



2. Sobre la percepción remota desde satélites

J. M. Obiols

EL CONTEXTO

En los últimos años se ha producido un desarrollo muy rápido de los métodos y técnicas de percepción remota o «remote sensing», los cuales se orientan, esencialmente, al cumplimiento de un doble objetivo: a) recoger información sobre la estructura, composición y dinámica de la superficie terrestre, mediante unos dispositivos (sensores remotos, «remote sensors») que obtienen imágenes o registros espectrales a distancia, desde vehículos aéreos o espaciales, y b) manipular esta información, analizarla y restituirla automáticamente, en forma numérica, gráfica y cartográfica (1).

La percepción remota ha ido configurándose como un campo técnico-científico en plena expansión, donde confluyen especialistas de disciplinas diversas, con el denominador común de hallarse interesados en el diseño y experimentación de nuevos métodos y técnicas para el estudio y el control global de las formaciones, recursos y fenómenos de la superficie de la Tierra. Las experiencias llevadas a cabo, principalmente en los Estados Unidos (2), cubren una amplia temática (agronomía, hidrología y oceanografía, geología, ecología, inventarios de usos del suelo rural y urbano, etc.). Los resultados obtenidos, en buena parte positivos, han creado un clima creciente de interés, que se ha visto muy estimulado por el ini-

cio, en 1972, de los primeros programas de lanzamiento y explotación experimental de satélites civiles de percepción remota.

En el mes de julio de 1972, en efecto, la N.A.S.A. lanzó el primer satélite destinado a la percepción remota de recursos y fenómenos naturales. Este satélite es el primero del programa E.R.T.S. («Earth Resources Technology Satellite»). Paralelamente a este programa, la agencia espacial estadounidense desarrolla también el programa «Skylab», con objetivos similares. Y aun cuando poco se sabe al respecto, es probable que la Unión Soviética —que también trabaja activamente en el campo de la percepción remota— emprenda programas de la misma índole (3).

Los programas E.R.T.S. y «Skylab» parecen corresponder al cambio de orientación que sufren las actividades de la N.A.S.A., enfrentada a una importante reducción presupuestaria y progresivamente orientada a buscar aplicaciones prácticas para el gran potencial acumulado por el desarrollo de las tecnologías del espacio. La percepción remota desde plataformas orbitales puede representar, efectivamente, una vía de utilización provechosa de este potencial. Es en este sentido, por ejemplo, que

el portavoz del Comité de Ciencia y Astronáutica de la Cámara de Representantes estadounidense ha podido afirmar, enfáticamente, que los programas de percepción remota desde satélites representan «la inversión más rentable de todos los programas espaciales llevados a cabo hasta la fecha».

Aun cuando al final de este artículo se intenta una evaluación de las perspectivas de este proceso iniciado con el lanzamiento de E.R.T.S. 1, parece prematuro afirmar que la percepción remota desde satélites llegará a alcanzar las cotas de eficacia y rentabilidad que le permitan convertirse —como es el caso de los satélites meteorológicos, por ejemplo— en la base de unos sistemas operacionales y permanentes para la obtención de información sinóptica sobre el medio terrestre, posibilitando así un «management» global de los recursos planetarios.

Pero en todo caso «a priori» pueden señalarse dos factores que abogan con fuerza a favor de una previsión de esta naturaleza. En primer lugar, la percepción remota desde plataformas orbitales representa, en la actualidad, la única posibilidad para el establecimiento de sistemas de información global sobre la totalidad de los medios terrestres. Y es cosa, no por muy repetida menos angustiosa, el que tales sistemas se hacen cada vez más urgentes, como consecuencia del fuego cruzado de contaminación y sobreexplotación a que se ve sometido nuestro mundo (4). En segundo lugar, parecen existir muchas posibilidades de que la información suministrada

(3) En la U.R.S.S., el Laboratorio de métodos espaciales para las ciencias de la Tierra, de la Universidad de Leningrado, y el Laboratorio de métodos aéreos del Ministerio de Geología, desarrollan con carácter prioritario investigaciones en percepción remota. Una visión de conjunto sobre sus actividades puede hallarse en: V. B. Komarov, «The basic directions of the development of aerial methods for the study of natural resources of the USSR», en *Proceedings of the VII Symposium on remote sensing of the environment*, Universidad de Michigan, 1971. Una evaluación de perspectivas en: B. V. Vinogradov y K. Ya. Kondratyev, «Geographical applications of remote sensing», en *Soviet Geography*, junio 1972.

(1) Véase una información sintética sobre el tema en: R. Núñez de las Cuevas, «Fotointerpretación y sensores remotos, instrumentos básicos para la planificación urbana y del medio ambiente», *Ciudad y Territorio*, 2/72.

(2) Las universidades de Michigan (Center for remote sensing information and analysis) y de Purdue (Laboratory for applications of remote sensing) actúan, en este campo, como centros de vanguardia.

(4) Véase: L. Carreño Píera, «Percepción remota e información sobre el medio ambiente», en *Jornadas técnicas sobre el medio ambiente*, publicación de la Feria de Barcelona, 1972.

por los satélites de percepción remota se revele eficaz en cuanto a la prospección de recursos naturales (hídricos, minerales, etc.) en los países subdesarrollados o en los en vía de desarrollo.

A ello puede añadirse una tercera consideración: el proceso de rápido desarrollo tecnológico subyacente al tema, y que contribuye poderosamente a impulsarlo, tiene un motor incuestionable en el campo de los satélites militares de información, sobre los cuales la información es precaria, pero que han alcanzado ya, evidentemente, unas «performances» muy sorprendentes (5).

En todo caso, y aun cuando no faltan voces críticas en este contexto general, señalando el carácter excesivamente sofisticado de las técnicas empleadas y, sobre todo, el que éstas representan una inquietante versión planetaria del «tour du propriétaire», obviamente reservado a las potencias espaciales, parece conveniente seguir con atención este tema, de tantas implicaciones, y en la medida de nuestras posibilidades adquirir experiencia en él.

EL PROGRAMA E.R.T.S.

El programa E.R.T.S. incluye el lanzamiento de dos satélites (E.R.T.S.-1, en órbita desde julio de 1972, y E.R.T.S.-B, aún no lanzado), como primer paso para desarrollar un sistema más efectivo, plenamente operacional, de satélites civiles de observación terrestre.

Los datos recogidos por estos dos satélites experimentales serán explotados por investigadores de diversos países, que estudiarán su posible aplicación en diversas dis-

ciplinas: agricultura (distribución y rendimiento, enfermedades, usura de las tierras), inventarios forestales, geología (prospección, estudios estructurales y geomorfológicos), hidrología (control de procesos de contaminación, previsión de inundaciones), oceanografía (recursos pesqueros, geografía costera, biología marina), geografía y ecología (estudios de síntesis).

Para satisfacer estos objetivos, los satélites realizan una adquisición reiterativa de datos multispectrales de resolución bastante grande, correspondientes a una serie de áreas test. Se utilizan para ello dos sistemas distintos de sensores remotos: un sistema de tres cámaras video (sistema RBV, «Return Beam Vidicon») y un sistema de cuatro o cinco barredoras óptimas mecánicas (sistema MSS, «Multispectral Scanner»).

El satélite debe estar situado en todo momento en condiciones óptimas para la adquisición de datos en el hemisferio iluminado por el Sol. Se sitúa a este fin en una órbita retrógrada que precesiona en el sentido del movimiento medio del Sol alrededor de la Tierra, de modo que éste queda compensado y la disposición relativa Sol-satélite permanece casi estable, modificándose sólo de forma muy lenta. Bajo estas condiciones, la órbita de E.R.T.S.-1 presenta los siguientes parámetros:

Apogeo/perigeo	: 912 km.
Excentricidad	: nula
Inclinación	: 99 grados
Período	: 103 minutos

En estas condiciones el satélite se sitúa por encima de una región dada del globo, en idénticas condiciones de iluminación, cada 18 días (es decir, cada 251 revoluciones). Obsérvese, por otra parte, que la órbita es circular, con lo cual se mantiene una constancia en la escala de las imágenes recogidas.

Los satélites E.R.T.S. utilizan la estructura de los satélites meteorológicos Nimbus: un elemento circular inferior, que alberga a los sensores y a la electrónica de recepción y emisión de datos; un elemento superior exagonal donde se

disponen los órganos de estabilización, de control de altitud y los paneles solares, y una armadura metálica exterior que unifica el conjunto. La envergadura, con los paneles desplegados, es de 2,90 m.

El sistema RBV consta de tres cámaras televisoras vidicon de elevada precisión (las imágenes obtenidas son de unas 4.000 líneas), que reciben imágenes en las siguientes bandas del espectro:

- 1) 0,475-0,575 (azul-verde)
- 2) 0,580-0,680 (rojo)
- 3) 0,690-0,830 (infrarrojo cercano)

El sistema MSS consiste, muy esquemáticamente, en un espejo oscilante que barre el terreno en dirección particular a la dirección de vuelo, con sensores sensibles a las siguientes longitudes de onda:

- 1) 0,5 - 0,6
- 2) 0,6 - 0,7 (rojo)
- 3) 0,7 - 0,8 (IR cercano)
- 4) 0,8 - 1,1 (IR cercano)
- 5) 1,04 - 1,26 (IR térmico)
(sólo en E.R.T.S./B)

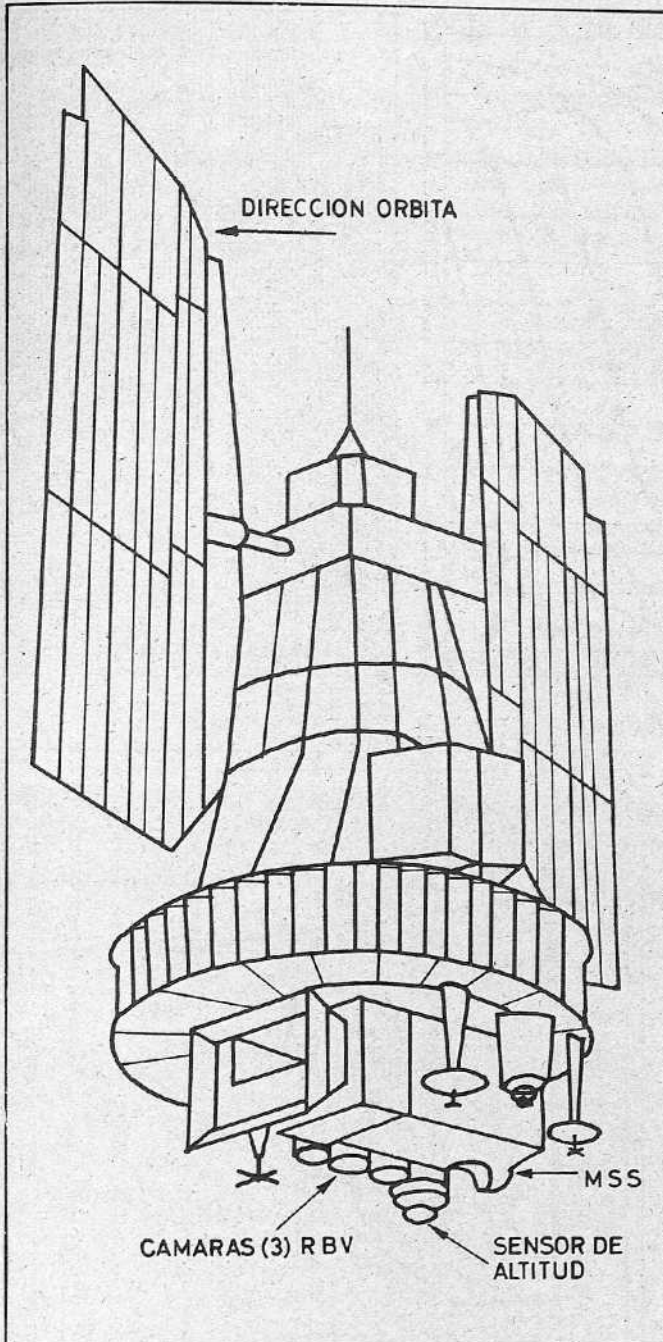
Todos los datos recogidos por los sistemas RBV y MSS deben grabarse y transmitirse a las estaciones receptoras, donde se realiza la reconversión a documentos gráficos, con las características que se expresan en el cuadro 1.

Estos datos permiten ya establecer algunos criterios en cuanto a las posibilidades ofrecidas por los datos E.R.T.S.:

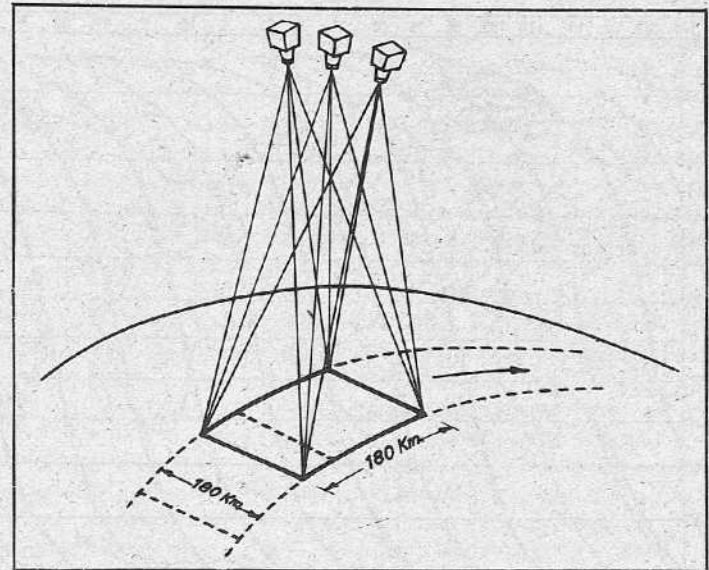
1) La resolución óptica es bastante elevada, pero representa incuestionablemente una limitación para ciertos propósitos. Téngase en cuenta que estos valores equivalen al objeto más pequeño que puede distinguirse en las imágenes, en condiciones óptimas.

2) Existe, en cambio, una buena resolución espectral (existencia de diversas bandas del espectro, que permite esperar la observación de datos interesantes), así como una buena resolución temporal (datos repetidos cada 18 días para una misma escena, con la posibilidad de analizar fenómenos cambiantes: vegetación, cultivos, contaminación, corrientes marinas, etcétera).

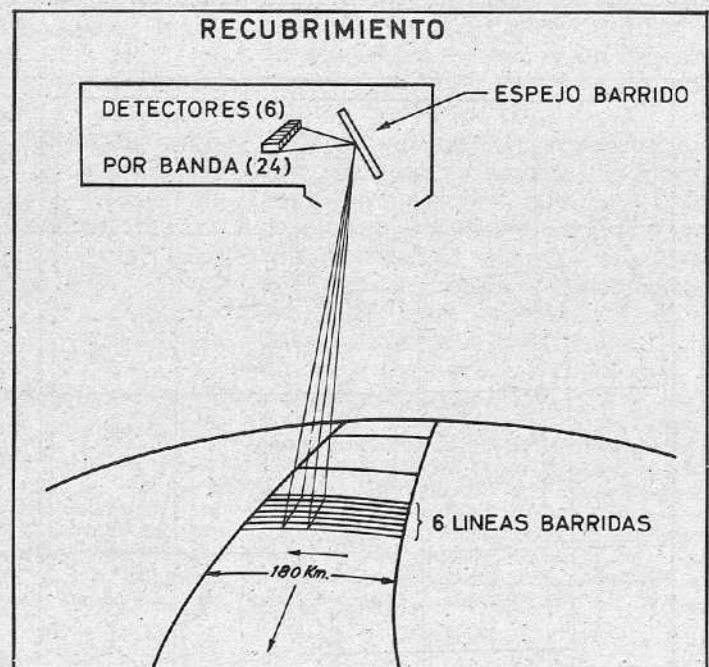
(5) Es curioso observar cómo en los acuerdos firmados en mayo de 1972 como resultado de la primera ronda de conversaciones SALT se dice —en el tratado de limitación de misiles antibalísticos—: «Con el fin de asegurarse del cumplimiento de lo dispuesto en este tratado, cada parte usará sus medios técnicos nacionales de verificación... Cada parte se compromete a no interferir los medios técnicos nacionales de verificación de la otra parte.» Se admite así (¡bastante explícitamente!) el recurso a los satélites de observación como medio de control mutuo.



Esquema general de un satélite E.R.T.S.

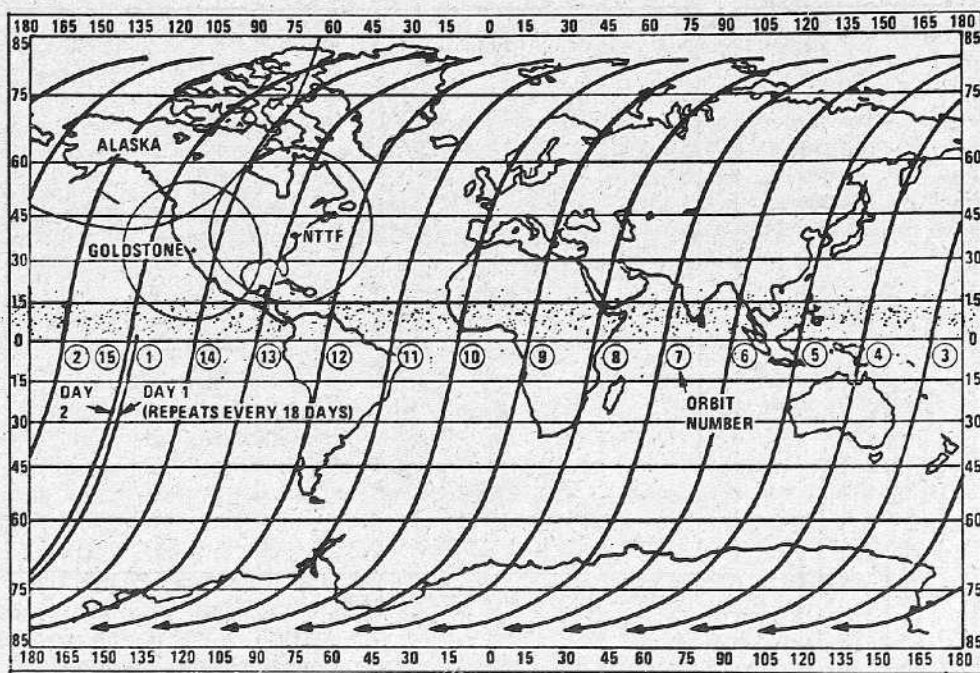


Esquema general del sistema RBV.

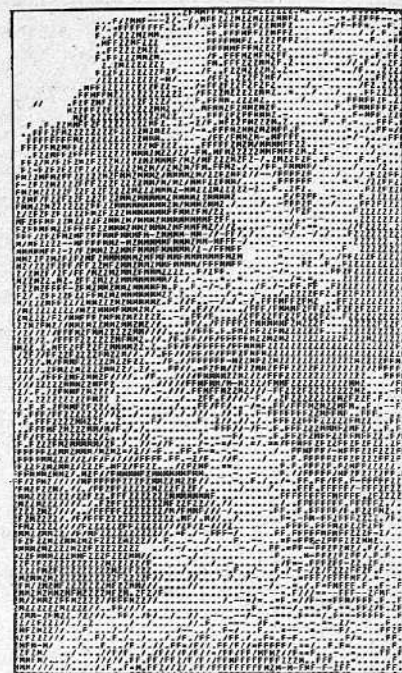


Esquema general del sistema MSS.

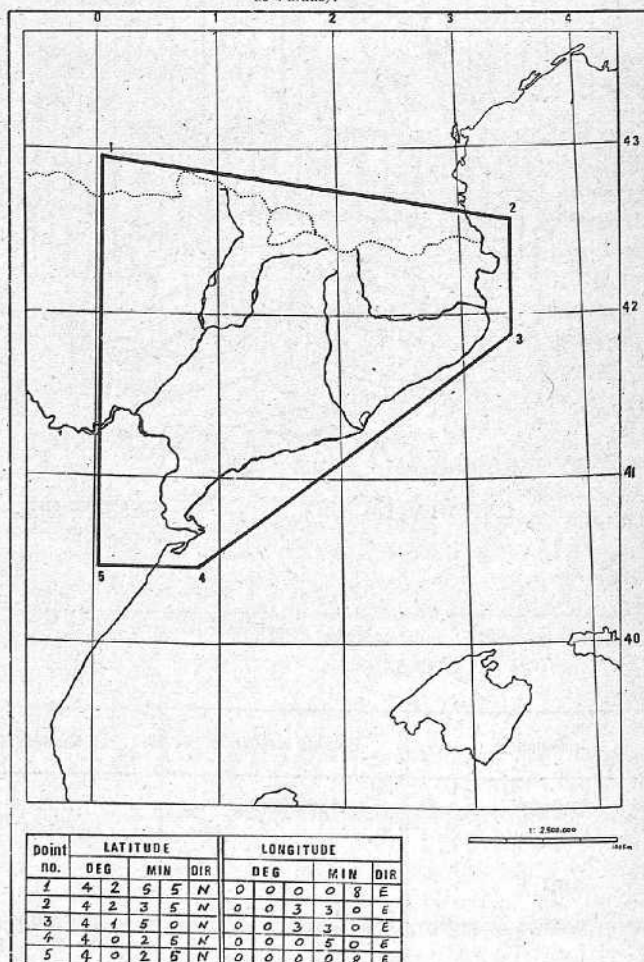
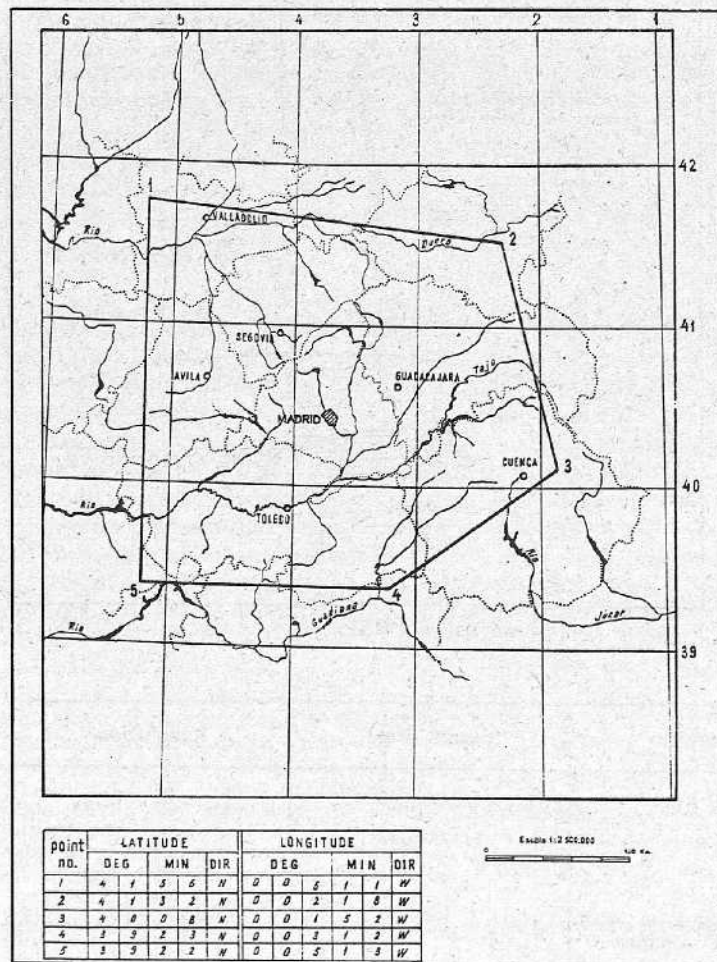
Sensor	Escala original	Cobertura terreno	Escala final	Resolución
RV 1-2	1/7.300000	185 × 185 Km	1/3.200000 1/1.000000	60-100 m
RBV 3	"	"	"	70-140 m
MSS 1-4	"	Faja continua de 185 Km de ancho	"	Aprox. 70 m
MSS 5	"	"	"	Aprox. 210 m



Esquema de una trayectoria diaria del satélite E.R.T.S.



Restitución cartográfica automática de tipos de suelos (LARS, Universidad de Purdue).



Las áreas propuestas por equipos españoles.



PARTICIPACION ESPAÑOLA EN EL PROGRAMA

El papel de los investigadores-usuarios es una parte importante del programa E.R.T.S. Ellos comprobarán la utilidad de los datos y definirán colectivamente un marco de todas las aplicaciones posibles de los mismos.

En España, dos equipos interdisciplinarios han presentado propuestas para la explotación de datos de E.R.T.S.-B. El primero de ellos, agrupado por el Instituto Geográfico y Catastral, y dirigido por R. Núñez de las Cuevas, se propone explotar datos sobre la zona centro de España con el propósito de efectuar cartografía temática sobre utilización del suelo, estructura geológica y recursos hidrológicos. El segundo, coordinado por la Comisión Mixta de Coordinación Estadística de Barcelona, y dirigido por J. Vilá Valentí, se propone un estudio interdisciplinario, con un enfoque geográfico y ecológico, de un sector que engloba a Cataluña.

LAS PERSPECTIVAS

Como hemos dicho, es difícil predecir a qué resultados llevarán estas actividades, actualmente en una fase experimental y prospectiva. Puede señalarse, en todo caso, que en lo que se refiere a los aspectos técnicos las posibilidades parecen muy amplias. En la actualidad, y sobre todo a consecuencia del rápido desarrollo de los satélites militares, la resolución de las imágenes que es posible obtener es extraordinaria. En este sentido, la precisión de las

imágenes E.R.T.S., con todo y ser altamente estimulantes para los usuarios, no alcanzan ni de lejos lo que es posible obtener y que de hecho obtienen ya los satélites de información americanos y soviéticos. En la actualidad, uno de estos satélites, situado en una órbita de unos 150 Km., obtiene imágenes fotográficas con una resolución de unos 40-50 centímetros. Esto significa la posibilidad de obtener información muy precisa sobre usos del suelo, sobre tráfico intra e interurbano, etc. Significa la posibilidad de perfeccionar considerablemente las tareas cartográficas y, lo que tal vez es más importante, de llegar a la implementación de sistemas de información geográficos y ecológicos de un alto nivel de precisión. Las dificultades para llegar a ello derivan de dos factores: a) En primer lugar, el factor económico (6); b) En segundo lugar, el problema de la manipulación de ingentes masas de datos. Es en este campo del tratamiento de la información donde las experiencias en curso serán, probablemente, determinantes. Se trata de definir y experimentar unos procesos de manipulación y clasificación de los datos multispectrales obtenidos por los satélites de percepción remota, basándose en la definición de unas características espectrales (o firmas)

(6) Véanse unas primeras consideraciones y cifras en: Charles Weiss, «Los satélites y el desarrollo internacional de recursos», en *Finanzas y desarrollo*, publicación trimestral del Fondo Monetario Internacional y del Grupo del Banco Mundial, junio 1972.

para cada unidad o clase de interés que debe ser estudiada en las imágenes y registros obtenidos, con el fin de poder obtener cartografía temática (o series numéricas apropiadas para el estudio temático), de un modo automático. En definitiva, se trata de establecer unos métodos que permitan definir, para cada tipo de objeto de la escena estudiada (un campo con un cultivo determinado, un suelo, una asociación vegetal, una categoría de uso de suelo urbano, etc.), unos parámetros que lo caractericen inequívocamente en el espacio de n dimensiones definido por las n bandas de frecuencia utilizadas por los sensores remotos. La gran dificultad radica en que cada una de estas firmas temáticas es función de un cierto número de parámetros que a veces son difíciles de conocer o de introducir en el cálculo (hora, ángulo de la toma de vistas, temperatura ambiental, humedad, etc.) (7).

Un último aspecto a señalar en esta evaluación somera de perspectivas: las nubes, que cubren de un modo permanente un 40-60 por 100 de nuestro planeta, constituyen aún un obstáculo infranqueable. Esta vieja limitación parece querer situarnos, irónicamente, en un plano de saludable modestia.

(7) Véase: G. Nagy y J. Tolaba: «Non-supervised crop classification through airborne multispectral observations», en *IBM Journal of research and development*, marzo 1972; P. E. Anuta, et al. «Crop, soil and geological mapping from digitized multispectral satellite photography», en *Proceedings of the VII Symposium on remote sensing*, Universidad de Michigan, 1971.

3. El uso de las técnicas de fotointerpretación en los estudios sobre tráfico urbano

Las técnicas de fotointerpretación pueden ser auxiliares eficaces en los estudios sobre tráfico urbano. En general, las experiencias realizadas permiten señalar que la rapidez y un relativo bajo costo son las principales ventajas que derivan de la utilización de ta-

les técnicas. Se coincide, asimismo, en señalar la ventaja que representa el disponer de información sinóptica de un área externa (lo que permite analizar las repercusiones de una alteración puntual sobre un conjunto), así como el poder utilizar algunos tipos de

análisis específicos (por ejemplo, de relación entre número de vehículos en movimiento y número de vehículos bloqueados, o entre número de vehículos en movimiento y número de vehículos aparcados en un área determinada, etc.), los cuales difícilmente pueden