

La teledetección: una técnica de gran valor en la investigación geográfica

Nadine CABELLOS NOCO

La Teledetección es una de las técnicas de más reciente aplicación al campo de la investigación geográfica. R. Regrain (1981) la definía como: «la obtención y utilización de las imágenes del suelo de nuestro planeta, o información que proviene de éste, recogidas a partir de plataformas situadas en altitud», o bien, «la observación a distancia de la superficie de la Tierra utilizando la radiación electromagnética como fuente de transmisión de información»¹.

Sea cual fuere la definición de esta técnica, existe un acuerdo general respecto al objetivo: conocer los continentes y océanos con el fin de localizar y evaluar los recursos naturales a la vista de un inventario, control y organización de los mismos, dado el crecimiento demográfico mundial, que requiere un mayor aprovechamiento de estos.

En España², el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, el Instituto Geográfico Nacional, el Servicio de Fotogrametría y Fotointerpretación de la E. T. S. de Ingenieros Agrónomos de Madrid, los Institutos de Edafología y de Geografía Aplicada del C. S. I. C. son, entre otros, algunos de los organismos que han llevado a cabo estudios basados en la percepción remota y en la actualidad lo siguen haciendo.

La Agencia Espacial Europea (ESA), con sede en París, mantiene puntos de contacto con diversos países europeos; en España

¹ Regrain, R. (1981), p. 261.

² Sobre algunos de los trabajos realizados en España véase el «Coloquio sobre prospecciones desde satélites», en la Revista *Las Ciencias*, vol. XLIII, número 2, 1978, pp. 83-147. La publicación recoge las Ponencias leídas en el Coloquio celebrado en León en el marco del XXXII Congreso Luso español para el progreso de las ciencias.

los realiza a través de la Comisión Nacional de Investigación del Espacio (CONIE), que se encarga de proporcionarnos documentación y el material necesario para los trabajos con fotografías de los satélites³.

La Agencia Espacial Europea ha elaborado un programa: el EARTHNET, cuyas misiones son la adquisición, procesado, archivado y distribución de los datos enviados por los satélites desde su aprobación en febrero de 1977. El sistema EARTHNET tiene cuatro estaciones de recepción y dos centros de tratamiento de datos; España recibe la información a través de la estación de Fusino (Italia), que opera con los datos del Landsat 3. El programa EARTHNET no sólo se preocupa del satélite Landsat, sino también de otros en funcionamiento y de aquellos que se preveen en futuras misiones.

La teledetección ofrece un amplio abanico de posibilidades de aplicación, pero, independientemente del terreno en el que se va a trabajar, hay que partir analizando la naturaleza del ecosistema para poder establecer los objetivos de la investigación, a continuación evaluaremos los medios a emplear y finalmente tendremos en cuenta las perturbaciones atmosféricas, con el fin de conocer las distorsiones en la información.

La teledetección ha sido empleada frecuentemente en temas de investigación referidos a previsiones de cosechas, detección de plagas, estudios forestales (incendios), seguimientos de icebergs y bancos de pesca, estudio de alineaciones, fallas y grandes unidades geomorfológicas, previsiones meteorológicas, localización de bancos de arena y escapes de petróleo, ecología urbana, estudios de litorales, etcétera⁴.

Desde la óptica geográfica es fundamental conocer la extensión del territorio donde trabajamos con esta técnica. El nivel de detalle en la información no puede ser el mismo en un estudio nacional, regional o local. Las nomenclaturas adoptadas son diferentes⁵, como ejemplo podemos partir de tres niveles:

- 1.º Grandes usos del suelo: agrícola, forestal, urbano, etcétera.
- 2.º Dentro de ellos distinguimos categorías, ej. en la agricultura: cereales, huertas y pastos.
- 3.º Cada categoría en diferentes variables, ej. en los cereales, trigo, cebada, centeno, maíz, avena, etcétera.

³ CONIE tiene sus oficinas en Paseo del Pintor Rosales, 34, Madrid-8.

⁴ Sobre las aplicaciones de la teledetección es interesante el libro editado por J. Estes y L. Senger (1974) citado en la bibliografía.

⁵ La nomenclatura puede adoptar caracteres funcionales o cualitativos.

Así, podríamos operar con todos los usos del suelo, si el problema de la resolución estuviera solucionado, ya que en función de ella la distinción es más o menos difícil de efectuar.

Si es importante conocer el espacio donde investigamos, no menos es saber la época del año que mejor visión e información ofrece. Los registros varían de una estación a otra, por esta causa la fecha de la toma de datos es un punto a considerar; a veces, las condiciones atmosféricas impiden apreciar toda la información sobre la superficie terrestre.

La información aportada por los satélites artificiales es una fuente todavía no muy usada por los geógrafos españoles. En España, desde 1971, se empezó a mantener contactos con otros países, los trabajos se iniciaron con el lanzamiento del ERTS-1 en el año 1972 (posteriormente rebautizado Landsat-1).

En 1975, la Fundación para el Desarrollo de la Función Social de las Comunicaciones organizó unos coloquios sobre el tema recogiendo toda la información en una publicación de carácter más técnico que práctico, pero interesante para iniciarse en el tema⁶.

La NASA y el I. G. N. firmaron un contrato de colaboración para estudiar los recursos naturales de la Región Centro de España⁷. Los campos tratados por investigadores y geógrafos del Instituto de Geografía Aplicada del C. S. I. C.⁸ fueron la cartografía temática y utilización del suelo, estudio de estructuras geológicas, recursos forestales e hídricos, etc. Posteriormente, España participó en un proyecto multidisciplinario para el reconocimiento del litoral mediterráneo desde Tarragona a Almería, mediante las imágenes del satélite H. C. M. M. (Heat Capacity Mapping Mission). La Dirección General de Obras Públicas realizó el proyecto SPA-15, patrocinado por la UNESCO, consistió en un estudio científico de recursos hidráulicos en las Islas Canarias. También se produjo un intercambio científico entre el Departamento de Geografía de la Universidad inglesa de Sheffield, el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura del C. S. I. C. de Murcia y CONIE, con el fin de estudiar las prospecciones geoedafológicas de la región suroccidental de España⁹.

⁶ López de Lemos, J.-G.: *La teledetección y sus aplicaciones sociales*, Madrid, 1975, p. 132. Es un documento elaborado para la Fundación para el Desarrollo de la Función Social de las Comunicaciones.

⁷ El informe definitivo se recoge en una publicación en inglés titulada *Thematic mapping, land use, geological structure and water resources in Central Spain*, Project núm. 28.760. Principal investigador: Dr. Núñez de las Cuevas. Agency: Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 6 de noviembre de 1976, páginas 282 y 4 mapas.

⁸ Estos geógrafos fueron los doctores Elena Chicharro y Juan José Sanz Donaire.

⁹ A este respecto pueden consultarse los trabajos de López de Lemos, Paredes y Sánchez, integrados en la Revista *Las Ciencias*, tomo XLIII, n.º 2, 1978.

Las publicaciones geográficas con datos de detección por satélites no son muy numerosas. Dos geógrafos de la Universidad de Navarra, Lizárraga y Creus (1981) realizaron una presentación de Navarra a partir de la información más visible en las fotografías del satélite ERTS-1. El profesor López Bermúdez (1976) descubre rasgos físicos y humanos en el área del SE. español que hasta entonces habían pasado inadvertidos en los fotogramas convencionales. En esta línea, el profesor Mensua Fernández (1980) realizó un estudio del terrazgo cultivado en la provincia de Zaragoza a base de imágenes multispectrales del satélite ERTS. Por último, en el Atlas de la Provincia de Castellón de la Plana, el profesor Núñez de las Cuevas (1982) lleva a cabo la presentación de la provincia basándose en las fotografías del Landsat-3 y tratadas posteriormente en falso color, donde distingue las unidades y usos del suelo propios de la zona. También en los Atlas de Aragón y Navarra, actualmente en fase de publicación, se emplea esta fuente de investigación.

Actualmente el Instituto de Geografía Aplicada del C. S. I. C., por encargo del CEOTMA (Centro de Estudios de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo), con la colaboración de los Institutos Geográficos Nacionales de Francia y España, está realizando un trabajo sobre la aplicación de la teledetección a la cartografía de la ocupación del suelo.

En el extranjero los trabajos realizados son muy numerosos. Entre los más recientes cabe destacar el realizado por Tricart (1975), que, utilizando fotografías del Landsat-3, ha estudiado el Valle del Senegal en base a estos tres objetivos: establecer una cartografía detallada (necesaria de conocer para estos países en vías de desarrollo), obtener una regionalización ecogeográfica y establecer la evolución morfogenética del relieve; los resultados son, a su entender, satisfactorios.

M. Sall (1979), también con fotos del Landsat, trabaja en la península de Cabo Verde con el fin de hacer un reconocimiento geomorfológico y edáfico. El fin de la investigación fue una cartografía de los grandes grupos de suelos en relación con la distribución de las unidades geomorfológicas; pero, la ambigüedad de algunas características espectrales hicieron necesaria la consulta de otros documentos (geológicos y fotografías aéreas convencionales) y un control sobre el terreno para afinar más la representación¹⁰.

Con el objetivo puesto en el estudio de la higrografía y fitogeografía del Casamanca Medio y del Gambia Medio (Senegal), Ndiaye (1979) utilizó la información del Landsat para establecer la distribu-

¹⁰ Sólo el empleo de las fotografías no es suficiente, es necesario acompañarlas con datos de referencia cartográficos, bibliográficos, etc.

ción de los conjuntos vegetales en relación con los distintos aspectos que revela la puesta en explotación del medio. Al haber utilizado sólo la banda MSS-5, el trabajo no es muy completo, habría sido necesaria la elección de una serie para establecer la evolución.

La importancia de las imágenes multispectrales desde satélites para la evaluación de catástrofes la pone de manifiesto Narain (1981). La región del delta del Krishna (India) había sido devastada por un ciclón tropical, las tomas del Landsat antes y después permitieron levantar un mapa detallado de las regiones sometidas a esta catástrofe, debido a la inaccesibilidad a las zonas siniestradas. Dentro del campo de la climatología, Mounier y Pagney (1982) han estudiado, a través del satélite NOAA-2, la circulación atmosférica en la zona intertropical. Poco antes el profesor Bencloski (1981) había utilizado las fotos de los satélites para estudiar un ciclón tropical, sus características y evolución día a día.

Las aplicaciones en los usos del suelo agrario obtienen resultados importantes cuando las extensiones ocupadas por los cultivos son considerables y no existe policultivo, caso, por ejemplo, de los arrozales japoneses. Las imágenes Landsat, según los fotointérpretes Mukai y Takeuchi (1980) han permitido evaluar la superficie de los arrozales y el volumen de su cosecha en un espacio concreto, aspectos estos fundamentales en la política agraria. Los datos se compararon con los obtenidos en tierra con una diferencia inferior al 10 por 100.

El uso del suelo urbano es el aspecto menos atendido debido al problema de la resolución no adecuada para estudios que exigen detalle. Una de las aplicaciones se llevó a cabo en Denver (USA) por el profesor Henderson (1981), las imágenes multispectrales del SEASAT permitió establecer algunos usos del suelo urbano y el crecimiento de la ciudad. Se diferenciaba bien las zonas residenciales y las áreas comerciales concentradas, así como los espacios verdes.

Nos parece interesante señalar un estudio sobre contaminación en el Canal de la Mancha realizado por Baussart, Vidller y Richard (1979), con imágenes Landsat, en ellas se apreciaba la turbiedad del agua en regueros, permitiendo delimitar su extensión y dinamismo. Esta información es de gran poder ecológico, debido a la falta de datos sobre el medio ambiente marino, sobre el transporte de sedimentos y de vertidos industriales.

En resumen, la teledetección tiene un futuro esperanzador. Las limitaciones que puede tener son de orden económico y político, no técnico, que favorece al que tiene los recursos y conocimientos para su aplicación. La detección desde satélites no conoce fronteras políticas y revela todo lo que se «ve» en el globo, aunque no siempre sea deseado por los «observados». No vamos a entrar en los problemas

de orden legal¹¹ que ello plantea ni en los económicos, nos centraremos en algunos de los objetivos que se vislumbran como inmediatos desde el punto de vista técnico o de investigación.

Los geólogos, grandes consumidores de esta fuente, buscan satélites que se adapten mejor a sus necesidades e investigaciones, para ello, en EE. UU. han creado el Comité GEOSAT, que intenta lanzar el satélite STEREOSAT, con el fin de obtener imágenes estereoscópicas de calidad, importantes para apreciar las formas del relieve¹².

El porvenir en la actividad pesquera se centra en el abastecimiento de satélites fijos que, a través de termografías periódicas, nos indiquen los cambios de temperatura del agua, de la que depende la aparición o no de bancos de pesca. También apuntan los objetivos al seguimiento en los cambios de trayectoria de las corrientes marinas (ej. Gulf Stream) y a la contaminación existente en las aguas costeras. En la década de los 80 se experimentará un scanner particular, el CZCS (Coastal Zone Color Scanner), para la observación del contenido clorofílico del mar.

También los satélites geoestacionarios tienen gran papel en la vigilancia de la contaminación, al situarlos sobre las zonas donde predominan los elementos contaminadores. La rapidez en la obtención de la información obligará a tomar medidas de acción inmediata, evitando la posible ruptura del equilibrio ecológico.

La actividad forestal centrará su labor en la vigilancia de la cantidad de CO₂ existente en la atmósfera, un descenso indicará variaciones en la densidad de la masa forestal por motivos naturales o antrópicos.

La meteorología, con los archivos de clichés, establecerá mejor la evolución de nubes, vientos, temperaturas, etc., con el fin de estudiar los climas del mundo. Los satélites en este campo han venido a ocupar la plaza de los aviones encargados de detectar los ciclones tropicales y los daños por ellos causados. La información meteorológica más exacta posible para el hombre (fines turísticos), la prevención de energía solar son los puntos en que va a desenvolverse su futuro inmediato. A este respecto cabe señalar la valiosa información que el satélite Meteosat, actualmente fijo sobre la vertical del Golfo de Guinea, suministra respecto a la evolución meteorológica diaria.

Para la agricultura, la experiencia positiva con el satélite meteorológico GOES, situado sobre Florida, ha dado resultados importan-

¹¹ En la obra de López de Lemos *La teledetección y sus aplicaciones sociales* citada, en la nota 6, hay un capítulo sobre la legislación de los satélites artificiales.

¹² Casas Torres, en su artículo «Cartografía Geográfica y utilización de suelos», recogido en la Revista *Las Ciencias*, vol. XLIII, núm. 2, 1978, ya hacía referencia en la p. 100 a este interés geomorfológico.

tes en la lucha contra las heladas. El satélite registra la línea de temperatura a partir de la cual los limoneros se hielan. Cuando se produce la alerta, la rapidez en la información hace que se adopten medidas adecuadas evitando daños. Las líneas preventivas en este sentido juegan un papel importante en la actividad agrícola. Se quiere que los futuros satélites afinen el análisis para la distinción de especies (todavía complicado y poco claro con algunas), para ello se ha previsto que en los próximos Landsat se reduzca la banda 0,6-0,7 micras al intervalo 0,63-0,70 micras, permitiendo una mejor separación entre las especies. Se confía en el futuro satélite SPOT con una resolución de 10 metros, muy útil para zonas de policultivo y minifundio (España).

Por último, hay que hacer una mención especial al proyectado satélite francés SPOT, de respuestas más acertadas que los anteriores, debido a las mejoras introducidas. Estos son algunos de los datos más sobresalientes:

Nombre: SPOT (Système Probatoire d'Observation de la Terre).

Promotor: CNES (Centre National d'Études Spatiales).

Fecha de lanzamiento: 1984.

Altitud: 820 kilómetros.

Repetición de pasada: 26 días.

Hora de paso por el Ecuador: 9 h. 30'.

Sensores:

- Dos radiómetros visibles más IR cercano.
- Tres canales multiespectrales.
- Un canal pancromático.

Resolución:

- Para los multiespectrales, 20 metros.
- Para el pancromático, 10 metros.

Superficie: 2 por 60 kilómetros.

Las posibilidades de actuación son tan amplias que la investigación continúa en el orden técnico (mayor precisión), legislativo (un aligeramiento de ésta) y económico (menos costosa).

En una apretada síntesis nos permitimos referir algunas conclusiones:

1.° Se ha mitificado la detección remota desde satélites, ya que en ella se veía soluciones para todos los problemas. Aunque bien es

cierto que la información del satélite es una fuente de conocimiento importante para el planeta, especialmente para los países en vías de desarrollo, donde la ausencia de información hace de la suministrada por los satélites una base precisa.

2.º Es un medio más barato que la fotografía aérea convencional, proporciona muchas imágenes a lo largo del año y pueden ser procesadas digitalmente. Es decir, geográficamente, ofrece la posibilidad de observar la Tierra a través de análisis multispectrales y multitemporales o diacrónicos.

3.º Al ser una visión sintética hay ciertos aspectos que de no estar cercanos a ellos se escapan, por ello es más adecuado en estos casos la fotografía aérea convencional al poseer mejor resolución.

4.º Es un medio más que el investigador puede y en ocasiones debe utilizar para un mejor conocimiento de la Tierra. Su uso resulta más rentable en determinadas disciplinas, aunque, en todo caso, siempre será necesaria la toma de contacto directa con el terreno. Así pues, la teledetección complementa, pero, de ningún modo sustituye o invalida el conocimiento personal y directo que el investigador debe poseer del área estudiada.

Noviembre, 1982

BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, J., y Vila Valentí, J. (1963): «Aplicaciones de los satélites artificiales», *Anales de la Universidad de Murcia*, vol. XX, núm. 1-2, Separata, 7 pp.
- American Society of Photogrammetry (1974): *Manual of Remote Sensing*, 2 volúmenes, New York, 2144 pp.
- Bardinet, Cl., y otros (1981): Número monográfico de la revista *Annales de Géographie*, dedicado a la Teledetección, núm. 499, París, pp. 257-384.
- Baussart, N.; Violler, M.; Richard, A. (1979): «Observation du détroit du Pas-de-Calais (France) à l'aide du satellite Landsat», *Photo-Interpretation*, número 2, fascicule 4a y 4b, París, pp. 26-31.
- Bencloski, J. W. (1981): «The use of weather satellite imagery in teaching the characteristics of tropical cyclones: the example of Hurricane David», *Journal of Geography*, núm. 6, Western Illinois University, pp. 204-216.
- Bozet, M., y otros (1978): «Méthodes de classification et d'interprétation des données du satellite Landsat pour l'étude des structures urbaines en Europa occidentale», *Bull. Soc. Belge de Photogrametrie*, núms. 131-132, pp. 3-12.
- Collet, C. (1981): «Comparaison de méthodes de classification appliquées à des données de télédétection», *L'Espace Géographique*, vol. X, núm. 1, París, páginas 25-32.
- Couzy, A. (1981): *La Télédétection*, Col. Que sais-je?, núm. 1919, PUF, París. 127 páginas.

- Estes, J., y Senger, L. (1974): *Remote sensing. Techniques for environmental analysis*, Hamilton P. Company, Santa Bárbara (California), 340 pp.
- Henderson, F. M. (1981): «Interpretation of digitally processed Seasat Sar imagery for urban analysis», *Photo-Interpretation*, núm. 2, fascículo 3, París, páginas 3.1-3.6.
- Lewis, J., y Please, R. (1974): «Aplicaciones cartográficas de la información procedente de programas espaciales», *VII Conferencia Internacional de Cartografía*, Madrid, pp. 19-32.
- Lizárraga, María A., y Creus, J. (1981): «Imágenes de Navarra tomadas por el satélite ERTS-1», *Estudios de Geografía*, Homenaje a Alfredo Floristán, Institución Príncipe de Viana, Pamplona, pp. 253-260.
- López Bermúdez, F. (1976): «Ensayo de presentación geográfica de la provincia de Murcia a partir de las fotografías de satélites artificiales», *Separata de Anales de la Universidad de Murcia*, vol. XXXI.
- López de Lemos, G.: *La observación de España con sensores remotos desde el espacio*, Instituto Geográfico Nacional, Madrid, 98 pp.
- López de Lemos, G., y otros (1978): «Coloquio sobre prospecciones desde satélites», *Revista Las Ciencias*, vol. XLIII, núm. 2, Madrid, pp. 83-147.
- Lutz, G.; Trautmann, J., y Tricart, J. (1982): «Bibliographie analytique des publications de Télédétection du G.T.S. (Grupe de recherche en Télédétection radiométrique de Strasbourg) relatives au milieu naturel», *Annales de Géographie*, núm. 505, París, pp. 356-363.
- Mensua Fernández, S. (1980): «El espacio cultivado en la provincia de Zaragoza», *Los Paisajes Rurales en España*, Asociación de Geógrafos Españoles, Valladolid, pp. 175-180.
- Mounier, J., y Pagney, P. (1982): «Climats et satellites», *Annales de Géographie*, núm. 505, París, pp. 273-300.
- Mukai, Y., y Takenchi, S. (1980): «Estimating Paddfields area from Landsat data», *Photo-Interpretation*, núm. 4, fascicule 2b, París, pp. 2.1-2.6.
- Narain, A. (1981): «Tropical cyclone: study of cyclone affected areas in 1977 in the Krishna delta region of southern India», *Photo-Interpretation*, núm. 3, fascicule 1, París, pp. 1.1-1.6.
- Ndiaye, P. (1979): «Hidrographie et phytogéographie de la Royenne-Casamance et Moyenne-Gambie (Sénégal)», *Photo-Interpretation*, núm. 5, fascicule 6, París, pp. 47-54.
- Núñez de las Cuevas, R. (1972): *Aspectos técnicos de los métodos de la percepción remota*, Instituto Geográfico Nacional, Madrid.
- Núñez de las Cuevas, R. (1976): *Thematic mapping, land use, geological structure and water resources in Central Spain*, Instituto Geográfico Catastral, Madrid, 282 pp. y 4 mapas.
- Núñez de las Cuevas, R. (1982): «Imágenes de la provincia de Castellón de la Plana tomadas desde el espacio por el satélite Landsat-3», en el *Atlas de la Provincia de Castellón de la Plana*, Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Castellón, Barcelona.
- Regrain, R. (1982): «Bibliographie analytique des publications de télédétection des équipes Fralit, Lanchad et associées», *Annales de Géographie*, núm. 505, París, pp. 340-355.
- Servicio de Fotogrametría y Fotointerpretación (1974): *Ciclo de Conferencias sobre Teledetección*, Universidad Politécnica de Madrid.
- Snyder, D. R. (1981): «Using Landsat imagery to study Soviet land use», *Journal of Geography*, vol. 80, núm. 6, Western Illinois University, pp. 217-223.
- Société International de Photogrammetrie (1976): *Applications du satellite ERTS-1 à la cartographie traditionnelle*, I.G.N., París.

- Tandberg, E., y otros (1976): *The Impact of space science on mankind*, Nobel Foundation Symposium, Plenum Press, New York, 125 pp.
- Tricart, J. (1975): «Les Vosges et la Plaine d'Alsace vues du satellite ERTS-1», *Annales de Géographie*, núm. 462, París, pp. 129-137.
- Tricart, J. (1975): «Géomorphologie et quaternaire d'après une image R.B.V.: la vallée du Sénégal entre Bogué et Podor (Sénégal-Mauritanie), *Annales de Géographie*, núm. 499, París, pp. 311-326.
- Verger, M. F., y otros (1973): «Les méthodes de télédétection appliquées au littoral français», *Bull. Ass. Géogr. Franc.*, París, pp. 411-412.
- White, L. P. (1977): *Aerial photography and remote sensing for soil survey*, Clarendon Press, Oxford, 104 pp.
- Wilmet, J. (1978): «L'interprétation des images des satellites Landsat en vue d'études urbaines et régionales», *Bull. Soc. Franc. de Photogrammétrie et de Télédétection*, núm. 70, pp. 13-23.
- Wilmet, J. (1981): «Télédétection par satellite et espaces régionaux», *L'Espace Géographique*, vol. X, núm. 1, París, pp. 89-98.
- Las Revistas a continuación citadas ofrecen una gran información sobre el tema:
- Photogrammetria*. Official journal of the International Society for photogrammetry and remote sensing, Amsterdam.
- Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Journal of the American Society of Photogrammetry, Falls Church, Virginia (Estados Unidos).
- Photo-Interpretation*. Editions Technip, París.
- Remote Sensing of Environment*. An Interdisciplinary Journal. Elsevier, New York.