sensor está instalada en la Estación Espacial Internacional en la actualidad, mientras que una compañía derivada llamada ESCUBE en Alemania empezó a hacer que la misma tecnología estuviera disponible para los mercados no relacionados con el espacio en 1999. El sensor VacuSen, del tamaño de una cerilla, es utilizado por el fabricante líder de cristal plano en Alemania para optimizar el proceso de recubrimiento con el fin de adaptar las propiedades del cristal con precisión.





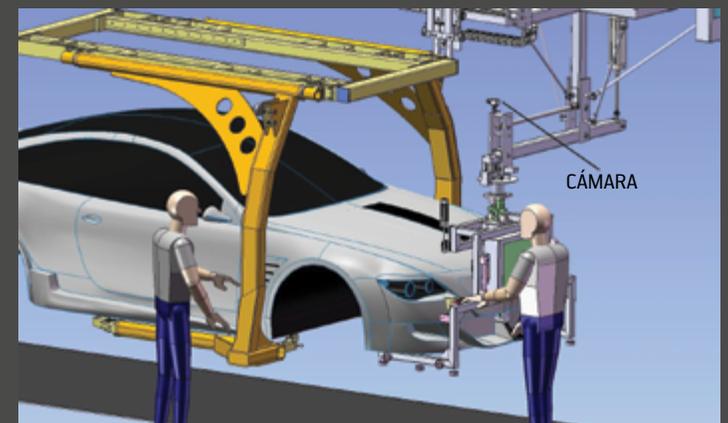




Diseñado para el ataque

El carguero, o vehículo automatizado de transferencia (ATV) de la ESA atracará automáticamente con la Estación Espacial Internacional en órbita siguiendo un programa preciso y estrictamente controlado, un proceso que se simula aquí, en las instalaciones de ensayo, a 50 km al oeste de París, Francia.

Y gracias a los empresarios apoyados por el Centro de Incubación de Empresas de la ESA en Noordwijk, Países Bajos, la fábrica Autoeuropa de Volkswagen en Palmela, Portugal, está aplicando una tecnología similar de acoplamiento en los vehículos de su línea de producción. Desarrollado por la compañía holandesa MDUSpace, el sistema combina metraje de una cámara en vivo con software para reconocimiento de objetos, derivado de los sistemas de acoplamiento de las naves espaciales, para garantizar que el manipulador del robot de la línea de ensamblaje y el vehículo vayan exactamente a la misma velocidad y estén en la misma posición el uno respecto al otro en todo momento. El prototipo también está siendo evaluado para usos industriales más amplios.





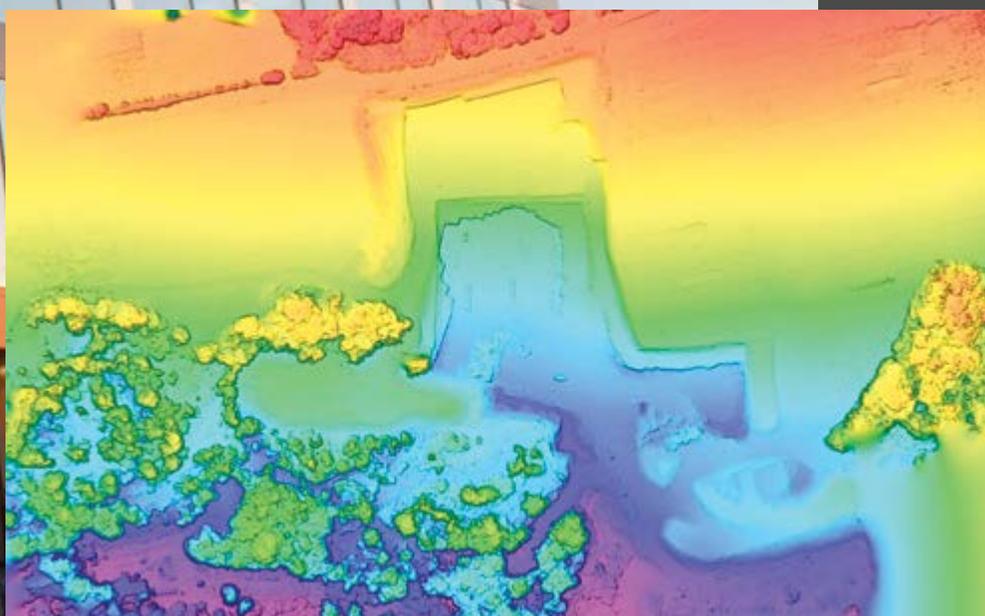
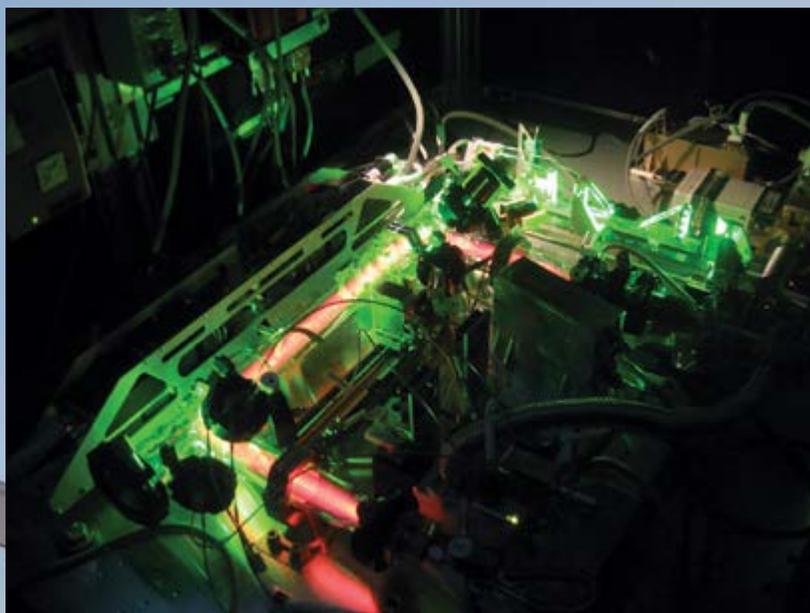
esa

business
incubation
centre

Noordwijk

Haciendo negocios

Una gran variedad de tecnologías espaciales ha inspirado a empresas innovadoras aquí en la Tierra, por medio de compañías de nueva creación apoyadas en muchos casos por la red de Centros de Incubación de Empresas de la ESA, como el BIC de Noordwijk, en los Países Bajos, (en la imagen).



- Esta tecnología electromecánica en miniatura, originalmente desarrollada para micropropulsión por satélite, ha sido adaptada para producir escintiladores más finos y de alta resolución para radiografías dentales. La compañía Scint-X diseñó una cámara dental con el escintilador para convertir los rayos X en luz normal; está fabricada por Nanospace, una filial de la Swedish Space Corporation. Siendo mucho más fina que las cámaras de rayos X actualmente en el mercado, sus imágenes son mucho más detalladas y la cámara puede insertarse directamente en la boca del paciente.
- El Instituto Max Planck de Física Extraterrestre en Alemania ha utilizado durante mucho tiempo una serie de experimentos con plasma (gas eléctricamente cargado – ver imagen superior), a bordo de la Estación Espacial Internacional como la base de un dispositivo para matar bacterias y virus que puedan provocar infecciones en hospitales. Con la ayuda de la ESA, el equipo se está centra ahora en desarrollar un sistema de desinfección de manos para hospitales, pero la tecnología de plasma frío podría llegar algún día a nuestros hogares. El plasma podría utilizarse para desinfectar cepillos de dientes y cuchillas de afeitar en lugar de la luz ultravioleta, que higieniza únicamente las superficies sobre las que brilla. El gas cargado con plasma también desinfectaría grietas y hendiduras ocultas.
- La navegación por satélite está siendo utilizada por la compañía alemana de nueva creación MAVinci para dirigir microaviones para fotografía aérea de bajo coste (se observan aquí, abajo a la izquierda). La compañía está apoyada por el Centro de Incubación de Empresas de la ESA en Darmstadt, Alemania y expertos ópticos de la ESA han proporcionado asesoramiento sobre la calibración de instrumentos.
- La compañía holandesa EstrellaSAT, apoyada por la ESA, está aplicando navegación por satélite para aumentar la productividad y la seguridad de máquinas de minería para servicio pesado. Enormes camiones de transporte que operan en minas de Sudamérica están conectados inalámbricamente vía satélite con un centro de control en los Países Bajos para que las máquinas y sus conductores puedan ser supervisados continuamente y se pueda intervenir rápidamente en caso de problemas.
- El gas almacenado químicamente en un material sólido en lugar de en depósitos presurizados puede permanecer de forma segura a temperatura ambiente durante años. Desarrollados por la compañía holandesa TNO Space y comprobados a bordo de Proba-2 de la ESA para represurizar sus depósitos de combustible, estos generadores de gas están siendo utilizados para suprimir incendios dentro de equipos informáticos por la compañía holandesa de nueva creación Fire Supression Inside.





Caudal de conocimientos

La transferencia de tecnología es verdaderamente una iniciativa a través de toda la Agencia, con expertos que ponen su experiencia especializada a disposición de empresas de nueva creación que utilizan tecnología espacial.

Sumergir costosos equipos electrónicos en agua no suele recomendarse, pero esta pantalla de TV en alta definición terminó en el fondo de la piscina del ESTEC como parte de una prueba de transferencia de tecnología.

La compañía holandesa AquaCinema intenta convertir piscinas en entornos inmersivos de realidad virtual recubriéndolas con “baldosas acuáticas” impermeables que proyectan vídeo en alta definición. A medida que los nadadores recorren sus largos, podrían disfrutar de imágenes de la Gran Barrera de Coral u observar el mundo desde el espacio como si se encontraran en un entorno sin gravedad, siempre que el aislamiento impermeable de las baldosas funcione según lo previsto. Así que el ESTEC ofreció la piscina de su club deportivo para poner a prueba el prototipo. Esta asistencia práctica garantizó que la prueba fluyera correctamente.

La pantalla había sido adaptada a partir de un sistema originalmente desarrollado para mostrar diferentes configuraciones de la Estación Espacial Internacional en el ESTEC, mientras que AquaCinema en sí está apoyada por el Centro de Incubación de Empresas de la ESA en la cercana Noordwijk.

→ SOLO EMPEZANDO

“Apuntar a las estrellas”, tanto de forma literal como figurada, es un problema que puede ocupar a diversas generaciones, porque sin importar cuánto uno avance, siempre se siente el entusiasmo de encontrarse tan solo al principio”. Esto fue lo que escribió el pionero en cohetes Robert Goddard en 1932 al autor HG Wells, el hombre cuyas obras de ciencia ficción le habían inspirado a iniciar su investigación.

A medida que se prepara para entrar en su quinta década, la ESA ha avanzado de manera patente. Sin embargo, frente a la inmensidad del espacio, por supuesto que la Agencia no ha hecho nada más que empezar. Todavía nos encontramos en la orilla y tanteando el agua con los dedos. Este es tan solo el inicio de nuestro esfuerzo y se trata de un viaje que continuará mientras perdure nuestra especie.

Preservando el espacio

Como pioneros, estamos obligados a pensar en aquellos que vendrán después nuestro. Así que, para empezar, la Agencia quiere asegurarse de que las generaciones del mañana todavía podrán realizar un pleno uso del espacio alrededor de la Tierra. Ampliar el rol de liderazgo que la ESA ya está desempeñando en las medidas de mitigación de desechos espaciales, la Agencia tiene la intención de convertirse en un modelo

de actividades espaciales responsables y sostenibles. La iniciativa “Conciencia situacional en el espacio” de la ESA contribuirá a esta labor, vigilando los peligros que amenazan al planeta y a nuestro espacio inmediato. Además, la ESA se asegurará de que los procesos y productos empleados sobre el terreno sean lo más ecológicos posible.

Una agencia espacial sostenible es también una que aumenta al máximo los beneficios para sus ciudadanos como resultado de la inversión. La ESA continuará su trabajo con la Comisión Europea y los estados miembros para convertir los conocimientos arduamente adquiridos en productos y servicios innovadores, fomentando la competitividad europea. El espacio es uno de esos lugares en los que se está inventando el futuro, transformando nuestro continente en una sociedad del conocimiento para prosperar en el siglo venidero.

Creación de riqueza

La Agencia está realizando un especial esfuerzo en aplicaciones derivadas basadas en la infraestructura del espacio. Este sector es donde se concentrará la mayor parte de la riqueza y el valor añadido del espacio y se prevé que su tamaño se cuadriplique durante el transcurso de esta década. Se están abriendo nuevas posibilidades en la intersección de la observación de la

Tierra, la navegación por satélite y los sistemas de comunicaciones por satélite que solamente se están empezando a explorar.

La ESA también está dando prioridad a forjar enlaces con sectores terrestres donde existan sinergias técnicas. La ESA también ha impulsado durante mucho tiempo tecnologías en energías renovables y almacenamiento de energía, pero el sector de la energía también tiene conocimientos de los que se puede beneficiar la Agencia: tanto el sector de la energía como la industria aeroespacial tienen necesidad de materiales de alto rendimiento que puedan soportar altas energías y condiciones extremas. Copernicus ya está ofreciendo una nueva herramienta para la gestión ambiental, a la vez que la investigación de la ESA sobre sistemas avanzados de soporte para la vida y reciclaje para misiones espaciales prolongadas ha posibilitado aplicaciones más amplias en el planeta Tierra.

Próxima generación

Para terminar, la ESA desea proporcionar el mismo tipo de inspiración que el joven Robert Goddard encontró en la ciencia ficción para contribuir a crear la próxima generación de científicos e ingenieros europeos. Varios estudios han demostrado que, cuando se les pregunta si les gustaría trabajar en el campo de la ciencia o la

ingeniería, una gran parte de los jóvenes en Europa dicen que “no”, especialmente las chicas y mujeres jóvenes. Es interesante que los mismos jóvenes europeos contestan que “sí” cuando se les pregunta si están interesados en “cohetes, satélites y viajes espaciales”. Las actividades en el espacio son una forma excelente de captar la atención de los que serán los pensadores y líderes científicos del mañana. Así pues, que Europa explore el espacio no es un extra opcional: está construyendo el futuro en más de una forma.



Clean space

Puede que parezcan astronautas (parte superior), pero se trata de ingenieros en el puerto espacial europeo en la Guayana Francesa preparándose para verter hidracina líquida como combustible para el lanzamiento de la misión Herschel de la ESA. Como muchas otras aeronaves espaciales, Herschel utiliza hidracina para maniobrar en órbita. Pero este combustible de alta energía es también altamente tóxico y potencialmente explosivo. Los trajes protectores destacan la naturaleza peligrosa de la hidracina.

La ESA está investigando combustibles alternativos que sean más seguros y más ecológicos como parte de una iniciativa más amplia denominada Clean Space (espacio limpio), cuyo objetivo es convertirla en una agencia modelo en lo que respeta a actividades espaciales limpias, responsables y sostenibles.

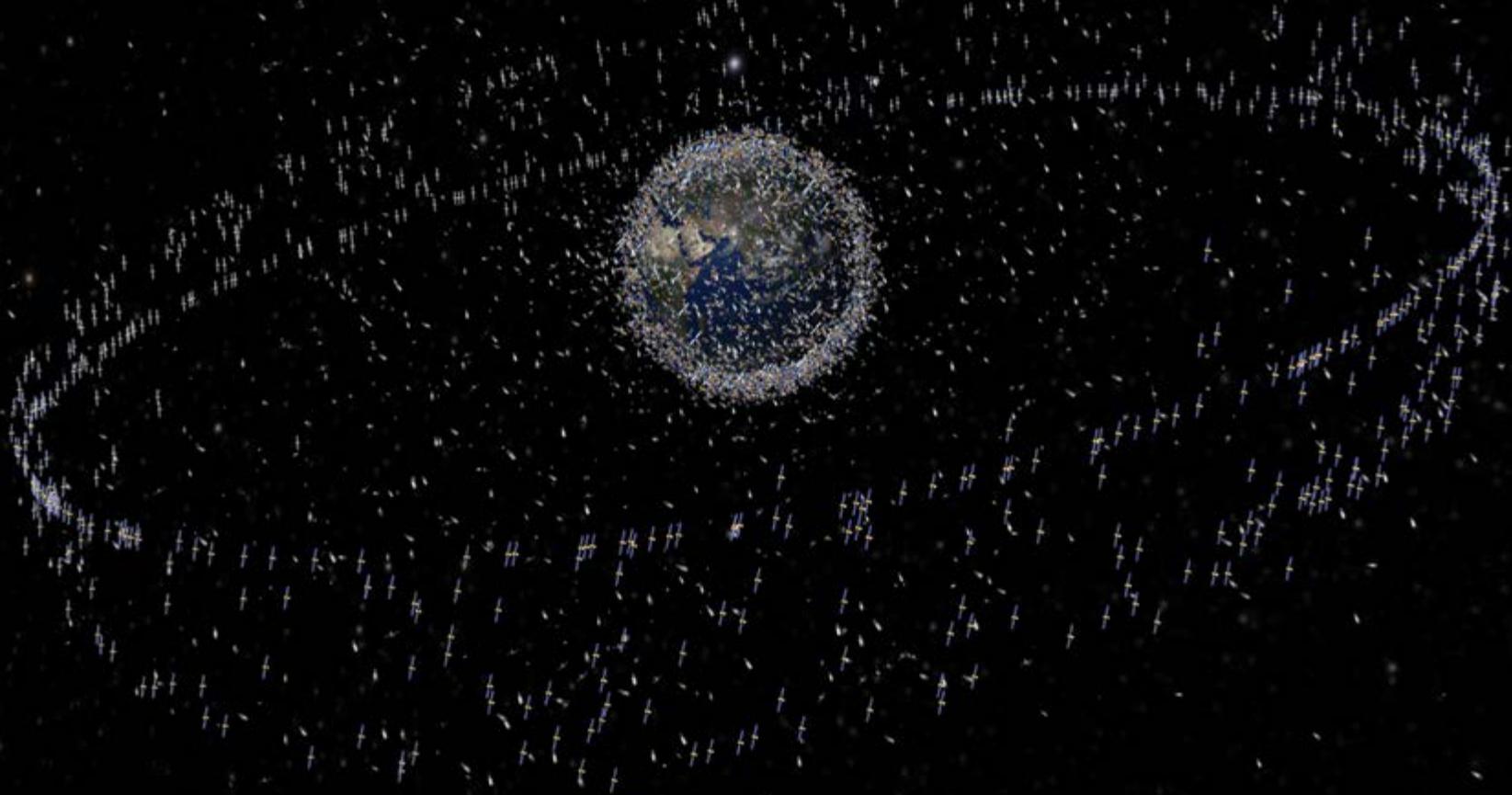
El primer paso es analizar los impactos ambientales de las actividades de la Agencia, como realizar un análisis del ciclo de vida de los lanzadores europeos, que incluye las columnas de gases de escape emitidos en la ascensión de una nave Ariane 5 (adyacente). En comparación con el sector automovilístico, el espacio es una industria de bajo volumen, pero sigue operando en el mismo planeta que todos los demás.

Nuevas leyes ambientales y una mayor inquietud por parte de los clientes y socios hace que dicho escrutinio se esté volviendo inevitable, y es lo correcto.

En la Tierra, la ESA se asegurará de que los procesos y productos que emplea sean lo más ecológicos posible. En el espacio, se basará en las técnicas actuales sobre mitigación de desechos espaciales para gestionar la eliminación de activos espaciales y para limpiar el espacio, utilizando activos de Conciencia situacional en el espacio para realizar el seguimiento de grandes desechos y apoyar planes futuros de moverlos a una órbita "cementerio" cuando sea necesario.

Estamos solo en el inicio de la Era espacial. Necesitamos traspasar la órbita terrestre a las generaciones del mañana en el estado más prístino posible.









Observando el cielo

El espacio ya es un componente crucial en las vidas cotidianas de todos. Los sistemas y las aplicaciones basados en el espacio son indispensables para muchos servicios críticos para las economías y los gobiernos de Europa, incluyendo aquellos relacionados con la seguridad. Esta dependencia solo hará que aumentar en el futuro.

Por consiguiente, es esencial ampliar nuestros conocimientos del entorno espacial del cual tanto dependemos. Ese es el objetivo del programa Conciencia situacional en el espacio (SSA) de la ESA, el cual se está implementando durante el transcurso de esta década.

Gracias al SSA Europa sabrá lo que ocurre en el espacio por medio de la observación de objetos y fenómenos naturales que podrían dañar nuestra infraestructura. El programa se dedica a sondear y realizar el seguimiento de objetos en la órbita terrestre, ya sean satélites activos o inactivos, etapas de cohetes desechadas y otros escombros. También incluye la monitorización de las condiciones climáticas en el espacio: las partículas y la radiación que provienen del Sol y que pueden afectar a las comunicaciones, sistemas de navegación y otras redes en el espacio y terrestres. Finalmente, el SSA incluye observar objetos cerca de la Tierra, como asteroides que tengan el potencial de impactar en nuestro planeta.

Para crear la capacidad de emprender estas actividades, el programa utilizará inicialmente los activos existentes de la ESA y socios europeos e internacionales, federados en conjunto en un sistema SSA. Posteriormente estos se ampliarán con nueva infraestructura, incluyendo radares de exploración y telescopios de sondeo óptico y puede que en el futuro se incluyan misiones de satélites dedicados.

Servicios en tierra

El crecimiento de este viñedo latinoamericano está siendo supervisado de cerca por una combinación de mediciones in situ y monitorización por satélite.

Para regar las vides de forma más eficiente a medida que maduran, los agricultores necesitan información sobre la producción de cosechas y el consumo de agua. El servicio GrapeLook de la ESA utiliza detección remota por satélite para controlar cuánta agua es liberada por las plantas, cuánta biomasa ha crecido y con qué eficacia se está usando el agua en general. Las lecturas de humedad se envían en tiempo real a un centro de procesamiento a través de una conexión por satélite. Una vez que la información se procesa, los mapas se colocan en línea para los viticultores y gestores del agua por medio de un sitio web basado en Google Maps. Durante una prueba del servicio realizada en el 2011, los participantes acordaron que GrapeLook era útil para monitorizar la escasez de agua y el crecimiento de las cosechas y para identificar problemas de irrigación. El servicio debería aumentar la cantidad de uvas cosechadas a la vez que eleva la calidad del vino, todo ello usando menos agua.

GrapeLook se ha beneficiado del programa de Promoción de aplicaciones integradas (IAP) de la ESA, que promueve servicios terrestres basados en una combinación de sistemas basados en el espacio, en este caso detección remota, comunicaciones por satélite y navegación por satélite. La mayor parte de la creación de riqueza y empleo en la industria aeroespacial se concentra en el sector de aplicaciones derivadas: los nuevos mercados y servicios que abre la infraestructura espacial. Por ejemplo, los ingresos totales generados por los satélites de telecomunicaciones en industrias como la televisión por satélite son 30 veces superiores a las inversiones realizadas para fabricar y lanzar los satélites en sí. La promoción IAP y otras iniciativas similares fomentan el desarrollo temprano de aplicaciones derivadas clave para la nueva infraestructura espacial que Europa está implementando.





Sin luz pero con teléfono

Los estudiantes de la aldea Mambi en Sulawesi Occidental, Indonesia, pasan en bicicleta por la estación alimentada a base de energía solar que mantiene su aislado poblado conectado con la red de telefonía móvil a pesar de no contar con una red eléctrica. La compañía irlandesa Altobridge desarrolló una estación base cuya investigación y desarrollo contó con el apoyo de la ESA por medio de la iniciativa ARTES de Investigación avanzada en sistemas de telecomunicaciones.

Con la ayuda de la ESA, Altobridge ha añadido nuevas funciones, incluyendo la conmutación local de llamadas y el traspaso inteligente a otros nodos de la red pública de telefonía móvil.

Los costes se han reducido al integrar una unidad remota de puerta de enlace en un ordenador de placa única dentro de la estación base de transceptores de baja potencia y corta distancia.

Gracias a la ESA, Altobridge está demostrando que se pueden proporcionar servicios móviles a la vez que se realiza un uso eficiente del ancho de banda por satélite por medio de un sistema patentado de gestión de las llamadas y codificación de las señales.

La compañía ha sido reconocida por el Foro Económico Mundial como un pionero en tecnología y sus estaciones base ya se están utilizando en comunidades locales de Asia, África, las Islas del Pacífico y, más recientemente, por todo el norte de Iraq.





Acción energética

Es posible que falten muchas cosas en el espacio, pero por suerte hay una abundancia sin límites de luz solar.

Así pues, durante muchos años, la ESA ha sido uno de los principales impulsores de tecnologías fotovoltaicas y otras innovadoras tecnologías energéticas. Las células solares son una tecnología casi tan esencial para el espacio como los cohetes. La ESA ha trabajado para aumentar la eficacia de las células solares hasta su nivel del 30% en la actualidad, cerca del límite teórico. Los satélites de observación terrestre también producen “mapas de luz solar” para contribuir a ubicar plantas de energía solar y comparar su eficacia operativa.

Además, la ESA ha estado investigando métodos avanzados de almacenamiento energético de alta densidad para misiones espaciales, un requisito clave para eliminar el carbono del sector del transporte. La ESA está estableciendo enlaces con la Comisión Europea sobre el tema de la energía y forjando enlaces con la industria para poner su experiencia a disposición del sector energético terrestre puesto que responde a inquietudes sobre los efectos de la energía sobre el medio ambiente y la seguridad de la energía.





En su mundo propio

Viajar ligero es prácticamente una necesidad para los astronautas de hoy en día: tendrían que llevarse toneladas de comida, agua y oxígeno para seguir con vida durante expediciones de larga duración al espacio profundo. Sin embargo, esta "tripulación" de ratas, así como originales e inspiradoras tecnologías de gestión medioambiental, están contribuyendo a cambiar esto.

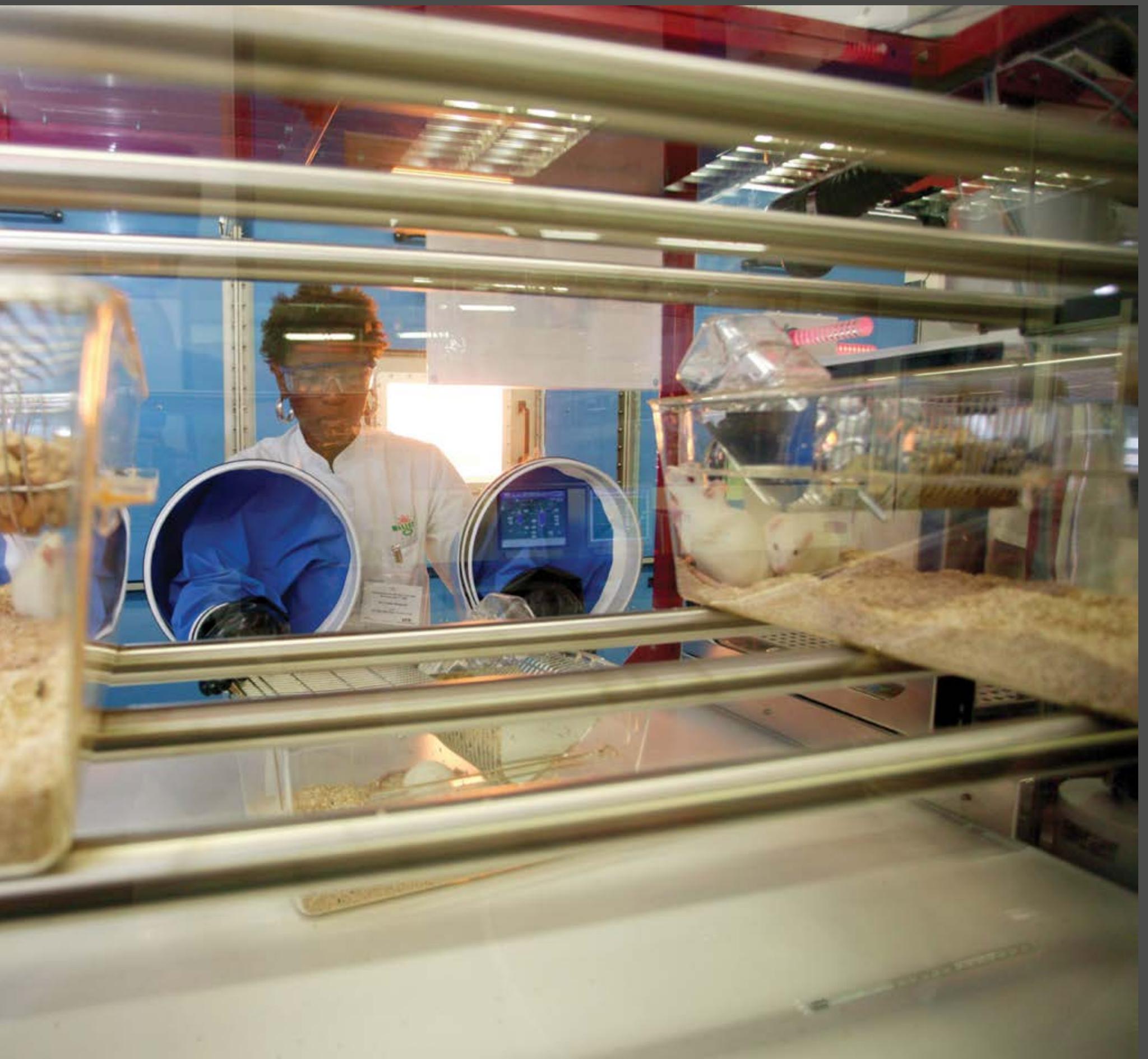
La planta piloto de la ESA en la Universitat Autònoma de Barcelona es la fase más reciente de la iniciativa Alternativa de sistema de soporte microecológico para la vida (MELiSSA), cuyo objetivo es la creación de un sistema de soporte para la vida de bucle cerrado con una eficacia cercana al 100%: un ecosistema autosostenible que idealmente no requiere ningún reabastecimiento.

Las instalaciones de Barcelona están diseñadas para demostrar el concepto MELiSSA a escala piloto, manteniendo viva a una tripulación de 40 ratas cuyo consumo colectivo de oxígeno equivale al de una persona humana. MELiSSA va más allá que otros sistemas de reciclaje utilizados en la Estación Espacial Internacional que purifican agua y reciclan la orina y el dióxido de carbono exhalado pero no intentan reciclar desechos orgánicos para la producción de comida.

Aquí no se malgasta nada. Basada en el principio de un ecosistema acuático, las instalaciones cuentan con cinco compartimentos interconectados. En tres de ellos se descomponen desechos progresivamente mediante fermentación. En el cuarto compartimento se cultivan algas o plantas para producir comida, oxígeno y agua. El quinto compartimento es donde habita la "tripulación".

Esta planta piloto es solo un elemento de un esfuerzo internacional de MELiSSA coordinado por la ESA, que hasta la fecha ha generado cientos de documentos científicos y numerosas técnicas ambientales derivadas, incluyendo el tratamiento de aguas residuales, el control de la contaminación de los viñedos y el reciclaje de desechos animales para agricultura intensiva.





Difundiendo la voz

El 18 de septiembre de 2011 la ESA y el Centro Aeroespacial Alemán DLR organizaron conjuntamente el primer "TweetUp espacial" europeo en el Centro Europeo para Astronautas en Colonia, como parte del Día aeroespacial alemán. El evento estuvo destinado a entusiastas del espacio que utilizan el medio social de mensajería Twitter y contó con 60 personas invitadas provenientes de cuatro continentes junto con un programa especial de información ofrecido por jefes de misión, científicos y astronautas de la ESA y la NASA.

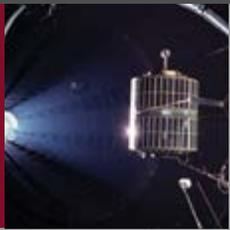
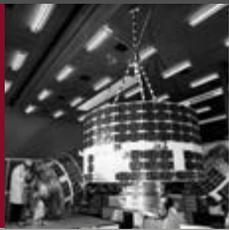
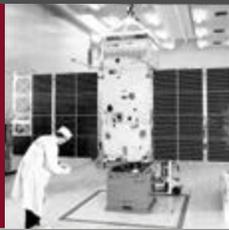
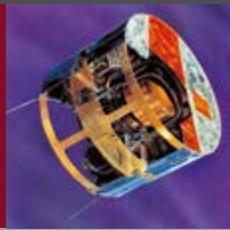
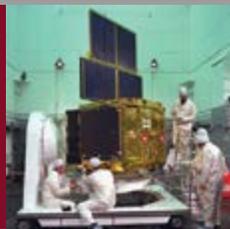
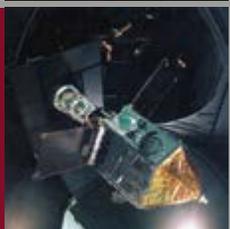
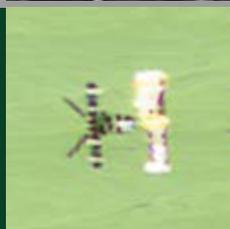
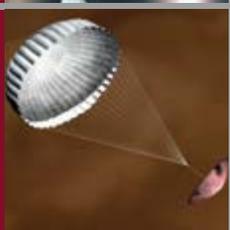
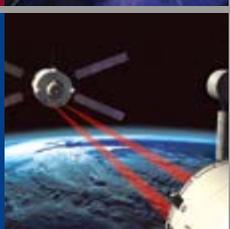
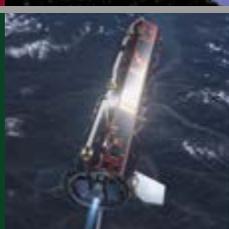
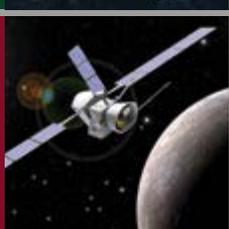
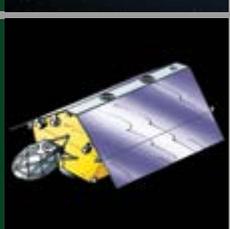
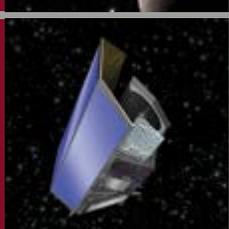
La ESA se está dirigiendo al público en general, más allá del público actual de la Agencia que sigue el sitio web de la ESA y lee el *Boletín* y otras publicaciones, para alcanzar el subgrupo más amplio de europeos que saben poco o nada del trabajo de la Agencia. Los medios sociales son un canal que cada vez tiene más valor: el astronauta de la ESA André Kuipers tuvo más de cien mil seguidores en Twitter durante su estancia en la Estación Espacial, mientras que colaboraciones con interesados nacionales en todos los estados miembros ofrecen otra forma de ampliar el alcance de la ESA. El objetivo es ir allí donde estén las personas y hablar su idioma, de forma tanto literal como figurada.

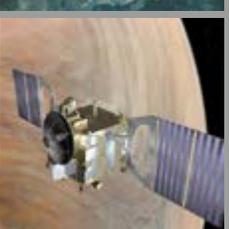
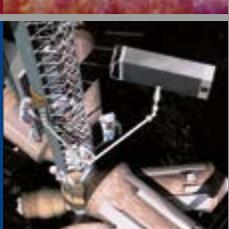
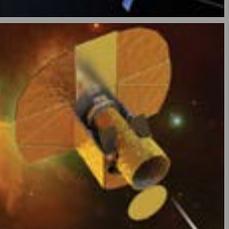
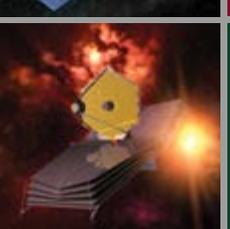
La ESA tiene una gran historia que contar, una historia de éxito pionero y excelencia técnica. Encuesta tras encuesta demuestran que el apoyo al espacio aumenta a medida que crecen los conocimientos sobre la materia. Simplemente es una cuestión de compartir.

La imagen inferior derecha muestra una placa situada en Noordwijk cerca del ESTEC para conmemorar el 40º aniversario del primer descenso tripulado sobre la luna y la imagen inferior izquierda muestra a Neil Armstrong en persona firmando la sobre la mesa de granito expuesta en Space Expo, el centro para visitantes del ESTEC, donde también han firmado muchos otros exploradores históricos del espacio.





<p>esro serie</p> <p>Lanzamiento: 1967 (fallido), 1968, 1969, 1972</p> <p>Exploración científica del entorno de partículas y radiación en el espacio</p>		<p>heos-1 y -2</p> <p>Lanzamiento: 1968 y 1972</p> <p>Sondeo del campo magnético de la Tierra y el medio interplanetario</p>		<p>td-1</p> <p>Lanzamiento: 1972</p> <p>Astronomía por rayos UV, rayos X y rayos gamma</p>		<p>cos-b</p> <p>Lanzamiento: 1975</p> <p>Astronomía por rayos gamma</p>	
<p>iue</p> <p>Lanzamiento: 1978</p> <p>Astronomía por rayos ultravioletas</p>		<p>Ariane</p> <p>Primer lanzamiento: 1979</p> <p>Lanzador comercial que garantiza el acceso independiente de Europa al espacio</p>		<p>marecs serie</p> <p>Lanzamiento: 1981, 1982 (fallido), 1984</p> <p>Satélites de telecomunicaciones marítimas</p>		<p>exosat</p> <p>Lanzamiento: 1983</p> <p>Astronomía por rayos X</p>	
<p>hipparcos</p> <p>Lanzamiento: 1989</p> <p>Trazado de la posición de más de 100.000 estrellas</p>		<p>hubble space telescope</p> <p>Lanzamiento: 1990</p> <p>La ESA contribuyó con los paneles solares y a la cámara de objetos tenues</p>		<p>ulysses</p> <p>Lanzamiento: 1990</p> <p>Trazado del espacio por encima y por debajo de los polos del Sol</p>		<p>ers-1 y -2</p> <p>Lanzamiento: 1991, 1995</p> <p>Observación de la Tierra basada en radar</p>	
<p>huygens</p> <p>Lanzamiento: 1997</p> <p>Sonda de la superficie de la luna Titán de Saturno</p>		<p>ard</p> <p>Lanzamiento: 1998</p> <p>Primer vehículo experimental de reentrada europeo</p>		<p>xmm-newton</p> <p>Lanzamiento: 1999</p> <p>Astronomía por rayos X</p>		<p>artemis</p> <p>Lanzamiento: 2001</p> <p>Demostración de tecnología para telecomunicaciones</p>	
<p>mars express</p> <p>Lanzamiento: 2003</p> <p>Primera nave europea en órbita del Planeta rojo</p>		<p>smart-1</p> <p>Lanzamiento: 2003</p> <p>Misión experimental a la luna</p>		<p>rosetta</p> <p>Lanzamiento: 2004</p> <p>Misión de encuentro con cometa en el espacio profundo</p>		<p>sloshsat</p> <p>Lanzamiento: 2005</p> <p>Investigación de los efectos de la oscilación de combustible</p>	
<p>atv</p> <p>Lanzamiento: 2008, 2011, 2012, 2013, 2014</p> <p>Camión espacial para el reabastecimiento de la ISS</p>		<p>columbus</p> <p>Lanzamiento: 2008</p> <p>Laboratorio de investigación de Europa en la ISS</p>		<p>goce</p> <p>Lanzamiento: 2009</p> <p>Trazado de la gravedad de la Tierra</p>		<p>herschel</p> <p>Lanzamiento: 2009</p> <p>Misión de astronomía por rayos infrarrojos lejanos</p>	
<p>alphasat</p> <p>Lanzamiento: 2013</p> <p>Innovadora plataforma de telecomunicaciones por satélite</p>		<p>swarm</p> <p>Lanzamiento: 2013</p> <p>Trío de satélites que trazan el campo magnético de la Tierra</p>		<p>gaia</p> <p>Lanzamiento: 2013</p> <p>Misión para trazar un billón de estrellas locales en 3D</p>		<p>familia sentinel</p> <p>Primer lanzamiento: 2014</p> <p>Conjunto de misiones operativas de observación de la tierra</p>	
<p>adm-aeolus</p> <p>Lanzamiento: 2015</p> <p>Trazado de los campos eólicos globales de la Tierra</p>		<p>bepicolombo</p> <p>Lanzamiento: 2016</p> <p>Primera misión europea a Mercurio</p>		<p>earthcare</p> <p>Lanzamiento: 2016</p> <p>Estudiar el rol de las nubes y los aerosoles en nuestro clima</p>		<p>exomars</p> <p>Lanzamiento: 2016, 2018</p> <p>Nave en órbita de Marte con módulo de descenso, seguido por vehículo explorador</p>	
<p>jason cs</p> <p>Lanzamiento: 2019</p> <p>Medición de la altura de los océanos de la Tierra</p>		<p>euclid</p> <p>Lanzamiento: 2020</p> <p>Trazado de materia oscura y los efectos de la energía oscura en el universo</p>		<p>biomass</p> <p>Lanzamiento: 2020</p> <p>Medición de la biomasa forestal</p>		<p>juice</p> <p>Lanzamiento: 2022</p> <p>Primera misión europea al sistema de Júpiter</p>	

<p>geos-1 y-2</p> <p>Lanzamiento: 1977, 1978 Sondeo de la dinámica de las partículas, ondas y el campo magnético de la Tierra</p>		<p>ots-1 y-2</p> <p>Lanzamiento: 1977 (fallido), 1978 Demostración de tecnologías para telecomunicaciones</p>		<p>isee-2</p> <p>Lanzamiento: 1977 Trazado de las relaciones Sol-Tierra y el campo magnético</p>		<p>serie meteosat</p> <p>Lanzamiento: 1977, 1981, 1988, 1989, 1991, 1993, 1997, 2002 Satélites meteorológicos de Europa para la previsión diaria del tiempo</p>	
<p>serie ecs</p> <p>Lanzamiento: 1983, 1984, 1985, 1987, 1988 Satélites de telecomunicaciones operativas europeas</p>		<p>spacelab</p> <p>Primer lanzamiento: 1983 Módulo de laboratorio para el transbordador espacial de la NASA; 22 lanzamientos</p>		<p>giotto</p> <p>Lanzamiento: 1985 Interceptar el cometa Halley y el cometa Grigg-Skjellerup</p>		<p>olympus</p> <p>Lanzamiento: 1989 Demostración de tecnología para telecomunicaciones</p>	
<p>eureca</p> <p>Lanzamiento: 1992 Banco de ensayos reutilizable y de vuelo libre en microgravedad</p>		<p>iso</p> <p>Lanzamiento: 1995 Astronomía por rayos infrarrojos</p>		<p>soho</p> <p>Lanzamiento: 1995 Observación continua del Sol</p>		<p>cluster</p> <p>Lanzamiento: 1996 (fallido), 2000 Física del plasma en el espacio en 3D</p>	
<p>serie proba</p> <p>Lanzamiento: 2001, 2009, 2013 Microsatélites de demostración de tecnología</p>		<p>envisat</p> <p>Lanzamiento: 2002 Satélite medioambiental de 10 instrumentos</p>		<p>serie msg</p> <p>Lanzamiento de MSG: 2002, 2005, 2012 Satélites de meteorología de segunda generación</p>		<p>integral</p> <p>Lanzamiento: 2002 Astronomía por rayos gamma</p>	
<p>cryosat</p> <p>Lanzamiento: 2005 (fallido), 2010 Medición del espesor del hielo polar</p>		<p>venus express</p> <p>Lanzamiento: 2005 Primera nave europea en órbita de Venus</p>		<p>giove-a y b</p> <p>Lanzamiento: 2005, 2008 Demostración de tecnología para Galileo</p>		<p>serie metop</p> <p>Lanzamiento: 2006, 2012 Servicios polares de meteorología</p>	
<p>planck</p> <p>Lanzamiento: 2009 Trazado del fondo cósmico de microondas</p>		<p>smos</p> <p>Lanzamiento: 2009 Medición de la humedad del suelo y la salinidad de los océanos</p>		<p>galileo</p> <p>Primer lanzamiento: 2011 Sistema de navegación global por satélite de Europa</p>		<p>vega</p> <p>Primer lanzamiento: 2012 Pequeño cohete lanzador de satélites de Europa</p>	
<p>european robotic arm</p> <p>Lanzamiento: 2014 Brazo robótico al servicio del segmento ruso de la ISS</p>		<p>edrs</p> <p>Primer lanzamiento: 2014 Satélites geoestacionarios para retransmitir datos de satélites</p>		<p>smallgeo</p> <p>Lanzamiento: 2015 Nueva plataforma pequeña para telecomunicaciones geoestacionarias</p>		<p>lisa pathfinder</p> <p>Lanzamiento: 2015 Demostración de tecnología para detección de ondas gravitacionales</p>	
<p>solar orbiter</p> <p>Lanzamiento: 2017 Misión europea más cercana al Sol</p>		<p>cheops</p> <p>Lanzamiento: 2017 Estudiar planetas alrededor de otras estrellas</p>		<p>james webb space telescope</p> <p>Lanzamiento: 2018 Aporte de dos instrumentos al próximo gran observatorio espacial</p>		<p>serie mtg</p> <p>Lanzamiento: 2018 Satélites de meteorología europeos de tercera generación</p>	
<p>plato</p> <p>Lanzamiento: 2024 Búsqueda de planetas más allá del sistema solar</p>							

Observación de la Tierra*

Vuelo espacial tripulado y operaciones

Cohetes lanzadores

Programa Galileo y actividades relacionadas con la navegación

Exploración científica y robótica

Gestión técnica y de la calidad

Telecomunicaciones y aplicaciones integradas

Más información
www.esa.int/missions

Créditos de fotografía

La ESA posee los derechos de autor de las imágenes salvo que se indique de otro modo. El acrónimo ESA y el logotipo de la ESA son marcas comerciales de la Agencia Espacial Europea. Para reproducir o distribuir materiales identificados como pertenecientes a un tercero se debe obtener permiso del titular de los derechos de autor en cuestión.

INTRODUCCIÓN

10–11 ESA–N. Imbert-Vier

CAPÍTULO 1

16–17 ESA/Consortios LFI y HFI – imagen principal; colaboración de la ESA/Planck (microondas); NASA/DOE/Fermi LAT/Dobler et al./Su et al. (rayos gamma) – imagen insertada

18–19 Equipo de la ESA/Planck

20–21 V. Springel – Universidad de Heidelberg/MPI for Astrophysics – imágenes principal e insertada

22–23 ESA/SPIRE/Herschel-ATLAS – imagen de origen; ESA–AOES Medialab – imagen insertada

24–25 ESA–A. Le Floc'h

26–27 ESA/PACS/SPIRE/M. Hennemann & F. Motte, Laboratoire AIM Paris-Saclay, CEA/Irfu – CNRS/INSU – Univ. Paris Diderot, Francia – imagen principal; ESA/Herschel/SPIRE/PACS/D. Arzoumanian (CEA Saclay) para el Consorcio del Programa Clave "Sondeo del Cinturón de Gould" – imagen insertada

28–29 NASA/CXC/SAO y ESA – imagen principal; ESA/NASA/CXC/Univ. de Potsdam/L. Oskinova – imagen superior derecha; ESA–C. Carreau – imagen inferior derecha de una nave espacial

30–31 infrarrojos: ESA/Herschel/PACS/SPIRE/J. Fritz, U. Gent; rayos X: ESA/XMM-Newton/EPIC/W. Pietsch, MPE

32–33 NASA

34–35 NASA, ESA, M. Postman (STScI) y el equipo CLASH – imagen principal; ESA–C. Carreau – imagen insertada

37 NASA – imagen insertada

38–39 STFC – imagen principal; Ball Aerospace – imagen superior izquierda; Astrium/NIRSpec – imagen inferior izquierda

40–41 ESA–AOES Medialab – imagen principal; Astrium Francia – imagen insertada

42–43 Astrium Francia – imagen principal; Astrium – imagen insertada

44 ESA/Astrium

45 NASA – imagen de onda gravitacional

CAPÍTULO 2

50–51 ESA–C. Carreau – imagen principal de origen; ESA/NASA/JPL/Univ. Arizona – imagen central de origen; NASA/JPL/Caltech – imagen insertada en la parte inferior

52–53 NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

54–55 CICLOPS, JPL, ESA, NASA

56–57 ESA–AOES Medialab – imagen principal; NASA/JPL/Univ. Arizona – imagen superior izquierda; NASA/JPL/DLR – imagen inferior izquierda

58–59 ESA–AOES Medialab – imagen principal; ESA–J. Huart – imagen derecha

60–61 ESA–Equipo OSIRIS; MPS/UPD/LAM/IAA/RSSD/INTA/UPM/DASP/IDA

62–63 ESA–J. Mai – imagen principal; CIVA/Consortio Philae/ESA – imagen insertada

64–65 ESA–Equipo Mars Express – imagen principal; ESA–C. Carreau – imagen insertada

66–67 ESA–AOES Medialab – imagen insertada en la parte inferior; ESA/DLR/Freie Universität Berlin (G. Neukum) – todas las demás imágenes

68–69 ESA/DLR/Freie Universität Berlin (G. Neukum)

70–71 ESA/NASA/JPL – imagen principal; ESA–AOES Medialab – imagen insertada

72–73 INAF–IASF–Roma/PLAB – imagen principal; DLR/PEL (J. Helbert) – imagen insertada en la parte superior; ESA/INAF–IASF, Roma, Italia y Observatoire de Paris, Francia DLR/PEL – imagen insertada en la parte inferior

74–75 NASA/Laboratorio de física aplicada de la Universidad Johns Hopkins/Institución Carnegie de Washington – imagen derecha

76–77 ESA–A. Le Floc'h

78–79 ESA/NASA–SOHO

80–81 ESA/NASA–Consortio SOHO EIT – imagen de origen

82–83 Sebastian Voltmer/www.astrofilm.com – imagen principal

84–85 ESA/SMART-1/Space-X (Space Exploration Institute), ESA/SMART-1/equipo de cámaras AMIE – imagen principal; telescopio de Canadá–Francia–Hawái – imagen insertada

86–87 ESA ©2009 MPS para equipo OSIRIS MPS/UPD/LAM/IAA/RSSD/INTA/UPM/DASP/IDA – imagen principal; equipo VIRTIS-M en INF–IFSI e INAF–IASF, Roma, Italia – imagen insertada en la parte superior; ESA/DLR/Freie Universität Berlin – imagen insertada en la parte inferior

CAPÍTULO 3

90–91 ESA–P. Carril – imagen principal; M.Busch, R. Kresken, Starkenburg-Sternwarte Heppenheim – imagen insertada

92 Thales Alenia Space – imagen de origen

93 EADS CASA Espacio – imagen izquierda; ND SatCom – imagen derecha

94 ESA–P. Carril – imagen superior; ESA–J. Huart – imagen inferior

95 ESA–S. Corvaja

96–97 ESA–A. Le Floc'h; OHB – imagen insertada

98–99 Astrium – imagen insertada

100–101 ESA–P. Carril

102–103 Dassault Falcon – imagen principal; ESA–J. Huart – imagen insertada en la parte inferior

104–105 Eumetsat – imagen principal; ESA/equipo MSG – imagen insertada

CAPÍTULO 4

110–111 ESA/CNES/Arianespace – Optique vidéo du CSG (P. Baudon)

112–113 ESA–S. Corvaja – imagen principal; ESA–P. Carril – imagen insertada

114–115 ESA–C. Lezy – imagen principal; ESA–A. Van Der Geest – imagen insertada

116–117 ESA–M. Pedoussaut

118–119 ESA–F. Alvarez Lopez

120–121 ESA–F. Alvarez Lopez

CAPÍTULO 5

124–125 ESA/Eumetsat – imagen principal; ESA–Silicon Worlds – imagen anotada; ESA–AOES Medialab – imagen insertada

126–127 ESA–Phi-Hung – imagen principal; Eumetsat – imagen inferior

130–131 ESA–Denman Productions – imagen principal; ESA/CNES/Arianespace – Optique vidéo du CSG – imagen insertada

132–133 Astrium GmbH – imagen superior izquierda; Astrium Reino Unido – imagen inferior derecha; ESA–P. Carril – todas las demás imágenes

135 DLR/ESA/IUP, Univ. Bremen – imagen de origen insertada

136–137 KNMI/ESA – imagen principal; DLR – imágenes insertadas

145 ESA/DMI/NIC

150–151 CRI-ST/CNES/ESA/GeoEye/NASA/VITO – imagen principal; ESA–Globcover – imagen insertada

158–159 DLR

162–163 DLR

166–167 European Space Imaging (EUSI) – imagen principal

168–169 European Space Imaging (EUSI) – imagen principal; ESA–P. Sebirot – imagen insertada

170–171 ESA–J. van Haarlem, A. Le Floc'h

172–173 ESA/HPF/DLR – imagen principal; ESA–AOES Medialab – imagen insertada

174 CATDS, IFREMER, CESBIO, ESA – imagen principal; ESA–AOES Medialab – imagen insertada

175 CATDS, IFREMER, CESBIO, ESA – imagen principal; NRAO/AUI – imagen insertada

176–177 CPOM – imagen principal; ESA–AOES Medialab – imagen insertada

178–179 ESA–R. Bock/IAGB – imagen principal; ESA–AOES Medialab – imagen insertada

180 ESA–S. Corvaja

181 ESA–M. Valentini

CAPÍTULO 6

184–185 ESA/NASA–SOHO

186–187 NASA

188–189 ESA–S. Corvaja – imagen insertada en la parte inferior; NASA – todas las demás imágenes

32190 NASA

191 NASA – imagen superior; ESA/NASA – imagen inferior izquierda; NASA–JSC – imagen inferior derecha

192–193 NASA

194 ESA/CNES/Arianespace – Optique vidéo du CSG (J.M. Guillon) – imagen izquierda;

imagen de origen ESA–D. Ducros – imagen anotada en la parte derecha

195 ESA-A. Le Floc'h
196-197 ESA/NASA – imagen principal; ESA/CNES/Arianespace – Optique vidéo du CSG – imagen insertada
198-199 ESA/NASA-D. Pettit – imagen principal; ESA/NASA – imagen insertada en la parte inferior; NASA – imagen insertada en la parte superior
200-201 NASA
202-203 ESA-A. Le Floc'h – imagen principal e imagen insertada en la parte inferior; Novespace – imagen insertada en la parte superior
204-205 NASA
206-207 ESA-H. Rub
208-209 ESA-S. Corvaja
210-211 ESA-S. Corvaja – imagen principal; NASA-C. Cioffi – imagen insertada
212-213 ESA-S. Corvaja
214-215 NASA
216-217 NASA
218-219 ESA/NASA-SOHO
220-221 ESA/NASA-SOHO
222-223 NASA – imagen principal; FFI – imagen insertada
224 NASA-B. Ingalls – imagen principal; ESA-S. Corvaja – imagen insertada
225 NASA-B. Ingalls – imagen principal; ESA-S. Corvaja – imagen insertada
226-227 W. Joris/www.oxidiser.nl – imagen principal; R. Vandebergh – imagen insertada
228-229 ESA-V. Crobu
230-231 ESA/IPEV/PNRA-A. Kumar – imagen principal; ESA/equipo Mars500 – imagen insertada en la parte inferior;
ESA/E. Macdonald-Nethercott – imagen insertada en la parte superior

CAPÍTULO 7

234-235 ESA-S. Corvaja
236-237 ESA-S. Corvaja
238-239 ESA-S. Corvaja
240-241 ESA-S. Corvaja
242-243 ESA-S. Corvaja – imagen principal; Arianespace – imagen insertada
244-245 ESA-A. Chance – imagen principal; ESA-S. Corvaja – imagen insertada
246-247 ESA-R. Madde
248-249 ESA-J. Mai

CAPÍTULO 8

254-255 ESA-A. Le Floc'h
256-257 ESA-A. Le Floc'h
258-259 ESA-A. Le Floc'h
260-261 ESA-A. Le Floc'h – imagen principal
262-263 ESA-W. Pearson
264-265 ESA-A. Le Floc'h
266-267 ESA-A. Le Floc'h

CAPÍTULO 9

272-273 Astrium – imagen principal; FormTech – imágenes insertadas
274 ESA-AOES Medialab
275 Leosphere
276-277 Nigel Young/Foster + Partners
278-279 ESA-S. Corvaja – imagen principal; MDUSpace – imagen insertada
280-281 ESA-A. Le Floc'h – imagen principal; M. Kretschmer – imagen insertada en la parte superior; MAVinci – imagen insertada en la parte inferior
282-283 ESA-A. Le Floc'h

CAPÍTULO 10

286 ESA-S. Corvaja
287 ESA/CNES/Arianespace – Optique vidéo du CSG (L. Mira) – imagen insertada
288-289 ESA-P. Carril – imagen de origen
290-291 Caren Jarman, UKZN
292-293 Altobridge
294-295 nextgenlog/Stirling Energy Systems
296-297 UAB
298-299 ESA-D. Baumbach – imagen principal; H.v.d. Lande/Space Expo – imagen insertada a la izquierda;
ESA-A. Le Floc'h – imagen insertada a la derecha

Sobrecubierta ESA ©2009 MPS para equipo OSIRIS MPS/UPD/LAM/IAA/RSSD/INTA/UPM/DASP/IDA



European Space Agency



Estados miembro de la ESA

Alemania

Austria

Bélgica

Dinamarca

España

Finlandia

Francia

Grecia

Irlanda

Italia

Luxemburgo

Noruega

Países Bajos

Polonia

Portugal

Reino Unido

República Checa

Rumanía

Suecia

Suiza

An ESA Communications Production

Copyright © 2014 European Space Agency

www.esa.int