



Comisión Europea

Número especial – septiembre de 2007

research^{eu}

Revista del Espacio Europeo de la Investigación

ISSN 1830-8007

Satélites **La Tierra,
una obra de arte**

© ESA

research*eu, la revista del Espacio Europeo de la investigación, que pretende ampliar el debate democrático entre la ciencia y la sociedad, está escrita por periodistas profesionales independientes. Presenta y analiza proyectos, resultados e iniciativas cuyos actores, hombres y mujeres, contribuyen a reforzar y a federar la excelencia científica y tecnológica de Europa. research*eu se publica en inglés, francés, alemán y español, a razón de diez números al año, por la Unidad de Comunicación de la DG de Investigación de la Comisión Europea.

Imágenes de la Tierra

La Tierra, ¿una obra de arte? Las fotografías de este número nos incitan a (re)descubrir un planeta hermoso, rico y frágil a la vez. Pero en las páginas que siguen, la ciencia plasma la obra de arte, ya que la iconografía de este número no ha sido compuesta exclusivamente para el placer de los sentidos: es el producto concreto de una investigación de vanguardia y de alta tecnología. Las imágenes presentadas, ciertamente sublimes, nos recuerdan que la observación de la Tierra, inicialmente llevada a cabo con un objetivo militar, ha dado a la sociedad numerosas aplicaciones civiles que han revolucionado la meteorología cambiando todos sus modelos. Al seguir la pista de los ciclones, huracanes y maremotos, los satélites alertan a las poblaciones amenazadas. A partir de los datos que nos llegan del espacio, los científicos anticipan la aparición y la evolución de las epidemias, salvando así vidas humanas. Siguen la evolución del clima y vigilan el estado de la capa de ozono. Y eso no es todo: los radares a bordo de los satélites cartografían los fondos marinos y las corrientes, lo que permite optimizar las rutas marítimas, la pesca, así como la gestión y ordenación de las costas y de las plataformas petrolíferas *offshore*.

Vista desde la Tierra, la actividad que se desarrolla en el cielo da una idea del mercado que representan las aplicaciones espaciales. Hoy en día, unos 3.100 satélites gravitan en torno al planeta, ¡a los que hay que añadir los satélites militares secretos y todo tipo de basura espacial que ignoramos!

Mientras que en tierra firme Europa se va construyendo lentamente, ya somos una realidad en nuestro cielo. Y con la mirada puesta en el espacio, les invito a descubrir en este número las cooperaciones y los rostros de esta Unión de nuevo entusiasmada, así como las múltiples facetas de un planeta que exhibe los estigmas de la ocupación humana.



Michel Claessens
Redactor jefe

Las opiniones presentadas en este editorial, así como en los artículos de este número no comprometen de forma alguna a la Comisión Europea.

Formulario de suscripción a la versión impresa de research*eu

Puede suscribirse gratuitamente a la revista a través de la página Web

<http://ec.europa.eu/research/research-eu>

También puede rellenar este formulario con letra de imprenta y enviarlo a la dirección siguiente:

research*eu

ML DG1201

Apartado de correos 2201

L-1022 Luxemburgo

Nombre:

Organización:

Dirección:

Código postal: Ciudad:

País:

Versión(es) lingüística(s) que desea recibir:

- francesa inglesa
 alemana española

Si desea recibir varios ejemplares de una versión lingüística determinada, puede enviar su formulario con su dirección completa y una breve justificación.

- por correo electrónico: research-eu@ec.europa.eu
- por fax (+32-2-295 82 20).

Si desea obtener uno o varios ejemplares de números anteriores, envíe un mensaje por correo electrónico o por fax.

research*eu

Redactor jefe
Michel Claessens

Revisores de las versiones lingüísticas
Julia Acevedo (español),
Stephen Gosden (inglés),
Régine Prunzel (alemán)

Coordinación general
Jean-Pierre Geets, Philippe Gosseries

Coordinación de redacción
Jean-Pierre Geets, Philippe Gosseries

Periodistas
Delphine d'Hoop, Christian Dubreuil,
Carlotta Franzoni

Traducciones
Andrea Broom (inglés),
Martin Clissold (inglés), Silvia Ebert (alemán),
Consuelo Manzano (español)

Diseño
Gérald Alary (jefe de proyecto),
Gregorie Desmons (creación),
François Xavier Pihen (paginación),
Gaëlle Ryelandt y Yaël Rouach
(coordinación y seguimiento
de la producción),
Daniel Wautier (corrección de pruebas)

Versión en línea
Pierre-Vincent Ledoux, Katherine O'Loghen

En portada
La desembocadura del río Betsiboka,
Madagascar
© Association Helmholtz

Producción general
PubliResearch

Impresión
Enschede/Van Muyswinkel, Bruselas

La tirada de este número ha sido de 322.000 ejemplares. Todas las ediciones de research*eu se pueden consultar en línea en la página Web de la DG de Investigación: <http://ec.europa.eu/research/research-eu>

Editor responsable:
Michel Claessens
Tel.: +32 2 295 9971
Fax: +32 2 295 8220
Correo electrónico: research-eu@ec.europa.eu

© Communautés européennes, 2007
Reproducción autorizada,
si se menciona la fuente.

Ni la Comisión Europea ni ninguna persona que la represente son responsables del uso que pueda hacerse de la información que contiene esta publicación o de los errores eventuales que puedan subsistir a pesar del esmero en la preparación de estos textos.

Exposición

4 La Tierra, una obra de arte

Repaso a los entresijos de la exposición "La Tierra, una obra de arte" con Susan Kentner, quien coordinó el evento por parte de la asociación alemana Helmholtz.

Ciencia y arte

6 La subjetividad de lo objetivo

Reflexión sobre la estética abstracta que une las imágenes de satélite y el arte moderno. Entrevista a Ralph Dekoninck, historiador del arte en el FNRS.

Teledetección

8 La mirada puesta en el planeta azul

Iniciación a la teledetección, es decir, a cómo se lleva a cabo la observación de la Tierra por medio de artefactos con la llamada "resolución espacial o espectral".

10 Vigilancia militar

La teledetección espacial resulta ser una herramienta indispensable para la vigilancia militar. Presentación de los satélites "espías", artefactos con misiones estrictamente confidenciales.

Excelencia

12 Europa a la cabeza

Historia de la excelencia europea en materia de teledetección civil, un éxito que sigue en pleno apogeo.

Carta internacional

14 Urgencias mundiales

Para reaccionar mejor ante las catástrofes naturales que azotan el planeta, las grandes agencias espaciales se movilizan en torno a la Carta Internacional "Espacio y grandes catástrofes".

CUADERNO ESPECIAL Fotografías de satélite

La Tierra, una obra de arte

Este número, realizado en colaboración con la Asociación Helmholtz, combina arte y ciencia en una serie de imágenes de satélite sorprendentes. Una vuelta al mundo llena de color...

Colaboraciones internacionales

20 Una multitud de satélites en órbita

¿Cómo se lleva a cabo la observación de la Tierra a nivel internacional? Presentación (no exhaustiva) de los satélites y artefactos de teledetección más emblemáticos actualmente.

Economía

22 Un mercado floreciente y descentralizado

Análisis de la explotación económica de las imágenes de satélite. La comercialización de este tipo de datos beneficia cada vez más a las pequeñas y medianas empresas.

Meteorología

24 Eumetsat, "la otra" Agencia Espacial Europea

Como las condiciones meteorológicas tienen un impacto directo en nuestra vida, resulta necesario proporcionar datos, imágenes y productos de satélites las 24 horas del día, los 365 días del año. Éste es el papel de Eumetsat, una agencia espacial europea operacional.

Basura espacial

26 Las huellas del hombre en el espacio

Instantánea de una problemática poco conocida: la amenaza de la basura espacial. Balance de la situación con Heiner Klinkrad, director de la oficina de basura espacial en el ESOC.

GMES

27 Un medio ambiente bajo alta vigilancia

El programa GMES es el fruto de una colaboración entre la ESA y la Unión Europea, que trata de la vigilancia mundial del medio ambiente en el sentido amplio de la palabra, para el bienestar socioeconómico de los europeos y su seguridad.

La ciencia en imágenes

28 Mosaico del Nordeste de China

Retrato

15 Profesión: investigador en teledetección

Entrevista al investigador belga Alexandre Carleer, especialista de imágenes de satélite de alta definición.

Misceláneos

16 Aplicaciones tan variadas como insospechadas

Repaso a las aplicaciones prácticas de observación de la Tierra que no sirven únicamente para prever la lluvia y el buen tiempo.

Earth Explorers

18 Seis exploradores al servicio del planeta

La Agencia Espacial Europea (ESA) acaba de lanzar el programa Earth Explorers: seis satélites que tratan cada uno de ellos de un aspecto bien determinado de la biosfera.

La Tierra, una obra de arte

La Tierra vista desde el espacio fascina desde todos sus ángulos y en todos sus aspectos. Las fotografías tomadas por los satélites suscitan inevitablemente la admiración. Nuestro mundo y sus riquezas sorprenden, porque los datos científicos que los describen revelan también toda su belleza.



© Philippe Gosseries

Del 7 de marzo al 24 de abril de 2007, la exposición “La Tierra, una obra de arte” presentó las ciencias de la teledetección espacial desde un enfoque estético. En total, 26 imágenes de satélite de 12 m² dieron color a la explanada del Berlaymont en Bruselas, sede de la Comisión Europea. Susan Kentner coordinó el evento en nombre de la asociación alemana Helmholtz, que representa a 15 centros alemanes implicados en seis campos de investigación, entre ellos la aeronáutica y el espacio.

Atraer la mirada, suscitar la curiosidad

La asociación, además de dar a conocer a sus miembros, tiene como objetivo el de destacar las problemáticas científicas actuales, como las relacionadas con el clima y la energía. “La idea de la exposición apareció tras el éxito inesperado de un libro de imágenes de satélite realizado por la revista GEO y el Centro Aeroespacial Alemán (DLR), miembro de la asociación Helmholtz. En el contexto de la presidencia alemana, la asociación Helmholtz ha decidido a su vez destacar en Bruselas nuestras actividades de investigación”, explica

Susan Kentner. “Queremos que la ciencia sea accesible y que esté cercana a las personas. Las fotografías y los datos obtenidos gracias a los satélites tienen el poder de atraer la mirada del público y suscitar su curiosidad”.

Todas las imágenes presentadas fueron producidas con una finalidad científica y provienen de los satélites de Europa y de los países asociados. El DLR, que reúne y trata cotidianamente este tipo de datos, seleccionó para la exposición las fotografías desde un enfoque estético, pero que abarcara las diferentes aplicaciones. “Así el público puede descubrir las numerosas funciones de los satélites. Por ejemplo, las herramientas de teledetección revelan las características de la superficie y de la atmósfera terrestre y modifican radicalmente nuestra percepción del mundo. Desde las primeras fotografías de la Tierra realizadas en 1946, las técnicas han evolucionado hacia una mayor precisión y mejor comprensión de nuestro entorno”.

Numerosas finalidades

Casi todas las herramientas de teledetección proceden de la actividad militar. Por ejemplo,

hoy en día, las técnicas de vigilancia nocturna de los misiles permiten estudiar la distribución del consumo de electricidad. La vigilancia, cuya precisión no deja de mejorar en el campo militar, también posee aplicaciones civiles. Estas últimas han revolucionado principalmente la meteorología, cambiando todos sus modelos. Los satélites siguen la pista de los ciclones, los huracanes, los maremotos, así como la aparición y la evolución de las epidemias, estrechamente relacionadas con las condiciones meteorológicas, salvando así vidas humanas. Además, permiten estudiar el clima con un



© Helmholtz

enfoque global y a largo plazo. Los científicos vigilan la capa de ozono y miden las consecuencias del calentamiento climático observando las concentraciones de los diferentes gases presentes en la atmósfera, que reflejan cada uno una parte determinada del espectro magnético. Los radares a bordo de los satélites cartografían los fondos marinos para describir los movimientos de las masas de agua y los fenómenos en las profundidades oceánicas. Estas observaciones recogidas sobre las corrientes o la topografía marina hacen posible optimizar las rutas marítimas, la pesca, la gestión y ordenación de las costas y de las plataformas petrolíferas offshore. Finalmente, la cartografía se ha diversificado gracias a la cobertura instantánea de amplias superficies. Las ONGs la utilizan para organizar la ayuda y la cooperación en caso de catástrofes naturales. En los países industrializados, los mapas obtenidos gracias a los satélites facilitan la gestión de los espacios y la instalación de infraestructuras. Las aplicaciones de la cartografía cada vez son más variadas y útiles, al detectar los minerales, el suelo propicio para la agricultura, la fase de las producciones agrícolas, la deforestación, las aguas subte-

rráneas... “¡Es fascinante, puesto que las imágenes de todas estas actividades suscitan verdaderamente el interés del público por la investigación científica!”, señala Susan Kentner.

Una cuestión de percepción

Las imágenes expuestas revelan también una Tierra con colores sorprendentes, fruto de una visión diferente a la nuestra, puesto que los sistemas de teledetección pueden registrar partes del espectro electromagnético invisibles a simple vista, como el infrarrojo. Estas bandas espectrales están asociadas a colores de visualización que revelan información invisible para el ojo humano. Las imágenes presentadas están compuestas por falsos colores o colores superpuestos para que los investigadores puedan interpretarlos.

Gracias a estos análisis, algunas tecnologías ayudan a organizar las acciones humanas, a comprender sus consecuencias (a veces irreversibles) y a preservar la Tierra. Las herramientas de teledetección, vitales para la supervivencia de poblaciones o simplemente útiles para el desarrollo económico de una región, responden a niveles de urgencia diferentes. Por ejemplo, las

perspectivas de ordenación del territorio benefician a los países industrializados (distribución de los espacios verdes en el centro de Madrid, España) así como a los países en vías de desarrollo (rehabilitación de las tierras de la frontera entre Irak e Irán, devastadas por la guerra, convirtiéndolas en zonas agrícolas). Estas imágenes de satélite, al ofrecer una visión diferente de la realidad, ¿podrán ayudarnos a reflexionar de un modo distinto sobre nuestro planeta? “Es cierto que tendríamos que considerar siempre la dimensión holística de la investigación integrando las demás visiones culturales y las diferentes facetas de la ciencia, sin limitarnos a nuestros laboratorios”, concluye Susan Kentner. ●

i Para más información

Mapa interactivo: las estaciones de “La Tierra, una obra de arte”:

www.cdworks.de/entry/kwe/

Helmholtz:

www.helmholtz.de/en/index.html

La subjetividad de lo objetivo

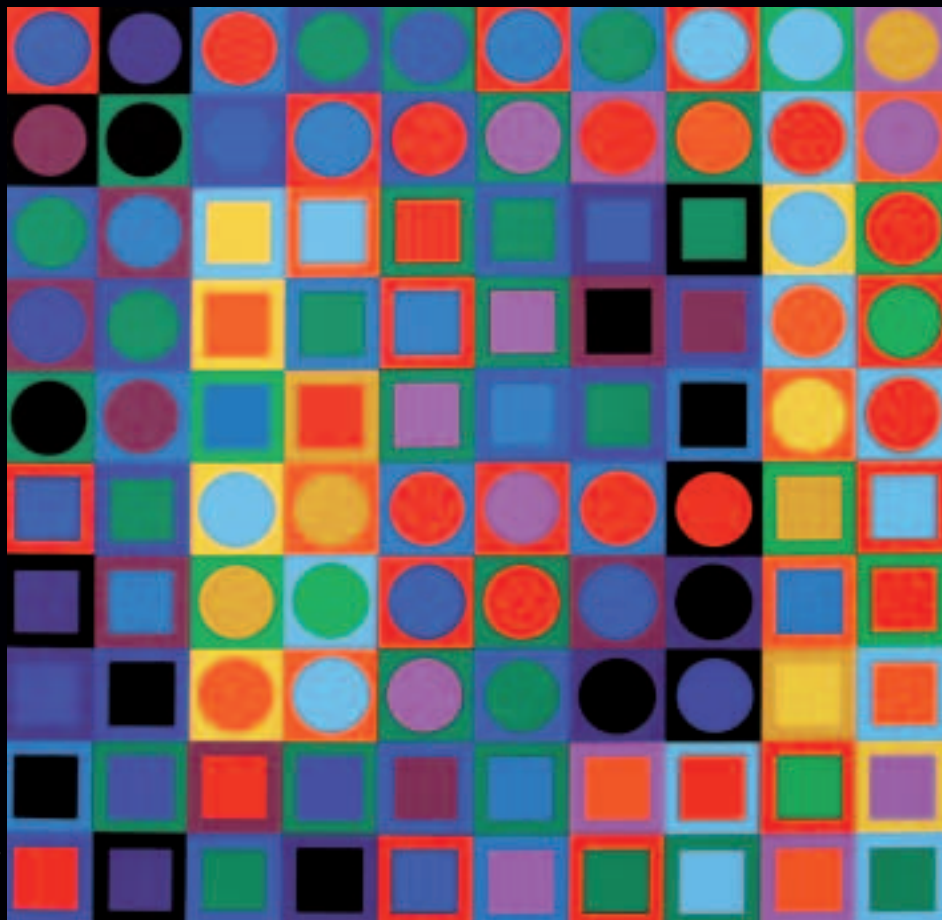
Éstas son “sólo” imágenes de satélite en alta definición, producidas por razones científicas, no tienen ninguna finalidad artística. No obstante, el título de la exposición, “La Tierra, una obra de arte”, no sorprende a nadie. ¿Cómo miraríamos estas obras si estuvieran firmadas por un artista plástico? Ralph Dekoninck, historiador del arte en el Fondo Nacional para la Investigación Científica (Bélgica), reflexiona sobre la interpelación estética de las nuevas imágenes de lo real ofrecidas por la ciencia.

**Victor Vasarely,
Folk Toy Object (1969)**

Victor Vasarely es el padre indiscutible del “Op art”, arte cinético o arte óptico, un movimiento artístico que explora la naturaleza falible del ojo a través de ilusiones ópticas. Aquí se instala una nueva relación entre el espectador y la obra provocando la participación activa de quien la mira. Estimular la agudeza visual para comprender mejor: quizás tan sólo haya un paso entre el arte y la ciencia.

Imagen de satélite de la agricultura en Kansas, Estados Unidos (ampliación).

Véase la página 18 del cuaderno especial para la fotografía entera.



© SABAM Belgium 2007

Como historiador del arte, ¿cuál es su primera reacción frente a estas fotografías de satélite?

Como simple espectador, no puedo evitar sentirme fascinado por la belleza de estas imágenes, en concreto, por su lado fantástico, que nos hace olvidar que se trata de fotografías. El primer reflejo es pensar en lienzos abstractos. No obstante, el espectador sagaz puede interrogarse sobre los efectos de tal desplazamiento de imágenes que provienen de un contexto científico hacia un contexto artístico. En realidad, estas imágenes no han sido compuestas con una finalidad estética. Y a pesar de ello, uno puede mirarlas olvidando su referente, tan sólo prestando atención al juego de formas y de colores. Sea como fuere, el hecho de que cambien de contexto de exposición, modifica sin duda la forma en la que las miramos. El mismo objeto situado en un marco que no es el suyo transforma la percepción que se tiene

de él. Los surrealistas habían comprendido muy bien este efecto.

¿En qué medida se puede hablar aquí de “La Tierra como obra de arte”?

Tal apreciación estética proviene directamente de nuestra cultura visual occidental, ya acostumbrada a la abstracción. Imágenes como éstas seguramente no habrían llamado la atención de los espectadores del siglo XVIII. Esta forma de enfocar la realidad que nos rodea no es tan antigua como se piensa habitualmente. Es cierto que desde principios de nuestra era se solía encontrar en la naturaleza la huella del divino Creador, a menudo asimilado a un pintor cuya obra sería el mundo visible.

Por el contrario, la forma de mirar la naturaleza para contemplar toda su belleza de forma desinteresada se originó en la pintura de paisaje tal y como se extendió en el siglo XIX. En esa época, los pintores empezaron a poner su

caballete al aire libre, dejando así de reinventar la naturaleza en los talleres. Desde los impresionistas, que se interesaban únicamente por los efectos luminosos, nuestra relación con el mundo percibido se ha modificado de forma considerable. Percibimos y apreciamos a menudo la naturaleza como lo haríamos con una pintura.

¿Las ciencias exactas pueden ser “abstractas”?

El siglo XX nos ha abierto unos mundos que hasta entonces estaban fuera del alcance de nuestra mirada. Lo infinitamente grande y lo infinitamente pequeño, imperceptibles a simple vista, nos han sido desvelados con técnicas de observación científica. A falta de referencias en las que basarse, este mundo nos parece abstracto, al no parecerse a la realidad percibida habitualmente. Las ciencias, al hacer que de alguna manera accedamos a lo “invisible”, han aumentado su poder de fascinación, un poder casi mágico que consigue volver a dar magia al mundo que nos rodea y que creíamos conocer muy bien.

¿Cómo se pueden inspirar mutuamente el arte y la ciencia?

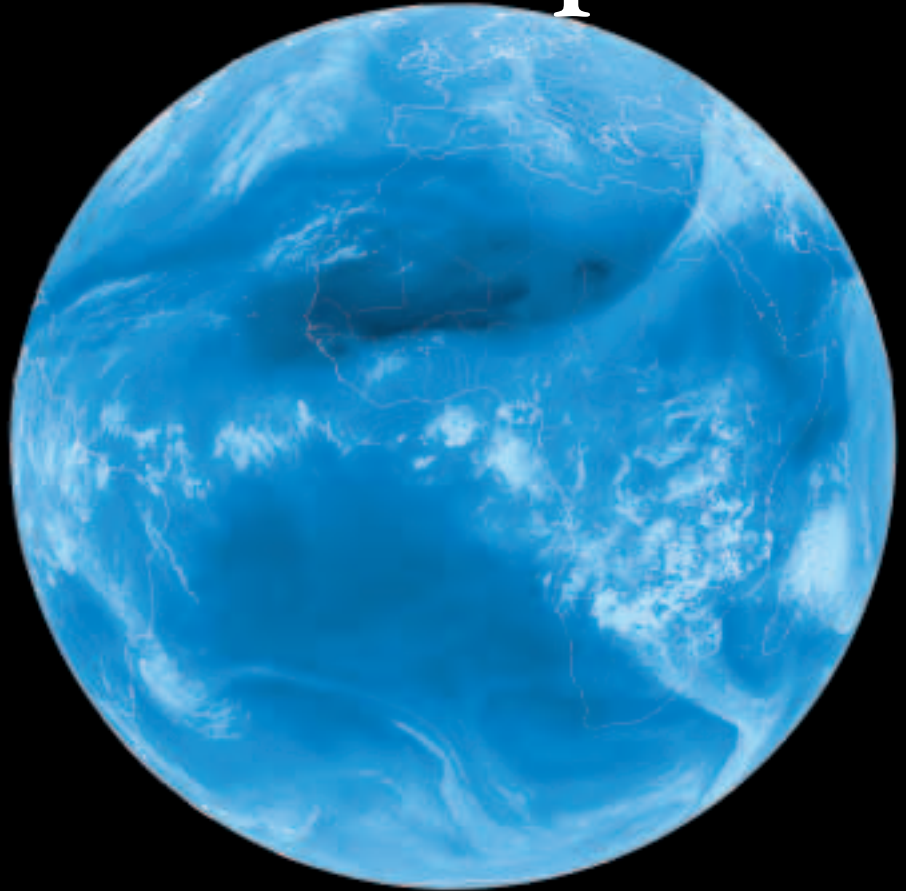
La ciencia y el arte modernos nacieron casi a la par, puesto que aparecieron durante el Renacimiento, y la mayoría de los artistas de aquel entonces se definían a la vez como sabios y creadores. El ejemplo emblemático es el de Leonardo da Vinci. En ese tiempo, la ciencia y el arte atañían a la invención en el primer sentido del término, es decir, el descubrimiento de una verdad preexistente. Teniendo en cuenta este enraizamiento común, es normal que estos dos campos no hayan dejado de comunicar. No obstante, en la imaginación colectiva, la ciencia y el arte también están separados puesto que uno encarna la objetividad, mientras que el otro representa el reino de la subjetividad. Los descubrimientos científicos más recientes, particularmente en materia de astrofísica, nos hacen acceder a universos desconocidos contribuyendo a crear nuevos espacios imaginarios, aprovechados por algunos artistas contemporáneos. A su vez, los científicos pueden inspirarse en el universo imaginario artístico para pensar lo impensable. En ese sentido, se podría hablar de una inspiración mutua...



Los vapores de agua

captados por Meteosat 8,
satélite geoestacionario
"que ve" todo el disco terrestre.
6 de marzo de 2004.

La mirada puesta



¿Dónde gravitan los satélites de observación de la Tierra?

¿Qué ven realmente?

¿Qué significa la resolución espacial (o espectral) de un instrumento?

Información básica sobre la teledetección.

La teledetección, como se podría imaginar, no hace referencia únicamente a los vehículos espaciales. Trata de todas las técnicas que permiten obtener información sobre un objeto a través de instrumentos que no están en contacto directo con él. Por lo tanto, los instrumentos que están a bordo de diversos aviones y que observan nuestro planeta están relacionados con la teledetección. En cuanto a los satélites de observación de la Tierra, reúnen una serie de artefactos con características muy diferentes, que evolucionan a distancias variables de su objetivo.

Los primeros satélites de observación tenían incorporadas cámaras fotográficas provistas de un carrete "de los de siempre". Una vez en

órbita, las cámaras sacaban una serie de fotografías antes de que el aparato volviera al suelo, donde se recuperaban las imágenes. Más tarde, se enviaron cámaras de televisión al espacio, haciendo posible la transmisión de imágenes desde la órbita. Por último, los sensores se afinaron y especializaron. A partir de ahora, los científicos disponen de sensores digitales que abarcan el campo de lo visible pero también de lo invisible, como la radiación infrarroja, así como de escáneres o incluso de radares en órbita.

Las órbitas

Las órbitas en las que se sitúan todos estos artefactos dependen de su finalidad. Por ejemplo, un satélite meteorológico geoestacionario

como *Météosat 5*, "flota" por encima de la Tierra a unos 36.000 km de altitud. Su resolución en tierra dista de ser excelente. No distingue los detalles, pero tampoco está diseñado para eso. A esta altitud, se queda fijo por encima de un mismo punto del planeta sobre el ecuador y, por lo tanto, ve permanentemente todo el disco terrestre. Esta estabilidad resulta de gran utilidad para la vigilancia de la atmósfera y de sus diversas evoluciones.

Los satélites de teledetección trabajan generalmente en órbitas más bajas, comprendidas entre los 450 y los 1.000 km. A estas altitudes, se desplazan y evolucionan en trazados que recorren en unas decenas de minutos. Así, el satélite *Spot-4* efectúa su ronda cada 101,5 minutos a una altura media de 830 km.

en el planeta azul

El plano de las órbitas elegidas forma un ángulo con el plano del ecuador. Los satélites pueden desplazarse en una órbita polar (pasando por los polos), en una órbita directa (el plano está inclinado entre 0 y 90° con respecto al ecuador y el desplazamiento se hace hacia el Este) o retrógrada, cuando la inclinación está comprendida entre los 90 y los 180° (desplazamiento hacia el Oeste).

La inclinación del plano de la órbita de un satélite define también la parte de la Tierra que puede observar. Si está situado en una órbita inclinada de 50°, tan sólo circulará entre los 50° de latitud Norte y los 50° de latitud Sur. Nunca sobrevolará Oslo (Noruega), situada cerca de 60° Norte.

La órbita denominada heliosincrónica constituye un caso particularmente interesante, ya que es constante con respecto a la posición del Sol. A lo largo de todo el año, el satélite que la recorre ve cada punto del globo terrestre a la misma hora. Esto permite la comparación de imágenes tomadas en las mismas condiciones de iluminación. Es el tipo de órbita utilizado entre otros para los satélites del grupo *Spot*.

Resolución espectral, resolución espacial

Los sensores de los satélites registran las radiaciones (la luz en sus diversas longitudes de onda, visibles e invisibles) reflejadas o emitidas por el suelo y los diferentes objetos que las componen. La resolución espectral es la capacidad del sensor de distinguir radiaciones electromagnéticas de diferentes frecuencias. Cuanto más sensible sea el sensor a diferencias espectrales mínimas (pequeños intervalos de longitud de onda), mayor será la resolución espectral del mismo.

Dan como resultado dos tipos de imágenes. Primero, las imágenes pancromáticas, obtenidas partiendo de una radiación única que comprende todas las longitudes de onda de lo visible. De alguna forma, los matices de la intensidad de la radiación dan una imagen en blanco y negro de lo que se observa. Este tipo de imagen es el que proporciona más detalles. La resolución espacial de los objetos percibidos es importante pero la resolución espectral es bastante

baja. La resolución espacial, en el campo de la teledetección, se refiere al tamaño de la zona observada cubierta por un solo píxel a nivel de los sensores. Cada píxel de la imagen corresponde a una parte de la superficie de la Tierra. Los satélites actuales más precisos tienen una resolución espacial (pancromática) del orden de 60 centímetros.

Por otro lado, las imágenes multispectrales son imágenes en color. Son producidas por varios sensores, siendo cada uno de ellos sensible a una parte de la radiación electromagnética (rojo, verde, azul para lo visible, pero también el infrarrojo). Al combinar las informaciones de estas diversas bandas espectrales se consigue reconstruir una imagen en color.

¿En rojo la vegetación?

En la mayoría de las imágenes de satélite con fines científicos, la vegetación aparece generalmente en rojo. Es sorprendente ver ese color para reflejar los bosques, las praderas o los jardines que nos parecen más bien verdes... ¿Por qué?

La mayoría de los satélites que ofrecen imágenes multispectrales disponen de sensores sensibles a diversas bandas del espectro electromagnético. Así, en el campo de la radiación visible (que va del azul al rojo pasando por el verde), los satélites disponen de sensores sensibles a tres bandas espectrales: el azul, el verde y el rojo. A partir de estas tres bandas, haciendo variar su intensidad cromática, se pueden reconstituir todos los colores "verdaderos" de una imagen. No obstante, en la teledetección, el azul es poco interesante. Esta banda espectral es muy sensible a las perturbaciones atmosféricas. Por lo tanto, se prefiere no incorporar sensores para este color en los satélites y añadir otros sensibles al infrarrojo cercano (que sigue al rojo en el espectro electromagnético), un "color" que no percibimos a simple vista. Ahora bien, el infrarrojo cercano es una radiación técnicamente muy interesante, típica de la vegetación.

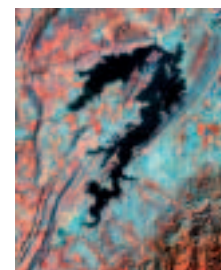
En los satélites de teledetección, la atribución de los colores de los diferentes sensores, banda por banda, se desplaza de esta forma: para los

sensores sensibles al verde, los científicos utilizan el azul en la restitución de las imágenes; a los que son sensibles al rojo, se tratará del color verde y traducirán en rojo los elementos proporcionados por los sensores sensibles al infrarrojo. Estos últimos son responsables del color de la vegetación, que nos parece aberrante. Asimismo, aparecen otras incongruencias, como las tejas rojas de los tejados que se vuelven amarillas y las zonas acuáticas que aparecen negras.

Las imágenes hiperespectrales

Las imágenes hiperespectrales se obtienen con sensores capaces de grabar la información en una multitud de bandas espectrales (a menudo más de 200) mucho más estrechas en las porciones visibles, el infrarrojo cercano y el infrarrojo medio del espectro electromagnético. Todos los objetos reflejan, absorben o emiten una radiación electromagnética que corresponde a su composición y a su estructura. Los datos hiperespectrales proporcionan así una información más detallada de las propiedades espectrales (firma espectral) de una escena y permiten una identificación y discriminación más precisas de los objetos que los sensores multispectrales de banda ancha.

Las aplicaciones de las imágenes hiperespectrales son múltiples. Entre las más importantes, se pueden citar la geología (identificación de los minerales...), la agricultura de precisión, la silvicultura (estado sanitario, identificación de las especies...) o la gestión de los medios acuáticos (calidad de las aguas, composición del fitoplancton...). ●



© Landsat

Imagen del embalse de Betania y sus alrededores

(Colombia) sacada en visible e infrarrojo. La vegetación aparece en rojo y el agua en negro.

Vigilancia militar

Es una evidencia: el espacio es un lugar ideal para obtener información con fines militares. Desde el principio de la astronáutica, numerosos satélites de observación de la Tierra tienen objetivos mucho más confidenciales que otros. Destacan también por sus características técnicas y operacionales.

En materia de información, los militares son muy discretos. Pero está claro que la teledetección espacial es para ellos una herramienta indispensable. Desde prácticamente el principio de la aventura espacial, hace tan sólo 50 años, las grandes potencias (los Estados Unidos y la Unión Soviética) pusieron a punto y lanzaron satélites espías. Dichos satélites fueron desarrollados para observar las actividades de países terceros mediante grandes resoluciones espaciales y espectrales. Algunos de estos artefactos se crearon para detectar las posibles explosiones nucleares, o incluso para detectar de forma precoz el lanzamiento de misiles balísticos enemigos.

Ya en 1959, el ejército estadounidense fue el primero en poner en órbita artefactos experimentales de observación de la Tierra (*Discoverer* y *Samos*). Estos pioneros fueron seguidos por decenas de satélites espías del tipo *Key-Hole* (KH). La Unión Soviética le siguió los pasos con su prototipo *Kosmos-4* (1962), que tuvo numerosos sucesores.

Una misión, una película

Estos primeros artefactos de teledetección militares se diferenciaban de los demás satélites de observación por su órbita muy baja, su corta duración de vida en el espacio (de algunos días a algunas semanas) y por su sistema de tomas de imagen. En el plano técnico, estaban dotados sólo de cámaras fotográficas sofisticadas, se enviaban a una órbita elegida en función del objetivo a estudiar, desenrollaban su película

y su misión acababa cuando finalizaba la cinta. A su vuelta a la Tierra, se revelaba la película y se interpretaban los clichés.

Los avances técnicos registrados en el transcurso de las cuatro últimas décadas permitieron después a los militares disponer de artefactos más sofisticados, dotados de capacidades digitales ópticas, infrarrojas, pero también de radar (para poder observar tanto de día como de noche independientemente de la nubosidad), y sobre todo capaces de transmitir sus datos desde el espacio. Ya no había necesidad de esperar su regreso a la Tierra para descubrir la información que habían recopilado.

¿Con qué resolución?

La resolución de los sensores utilizados por los satélites militares sigue siendo confidencial, por supuesto. Tan sólo podemos imaginarla comparándola con las capacidades que poseen los satélites civiles con mejor rendimiento. “En términos de resolución espacial, algunos satélites civiles ofrecen datos muy precisos, del orden de 80 cm en tierra”, explica Volker Liebig, director de los programas de observación de la Tierra en la ESA (la Agencia Espacial Europea). “Además, está claro que, cada vez más, la transferencia de datos y las instrucciones enviadas a los satélites civiles están codificadas, como en el caso de los satélites militares. En cierto modo, se trata de una forma de protegerse frente a los *backers*. No obstante, las diferencias entre los satélites civiles y militares se observan aún en algunos campos, como el blindado de los satélites contra las radiaciones

o su capacidad (en el caso de los militares) de cambiar rápidamente de órbita para responder a las situaciones de crisis. Todo ello determina que los satélites militares consuman y dispongan de mucho más carburante, pero también que sean capaces de volver a pasar con mucha frecuencia por encima del mismo punto del globo terrestre para seguir la evolución de una situación”.

Frente a la hegemonía histórica ruso-estadounidense en el campo de la teledetección, otras naciones también se han dotado de artefactos de observación de la Tierra.

Así, en 1988 Israel lanzó su primer satélite *Offeq*. Más recientemente, China se dotó de satélites de observación de la Tierra, de cápsulas recuperables FSW, y de un sistema dual (civil y militar), el *Zi Yuan*, con capacidad de transmisión de los datos en tierra.

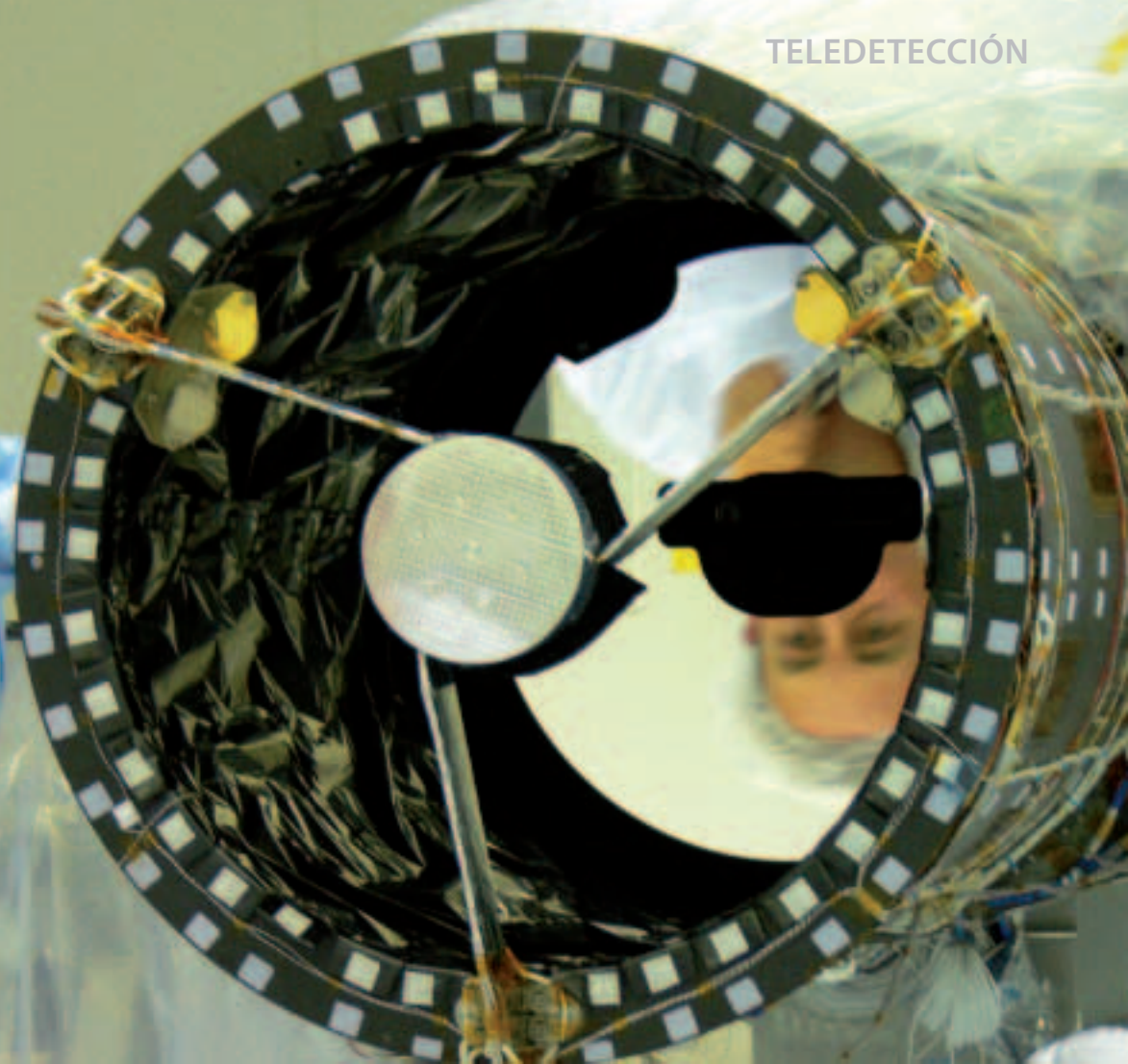
Europa se pone al día

En Europa, Francia, en colaboración con Italia y España, puso a punto los satélites ópticos *Helios*, en 1995. El programa militar francés *Helios-2*, también en el campo óptico (un satélite derivado de la plataforma civil *Spot*) está en órbita actualmente. El satélite *Helios-2A* fue lanzado en diciembre de 2004. El ejército francés explota sus imágenes en colaboración con España y Bélgica. El segundo satélite de esta generación, *Helios-2B*, tendría que ser lanzado en 2009, para que tome el relevo hasta 2014.

Alemania, por su parte, apuesta por una constelación de satélites militares de radar: el programa *Sar-Lupe*. Se trata de una constelación de cinco artefactos, el primero de ellos puesto en órbita en diciembre de 2006.

Francia desarrolla por ahora dos satélites gemelos de observación óptica: la constelación *Pléiades*, que comprende dos pequeños satélites (de 1 tonelada cada uno), dotados de una resolución espacial de 0,7 m y de un campo de visión de 20 km. *Pléiades* ofrecerá capacidades de adquisición estereoscópica para responder a las necesidades de la cartografía fina, particularmente en zonas urbanas, y puede usarse

Preparación de la parte óptica de los dos futuros satélites Pléiades en las salas blancas de Thales Alenia Space en Cannes (Francia).



© Thales-Alenia Space

como complemento de la fotografía aérea. Alemania, Bélgica, Italia, España, Suecia y Austria se han asociado a este programa “dual” (civil y militar).

Por su parte, Italia pone a punto un conjunto de cuatro satélites radar con doble finalidad militar y civil, los *Cosmo SkyMed*, que volarán simultáneamente. Este conjunto (*Pléiades* y *Cosmo SkyMed*) forma el núcleo del proyecto de cooperación *MUSIS* (*Multinational Space based Imaging System for Surveillance, reconnaissance and observation*) iniciado por Francia en 2005. Cuenta ya como socios con Alemania, Bélgica, Italia, España y Grecia. Este proyecto pretende preparar la etapa posterior a *Helios*. Está previsto que este futuro sistema de observación de la Tierra disponga de medios ópticos y radar. Su puesta en marcha operativa tendría que hacerse antes de 2014, fecha previsible de fin de vida de *Helios 2B*. El futuro de la inteligencia espacial militar europea se está perfilando...

El CSUE de Torrejón

Para explotar los datos proporcionados por los satélites de observación de la Tierra, Europa se ha dotado de su propio centro de excelencia. El Centro de Satélites de la Unión Europea (CSUE), instalado en Torrejón de Ardoz, no lejos de Madrid (España), abrió sus puertas en 2002. Se trata de una Agencia encargada de la explotación y producción de la información resultante del análisis de las imágenes de satélite de la Tierra.

Su objetivo principal es apoyar el proceso de toma de decisión de la Unión Europea dentro del marco de la Política Extranjera y de Seguridad Común (PESC) y de la Política Europea de Seguridad y Defensa (PESD). Entre otras cosas, supone una ayuda para las operaciones de gestión de crisis llevadas a cabo por la Unión Europea, al proporcionar soluciones derivadas del análisis de las imágenes de satélite y de los datos colaterales, incluyendo las imágenes aéreas y los servicios relacionados.

Los productos y servicios del CSUE también pueden ponerse a disposición de los Estados miembros, de la Comisión, de posibles países terceros, y de diversas organizaciones internacionales (Naciones Unidas, la Organización para la Seguridad y la Cooperación en Europa, la Organización del Tratado del Atlántico Norte, etc.).

El CSUE está financiado con las contribuciones de los Estados miembros y los pagos efectuados como remuneración de los servicios suministrados. Presta sus servicios a determinadas iniciativas, como misiones de salvamento o humanitarias, operaciones de mantenimiento de la paz, la comprobación de la aplicación de los tratados internacionales, la gestión de situaciones de crisis, el control de la no proliferación de armas estratégicas de destrucción masiva, o incluso algunas investigaciones judiciales.

 www.eusc.europa.eu

Europa a la cabeza

En materia de teledetección civil, Europa es hoy en día el líder mundial indiscutible. ¡Un éxito que se remonta a los años setenta! Y que sigue en pleno apogeo.



Imagen en color de la Tierra, tomada por el satélite MSG-2 en enero de 2006.

La observación de la Tierra, desde un punto de vista civil, es una disciplina espacial que apasionó a los europeos desde sus inicios. Ya en 1977, la Agencia Espacial Europea (ESA) lanzó *Meteosat-1*, un primer satélite óptico encargado de observar nuestro planeta desde una órbita geoestacionaria. Dicho satélite, dedicado a la meteorología, ha tenido muchos descendientes, cada vez más perfeccionados (estamos ya en el *Meteosat-7*) y en todas las longitudes de ondas posibles: visible e infrarroja. Esta familia de satélites está situada en órbita geoestacionaria, a 36.000 km de altitud. El satélite parece fijo con respecto a la región de la Tierra que observa permanentemente.

Spot, Envisat y los demás

En 1978, nació un segundo grupo de satélites: la familia *Spot* (siglas de Satélite Para la Observación de la Tierra) fruto de una cooperación entre Francia, Bélgica y Suecia. Hasta la fecha se han lanzado cinco dispositivos. Recorren órbitas más bajas, circulares y helio-

sincrónicas, a una altitud de 830 km. El último de la serie, *Spot-5*, proporciona imágenes con detalles de cerca de 2,5 metros en tierra en blanco y negro (pancromático) y de 10 metros en color (multiespectral).

Además, la ESA ha elaborado y puesto en órbita varios artefactos científicos, entre ellos los satélites radar del programa *ERS* (*European Remote Sensing satellite*). Dos satélites de esta familia han sido construidos dentro del marco de este programa adoptado en 1982. *ERS-2* sigue siendo operacional en órbita. Desde entonces se le ha unido el gigante Envisat.

Pero los recursos de la ESA en términos de observación de la Tierra no se limitan a estos grandes programas.

Las "Misiones de Terceros"

La Agencia Espacial Europea pone a disposición de países terceros sus instalaciones en tierra para la recepción, el tratamiento y el archivado de otros artefactos de observación de la Tierra. También dentro de este marco de las "Misiones de Terceros" (*Third party missions*)

se lanzó un satélite experimental de la ESA, la pequeña astronave belga *Proba* (*Project for on board autonomy*). Al principio, este satélite, situado en órbita en 2001, tan sólo iba a funcionar un año pero, una vez probada la eficacia de este demostrador tecnológico, resultó ser tan operacional que esta pequeña plataforma orbital (de apenas 100 kilos) se sigue usando para proporcionar imágenes cada vez más sorprendentes de nuestro planeta, gracias a su cámara de alta resolución y a su generador de imágenes multiespectral compacto de fabricación británica.

De cara al futuro

Hoy en día, el atractivo de la observación de la Tierra es indiscutible. Tanto en París, sede de la Agencia Espacial Europea, como en Frascati, en los alrededores de Roma donde se sitúa el ESRIN, el centro de la ESA encargado de los programas de observación de la Tierra, no faltan los proyectos.

Este entusiasmo europeo y sus perspectivas de futuro seducen a los científicos de todos



© ESA/Envisat

Envisat, un éxito “planetario”

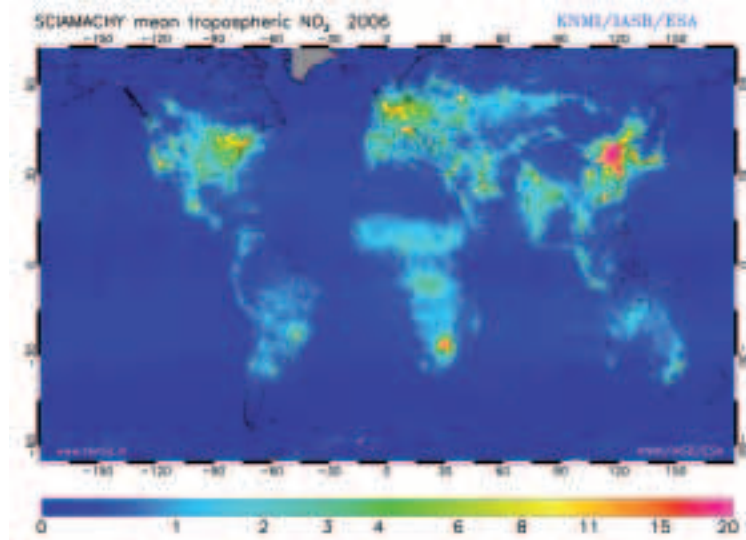
El más ambicioso satélite de observación de la Tierra nunca antes construido es una de las “creaciones” de la ESA. Desde hace cinco años, *Envisat* (ENVironment SATellite) es una mina de información sobre nuestro planeta. Este mastodonte (de 8 toneladas y con 10 instrumentos científicos en su interior), lanzado en marzo de 2002, produce cada día unos 280 gigabytes de datos. “En abril del 2007, durante un simposio científico organizado en Montreux (Suiza) con ocasión del quinto aniversario de *Envisat*, más de un millar de investigadores de 50 países asistieron para presentar sus resultados científicos obtenidos gracias a los datos de *Envisat*”, explica Henri Laur, director de la misión *Envisat* en la ESA. “Unos 1.200 proyectos científicos fueron detallados. Y no se acaba ahí”. *Envisat* seguramente estará funcionando hasta 2010. Pero incluso después del final de las observaciones en órbita, los datos producidos a lo largo de su vida activa, seguirán siendo una fuente de información de primera calidad. Seguirán alimentando nuevos algoritmos y proporcionarán nuevos datos sobre nuestra biosfera. “La gran baza de este satélite estriba en la multitud de datos adquiridos simultáneamente en órbita por sus diferentes sensores de una misma región del planeta”, prosigue Henri Laur. “Son datos que conciernen tanto a las tierras emergidas como a los océanos, la criosfera o incluso la atmósfera y, por supuesto, las múltiples interacciones entre estos diversos componentes. Esto explica que cada vez más resultados científicos obtenidos gracias a este satélite traten del clima y su evolución”.

Entre los instrumentos más notables del satélite, se puede destacar el radar generador de imágenes *Asar*, el “termómetro” *Aatsr*, o también *Meris*, un sensor óptico que se interesa tanto por los colores del océano como por la cubierta vegetal terrestre con una precisión en tierra del orden de 300 metros.

Profusión de algas en el mar Báltico, captada por el instrumento *Meris*, situado a bordo del satélite *Envisat* (13 de julio de 2005).

los continentes, incluyendo a los estadounidenses. “Simplemente porque Europa ha hecho de ello una de sus prioridades y que por ahora, en los Estados Unidos, los presupuestos dedicados a la observación de la Tierra no han dejado de menguar”, precisa Simonetta Cheli, responsable de relaciones públicas e institucionales en la ESA-ESRIN, Italia. “En este campo, son cada vez más los científicos estadounidenses que desean colaborar con los investigadores europeos para poder beneficiarse de los nuevos datos procedentes de nuestros instrumentos en órbita”.

Mapa de la contaminación por dióxido de nitrógeno (NO₂) establecido a partir de los datos enviados por *Envisat*. La exposición prolongada a este gas puede causar daños en los pulmones y en el sistema respiratorio. El NO₂ desempeña igualmente un papel importante en la atmósfera, puesto que conlleva la producción de ozono en la troposfera. Densidad de columna del NO₂ expresada en 10¹⁵ mol/cm².



envisat.esa.int
www.miravi.eo.esa.int

Urgencias mundiales



Stephen Briggs,
coordinador del
programa "Carta"
en la ESA.

Terremotos, corrimientos de tierra, erupciones volcánicas pero también inundaciones, mareas negras, incendios forestales. Cuando una gran catástrofe azota el planeta, hay que poder reaccionar muy rápidamente. Hay vidas en peligro. Para facilitar el trabajo de los equipos de emergencia, las grandes agencias espaciales movilizan sus satélites de observación de la Tierra. Este servicio tiene un nombre: la Carta Internacional "Espacio y grandes catástrofes".

La Carta Internacional ofrece un sistema unificado de adquisición y de entrega de datos obtenidos vía satélite en el caso de catástrofes de origen natural o humano por intermediación de usuarios autorizados. Cada miembro se ha comprometido a proporcionar sus propios recursos a la Carta y contribuye así a atenuar las repercusiones de tales catástrofes en la vida de las personas y la propiedad.

La Carta Internacional entró en vigor oficialmente el 1 de noviembre de 2000. Cada usuario registrado puede hacer un llamamiento a los miembros del programa y pedir la movilización de los recursos espaciales y de los recursos terrestres relacionados (*Radarsat, ERS, Envisat, Spot, IRS, SAC-C, satélites NOAA, Landsat, ALOS, satélites DMC*, y otros) de los miembros de la Carta.

"Entre los usuarios autorizados, están los organismos de protección civil, de salvamento, de defensa o de seguridad de los países miembros de la Carta, pero también las agencias espaciales así como los operadores de sistemas espaciales", indica Stephen Briggs, que coordina el programa de la Carta en el ESRIN (ESA-Italia). "A título excepcional, la Dirección de la Carta puede autorizar la entrega de datos espaciales a algunos organismos terceros".

En la práctica, un operador está de guardia las 24 horas. Responde a las llamadas de los usuarios autorizados de la Carta a través de un número de teléfono único para el mundo entero. Tras el análisis de la situación de urgencia y de las solicitudes formuladas, se

establece un plan de adquisición de imágenes de satélite y de archivo. Los datos pedidos se entregan cuanto antes, en general en menos de 24 horas, para informar lo más rápidamente posible a los equipos de intervención en el terreno. Las comparaciones con las imágenes de archivo permiten una mejor evaluación de los daños.

SOS en todos los continentes

Desde su creación, la Carta ha sido activada más de 130 veces. Tan sólo en 2006, sus medios fueron solicitados 25 veces. En el transcurso del primer trimestre de 2007, ocho catástrofes necesitaron su activación. Nada más empezar el año, el 19 de enero, la Carta fue activada para las inundaciones de Bolivia, Paraguay y

Argentina. Tres días más tarde, para un vertido accidental de hidrocarburos en Inglaterra. El 9 de febrero, se movilizaron los satélites de la Carta para seguir una nueva serie de inundaciones en Mozambique.

A finales de febrero, cubrió los fenómenos volcánicos de Colombia y, seguidamente, las inundaciones en Bolivia. En marzo de 2007, los satélites de observación de la Tierra fueron solicitados tres veces tras un terremoto en Indonesia, un ciclón en Madagascar e inundaciones seguidas de desprendimientos de terreno en Argentina.

En 2006, tuvo que activarse por catástrofes naturales, como en Sudán, Pakistán, Francia, Filipinas, Alemania y la República Checa, por citar algunas. ●

Un poco de historia

En el año 2000, tras la conferencia Unispace III de Naciones Unidas, que se había celebrado el año anterior, las agencias espaciales europea (ESA) y francesa (CNES) fundaron la Carta Internacional "Espacio y grandes catástrofes". Al poco tiempo, la Agencia Espacial Canadiense (ASC) se unió a esta estructura. En septiembre de 2001, el organismo estadounidense *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) hizo lo mismo, seguido a su vez por la Organización India de Investigación Espacial (ISRO).

Hoy en día, la Carta cuenta además entre sus signatarios a la Agencia Espacial Argentina (CONAE), la Agencia Japonesa de Exploración Espacial (JAXA), la USGS (*United States Geological Survey*) y los socios británico y multinacionales BNSC/DMC (*British National Space Centre* y *Disaster Management Centre*) que reúnen a tres países terceros dotados de satélites: Argelia, Nigeria y Turquía, los cuales se hicieron miembros en noviembre de 2005. Recientemente, en mayo de 2007, China también se ha unido a la Carta a través de su Agencia Espacial CNSA (*China National Space Administration*).



Alexander Carleer, investigador en el Instituto de gestión del medio ambiente y ordenación del territorio (IGEAT) de la Universidad Libre de Bruselas.

Profesión: investigador en teledetección

Las carreras de teledetección son múltiples: desde ingeniero hasta técnico pasando por gestor de satélites o comercial que distribuye los datos espaciales. Entrevista a Alexandre Carleer, un investigador belga que prueba un método de identificación automática de objetos a partir de imágenes de satélite de muy alta definición.

En las paredes de su oficina, en la Universidad Libre de Bruselas, las imágenes de satélite están por todos lados. Se pasa de la ciudad a la montaña, del campo a las zonas desérticas. Nos comenta: “Son imágenes hermosas, pero hay que saber descifrarlas, leerlas, interpretarlas”. Cuando las regiones observadas son amplias y la definición de las imágenes (la resolución espacial en la jerga) es baja, se reconocen fácilmente las grandes estructuras: una cadena de montañas, un lago, campos, bosques. Cuando se trata de observar los detalles, es casi misión imposible.

“Salvo a partir del año 1999”, explica este ingeniero agrónomo que después se orientó hacia un doctorado en ciencias y la teledetección. “Desde ese famoso año, disponemos de imágenes de satélite civiles de muy alta resolución. Antes de ello, por ejemplo, nos contentábamos con los datos de los satélites *Landsat*, cuyas primeras generaciones tan sólo distinguían en tierra detalles del orden de 80 metros. Luego, su resolución espacial pasó a 30 metros. Con la familia *Spot* se empezó con píxeles que representaban 20 metros en tierra. Después, con *Spot 5*, se llegó a 2,5 metros”.

La revolución de 1999 tiene dos nombres: *Ikonos* y *Quickbird*, dos satélites estadounidenses de

muy alta resolución. “Con ellos, la precisión de las imágenes se acerca casi a la de las fotografías aéreas, de algunas decenas de centímetros a un metro, lo que ha generado la multiplicación exponencial de nuevos datos”, precisa el investigador.

Un batiburrillo que había que identificar, clasificar e interpretar. Para las fotografías aéreas, esta interpretación se hacía manualmente. Pero para los territorios más amplios y observados con frecuencia por los satélites, esto se convertía en un proceso muy largo y costoso. Fue preciso encontrar métodos automáticos.

Evidentemente, este tipo de métodos ya había sido desarrollado para los satélites de menor resolución. Se hacía según una clasificación por píxel.

Segmentación de las imágenes

“Pero para las imágenes de muy alta definición, este método ya no era satisfactorio”, continúa Alexandre Carleer. “Hubo que pasar a otra cosa: el método de clasificación por región. Dicho método segmenta la imagen en función del color de cada píxel, pero también se puede combinar con criterios de forma del objeto, e incluso de textura. Finalmente, los programas que probamos tienden a recrear de forma homogénea y coherente los objetos vistos en

tierra. Así, se pueden identificar automáticamente una multitud de elementos: casas, edificios industriales, árboles, coches, carreteras. En resumen, lo que no se veía antes en las imágenes que tenían una resolución espacial menos precisa. El procedimiento también permite diferenciar objetos del mismo color (de la misma firma espectral) en función de sus formas. Por ejemplo: para un caso en el que con sólo la firma espectral del asfalto no se podía afirmar si se trataba de un tramo de carretera o de un tejado, el método ahora permite determinarlo”.

Por supuesto, este tratamiento digital tiene numerosas aplicaciones. “Por ejemplo, en el caso de la comprobación de las declaraciones de las superficies cultivadas por los agricultores europeos que se benefician de subsidios, el método permite controlar y calcular las superficies realmente labradas identificando las posibles inclusiones en las parcelas (un estanque, un bosque) y comprobando los tipos de cultivo. Otro ejemplo en el que este método resulta igual de eficaz: la actualización periódica de la ocupación de los suelos en una región, una provincia o un municipio”, concluye el investigador. ●

Aplicaciones tan variadas como insospechadas

La observación de la Tierra desde el espacio da pie a un gran número de aplicaciones prácticas. A veces muy conocidas, como la previsiones meteorológicas. Pero otras aplicaciones no lo son tanto, como se explica a continuación.

Ciclón Gamede

pasando por encima de las islas Mauricio y La Reunión el 23 de febrero de 2007.

Imagen de *Envisat*, espectrómetro *Meris*.

Siguiendo la pista de las olas gigantes

Todos se acuerdan del maremoto asesino que se produjo en el Océano Índico el 26 de diciembre de 2004 y que fue producido por un movimiento tectónico submarino.

Pero a menudo se olvida que cada año, casi cada semana, se originan y desaparecen olas gigantes en los diversos océanos del planeta cuando se dan una serie de condiciones atmosféricas, principalmente tormentas.

La mayoría de las veces, estas olas gigantes (a veces denominadas “monstruosas”⁽¹⁾) y que pueden causar la pérdida de enormes navíos mercantes, pasan sin dejar huella. El pasado mes de mayo, tales olas, de cerca de 11 metros de altura, se abatieron sobre la isla francesa de la Reunión, en el Océano Índico. A pesar de que se las estaba vigilando desde el espacio, las olas, que sumergieron el puerto de Saint-Pierre al sur de la isla, causaron la desaparición de dos pescadores, el desplome de varios muelles e inundaron casas y locales comerciales. Su intensidad había sido subestimada.

Estas olas monstruosas nacieron en el sur del Cabo, en Sudáfrica, y viajaron hacia el Nordeste, recorriendo cerca de 4.000 km en tres días antes de llegar a la isla. Habían sido detectadas y seguidas por el satélite *Envisat* de la ESA y su instrumento *Asar* (radar generador de imágenes de apertura sintética) que permite recoger pequeñas imágenes (de 10 x 5 km) de la superficie del mar, cada 100 km, a lo largo de la órbita del satélite.

Estas imágenes “diminutas” proporcionan información sobre la altura de las olas individuales. A continuación, dicha información se transforma matemáticamente y se descompone para obtener promedios de energía y de dirección, que se denominan espectros de olas oceánicas y que la ESA pone a disposición de los científicos y de los centros meteorológicos. Sin esta vigilancia rutinaria, casi con toda seguridad, la pérdida de vidas en la Reunión habría podido ser mucho mayor.

 www.esa.int/esaEO/index.html

Vigilar la cohabitación hombre-elefante

En Botswana (África meridional), las medidas de protección y de conservación de la naturaleza están dando fruto. La prohibición total de la caza de elefantes (*Loxodonta Africana*) decretada en 1991 ha tenido como resultado la subida

constante (un 5% anual) de la población total de estos paquidermos. Hasta tal punto, que esta región de África alberga hoy en día la mayor concentración de esta especie (unos 120.000 ejemplares). Esta abundancia, además de la desagregación de sus territorios naturales por los habitantes del país que han ampliado sus zonas de cultivo, es una nueva fuente de conflictos entre el hombre y el animal. Los responsables del Centro de protección de la naturaleza local (*Center for Conservation of African resources : animals communities and land use* o *Caracal*, en Kasane), en colaboración con el *King's College* de Londres, han lanzado un amplio estudio sobre esta cuestión basado, entre otras cosas, en las imágenes de satélite. Entre las distintas aplicaciones, los datos sirven para determinar la abundancia y la distribución de los paquidermos a nivel de grandes regiones. Con tan sólo un paso del satélite por encima del país, los especialistas disponen de una vista global de la población de elefantes, suficiente para tomar posibles medidas de protección de los intereses de la población animal... o humana.

 www.dmcii.com

Prever la aparición de epidemias

Gripe aviar, cólera, paludismo, meningitis... La previsión de la evolución de las epidemias por satélite, también llamada tele-epidemiología, es hoy en día un sector en progresión constante. La observación espacial combinada con los datos obtenidos sobre el terreno permite predecir el desarrollo de epidemias cuyos vectores son, por ejemplo, los mosquitos o los pájaros. Estos vectores son sensibles a las modificaciones del entorno. Los especialistas, tras analizar algunos datos de satélites (superficie del suelo, vegetación, vientos, nubes, temperatura del océano, eventos meteorológicos, etc.) y combinarlos con diversas mediciones sobre el terreno (humanas y animales), pueden predecir el riesgo de extensión de una epidemia y contemplar así la movilización de los medios de lucha adaptados. Diversas redes de tele-epidemiología son actualmente operacionales en Argentina, Senegal, Níger, China y la cuenca mediterránea.

Según Antonio Güell, del CNES (la Agencia espacial francesa), las posibilidades ofrecidas por estas técnicas son inmensas pero su aplicación sigue siendo aún demasiado puntual, a pesar de

que podrían mejorar radicalmente la situación sanitaria de numerosas regiones del mundo.

 www.cnes.fr
www.cermes.net

Alertar a los asmáticos

En varios barrios de Londres, como el de Croydon, se ha probado durante dos años un sistema de alerta de contaminación atmosférica en tiempo real destinado a personas que padecen problemas respiratorios. A finales de marzo de 2007, el sistema desarrollado por la ESA y una empresa de consultoría especializada en investigaciones medioambientales de Cambridge (*Cambridge Environmental Research Consultants*) se generalizó en la capital británica. Nicky Gordon, diputado-alcalde de Londres, inauguró este nuevo servicio para la población, denominado Airtext.

Airtext es un servicio de alerta que funciona a través de mensajes de texto telefónicos (SMS), mensajes vocales o correo electrónico. El sistema envía alertas a sus abonados la misma mañana e incluso la noche anterior, de los niveles máximos de contaminación previstos, basándose en las observaciones atmosféricas realizadas desde el espacio por el satélite *Envisat* de la ESA y completadas con mediciones en tierra así como con pronósticos sobre la densidad del tráfico.

Los abonados (personas que padecen asma, bronquitis, enfisema, insuficiencia cardíaca o angina de pecho) pueden organizar su jornada basándose en esta información. Así se pueden salvar vidas. Según Nicky Gordon, cada año en Londres mueren un millar de personas de forma prematura a causa de problemas de salud agravados por los picos de contaminación.

 www.airtext.info

Anticipar el "enverdecimiento" de Groenlandia

Si todo el casquete glaciario que recubre Groenlandia se derritiera, el nivel medio de todos los mares del mundo aumentaría en alrededor de 7 metros. De ahí que la vigilancia de este casquete frágil, más sensible al calentamiento global de nuestro planeta que el Antártico, sea tan importante.

El consorcio DMC (*Disaster Monitoring Constellation*), que reúne cuatro satélites de

observación de la Tierra de Argelia (*Alsat-1*), Nigeria (*Nigeriasat*), Turquía (*Bilsat-1*) y el Reino Unido (UK-DMC), colabora en el estudio del deshielo de este casquete. La tecnología de estos satélites permite que los investigadores de la Universidad de Swansea puedan medir la disminución del grosor de la capa de hielo, las corrientes de agua que genera en su periferia y, más globalmente, la dinámica de todos los flujos que engendra este deshielo.

 www.dmcii.com

Salmón de piscifactoría de calidad

El principal país productor de salmón de piscifactoría se encuentra ¡en el hemisferio Sur! Se trata de Chile: sus numerosas granjas acuícolas producen actualmente la mayor parte del salmón de acuicultura consumido en el mundo. Pero esta industria es frágil, estando a merced de la degradación repentina de la calidad de las aguas marinas, lo que sucede con regularidad y por causas naturales, por ejemplo, con la proliferación incontrolada de fitoplancton. Los especialistas hablan de aparición masiva de algas microscópicas en la superficie. Este tipo de marea verde capta una buena parte del oxígeno disponible en el agua, lo que puede conllevar la muerte de los salmones. Sin hablar de la emisión de compuestos químicos que pueden envenenar a otras especies marinas con valor económico, como los mariscos y los mejillones.

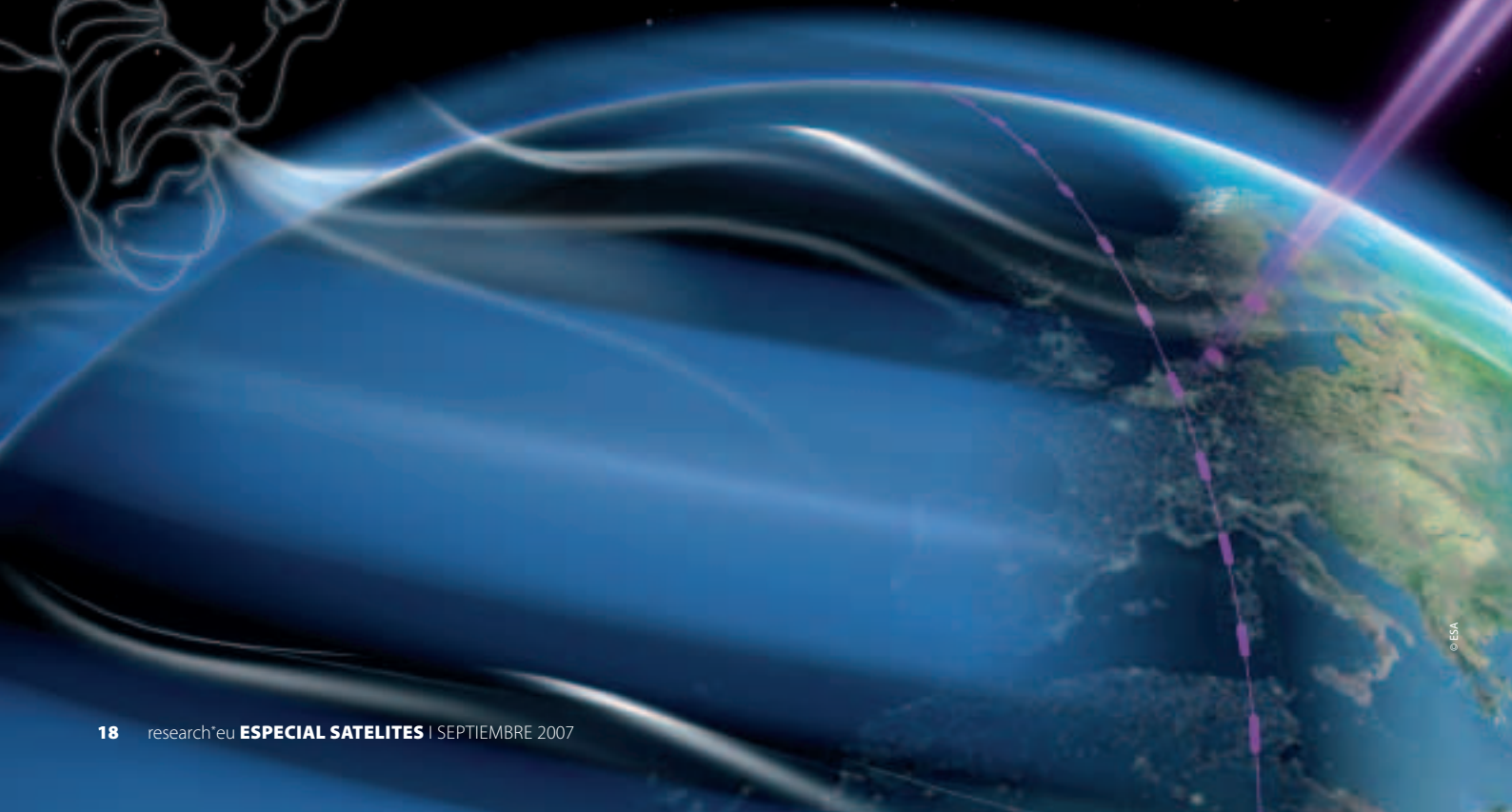
Para prevenir este tipo de fenómeno y seguirlo casi en tiempo real, se ha puesto en marcha el proyecto Cap (*Chilean Aquaculture Project*), apoyado por la ESA. La vigilancia de la calidad de las aguas y la aparición del fitoplancton se realiza desde el espacio. Se encargan de ello los satélites *Envisat* (y su radiómetro *Meris*) y el instrumento *Modis* a bordo del satélite estadounidense *Aqua*. Estudian principalmente el cambio de color del agua (a causa de la clorofila), su turbidez, las materias en suspensión y la temperatura de la superficie. Estos datos, combinados con modelos hidrodinámicos (las corrientes marinas), constituyen una nueva herramienta de gestión acuícola para las empresas chilenas del sector.

 www.eomd.esa.int

(1) Véase I+DT info n° 42

Seis exploradores al servicio del planeta

El programa Earth Explorers constituye la nueva iniciativa científica de la ESA en materia de satélites científicos de observación de la Tierra. Seis satélites que se interesan cada uno por un determinado aspecto de nuestra biosfera.



La Agencia Espacial Europea (ESA) ha cambiado de estrategia en lo que se refiere a la observación de la Tierra. En vez de concentrar todos sus medios en la realización de un gran satélite muy completo, como hizo con Envisat, ahora apuesta por misiones más restringidas.

“Misiones más modestas, más especializadas pero también más rápidas de poner en marcha”, comenta Jérôme Benveniste, del departamento de las aplicaciones de la observación de la Tierra en el ESRIN (ESA, Italia). “Los *Earth Explorers* se concentran en la atmósfera de nuestro planeta, su biosfera, pero también en la hidrosfera, la criosfera (hielos) y por supuesto en su “cara oculta”, el propio interior de nuestra Tierra. Se pretende saber más sobre las interacciones entre estas diversas ‘esferas’ y el impacto de nuestras actividades humanas”. Dos categorías de satélites cohabitan dentro del programa. Por una parte, los satélites dedicados a misiones básicas, que desarrollan un

campo de investigación preciso, y son de gran interés científico apoyando los objetivos a largo plazo de la Agencia. Por otro lado, los que están centrados en misiones denominadas “oportunas”, de menor envergadura, que no están forzosamente dirigidas completamente por la ESA, y que, por ejemplo, responden a nuevas cuestiones sensibles concernientes a nuestro medio ambiente para las cuales la comunidad científica desearía disponer de nuevos datos de forma rápida.

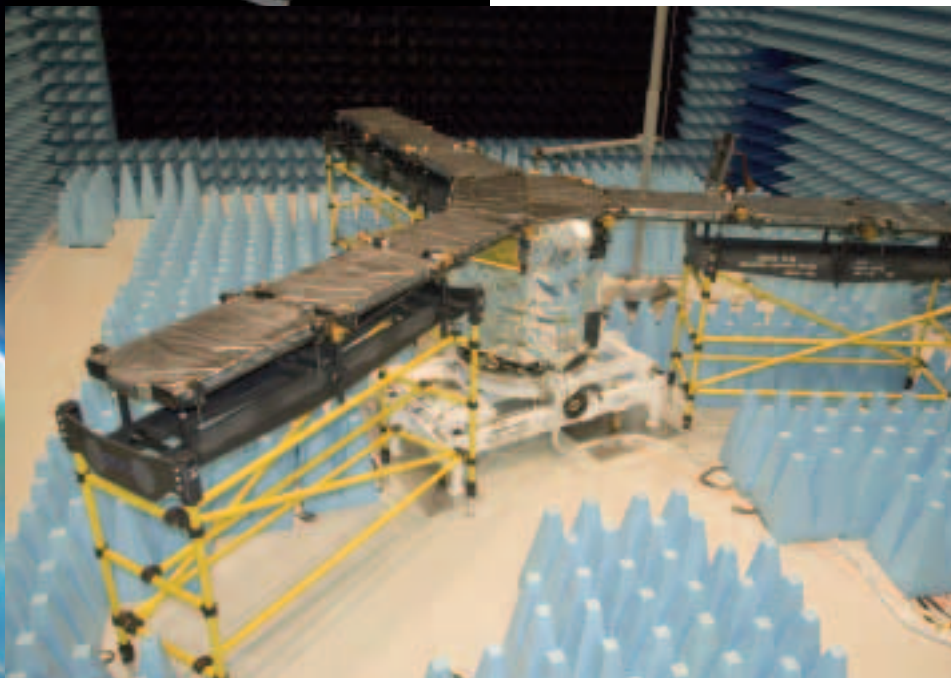
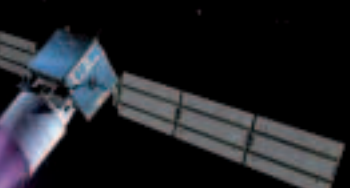
En la línea de salida

De los seis satélites actualmente en preparación, tres están destinados a cumplir una misión básica (*GOCE*, *ADM-Aeolus* y *Earthcare*) y los otros tres responden a misiones oportunas (*SMOS*, *CryoSat-2* y *Swarm*).

La misión *GOCE* (*Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer*), prevista para 2008, va a interesarse por el campo gravitacional de la Tierra. Sus datos servirán para afinar los modelos en este campo, mejorar nuestros conocimientos “del interior” de nuestro planeta, pero también para precisar la forma del geode terrestre.

El satélite *SMOS* (*Soil Moisture and Ocean Salinity*) estudiará minuciosamente el ciclo del agua sobre la Tierra. *SMOS*, previsto para

el año 2008, medirá la humedad del suelo a gran escala (con lo que, por ejemplo, se podrán prevenir las pérdidas de producción agrícola debido a la sequía a través de una amplificación de los riegos, etc.). También estudiará la evolución de la salinidad de los mares y de los océanos. *CryoSat-2* será la herramienta de la criosfera. Los principales objetivos de este satélite, cuyo lanzamiento está previsto para 2009, serán los hielos de mar pero también los amplios glaciares terrestres, como los del Antártico y Groenlandia. *ADM-Aeolus* (*Atmospheric Dynamics Mission*) analizará los perfiles de los vientos en todas las capas de la atmósfera. Su salida está prevista para 2009. *SWARM* estudiará el campo magnético y su evolución en el tiempo. Esta misión está dotada de tres satélites y tiene previsto su inicio para 2010. Y finalmente, la misión *Earthcare* (*Earth Clouds Aerosols and Radiation Explorer*), realizada en colaboración con Japón, pretende mejorar nuestros conocimientos sobre el equilibrio radiativo de la Tierra (efecto invernadero, importancia de los aerosoles, de los polvos en la atmósfera, etc.), con lo que se podrán mejorar los modelos de previsión digital del tiempo (lanzamiento previsto para 2013). ●



Próximas misiones

El programa de los *Earth Explorers* no se limita a las misiones descritas en este artículo. La ESA ha lanzado una convocatoria de proyectos destinada a la comunidad científica. Ha obtenido 24 propuestas. Seis proyectos seleccionados se someten ahora a estudios de factibilidad. Se trata de *Biomass* (biomasa forestal), *Traq* (transporte aéreo sobre largas distancias de los contaminantes), *Premier* (relaciones entre los gases en baja concentración en la atmósfera, la radiación y la química de la atmósfera), *Flex* (estudio de la fotosíntesis con mediciones de fluorescencia), *A-Scope* (ciclo global del carbono) y finalmente *CoReH2O* (ciclos del agua en fase de nieve y helada). Los primeros satélites de esta segunda selección podrían despegar de aquí al año 2010.

Una multitud de satélites

El estudio de nuestro planeta es ahora más que nunca una preocupación mundial. Cada uno de los países que dispone de medios de observación desde el espacio pone sus datos a disposición de investigadores extranjeros. Lo que no impide que se organicen colaboraciones más estrechas. Además de los históricos satélites (1999) de la alta resolución civil (Quick Bird e Ikonos), presentamos aquí una selección (muy) parcial.

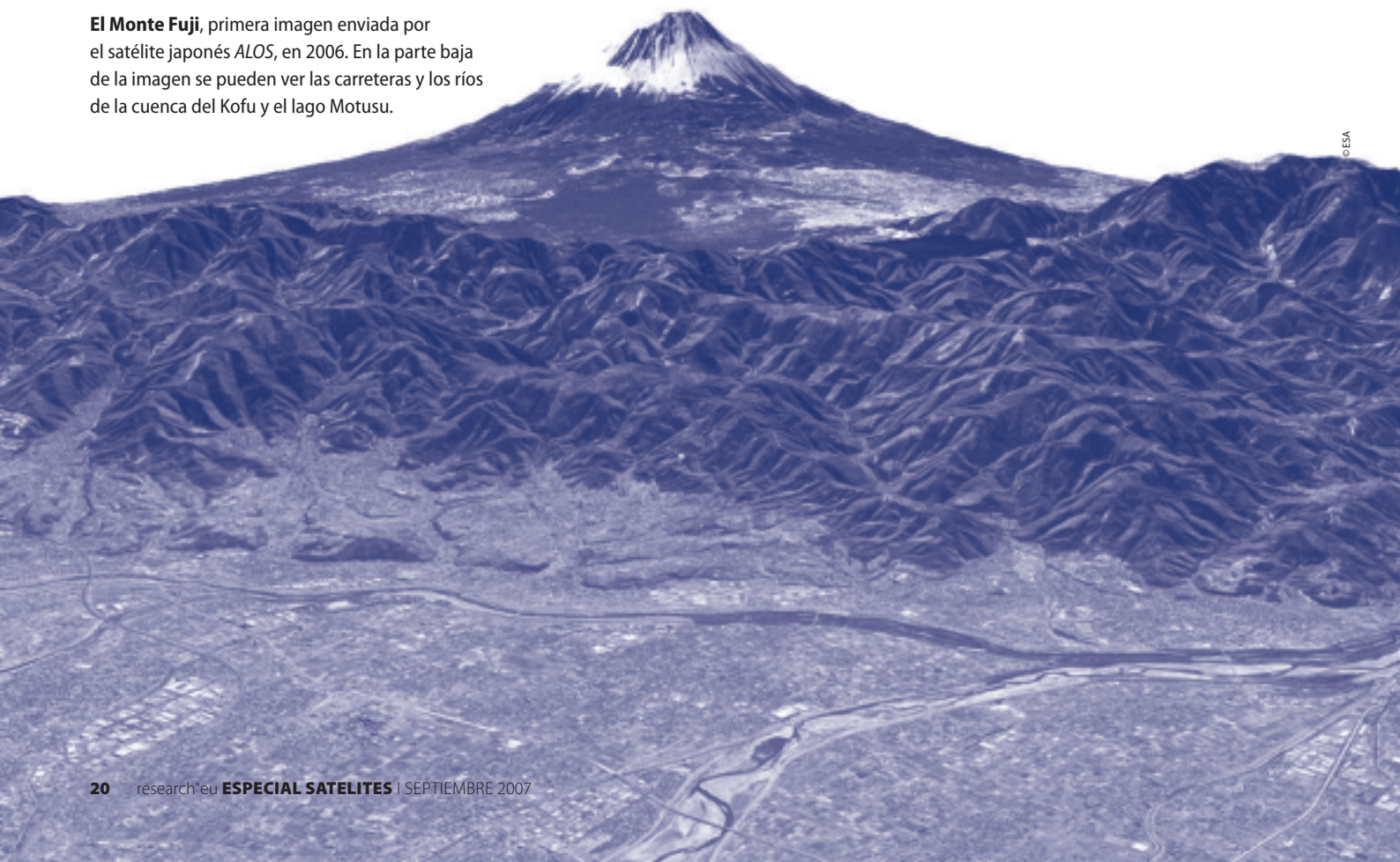
El Monte Fuji, primera imagen enviada por el satélite japonés ALOS, en 2006. En la parte baja de la imagen se pueden ver las carreteras y los ríos de la cuenca del Kofu y el lago Motusu.

De todo un poco

Alos – Este satélite japonés de observación de la Tierra fue puesto en órbita en enero de 2006. Vigila el planeta día y noche y sean cuales fueren las condiciones atmosféricas, gracias a su radar de apertura sintética *Palsar* y a su sensor pancromático estereográfico *Prism*.

Quikscat – Lanzado por la Nasa en 1999, su instrumento principal, un difusómetro (*Scatterometer*) proporciona información sobre los vientos de superficie del planeta (en tierra firme y en alta mar), lo que permite estudiar diversas interacciones entre la atmósfera y la Tierra.

IRS-P6 – Igualmente designado con la apelación *Resourcesat-1*, este artefacto de teledetección fue lanzado por la ISRO (*Indian Space Research Organization*). La agencia espacial india también situó en órbita *IRS-P3* en 1996.



© ESA

en órbita

Este satélite de observación de la Tierra está dotado del instrumento *MOS (Modular Optoelectronic Scanner)*.

Terra Sar X – Este satélite radar de la empresa Infoterra (Alemania) entrará en funcionamiento, según las previsiones, en 2007.

Kompsat-1 – Este satélite de Corea del Sur, el primero de una gama de observación óptica de alta resolución, fue puesto en órbita en 1999. *Kompsat-2 (Korean MultiPurpose SATellite)*, un artefacto de muy alta resolución del Kari (Korean Aerospace Research Institute) fue lanzado con éxito el 28 de julio de 2006. Proporciona imágenes con una precisión de un metro.

Formosat-2 – Este satélite taiwanés del *National Space Organization (NSPO)* es de diseño europeo. Fue fabricado por Eads-Astrium y permite observaciones de alta resolución (2 metros) ¡con una capacidad de revisita cotidiana!

Scisat – Ayuda a un equipo de investigadores canadienses e internacionales a comprender mejor el problema de la reducción de la capa de ozono, estudiando más especialmente los cambios que se producen por encima de Canadá y del Ártico. Está en órbita desde 2003.

Terra – Este satélite estadounidense, lanzado en 1999, consta de cinco instrumentos científicos, entre ellos, un espectrorradiómetro realizado conjuntamente con Canadá. Se trata del equivalente “de la mañana” del satélite estadounidense *Aqua*, que forma parte del *A-Train* (véase a continuación).

Un “tren espacial”

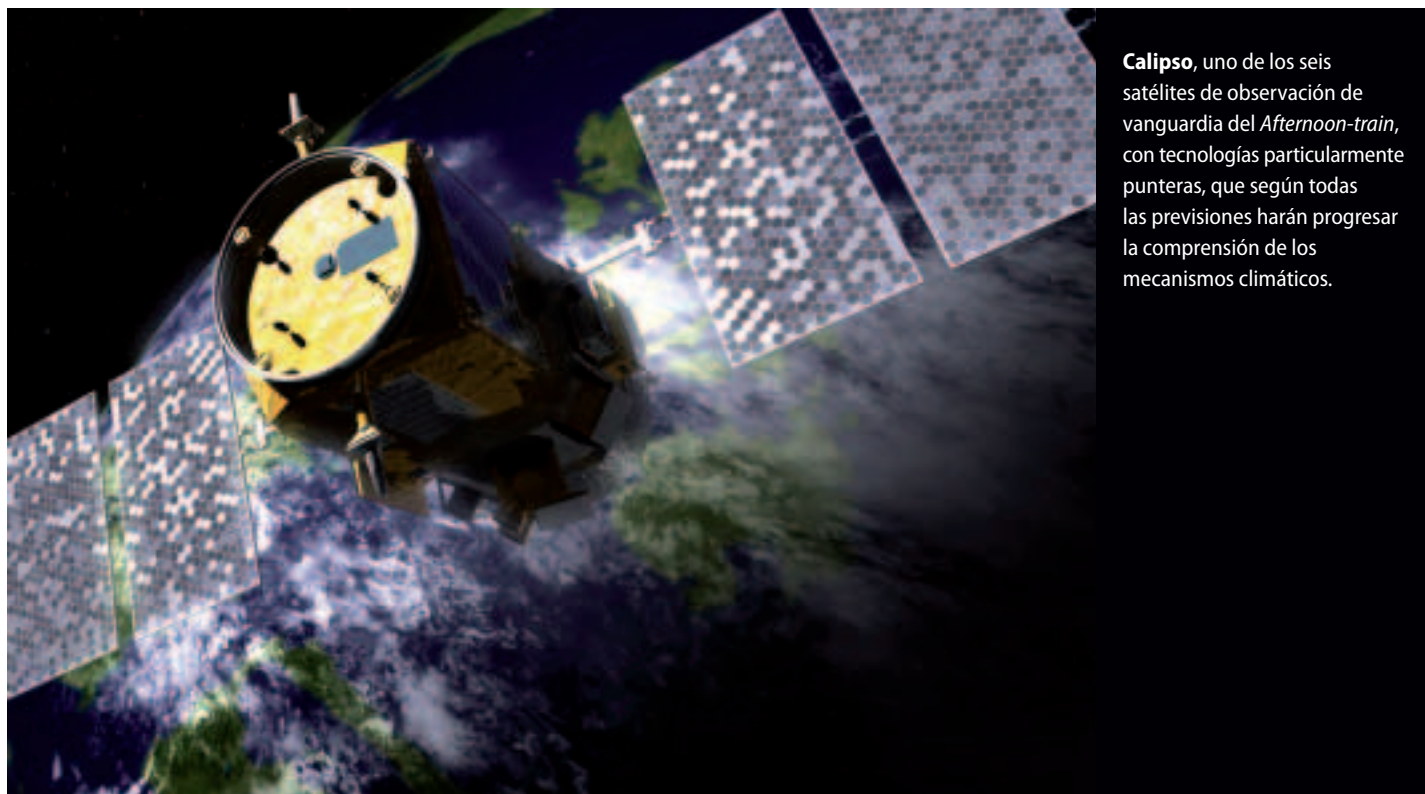
Seis satélites científicos de observación de la Tierra, fruto de la colaboración de tres países (Estados Unidos, Francia y Canadá), recorren uno tras otro una misma órbita heliosincrónica. Este tren espacial ha sido bautizado *A-Train* (del inglés *afternoon train* o tren de la tarde) porque sus seis satélites cruzan el ecuador con algunos minutos de diferencia (alrededor de las 13:30 h., hora local). Constituye un observatorio espacial excepcional que asocia todas las tecnologías de medición activas y pasivas

para comprender mejor los diferentes engranajes de la máquina climática. Sus componentes son: *Aqua* (Nasa, 2002), *Aura* (Nasa, 2004), *Parasol* (CNES, 2004), *Calipso* (Nasa/CNES) y *Cloudsat* (Nasa/ASC), lanzados en 2006 y *Oco* (Nasa), previsto para 2008.

Rumbo a las nuevas generaciones

La teledetección del futuro tendrá que responder a tres imperativos: mayor resolución (espacial y espectral); mayor flexibilidad de los satélites para poder apuntar rápidamente hacia un objetivo; una capacidad de revisita más elevada para permitir un seguimiento cotidiano de la evolución de una situación en tierra.

De aquí a finales de 2008, se prevé que *Digitalglobe* disponga de un nuevo artefacto que reúna todas estas cualidades. *Worldview-1* tendrá una flexibilidad en órbita nunca antes vista. Podrá visitar un mismo punto en tierra cada 1,7 días, proporcionando imágenes de una precisión de 50 centímetros. Todo un acontecimiento para un satélite civil... ●



Calipso, uno de los seis satélites de observación de vanguardia del *Afternoon-train*, con tecnologías particularmente punteras, que según todas las previsiones harán progresar la comprensión de los mecanismos climáticos.

Un mercado floreciente

El aumento incesante de la calidad de las imágenes de satélite, su disponibilidad cada vez mayor y la multiplicación de las aplicaciones que se desprenden de las mismas hacen que este sector sea muy prometedor para las pequeñas y medianas empresas.

Por supuesto, la observación de la Tierra es ante todo una gran aventura científica y tecnológica. Pero a lo largo de los años, también se ha convertido en un importante sector con vocación económica.

Antes que nada, a través de la explotación de los satélites, su control en órbita, su gestión, la recepción y el envío de datos. Todos son campos que generan empleos altamente cualificados.

Al final de la cadena, la comercialización de la información por los grandes operadores y sus canales comerciales, pero también a través de una multitud de empresas de servicios, aporta a estos conocimientos un importante valor añadido complementario. Sin olvidar el impacto directo de algunas aplicaciones, por ejemplo, las previsiones meteorológicas, en todas las actividades humanas en la tierra, en el mar y en el aire.

La comercialización de los datos

Adquirir una imagen de satélite tiene un precio. Ha hecho falta concebir y construir el satélite, lanzarlo y después explotarlo durante largos años. Al final, la factura la suele pagar el cliente.

¡Quién desee adquirir datos de los satélites de observación de la Tierra generalmente tiene que pasar por caja!

Los operadores comerciales también están presentes en el mercado. Por ejemplo, Spot Image comercializa los datos de sus propios satélites, pero igualmente imágenes de la Tierra que provienen de satélites terceros cuya gestión comercial le ha sido confiada (como *Envisat*, *ERS*, *Radarsat*, etc.).

Entre los otros grandes operadores en el mundo, señalemos en especial a las empresas DigitalGlobe y Geo Eye. Proponen imágenes de muy alta resolución, las más precisas del mercado, que provienen de sus satélites *Quickbird* (resolución de 60 centímetros) e *Ikonos* (resolución de 1 metro) respectivamente.

En términos de factura

En DMC International Imaging, el precio se fija en función de la zona de interés de la imagen solicitada. El precio mínimo de una imagen de 160 km² con una resolución de 32 metros, que ha necesitado tres “visitas” de satélites, es de 2.240 €. Además, hay que pagar una cuantía fija de 614 €, destinada a cubrir los

gastos de determinación de los parámetros del satélite. Por su parte, Spot Image propone sus clichés en color *Spot-5* estándares de 60 km² como mínimo con una resolución de 2,5 metros, por un precio de 8.900 €, al que hay que añadir 3.100 € de gastos de programación prioritaria.

En cuanto a las imágenes de muy alta definición, por ejemplo, las del satélite *Quickbird*, las facilita el revendedor europeo Eurimage por un precio de 25 dólares por kilómetro cuadrado. El coste mínimo se aplica a una escena completa captada por el satélite, es decir, una superficie de 272 km², es decir, alrededor de 6.800 € la imagen y casi el doble si se trata de pedidos “urgentes”.

Las imágenes “a medida” de la ESA

Los gigabytes de datos producidos cada semana por los diez instrumentos científicos del satélite científico *Envisat* de la ESA se comercializan según reglas precisas, determinadas incluso antes del lanzamiento del satélite.

“Dicha regla fue decidida por los Estados miembros que financiaron esta misión”, explica Simonetta Cheli, responsable de relaciones públicas e institucionales en la ESA-ESRIN, Italia. “Se definen tres categorías de usuarios. En la primera, están los científicos. Ellos tienen un acceso gratuito a los datos de *Envisat* una vez aprobado su proyecto de investigación por diversos comités de pares. En la segunda categoría, el acceso a la información está sujeto a un derecho de utilización reducido. Los usuarios tipo de esta categoría son las instituciones públicas, entre otros. Y finalmente, en la tercera categoría, están todos los demás

El peso del sector espacial europeo

En 2005, la industria espacial europea consiguió una cifra de negocios del orden de 4.400 millones de euros. Emplea a 28.000 personas. Según una estimación de la Comisión Europea, esta industria genera al final de la cadena una actividad económica cinco veces mayor. A pesar de una inversión pública relativamente reducida en este sector, la industria espacial europea es extremadamente competitiva. Posee el 40% de los mercados mundiales en lo que concierne a la construcción, el lanzamiento y la explotación de los satélites.



y descentralizado

usuarios. Para acceder a nuestros datos, tienen que pasar por los operadores comerciales y pagar los precios del mercado”.

Estos fluctúan en función de lo reciente que sea la imagen. Por ejemplo, son 400 € por una imagen radar *ERS* o *ASAR (Envisat)* de archivo que abarca una zona de 100 km² con una precisión de 25 m. Por la misma imagen solicitada (que necesite una programación del satélite), el precio pasa a 600 €. Pero el precio puede bajar a 150 € si tan sólo se desea una precisión en tierra de 150 m.

“En lo que concierne a nuestras futuras misiones, como las *Sentinelles* del programa GMES, la política comercial está por definir”, concluye Simonetta Cheli. ●

i **Comunicación de la Comisión,**
DG Empresa, IP/07/575
www.eurimage.com
www.spotimage.com
www.dmcii.com
ec.europa.eu/enterprise/

¿Un satélite “listo para funcionar”?

¿Por qué los mayores consumidores de imágenes de satélite no optarían por la compra de su propio microsatélite de observación, con sistema de recepción de los datos a domicilio? En Europa, la gama de microsatélites *Proba*, concebida al principio como un demostrador tecnológico de la ESA, se fue convirtiendo en un verdadero producto comercial. El consorcio industrial lo propone ahora como un sistema completo: satélite, lanzamiento y sistema en tierra asociado. Un ejemplo del éxito de la industria europea que interesa a países terceros aún no dotados de tales medios de observación de la Tierra.

i www.verhaertspace.com

Una industria “local” centrada en las PYMEs

La comercialización de datos de satélites en bruto no ofrece mucho interés en su estado “bruto”. Por lo tanto, numerosas empresas proponen servicios de valor añadido partiendo de estas imágenes.

Una radiografía del sector de las industrias especializadas en este campo en Europa y Canadá fue realizada conjuntamente en 2004 por la ESA y dos empresas de consultoría, Vega Group y Booz Allen Hamilton. El estudio revelaba la existencia de unas 160 empresas especializadas en este campo. Entre ellas, se encontraba una importante fracción de PYMEs: el 33% de las empresas del sector contaban con menos de 10 empleados, el 27% tenían entre 11 y 30 colaboradores y el 15% entre 31 y 60 empleados. Tan sólo el 9% de ellas empleaban a más de 500 personas. Otra enseñanza de este estudio: la cifra del volumen de negocios global del sector (en 2002) se situaba en torno a 285 millones de euros, una suma que no incluía la venta de los datos primarios (las imágenes brutas). El informe reveló también que el mercado es esencialmente “nacional”. Las empresas del sector realizaban esencialmente su cifra de volumen de negocios con clientes de su región/país. Según el informe: “En el caso de las empresas con sede en la UE, tan sólo una parte muy baja de los ingresos del sector se realiza fuera de Europa (el 15%)”. La mayor parte de los ingresos de esta actividad se realizaba en servicios relacionados con la identificación de los recursos naturales del planeta, la cartografía y las aplicaciones de seguridad.

Fuente: The state and health of the European and Canadian EO service industry, ESA/ Vega group & Booz Allen Hamilton.

El Monument Valley, tierra de los Indios Navajos en las fronteras de los estados de Arizona y de Utah, visto por el pequeño satélite belga *Proba*.



Los europeos, a la cabeza de la industria espacial, poseen el 40% de los mercados mundiales en la construcción, el lanzamiento y la explotación de los satélites. Despegue del Ariane V y algunos trabajos de preparación.

Eumetsat, “la otra” Agencia Espacial Europea

La lluvia y el tiempo, temas inagotables de conversación... pero también de nuestras preocupaciones. Sobre todo sabiendo que las condiciones meteorológicas tienen un impacto directo sobre las actividades económicas de los habitantes de la Tierra. Por lo tanto, no es de sorprender que una gran parte de los satélites que estudian nuestro planeta se centren en su atmósfera, su composición y su evolución, pero también en sus océanos, verdaderos motores de la situación del tiempo de hoy y la de mañana.

Un poco de lluvia y el tráfico se ve perturbado. Un episodio de sequía y la agricultura se resiente, así como los bosques, que están expuestos a mayores riesgos de incendios. Fuertes vientos y son los navíos mercantes y de pesca los que ven afectadas sus actividades. La meteorología se ha convertido en una ciencia operacional de la que ya no somos capaces de prescindir. Los europeos lo han comprendido perfectamente. Tras la ESA (1975), en 1986 se creó *Eumetsat*, una segunda agencia espacial europea, operacional ante todo.

Sus misiones consisten en proporcionar datos, imágenes y productos de satélites las 24 horas del día, 365 días al año, a los servicios meteorológicos nacionales de sus Estados miembros, de los países cooperantes (véase el cuadro), así como a numerosos usuarios públicos (UNESCO, FAO, PNUMA, OMM, NOAA, ECMWF) y privados de todo el mundo.

Para tal efecto, la Agencia, desde su centro de operaciones en Alemania, explota los datos de sus propios satélites (*Meteosat* y *Metop*) pero también los que provienen de una serie de

centros especializados, los Saf (*Satellite application facility*). Entre estos centros de aplicaciones de satélite, algunos están dedicados a la previsión digital del tiempo (coordinada por la oficina *Met Office británica*), a la hidrología operacional (gestionada por el Servicio meteorológico italiano), a los océanos y a los hielos de los mares (bajo la responsabilidad de *Météo-France*) o incluso al seguimiento del ozono (Servicio meteorológico finlandés), a la vigilancia del clima (Servicio meteorológico alemán) o al *nowcasting*, es decir, la previsión del tiempo inmediata o a muy corto plazo (coordinada por el Instituto Meteorológico Español).

Herramientas variadas en órbita

Además de los tradicionales satélites meteorológicos situados en órbita geoestacionaria, a 36.000 km por encima del suelo (la gama *Meteosat* de primera y segunda generación) que permiten observar la mitad del disco terrestre, *Eumetsat* dispone desde el año pasado de un primer satélite de órbita polar, *Metop-A*. Éste evoluciona más cerca de la tierra (850 km) y con sus ocho instrumentos científicos, propor-

Veinte más diez

Eumetsat federa a 20 naciones: Alemania, Austria, Bélgica, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, España, Finlandia, Francia, Grecia, Italia, Irlanda, Luxemburgo, Noruega, los Países Bajos, Portugal, Reino Unido, Suecia, Suiza y Turquía. Cuenta asimismo con 10 Estados cooperantes: Bulgaria, Eslovenia, Estonia, Hungría, Islandia, Letonia, Lituania, Polonia, la República Checa y Rumanía. Dichos Estados disponen de los mismos derechos y están sometidos a las mismas obligaciones que los demás miembros en lo que se refiere al acceso y a la utilización de los datos y de los servicios de la agencia. No obstante, su contribución individual es la mitad de la de los Estados del primer grupo, lo que les priva del derecho de participar en el proceso de toma de decisiones y de responder a las licitaciones. Además, sus ciudadanos no pueden enviar su candidatura para un puesto en *Eumetsat*. La sede de la agencia se sitúa en Darmstadt (Alemania).

ciona datos mucho más precisos sobre las nubes, la humedad y las temperaturas de la atmósfera, la resolución vertical de la temperatura de la alta troposfera, la velocidad del viento cerca de la superficie de los océanos, o incluso la evolución del ozono y de otros constituyentes de la troposfera y de la estratosfera.

En un futuro cercano (2008), el satélite de altimetría oceánica *Jason-2*, fruto de la colaboración entre Francia y la NASA (Estados Unidos), estará en órbita. Proporcionará a los ordenadores de *Eumetsat* datos sobre las fluctuaciones de la elevación de los mares y de los océanos, con una precisión del orden del centímetro.

Los satélites meteorológicos en servicio en el mundo ⁽¹⁾

Europa

Meteosat-5	en órbita "cementerio" ⁽²⁾ desde el 16 de abril de 2007.
Meteosat-6	satélite geoestacionario de reserva a 67,5°E desde el 26 de abril de 2007 para la recogida de los datos DCP en periodos de eclipse de Meteosat-7.
Meteosat-7	garantiza el servicio de cobertura del Océano Índico IODC a 57,5°E (al menos hasta finales de 2008).
Meteosat-8	satélite de reserva de Meteosat-9 a 3,4°O (órbita geoestacionaria).
Meteosat-9	satélite geoestacionario principal a 0°.
MSG-3 y MSG-4	lanzamientos previstos en 2011 y 2013 respectivamente.
Metop-A	primer satélite en órbita polar de <i>Eumetsat</i> , lanzado el 19 de octubre de 2006. Declarado oficialmente operacional el 15 de mayo de 2007. <i>Metop-A</i> es el satélite principal en órbita de media mañana del Sistema polar conjunto inicial (IJPS) desde el 21 de mayo. <i>Metop-B</i> y <i>Metop-C</i> están almacenados en espera de su lanzamiento en 2011 y 2015.
Jason-2	sucedirá a Jason-1 para asegurar la misión de topografía de la superficie de los océanos. Lanzamiento previsto para mediados de 2008 en una órbita no heliosincrónica circular inclinada a 66°.

Estados Unidos

GOES-9	estacionado actualmente a 160°E.
GOES-10	posicionado a 60°O para completar la cobertura de América del Sur.
GOES-11	satélite geoestacionario operacional a 135°O.
GOES-12	satélite geoestacionario operacional a 75°O.
GOES-13	lanzado en mayo de 2006; satélite de reserva a 105°O.
GOES-O, -P, -R, -S	lanzamientos previstos en 2008, 2009, 2014 y 2016 respectivamente para garantizar el servicio a 135° ó 75°O.
NOAA-12	satélite en órbita polar de la mañana que garantiza únicamente la transmisión de datos en tiempo real.
NOAA-14	satélite en órbita polar de la mañana que garantiza únicamente la transmisión de datos en tiempo real.
NOAA-15	satélite de reserva de NOAA-17 (órbita de principio de la mañana).
NOAA-16	satélite de reserva de NOAA-18 (órbita de la tarde).
NOAA-17	satélite en órbita polar de la mañana.
NOAA-18	primer satélite del sistema IJPS, sustituyó a NOAA-16 como satélite principal en órbita de la tarde.
NOAA-N'	lanzamiento previsto en 2009 para retomar el servicio en órbita de la tarde.
NPP-NPOESS	lanzamiento previsto en 2009 para retomar el servicio en órbita de la tarde.
NPOESS-C1 y -C3	lanzamientos previstos en 2013 y 2020 (órbita de la tarde).
NPOESS-C2 y -C4	lanzamientos previstos en 2016 y 2022 (órbita de principio de la mañana).

Russia

Meteor-3M N1	explotado en una órbita heliosincrónica de la mañana
GOMS-N1	lanzado en noviembre de 1994, está en modo de espera a 76° E.
Meteor-M N1	lanzamiento previsto en 2008 y 2009 (órbita de la mañana).
Electro-L N1	lanzamiento en 2007 a 76°E.
Electro-L N2	lanzamiento previsto en 2009; a 76°E ó 14,5°E.

China

Fengyun-1D (FY-1D)	satélite meteorológico principal lanzado en mayo de 2002, está explotado en una órbita (polar) heliosincrónica de principio de la mañana.
FY-2C	satélite geoestacionario principal a 105° E.
FY-2D	lanzado en diciembre de 2006 para servir de reserva a FY-2C a 86,5° E.
FY-2E, -2F y -2G	lanzamientos respectivos en 2008, 2010 y 2012.
FY-3A	primer modelo de la segunda generación de satélites meteorológicos en órbita polar de China. Lanzado en 2007 y los dos siguientes (FY-3B y FY-3C) en 2009 y 2011.

La India

KALPANA-1	(antiguo <i>Metsat</i>), situado a 74° E; primer satélite indio con finalidad exclusivamente meteorológica.
INSAT-3A	explotado a 93,5° E.
INSAT-3D	lanzamiento a finales de 2007 o principio de 2008.

Corea del Sur

COMS-1 y -2	los lanzamientos de estos dos satélites polivalentes dedicados a aplicaciones de meteorología, de observación oceánica y de telecomunicaciones están previstos para 2008 y 2014. Evolucionarán a 116,2 ó 128,2° E.
--------------------	--

Japón

MTSAT-1R	operacional a 140° E desde el 28 de junio de 2005.
MTSAT-2	lanzado el 18 de febrero de 2006, está situado a 145° E en modo de espera. Los siguientes serán lanzados en 2013 y 2015.

(1) Mayo de 2007, fuente Eumetsat

(2) Órbita "cementerio" cuando un satélite llega al final de su vida en una órbita útil, como por ejemplo la muy demandada órbita geoestacionaria, es enviado a una órbita cementerio situada a unas decenas o incluso centenares de kilómetros más "alto". Los gestores del satélite apuran las últimas gotas de combustible para este último viaje. Este procedimiento tiene la ventaja de liberar el sitio para un nuevo satélite, pero también de evitar que el combustible restante del satélite al final de su vida produzca una explosión intempestiva en órbita, fuente de múltiples nuevos "pedazos de basura espacial".

Las huellas del hombre en el espacio

La basura espacial, problemática poco conocida, amenaza con dejar impracticables las órbitas útiles si nuestra manera de explotar el cosmos no cambia. Heiner Klinkrad, director de la oficina de basura espacial en el ESOC⁽¹⁾, hace balance de la situación considerando que, el pasado 11 de enero 2007, un misil balístico chino destruyó el satélite meteorológico fuera de servicio Feng-Yun 1C, generando al menos 1.600 nuevos fragmentos.

“Ha sido el evento de mayor magnitud hasta la fecha en cuanto a la cantidad de basura producida”, comenta Heiner Klinkrad. “Los fragmentos detectados hasta la fecha aumentan en un 15% el catálogo elaborado a lo largo de 15 años”. Destaca que “hoy en día, las misiones aún pueden realizarse con seguridad. Pero algunos estudios estadounidenses revelan que, aunque cesáramos las actividades espaciales, la cantidad de basura va a aumentar en algunas altitudes con el consiguiente riesgo de colisión”.

Colisiones y explosiones

De hecho, la basura del espacio procede de diferentes fuentes. Las colisiones pueden ser accidentales. La más célebre es sin duda la del satélite francés *Cerise*. “Diez años después de la explosión de la parte superior del cohete *Ariane*, uno de sus fragmentos chocó contra el satélite francés en 1996”, explica Heiner Klinkrad. Según él, otras dos colisiones se han podido observar desde entonces.

Las colisiones también pueden ser deliberadas como la que provocaron los chinos.

No obstante, las explosiones representan la causa más frecuente de producción de basura. “Se han registrado alrededor de 200 desde el

inicio de la conquista espacial. Pero el fenómeno se ha acelerado en estos últimos años. La media anual de 4 a 5 explosiones se ha duplicado. Esos accidentes se deben a lanzadoras soltadas tras la puesta en órbita de los satélites o a antiguas naves espaciales cuyo carburante residual se ha inflamado”.

Esquivar los proyectiles

El número de grandes fragmentos (de más de 10 cm) observables desde tierra se cifra en 18.000, de los que 11.500 están censados. El ESOC, con sede en Alemania, gestiona a diario las maniobras necesarias para evitar esta basura de gran tamaño. Pero no se puede realizar ninguna maniobra para los casi 550.000 trozos de 1 a 10 cm que no pueden observarse. A la velocidad a la que van (hasta 70.000 Km/h), los daños son considerables. Las investigaciones de la ESA avanzan también en materia de modelización de trayectoria de la basura y de concepción de los sistemas de protección avanzada, particularmente a través del estudio de los impactos llevado a cabo sobre los objetos caídos a la Tierra.

Cambiar las prácticas

Aunque las medidas que se toman para evitar los fragmentos espaciales y para protegerse de

ellos reduzcan los riesgos generados por la actividad humana, las prácticas actuales deben evolucionar para frenar la propagación de basura por una reacción en cadena. “Antes que nada tenemos que evitar desechar objetos si no es fundamental para el desarrollo de la misión, como es el caso de las lentillas ópticas desechadas tras su uso. Seguidamente, habría que evitar las explosiones vaciando de carburante el satélite en cuanto acabe su misión. Y finalmente, lo más eficaz sigue siendo alejar los fragmentos de las órbitas útiles, como la órbita geoestacionaria muy preciada y muy limitada en términos de sitios disponibles. A 36.000 km de altitud, los satélites en esta órbita no pueden ser dirigidos hacia la atmósfera para provocar su destrucción por calentamiento. Por lo tanto, son desviados al final de su vida hacia una órbita “cementerio”, a 300 km más alto. Por el contrario, los satélites situados en las órbitas bajas se pueden desintegrar en la atmósfera”, explica Heiner Klinkrad. Actualmente, los esfuerzos internacionales han llevado a 67 países a adoptar los principios formulados en el *COPUOS (Committee on the Peaceful Uses of Outer Space)* de Naciones Unidas. Pero sigue sin haber acuerdo jurídicamente vinculante que permita definir obligaciones para los firmantes. Y según Heiner Klinkrad: “Si no cambiamos rápidamente nuestra forma de actuar, en 50 años la frecuencia de las colisiones accidentales podría superar la de las explosiones. Una legislación internacional en este campo nos ayudaría a prevenir tal situación”.

(1) Centro Europeo de Operaciones Espaciales de la Agencia Espacial Europea (ESA).

El medio ambiente bajo alta vigilancia

El acercamiento entre la Unión Europea y la ESA (Agencia Espacial Europea) se plasma entre otras cosas en el programa GMES⁽¹⁾, que trata de la vigilancia mundial del medio ambiente en el sentido amplio de la palabra, para el bienestar socioeconómico de los europeos y su seguridad. Entrevista a Volker Liebig, director de los programas de observación de la Tierra del ESRIN (ESA).

En el año 2001, la Unión decidió lanzar un programa de vigilancia de la Tierra denominado GMES (Vigilancia mundial del medio ambiente y la seguridad). Esta construcción espacial cuenta con una primera serie de satélites: las misiones *Sentinelles* de la ESA. Cada una de ellas tendrá un conjunto de satélites operacionales, dedicados a su vez a un tipo preciso de observación.

Los nuevos satélites de observación de la Tierra se inscriben dentro del marco del programa GMES, particularmente los «Sentinelles» de la ESA. A menudo se habla de su utilización dual (militar y civil). Además, en las siglas GMES, se encuentra la «S» de seguridad. ¿A qué se refiere exactamente?

La tecnología dual permite el uso tanto civil como militar de las nuevas generaciones de satélites de observación de la Tierra. Por ejemplo, se sabe que los satélites radar italianos de la gama *Cosmo Sky Med*, igualmente herramientas militares, podrían dedicar un 40% de su capacidad al programa GMES. Pero en este caso, se trata por supuesto de seguridad civil: vigilancia

de las fronteras de la Unión, o incluso del control de la inmigración clandestina por el mar. En la ESA, hemos elaborado un primer prototipo de producto con esta perspectiva: el proyecto *MARISS* (*MARitime Security Services*). Pretende, entre otras cosas, frenar la inmigración clandestina en Europa a través de la vigilancia y la identificación por satélite de los barcos, particularmente en el Mediterráneo. Además, intenta determinar la recepción en el mar de cargamentos ilegales, los tráfico de armas, etc.

¿Los servicios que el programa GMES proporcionará algún día no se ofrecen ya en la «Carta Internacional»?

Por supuesto, la seguridad incluye la vigilancia de las catástrofes naturales y el despliegue rápido de las medidas de socorro. Por ejemplo, en caso de maremoto, las imágenes de satélite difundidas dentro del marco de la Carta Internacional permiten apreciar la amplitud de los daños justo después de los cataclismos gracias a comparaciones con imágenes de archivo. Con GMES, este tipo de servicio no estará limitado en el tiempo (es decir, a los

pocos días que siguen la catástrofe). Se trata de un servicio de vigilancia constante, preventivo cuando sea posible, y con alto valor añadido. Siguiendo el caso del ejemplo del maremoto, el programa GMES permitiría además aportar una información valiosa sobre el estado de las carreteras, la existencia o no de puentes tras el paso de las olas, el análisis de la zona para la definición de un espacio óptimo de ubicación de un campo de refugiados o incluso la localización de fuentes de agua potable. Este aporte de datos de satélite está completado con una serie de servicios de apoyo informativo sobre el terreno, mientras que la Carta tan sólo proporciona datos de forma puntual, sin servicios complementarios.

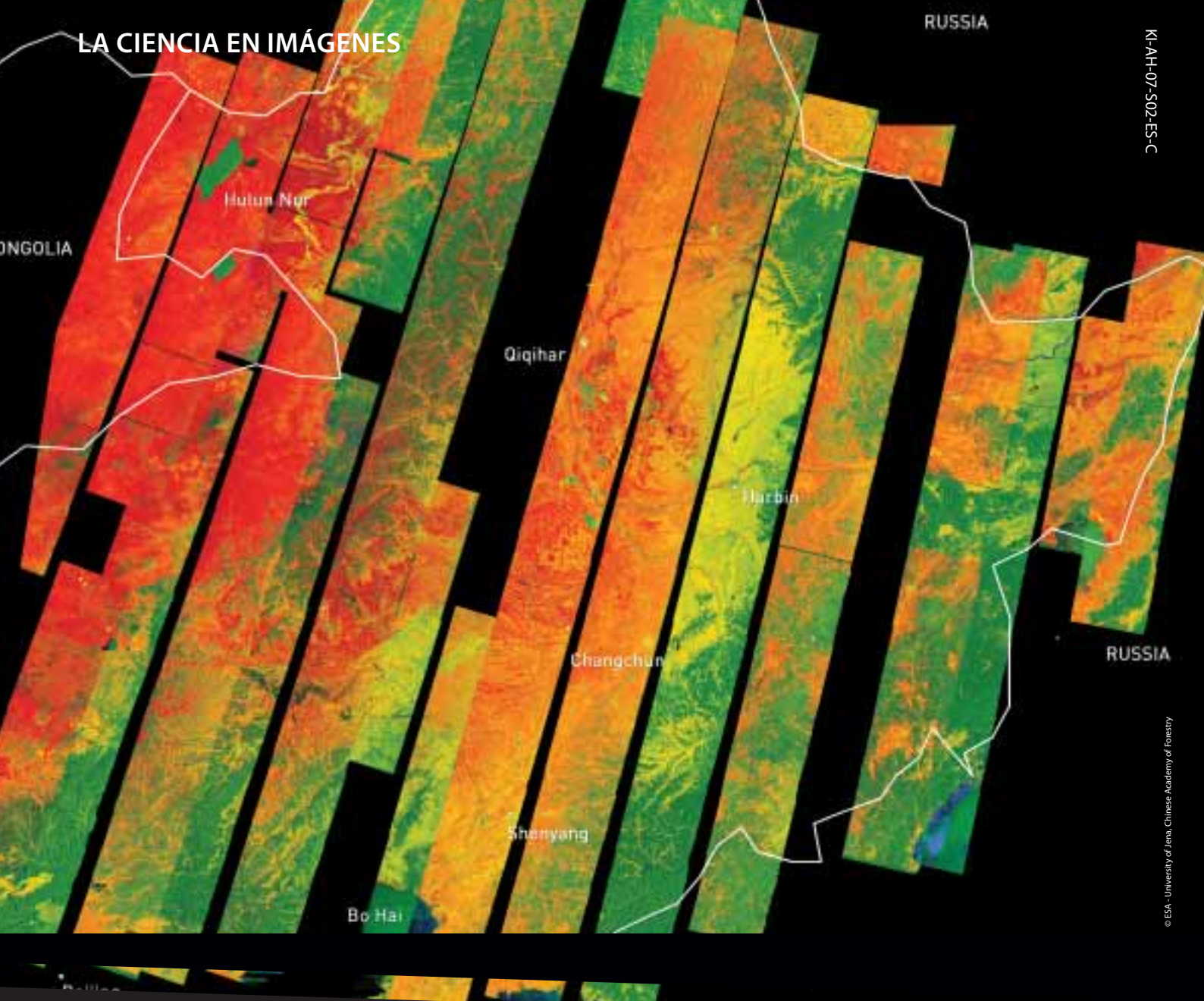
¿Se puede decir que el programa GMES tiene una finalidad política?

Sin duda. En realidad, GMES tiene una doble finalidad: operacional y política. Europa quiere dotarse de estas dos herramientas. Por una parte, poniendo en servicio un verdadero sistema operacional unificador que beneficie a todos los europeos, librándose de cualquier dependencia de cara a países terceros para la obtención de datos espaciales, pero también federando a las naciones europeas para su mayor beneficio social y económico.

¿Cuál es el coste de la puesta en marcha de GMES?

Si tan sólo hablamos de los tres primeros satélites *Sentinelles* y de las fases de estudios previos para los *Sentinelles 4* y *5*, necesitamos un presupuesto de 1.170 millones de euros, aportado por las inversiones de la ESA y de la Comisión Europea. ●

(1) Global monitoring for environment and security.



Mosaico del Nordeste de China

Esta imagen fraccionada está construida a partir de la combinación de datos captados por ERS-1 y ERS-2. Los bosques aparecen en verde, las zonas agrícolas en naranja y amarillo, y las manchas verdes del centro corresponden a las superficies heladas de los lagos Hulun Nur y Buir nur.