

Los futuros programas de teledetección de la Agencia Espacial Europea

J. HERVAS DE DIEGO

ABSTRACT

Various remote sensing missions to study the Earth and its atmosphere are presently envisaged by the European Space Agency (ESA) until after year 2000. These will consist of both polar-orbiting and geostationary spacecrafts within a number of major programmes, namely ERS, Polar Platform(s), Meteosat Operational Programme, Second Generation Meteosat and Solid Earth. In addition, a number of related activities such as on-going airborne campaigns, aimed mainly at acquiring microwave data over land, are also planned to be extended at least until 1989.

1. INTRODUCCION

Después de los alentadores resultados obtenidos en el campo de la observación de la Tierra mediante los satélites Meteosat de la serie preoperatoria y los experimentos de la Cámara Métrica y el MRSE (Microwave Remote Sensing Experiment), ambos a bordo del Spacelab, la Agencia Espacial Europea se dispone a afrontar el futuro con unos ambiciosos programas de teledetección terrestre y atmosférica.

Algunos ya se encuentran en estado muy avanzado (ERS-1), o próximo a lanzarse ya el primer satélite, como en el caso del programa operativo Meteosat (MOP), en el transcurso de 1988. Otros todavía están en las primeras fases de estudio.

Los objetivos de estos últimos, establecidos dentro del marco del Plan Espacial a Largo Plazo de la Agencia, concertado durante la conferencia de ministros de los países miembros celebrada en Roma en 1985, se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Preparación de programas multidisciplinarios de teledetección desde órbita circumpolar en los campos de la cartografía, recursos naturales, oceanografía (incluyendo el estudio de masas de hielo) y meteorología.
- Contribución al desarrollo de satélites meteorológicos Meteosat de Segunda Generación, desde órbita geostacionaria.

- Preparación del programa "Solid Earth"
- Preparación de futuros programas potenciales mediante la realización de estudios y desarrollo de sistemas e instrumentos (incluyendo sensores), y la ejecución de campañas de vuelo con avión.
- Preparación de los servicios adecuados para la adquisición, tratamiento previo, catalogación, almacenamiento y distribución de datos/imágenes de los diversos programas.

Salvo los programas ERS y MOP, todos los demás están siendo desarrollados dentro del denominado "Earth Observation Preparatory Programme" (EOPP), constituido con tal fin en 1986, a cuya financiación contribuye España con un 4%

2. PROGRAMAS DE TELEDETECCION DESDE ORBITA CIRCUMPOLAR

Programa ERS

Este programa está centrado fundamentalmente en el satélite ERS-1 (European Remote Sensing Satellite), el primero de teledetección de la ESA en órbita circumpolar.

El ERS-1 estará equipado con sensores de microondas (un radar de apertura sintética, un difusómetro y un altímetro), por un lado, así como otro sensible también en la región del infrarrojo (ATSR-M). Además incluirá otro instrumento, el PRARE, para determinación orbital precisa, y un retroreflector de laser. Su puesta en órbita geosíncrona a unos 800 km de altitud está prevista para la primavera de 1990.

Este satélite proporcionará imágenes de alta resolución sobre zonas continentales, costeras y casquetes polares, con independencia de las condiciones atmosféricas. Asimismo permitirá medir altura y longitud de las olas, velocidad y dirección del viento, altitudes precisas, diversos parámetros del hielo, temperatura de la superficie del mar y de las nubes, cubierta nubosa y contenido de vapor de agua en la atmósfera (Fig.1).

Fig.1 ERS-1

SENSOR	RESOLUCION ESPACIAL/ PRECISION	APLICACIONES
- SAR EN BANDA C (APPROX. 5.3 GHz) - EN MODO DE IMAGENES - EN MODO DE OLEAJE	- 30 M	- TERRESTRES, ZONAS LITORALES, MASAS DE HIELO, ETC. - MEDIDA DEL ESPECTRO DEL OLEAJE
- DIFUSOMETRO EOLICO DE MICROONDAS ("WIND SCATTEROMETER")	± 2 M/S / ± 20°	VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO EN LA SUPERFICIE DEL MAR
- ALTIMETRO EN BANDA K _w (APPROX. 15 GHz)	± 50 CM (ALTURA DE OLA) ± 10 CM (ALTITUD RELATIVA)	- MEDICION DE ALTITUDES - ALTURA DEL OLEAJE - CORRIENTES MARINAS PRINCIPALES - DIVERSOS PARAMETROS DEL HIELO
- RADIOMETROS DE INFRARROJOS Y MICROONDAS ATSR-M ("ALONG-TRACK SCANNING RADIOMETER")	1 KM / ± 0.4° C	- TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AGUA Y DE LAS NUBES - CONTENIDO DE VAPOR DE AGUA EN LA ATMOSFERA
- PRARE	± 10 CM	DETERMINACION ORBITAL PRECISA

Fig.2 INSTRUMENTOS / SENSORES CONSIDERADOS ACTUALMENTE PARA LA PLATAFORMA POLAR

A. GRUPO CENTRAL DE INSTRUMENTOS:

SENSOR / INSTRUMENTO	RESOLUCION ESPACIAL	COBERTURA ESPECTRAL/ FRECUENCIA	ANCHURA DE BANDA	ANCHURA AREA OBSERVADA	ANGULO DE INCIDENCIA	POLARIZACION
RADAR ALTIMETER	Vertical: 5cm (sobre el mar)	En modo de altímetro: 13.8 GHz Idem de radiómetro: 23.8 GHz y 36.5 GHz	-	-	-	-
SAR	10 - 1000 m (seleccionable)	5.3 GHz (Banda C)	-	30 - 500 km (seleccionable)	variable 15-50	VV - HH
MIMR	0.5 - 200 km	7 bandas entre 1.41 GHz & 1.90 GHz	-	1400 km	50	VV - HH
WINDSCATT	25 km, +/- 2m/s	5.3 GHz (Banda C)	100 MHz	100 - 500 km	20-60	-
MERIS	0.5 km	0.39 - 1.05 µm	20 nm	1500 km	-	-
HRIS	10 - 40 m	0.45 - 2.7 µm	5-40 µm	20 - 60 km	-	-
HRTIR	50 m	10.5 - 12.5 µm (2 bandas)	1 nm	50 km	-	-
ATLID	Horizontal: 50 - 100 km Vertical: 100 - 500 km	2 bandas en 0.532 & 1.064 µm	-	250 - 1400 km	-	-
LIMB SOUNDER	Vertical: 2 - 4 km	Visible a submilimétrica	-	-	-	-

B. INSTRUMENTOS OPERATIVOS:

- AMSIR (Advanced Medium Resolution Imaging Radiometer)
- AMSU (Advanced Microwave Sounding Unit)
- ERBI (Earth Radiation Budget Instrument)
- SEM (Space Environment Monitor)
- ARGOS (Data Collection and Location System)
- S&R (Search and Research)

OTRAS SIGLAS UTILISADAS:

- SAR (Advanced Synthetic Aperture Radar)
- MIMR (Multiband Imaging Microwave Radiometer)
- WINDSCATT (Advanced Wind Scatterometer)
- MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer)
- HRIS (High Resolution Imaging Spectrometer)
- HRTIR (High Resolution Thermal Infrared Radiometer)
- ATLID (Atmospheric Lidar)

En principio está previsto que el programa se complete con el satélite ERS-2, pendiente aun de aprobación, de idénticas características al anterior, para ser lanzado en 1993.

Plataforma Polar

Este programa es, sin duda, el más ambicioso de la Agencia dentro del campo de observación de la Tierra. Dicha plataforma, o quizá plataformas, constituirán la principal contribución europea del programa Columbus a dicho campo, dentro del marco de la Estación Espacial Internacional. El primer lanzamiento está previsto en principio para 1997.

Entre los diversos objetivos de este programa destacan el proporcionar una labor de observación multidisciplinaria; la promoción del desarrollo de sistemas y sensores multidisciplinarios, y el desarrollo de la cooperación y coordinación internacional para la provisión de instrumentos y la utilización de los datos recogidos.

Otro de sus objetivos más importantes es el proporcionar una observación casi permanente de la Tierra. Para ello se están considerando actualmente diversas opciones, como el mantener en órbita la misma plataforma durante más de una década con mantenimiento e intercambio periódico de sistemas y subsistemas por diversos medios (mantenimiento en su propia órbita o en otra más accesible), o bien el lanzar varias plataformas escalonadamente conforme al concepto clásico de satélite de vida limitada. Esta última opción parece plantear en principio menos problemas técnicos.

Está previsto que la plataforma europea se sitúe en órbita geosíncrona a una altitud de 824 km, siendo complementaria de la Plataforma Polar americana con el fin de proporcionar en conjunto mayor repetitividad de observación.

El programa, independientemente del tipo de misión adoptada, tiene como objetivo la actuación en todas las áreas fundamentales, es decir, terrestres, marinas y atmosférico-meteorológicas. Para ello se han considerado una serie de sensores, o mejor aún, instrumentos en sentido amplio, actualmente en fase de estudio, comprendidos en dos grupos (Fig.2):

a) Un núcleo central de instrumentos a desarrollar por la Agencia (SAR, sensores ópticos de alta resolución, etc)

b) Sistemas operativos, fundamentalmente para aplicaciones atmosférico-meteorológicas, como continuación y ampliación de los de las series NOAA y

TIROS, esta vez realizados en cooperación internacional, cuya finalización estará emparejada con el lanzamiento de las plataformas polares.

Existe además un tercer grupo formado por sistemas para investigaciones científicas y de posibles aplicaciones. Estos serán seleccionados por la Agencia a través del "Anuncio de Oportunidades" (A.O.), a partir de los propuestos para ser desarrollados enteramente por los países participantes.

La selección final de los diversos instrumentos, una vez finalizados los estudios de pre y viabilidad, está en principio prevista para comienzos de 1989.

Programa Solid Earth

El principal objetivo de este programa es la medición precisa del campo de gravedad de la Tierra. Otros posibles objetivos, actualmente en discusión, serían la localización geocinemática precisa (del orden de centímetros), así como la medición del campo magnético terrestre. Con ello se espera contribuir a un mejor conocimiento de las fuerzas físicas y los procesos producidos en el interior de la Tierra (dinámica de la litosfera, procesos del manto e interacciones manto-núcleo).

El programa prevé la puesta en órbita casi circumpolar del satélite Aristóteles a una altitud aproximada de 200 km, hacia 1993. El principal instrumento a bordo será el GRADIO, provisto en principio de varios acelerómetros muy sensibles, con el fin de proporcionar mediciones del gradiente gravitatorio sobre sectores de 1° x 1° con una precisión mínima de 5 mgal. Al mismo tiempo, el satélite estará provisto de un PRARE para determinación orbital precisa.

La duración prevista de operación del GRADIO es de 3 a 6 meses, si bien se está estudiando la posibilidad de prolongar la misión al menos durante dos años más, a fin de medir con gran exactitud la posición y desplazamiento de puntos sobre la superficie terrestre mediante otro instrumento denominado MTS/PRARE, desde una órbita más alta.

3. PROGRAMAS DE TELEDETECCION DESDE ORBITA GEOESTACIONARIA

Programa Operatorio Meteosat

El programa meteorológico MOP (Meteosat Operational Programme), sucesor del denominado Meteosat Preoperatorio, prevé la puesta en órbita geoestacionaria a unos 35.800 km de altitud, de tres satélites

entre finales de 1988 y 1992. Hasta entonces el actual programa preoperatorio, representado por el satélite Meteosat F2, se completará con el lanzamiento de un tercer satélite, el P-2, durante 1988.

Los tres satélites del programa operativo, que serán explotados por la sociedad EUMETSAT, incorporarán principalmente un radiómetro con tres bandas espectrales: una en el visible (0,5-0,9 μm), otra en la región de absorción del vapor de agua (5,7-7,1 μm), y una tercera en el infrarrojo térmico (10,5-12,5 μm). Su resolución espacial en la vertical del satélite será de 2,5 km para la banda en el visible y 5 km para las restantes. En general, las imágenes serán generadas en intervalos de media hora.

Las imágenes de las misiones Meteosat son recibidas en las cercanías del centro de operaciones de la Agencia (ESOC), situado en la ciudad alemana de Darmstadt, en el que, aparte de realizar su pretratamiento, también se extraen de forma rutinaria diversos parámetros meteorológicos (vientos a la altura de las nubes, temperaturas de la superficie del mar, mapas de altura de crestas nubosas, cobertura nubosa, valores de humedad en la zona superior de la troposfera, datos climatológicos básicos e índice de precipitación) sobre segmentos geográficamente prefijados, cuyas dimensiones varían de 150 x 150 km en la vertical del satélite (Golfo de Guinea) a 250 x 250 km a 55° respecto al punto anterior.

Estos datos, junto con otros meteorológicos convencionales (recibidos también en ESOC a través del mismo satélite) e imágenes de América y sector occidental del Atlántico procedentes del satélite americano GOES, son enviados a través de los canales de comunicación del Meteosat

a las estaciones receptoras de los usuarios en los diversos países.

En general, estas imágenes pueden ser enviadas a dichas estaciones en varios formatos, siendo unos en forma digital y otros en analógica. Los primeros incluyen además las tres bandas espectrales y pueden ser recibidos por los PDUS (Primary Data User Stations), mientras que las imágenes analógicas, denominadas WEFAX, son las únicas recibidas por las estaciones SDUS (Secondary Data User Stations).

Programa Meteosat de Segunda Generación

Este programa, cuyo primer satélite se lanzará hacia 1995, será el continuador del próximo programa operativo, realizado en cooperación con EUMETSAT.

Entre sus principales objetivos destacan la obtención de mayor resolución espacial y espectral en el visible e infrarrojo respecto al programa operativo; la obtención de perfiles de temperatura de la atmósfera mediante técnicas de infrarrojos y microondas; la mejora de la distribución de datos al usuario en términos de cantidad y tiempo, así como la inclusión de nuevos instrumentos/sensores con fines científicos experimentales.

La carga útil de los satélites estará formada en principio por un radiómetro óptico de imágenes (Fig.3), un perfilador/sonda atmosférica de microondas ("microwave sounder"), otra de infrarrojos ("infrared sounder") y un paquete de carácter experimental compuesto por radiómetros, sondas, monitores, etc. Tanto los diversos instrumentos como el propio concepto de la misión se encuentran actualmente en estudio de previabilidad.

Fig.3 SATELITES METEOSAT DE SEGUNDA GENERACION

ESPECIFICACIONES PRINCIPALES PRELIMINARES DEL RADIOMETRO OPTICO DE IMAGENES

- RESOLUCION ESPACIAL Y TEMPORAL

- SECTOR EUROPEO: 2km / CICLO DE REPETICION 15 MIN
- RESTO DE LA TIERRA: 4km / CICLO DE REPETICION 30 MIN

- CANALES ESPECTRALES:

- VISIBE / IR PROXIMO: 0,50-0,65 , 0,75-1,1 , 1,55-1,75 μm
- INFRARROJO MEDIO: 3,5 -3,9 , 5,8 -6,7 , 6,9 -7,3 μm
- INFRARROJO TERMICO: 10,3-11,3 , 11,5-12,5 μm

- IMAGEN DE ALTA CALIDAD GEOMETRICA

4. CAMPAÑAS CON SENSORES AEROPORTADOS

La Agencia está realizando campañas de vuelo con diversos sensores, encaminadas a la creación de un banco de datos (los adquiridos por los sensores y datos sincrónicos de campo) para posterior análisis; a la testificación de los sensores propuestos para misiones espaciales según los objetivos de aplicación; a la optimización de las especificaciones de observación (por ejemplo, frecuencia, polarización y ángulo de incidencia en radares); y a la calibración de sensores mediante mediciones de campo.

Durante 1987 se realizaron las campañas AGRISCATT y TOSCANE-2, cuyos datos se están actualmente analizando. La primera, realizada conjuntamente con el Centro Común de Investigación (JRC) de la Comisión de las Comunidades Europeas, incluía la adquisición de datos multitemporales sobre zonas agrícolas y forestales en Holanda, Gran Bretaña, Alemania e Italia mediante un difusómetro de microondas y un SAR en bandas X y C.

La campaña TOSCANE-2 consistía en la medición de la velocidad del viento en la superficie del mar mediante un difusómetro eólico aeroportado, para calibración de futuros difusómetros eólicos (como por ejemplo el que llevará el satélite ERS-1)

Para 1988 está prevista la campaña AGRISCATT-88, de parecidas características a la anterior del mismo nombre, en principio con el empleo de un difusómetro y un SAR en banda X.

Está previsto continuar con estas campañas, al menos durante 1989, si bien tanto las zonas a volar como los sensores a utilizar están aún por definir.

Por último, se están considerando también otras posibles misiones de teledetección a medio-largo plazo, como la constituida

por una o varias plataformas de observación multidisciplinar, coorbitales con la Estación Espacial Internacional. Su órbita sería, pues, de baja altitud e inclinación, no geosíncrona, sirviendo para el estudio de zonas tropicales. Este proyecto, aún no aprobado, estaría no obstante sujeto a la planificación definida en última instancia para la plataforma(s) polar(es).

BIBLIOGRAFIA

ESA BR-20, 1984. Ocean Colour Working Group Progress Report 1983. 59 p.

ESA SP-1073, 1985. Looking Down - Looking Forward. 53 p.

ESA SP-1080, 1986. Solid Earth Sciences and Applications for Europe (SESAME). 128 p.

ESA, 1986. Report of the Working Group on Earth Observation Requirements for the Polar Platform Elements of the International Space Station. 97 p.

ESA SP-266, 1986. European Symposium on Polar Platform Opportunities and Instruments for Remote Sensing (ESPOIR).

ESA SP-1075 Rev.1, 1987. Remote Sensing for Advanced Land Applications. 123 p.

ESA BR-82, 1987. Introduction to the Meteosat Operational System. 42 p.

ESA SP-1094, 1987. Joint Solid Earth Programme. 59 p.

Pfeiffer, B. & Bonnefoy, R.F., 1987. The Earth Observation Preparatory Programme. ESA Bull. No.51. pp.34-38

ESA SP-1093, 1987. Co-orbiting Platform Elements (COPE). 71 p.