

La contribución de la Agencia Espacial Europea a la vigilancia medioambiental

Por Stephen BRIGGS* y Eva ORIOL-PIBERNAT*

Introducción

La Agencia Espacial Europea (ESA) ofrece una visión del futuro de Europa en el espacio, y de los beneficios que los satélites pueden suministrar a los pueblos. También desarrolla las estrategias necesarias para satisfacer la visión a través de proyectos de colaboración en ciencia y tecnología espaciales. Además de su Oficina Central de París, la ESA tiene centros especializados en Alemania, los Países Bajos e Italia, y también la base de lanzamiento de Kourou, en la Guyana Francesa, oficinas de enlace en Washington DC y en Moscú y una oficina en Bruselas de relaciones con la Comisión Europea.

Los programas de la ESA para vigilar la Tierra desde el espacio son indispensables en vistas de los desastres mundiales y regionales relacionados con el tiempo atmosférico y con el clima. La observación de la Tierra está evolucionando de forma rápida, con una comunidad de usuarios cada vez mayor en los sectores público y privado. La importancia estratégica creciente de la observación de la Tierra desde el espacio ha sido reconocida en el Programa de Observaciones de la Tierra de la ESA. Los logros pasados, actuales y esperados de los programas de observación de la Tierra de la ESA se destacan en la Figura 1 y en las siguientes secciones se describen con detalle.

Cómo comenzó METEOSAT y cómo seguirá...

La decisión de la comunidad meteorológica europea de incorporarse al campo de la meteorología espacial data de principios de la década de 1970. Los acuerdos legales para que la ESA desarrollara el METEOSAT-1 se hicieron en 1972, y les siguió un protocolo firmado en 1978 que permitió a la ESA encargarse del funcionamiento del satélite de servicios meteorológicos de Europa.

En noviembre de 1977 se lanzó el METEOSAT-1. Situado en una órbita geoestacionaria a 0° de longitud, ofreció un campo de visión permanente de casi toda Europa, todo África, Oriente Próximo y la mitad oriental de Sudamérica — más de 100 países. En junio de

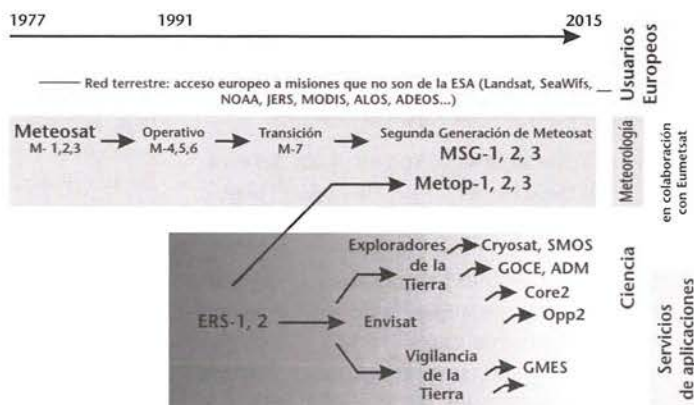


Figura 1 — Historia de los Programas de Observación de la Tierra de la ESA

1981 se lanzó el METEOSAT-2 para sustituir al METEOSAT-1. Fue el primer satélite europeo de observación de la Tierra.

En los ocho años que transcurrieron hasta 1985, el sistema METEOSAT de la ESA cumplió su misión, satisfaciendo completamente a los meteorólogos y científicos que trabajaban en climatología y en física atmosférica. Los programas de satélite de la ESA se centran en explorar nuevas aplicaciones del espacio. La financiación y la ejecución de los sistemas operativos que resultan de los programas experimentales de la ESA corren a cargo de operadores especializados y, por esta razón, una conferencia europea intergubernamental de 1981 buscó formas de financiar un programa METEOSAT operativo. Para este fin se creó una organización dedicada, EUMETSAT, cuyo convenio entró en vigor el 19 de junio de 1986.

Las responsabilidades de la ESA dentro del Programa Operativo de METEOSAT incluían la construcción y el lanzamiento de los satélites y sus operaciones orbitales, en nombre de EUMETSAT. El 15 de junio de 1988 se lanzó el METEOSAT-3, construido a partir de las partes sobrantes del programa inicial. El primer satélite operativo, METEOSAT-4, fue lanzado el 6 de marzo de 1989, y el segundo, METEOSAT-5, el 1 de marzo de

* Departamento de Aplicaciones de Observación de la Tierra, ESA/ESRIN, Frascati, Italia.

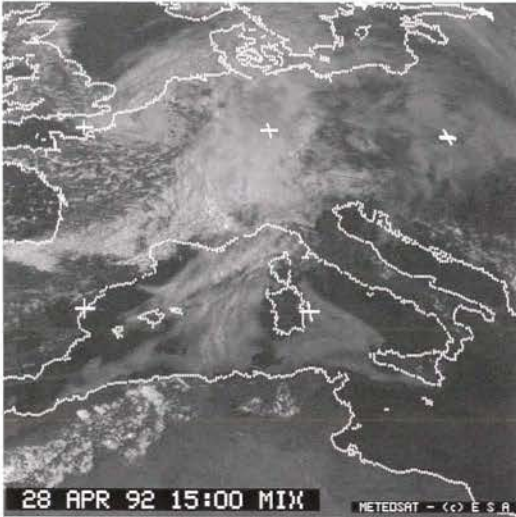


Figura 2 — Imagen de color artificial del METEOSAT del Mediterráneo

1991 (Figura 2). A éste le siguieron otras dos naves espaciales, el METEOSAT-6 (1993) y el METEOSAT-7 (1997). Eumetsat se hizo cargo de toda la responsabilidad y de todas las operaciones a finales de 1995.

Ahora la ESA y EUMETSAT cooperan en dos nuevos intentos de sistemas europeos operativos de meteorología y vigilancia del clima.

A mediados de 2002 está previsto lanzar el primer satélite de al menos tres de una serie de Meteosat de Segunda Generación (MSG), que lleva a bordo un radiómetro sofisticado, el SEVIRI. El MSG (Figura 3), explorará el disco correspondiente de la Tierra cada cuarto de hora en 12 canales visibles e infrarrojos se-

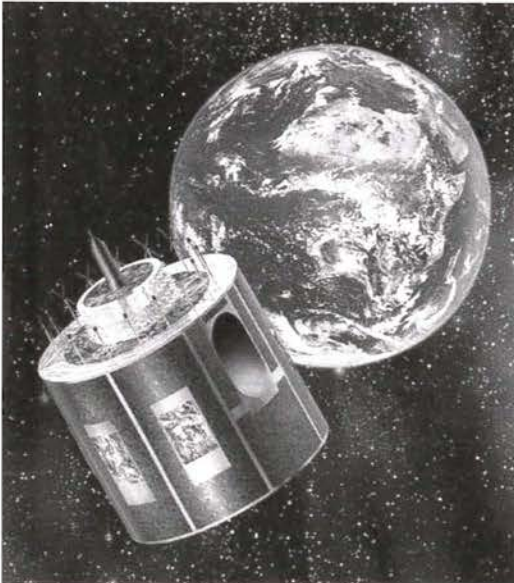


Figura 3 — Impresión artística del satélite Meteosat Segunda Generación que debe lanzarse a mediados de 2002

leccionados, ofreciendo información clave para la predicción inmediata. Más aún, el MSG ofrecerá, por primera vez, información del balance de radiación de la Tierra (BRT) desde una perspectiva geostacionaria, a través del instrumento GERB.

De forma similar, la ESA está desarrollando un nuevo orbitador polar, METOP, que sustituirá al satélite de mañana de la NOAA a partir de 2005. Esta serie de satélites llevará a bordo nueve instrumentos de Europa y de los EE.UU., dedicados a tomar medidas precisas de perfiles de temperatura y de humedad, además de contenidos de ozono y vectores de viento oceánico, esenciales para la predicción meteorológica.

Una historia de 10 años de éxito para la serie ERS

El 17 de julio de 1991, un lanzador Ariane-4 puso en órbita (Figura 4), desde Kourou, el ERS-1, el primer satélite europeo de Teledetección de la ESA, que llevaba consigo las esperanzas de la comunidad científica de Europa (Figura 5). Desde entonces, el ERS-1 y su sucesor, el ERS-2, han ofrecido una gran cantidad de datos que han cambiado la forma de ver el mundo: más de 3 500 científicos han publicado más de 30 000 artículos científicos basados en datos de los ERS. El programa ERS ha ofrecido nuevas y sorprendentes visiones de la forma del planeta, la química de la atmósfera, el comportamiento de los océanos y los efectos de la actividad humana sobre el medio ambiente.

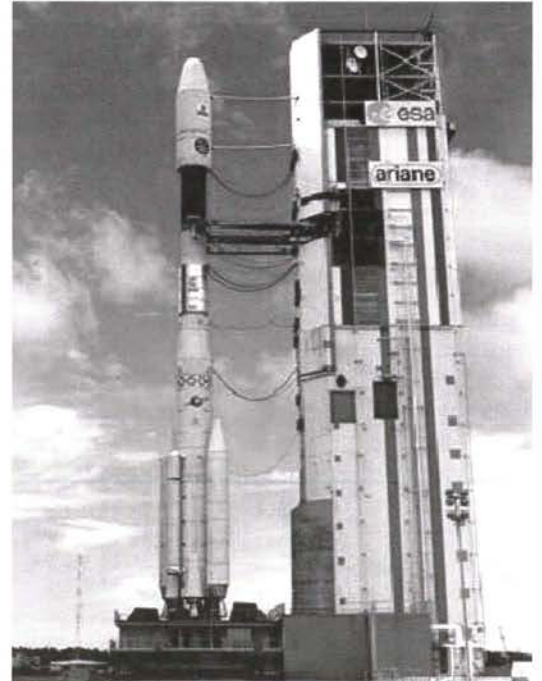


Figura 4 — El 17 de julio de 1991 se lanzó desde Kourou, Guyana Francesa, el ERS-1



Figura 5 — Una de las primeras imágenes de SAR del ERS, tomada el 27 de julio de 1991 sobre la región de Flevoland y Nordost-Polder, en los Países Bajos

Uno de los logros más importantes de la misión ERS hasta la fecha es su cartografiado detallado del geoide marino y de la topografía de los fondos marinos y, con el uso de interferometría de radar de apertura sintética (SAR), de las deformaciones de la corteza de la Tierra. El programa ERS ha demostrado que la altimetría de satélite es una nueva y valiosa herramienta para hacer un seguimiento de las aguas continentales superficiales con importantes aplicaciones para la hidrología continental, la variabilidad regional del clima y la política de recursos hídricos. Permitted el estudio de campos de gravedad marinos con gran detalle y el cartografiado de la altura de toda la capa de hielo de Groenlandia, algo que antes no se había medido nunca.

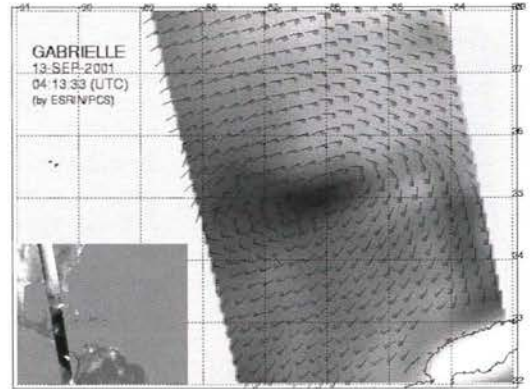


Figura 7 — El medidor de dispersión de ERS-1 y de ERS-2 ofrece vectores de viento oceánico superficial

En cuanto a las ciencias atmosféricas, los logros más importantes del ERS han sido las medidas mundiales desde el espacio de gases traza menores responsables del agotamiento del ozono, medidas de la contaminación del aire (gases traza en la troposfera) desde el espacio, y la explotación de la posible sinergia de distintos sensores de la misma plataforma. Los ERS demostraron que es posible utilizar medidas mundiales desde el espacio (Figura 6) para apoyar estudios de cambio mundial, que llevan a decisiones políticas sobre acuerdos y tratados internacionales.

Otro suceso importante de la misión ERS ha sido el uso rutinario de datos del medidor de dispersión, que mide la "rugosidad" de la superficie del océano, a partir de la cual se pueden calcular la velocidad y la dirección del viento (Figura 7). Diseñado originariamente para la vigilancia de océanos, el instrumento

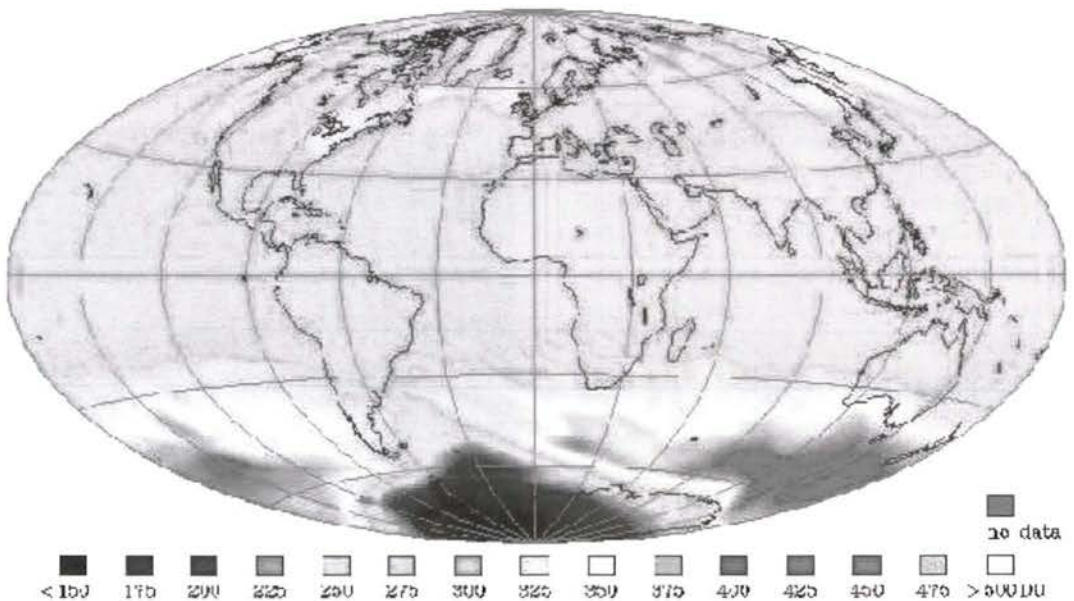


Figura 6 — Campos mundiales de ozono obtenidos después de asimilar las columnas de ozono total del ERS-2



Figura 8 — 10 años de datos ERS

está demostrando ser, de todas formas, mucho más versátil. El eco del radar se ve afectado por distintos tipos de vegetación, por el nivel de humedad del suelo, o por la

fusión y la nueva congelación del permafrost estacional de la tundra, lo que abre valiosas y nuevas oportunidades para ver cómo cambian a lo largo del tiempo los ecosistemas. Los ERS marcaron el camino para embarcar los medidores de dispersión avanzados en la serie METOP. La imaginería SAR de los ERS también se utiliza en servicios de predicción de olas para medir el espaciamiento entre paquetes de olas oceánicas.

Una contribución continuada de la misión ERS será la utilización del archivo como una instantánea de 10 años de los parámetros del sistema terrestre, tales como la cubierta terrestre y de hielo, las medidas de la temperatura mundial de la superficie del mar para calentamiento oceánico e intercambio entre el aire y el mar, los registros de variabilidad del océano y, por último, los campos mundiales de viento y fuerza de viento (Figura 8).

La misión ERS ha demostrado de forma concluyente la utilidad que pueden llegar a tener los datos de teledetección. Los ERS permiten la observación directa del cambio climático y de sus efectos, el seguimiento de los cambios en la cubierta forestal mundial a través de las nubes, la medida de la variación mundial del nivel del mar, seguir la pista de la contaminación en la atmósfera y en el mar, la observación de las corrientes oceánicas mundiales, y la medida de la verdadera forma de la Tierra y ver cómo cambia. Sin los ERS, algunas de estas cosas habrían sido imposibles y otras habrían necesitado cientos de miles de estaciones de medida desde tierra.

El medio ambiente: un objetivo clave para ENVISAT

La conciencia de los cambios medioambientales y climáticos que pueden estar afectando a todo el planeta ha aumentado de forma importante la conciencia política y científica de la necesidad de analizar y comprender las interacciones complejas entre la atmósfera, los océanos, las superficies polares y terrestres.

En 1988, la ESA propuso una serie de satélites complementarios de órbita polar y geoestacionarios para estudiar el medio ambiente de la Tierra, y recur-

sos para continuar y mejorar las observaciones meteorológicas. Basándose en este escenario, la ESA creó en 1992 un programa compuesto de dos misiones: la misión Envisat y el programa METOP-1. Mientras que METOP (Figura 9) es fundamentalmente un satélite meteorológico operativo, ENVISAT es un satélite dedicado al estudio de la Tierra y de su medio ambiente. Envisat es una misión multidisciplinaria con objetivos científicos y aplicados, que continúa y amplía los objetivos de las misiones ERS-1 y ERS-2 y contribuye a que el Programa Europeo de Observación de la Tierra sea coherente.

Los satélites de teledetección de órbita polar ofrecen características únicas para vigilar y estudiar el medio ambiente a escala mundial:

- Cobertura de toda la Tierra.
- Alto índice de revisión.
- Continuidad de las medidas a lo largo de las estaciones y de los años.
- Estabilidad y medidas altamente repetibles.

Debido al tiempo de vida limitado (unos pocos años) de cada satélite, solo puede garantizarse la continuidad de las medidas, que es de vital importancia para el seguimiento de la evolución del medio ambiente y del potencial cambio climático, mediante el lanzamiento de sucesivas misiones de satélites de órbita polar.

La misión ENVISAT pretende, en consecuencia, continuar y mejorar las medidas iniciadas por la ERS-1 y la ERS-2, teniendo en cuenta las necesidades relacionadas con el estudio y el seguimiento mundiales de la Tierra y su medio ambiente expresadas en los programas internacionales de cooperación, tales como el Programa Mundial de Investigación del Clima y el Programa Internacional de la Geosfera y la Biosfera. La misión es un elemento esencial para garantizar el suministro a largo plazo de conjuntos de datos con-



Figura 9 — Visita de científicos a METOP en las instalaciones de prueba de la ESA

tinuos, esenciales para tratar los temas medioambientales y climatológicos. La misión fomentará a la vez la transferencia gradual de aplicaciones de datos de tele-detección desde la explotación experimental y preoperativa a la operativa.

ENVISAT (ver figura de la portada) es la herramienta más poderosa creada jamás para el seguimiento del estado del planeta y del impacto de las actividades de la humanidad sobre el mundo. Con una producción diaria de datos digitales suficientes como para llenar los discos duros de 500 ordenadores personales, ENVISAT observa la Tierra con un detalle y una riqueza sin precedentes. El satélite, del tamaño de una camioneta, lleva 10 instrumentos, alimentados por una matriz solar de 70 m² que genera 6 kW de electricidad:

- Radar Avanzado de Apertura Sintética (ASAR)
- Espectrómetro de Imágenes de Resolución Media (MERIS)
- Altimetro de Radar 2 y Radiómetro de Microondas (RA & MWR)
- Vigilancia de Ozono Global por medio de Ocultación de Estrellas (GOMOS)
- Interferómetro Michelson para Sondeo Pasivo de la Atmósfera (MIPAS)
- Radiómetro Avanzado de Registro de Pista Longitudinal (AATSR)
- Orbitografía Doppler y Radioposicionamiento Integrado por Satélite (DORIS & LRR)
- Espectrómetro de Absorción de Imágenes y de Registro para Cartografía Atmosférica (SCIAMACHY)

Dichos instrumentos ayudarán a estudiar el calentamiento mundial.

El MIPAS y el SCIAMACHY crearán mapas mundiales en tres dimensiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, tales como el metano y el monóxido de carbono. El AATSR ofrecerá una imagen mundial precisa de la temperatura de la superficie del mar. El MERIS (Figura 10) medirá el "color" del océano en una amplia serie de longitudes de onda, ofreciendo una nueva percepción vital del calentamiento mundial por medio del cartografiado de la distribución del fitoplancton, que es responsable de la mitad de la absorción por parte de la biosfera del planeta del dióxido de carbono de efecto invernadero. El Altimetro de Radar contribuirá al seguimiento de los más pequeños cambios en el nivel del mar, en las corrientes de los océanos y en el casquete polar.

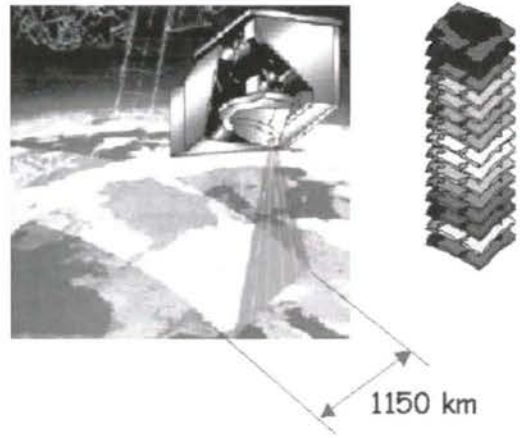


Figura 10 — El MERIS, a bordo del ENVISAT, ofrecerá información sobre la biología marina.

Con sus tres sensores atmosféricos, GOMOS, MIPAS y SCIAMACHY, ENVISAT creará un mapa mundial en tres dimensiones de niveles de ozono en la atmósfera, permitiendo mejores predicciones de ozono y de UV dentro de las horas en las que se almacenan los datos. También podrá seguir la pista de los gases traza que reaccionan con el ozono, permitiendo que los científicos obtengan una imagen completa de las reacciones químicas atmosféricas que afectan a la capa de ozono. Contribuirá a un mejor conocimiento de la forma en que se autorreparará la capa de ozono y de la duración que podría llevar este proceso.

ENVISAT lleva un par de instrumentos apropiados, idealmente, para detectar y cartografiar la gran meseta creada en el Océano Pacífico por un episodio de El Niño (Figura 11). El Altimetro de Radar perfilará la superficie del mar con una precisión de más de 5 cm y medirá con precisión la meseta de hasta 50 cm de altura. El AATSR, con una precisión de 0,3°C, detectará los más tempranos signos de cambio en la temperatura de la superficie del mar, que pueden alcanzar 5°C. El MERIS detectará cambios en el color del océano cuando El Niño interrumpa el bombeo normal hacia arriba de agua rica en proteínas, que es una parte esencial del ciclo alimenticio del océano. Estas capaci-



Figura 11 — La detección de las anomalías de El Niño que hacía el ERS seguirá con el ENVISAT

dades únicas permitirán que el ENVISAT ayude a detectar signos tempranos de que se está desarrollando un episodio de El Niño.

El tiempo de vida del ENVISAT, de cinco años, asociado al legado de datos compatibles de los satélites ERS-1 y ERS-2, permitirá a los científicos crear imágenes en cuatro dimensiones que muestren la evolución del complejo fenómeno medioambiental a lo largo de los años.

Los sensores de ENVISAT pueden cartografiar los océanos del mundo en una escala local. Los datos del Altimetro de Radar medirán cambios precisos en el nivel del mar, creando mapas topográficos precisos de las capas de hielo de los polos. Estos datos —combinados con mediciones de la temperatura de la superficie del mar desde el AATSR— ofrecerán una imagen detallada de los océanos de la Tierra.

Tres instrumentos a bordo del ENVISAT se unen para cartografiar las huellas de la actividad industrial de la humanidad a escala mundial: el MIPAS (Figura 12), el GOMOS y el SCIAMACHY. Juntos, estos sensores pueden detectar los óxidos de nitrógeno producidos por la quema de combustibles fósiles; el dióxido de azufre de industrias contaminantes, que contribuye a la lluvia ácida; el monóxido de bromo y los CFC, que dañan la capa de ozono; y los aerosoles, partículas finas arrojadas por chimeneas que forman una capa que altera el clima en la parte superior de la estratosfera. Al utilizar mapas preparados a partir de datos del ENVISAT, será posible identificar las fuentes y el alcance de la contaminación y hacer un seguimiento de su conformidad con normas y protocolos medioambientales.

Además, podrá dar respuesta rápidamente a raíz de un desastre natural. Las imágenes ASAR pueden ser una herramienta vital para los equipos de gestión de riesgos y de desastres, vigilando el alcance de las inundaciones, o dando cuenta de corrimientos de tierra en lugares remotos e inaccesibles. El ASAR es capaz de trabajar día y noche, a través de las nubes y el mal tiempo, de forma que puede centrarse en zonas de desastres a las pocas horas de una catástrofe.

El Ariane 5 lanzó el ENVISAT desde Kourou el 1 de marzo de 2002.

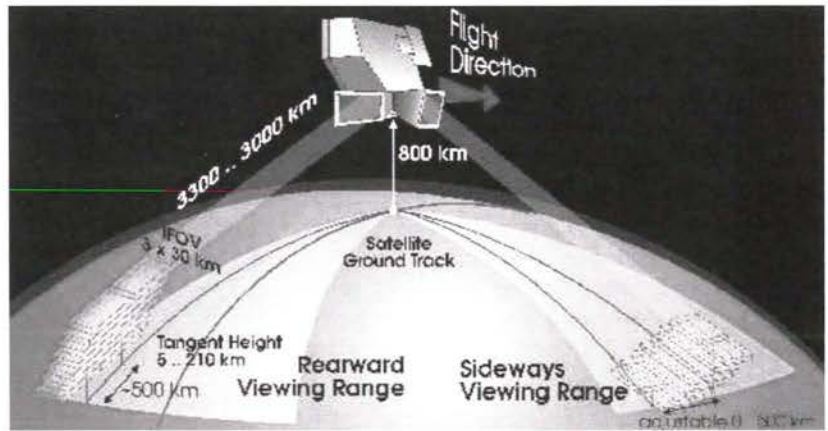


Figura 12 — Gracias a instrumentos del ENVISAT como el MIPAS, se conocerá mejor la composición atmosférica de la Tierra

Cómo darlo a conocer y hacer que se utilice mejor

La estrategia de comunicación de la ESA pretende aumentar la conciencia del público sobre los beneficios de la investigación espacial para Europa. Uno de los objetivos clave es la formación profesional y la enseñanza. En el caso de la observación de la Tierra, se puede disponer de una inmensa cantidad de material y de información en el sitio Web de la ESA: www.esa.int.

Hay una iniciativa de importancia particular para las escuelas, desarrollada bajo el paraguas de EURISY y financiada por la ESA y por socios europeos y nacionales. Está dirigida a profesores y a estudiantes de secundaria de Europa, y pretende llevar la observación de la Tierra a las aulas. El contacto es: eduspace@esa.int.

La odisea del espacio de 2000 continúa: el futuro ya ha llegado

Las nuevas misiones de observación de la Tierra de la ESA se basan en pequeños sistemas de satélite centrados en proyectos medioambientales clave: los Exploradores. Ya ha empezado el trabajo en cuatro misiones destinadas a investigar y demostrar nuevas técnicas de observación en el campo de la ciencia terrestre básica. Se está en el proceso de seleccionar los siguientes Exploradores, a la vez que ya se está avanzando trabajo en las siguientes misiones:

- CRYOSAT es una misión de altimetría de radar de tres años que está previsto lanzar en 2004, para determinar las variaciones en el grosor de las capas de hielo continentales de la Tierra y en la cubierta de hielo marino. Su principal objetivo es probar la predicción de la disminución del hielo ártico debido al calentamiento mundial.
- La Misión de Dinámica Atmosférica (ADM-Aeolus) ofrecerá observaciones mundiales de campos de viento en tres dimensiones. Estas observa-

ciones ayudarán a corregir una importante deficiencia dentro de la actual red de observación meteorológica, permitiendo un estudio más detallado del equilibrio y de la circulación de la energía del viento sobre la Tierra.

- La Misión del Campo Gravitatorio y de la Circulación del Océano de Estado Uniforme (GOCE) pretende avanzar en la investigación de la circulación del océano de estado uniforme, de la física del interior de la Tierra y de los sistemas de nivelación (basados en GPS).
- Los objetivos globales de la Misión de Humedad del Suelo y de Salinidad del Océano son ofrecer observaciones mundiales de estas dos variables cruciales para modelizar el tiempo atmosférico y el clima. También controlará el contenido de agua de la vegetación, la cubierta de nieve y la estructura del hielo.

Hace poco el Consejo de la ESA aprobó el inicio de las actividades sobre el primer grupo de satélites de Vigilancia de la Tierra. Se cree que esta familia de satélites serán prototipos de misiones operativas necesarias para satisfacer los requisitos de los usuarios institucionales o de los mercados orientados hacia las apli-

caciones. Las misiones de Vigilancia de la Tierra también deberían ofrecer la infraestructura para la iniciativa europea de Vigilancia Mundial del Medio Ambiente y la Seguridad (GMES). En el campo de la meteorología, continuará la actual cooperación con EUMETSAT.

Últimos comentarios

La Agencia Espacial Europea ha contribuido de forma clave a la vigilancia medioambiental desde el espacio durante casi un cuarto de siglo. Los desarrollos llevados a cabo por la ESA han demostrado ser tan valiosos que ya se han implantado de forma operativa en las organizaciones asociadas, tales como EUMETSAT.

Las misiones actuales y planificadas de Observación de la Tierra de la ESA están orientadas a la observación de parámetros medioambientales clave, incluidos aquellos que necesitan la OMM y otros programas internacionales. A principios de 2000, la ESA y la OMM iniciaron discusiones a alto nivel político sobre cooperación relacionada con satélites de I + D, que en breve debería producir acuerdos prácticos para garantizar que dicha interacción sea de beneficio mutuo para ambas organizaciones.

145

Perspectivas: uso de la teledetección para vigilancia y respuesta a epidemias

Por James M. WILSON¹ y Compton J. TUCKER²

Introducción

En la última mitad de abril de 1995 se identificó un brote de encefalitis equina venezolana (EEV) en manadas de caballos en el Estado de Falcon, Venezuela. En junio, se identificaron casos humanos en el mismo estado, apareciendo casos adicionales en los estados de Carabobo, Yaracuy y Lara. En septiembre, el número de casos humanos aumentó bruscamente y se había extendido al departamento de La Guajira, Colombia. Se iniciaron medidas de control de emergencia en Venezuela y Colombia, que incluyeron una campaña de vacunación equina masiva y pulverización de insecti-

cida. Siguieron identificándose casos humanos dispersos en el interior de Venezuela tan tarde como en diciembre de 1995, y fueron infectadas un total de 100 000 personas. Tantos como 3 000 sufrieron complicaciones neurológicas y 300 murieron. Se estimó la propagación del brote a una velocidad de 5 km por día, e implicó en última instancia un área de unos 200 000 km².

Se observaron precipitaciones inusualmente fuertes tanto en Venezuela como en Colombia, que parecieron favorecer la hiperproliferación de los mosquitos vectores *Aedes taeniorhynchus*, *Psorophora confinnis* y *Anopheles aquasalis*. Se observó que estas precipitaciones eran las mayores en 18 años, coincidiendo con la periodicidad aparente de 15-20 años de los grandes brotes de EEV en Venezuela y Colombia. Las precipitaciones habían estado implicadas como factor importante al favorecer el brote y la propaga-

¹ Grupo de Trabajo de Enfermedades Infecciosas de la Red Mundial de Desastres Mundiales, Washington, DC, EE.UU.

² Departamento de Ciencias de la Biosfera del Laboratorio de Física de la Tierra, Centro de Vuelo Espacial de la NASA-Goddard, Greenbelt, MD, EE.UU.