

Curso de percepción remota de los recursos terrestres

por JOSE M^a PANAREDA CLOPES

Organizado por el Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) de Francia, y bajo el patrocinio de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), tuvo lugar el curso de verano acerca de la percepción remota de los recursos terrestres. Las sesiones de trabajo se celebraron en los locales de la Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes (Francia), del 21 de agosto al 20 de septiembre de 1973.

El curso estaba dirigido particularmente a los especialistas de la superficie terrestre (agrónomos, geólogos, hidrólogos, geógrafos, ecólogos, etc.). La especialización científica y la experiencia de los participantes, junto al número de países representados, dieron al curso una riqueza y una vitalidad insospechadas. Pero esto mismo exigió por parte del CNES un gran esfuerzo en la organización y la selección del profesorado. Estos procedían de los más diversos campos de la investigación: CNES, Institut Géographique National (IGN), Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Institut Français du Pétrole (IFP), Centre d'Etude et de Recherches en Hydrologie de Montpellier (CERH), Centre d'Etudes Spatiales de Rayonnements de Toulouse (CESR), National Aeronautics and Space Administration (NASA).

Las exposiciones teóricas constituyeron la base del curso. En ellas los profesores ofrecieron una amplia base científica y técnica, y mostraron las aplicaciones potenciales y los resultados de las investigaciones realizadas en los últimos años en el campo de la percepción remota.

Una vez definido el sistema de la percepción remota y presentadas sus posibles aplicaciones, se dividió el curso en tres grandes temas: vehículos y sensores, técnicas para el tratamiento de datos y metodología para su explotación y aplicación.

A partir de los intereses de los participantes se formaron diversos grupos de trabajo con la finalidad de poder intercambiar experiencias y conocerse mejor los especialistas en una misma materia. Para algunos constituyó el inicio de un equipo que sobrevivió al curso de verano.

Simultáneamente se montó una exposición documental en donde se pre-

sentaron las actividades y los resultados técnicos y cartográficos realizados por diferentes organismos especializados.

Se realizó una demostración experimental en tiempo real de una operación combinada de percepción remota desde dos aviones y desde un globo. Los asistentes al curso pudimos seguir con detalle los preparativos y el lanzamiento de un globo estratosférico en la «Station de Lancement de Ballons» de Aire-sur-l'Adour, a cargo del CNES. Posteriormente realizamos una visita al aeropuerto de Tarbes-Ossun para el estudio técnico de los aviones «Mystère 20» del IGN y «Marchetti» de la compañía Air 2000, que operaron simultáneamente al lanzamiento del globo.

A lo largo del curso se organizaron diversas visitas colectivas a distintos centros científicos y culturales. Cabe destacar la realizada al «Complexe Aérospatial» de Toulouse.

EL SISTEMA DE PERCEPCION REMOTA

La percepción remota («remote sensing» en inglés, «télé-détection» en francés) puede definirse como el conjunto de técnicas y métodos que permiten determinar la naturaleza o el estado de los objetos situados en la superficie terrestre e identificar los fenómenos que se producen por encima y por debajo de la misma, mediante la captación de las radiaciones electromagnéticas emitidas o reflejadas por dichos objetos.

Las fuentes de la radiación electromagnética utilizables en la percepción remota pueden ser naturales (el Sol y la Tierra) y artificiales (láser, radar, etc.). La repartición espectral de la emisión que los caracteriza está en función de la temperatura y la naturaleza del cuerpo.

La radiación emitida por el Sol corresponde aproximadamente a la de un cuerpo negro de 6.000° K. Su máximo se encuentra en una longitud de onda próxima a 0,5 μ , en el amarillo.

La radiación de la Tierra es aproximadamente igual a la emitida por un cuerpo negro de 300° K. Su máximo se encuentra hacia la longitud de onda de 10 μ , en el infrarrojo medio.

En el vacío toda radiación electromagnética emitida o reflejada se propaga en línea recta y sin absorción. Pero si se intercala en su trayectoria un medio, se producen ciertas perturbaciones en su propagación. Estas, selectivas respecto a determinadas longitudes de onda, son debidas a la absorción, difracción, refracción, reflexión y emisión propia del medio. La propagación de las radiaciones estudiadas por la percepción remota son perturbadas por la atmósfera y la ionosfera, y por el agua en los estudios en medio acuático.

Si consideramos las radiaciones emitidas por el Sol, observamos que, al entrar en la atmósfera, una parte es reflejada directamente al espacio y la otra es refractada, ya sea remitiéndola al espacio ya sea dirigiéndola a la Tierra. Las que penetran en la atmósfera son perturbadas por los componentes de ésta. Los gases (oxígeno, nitrógeno, ozono, anhídrido carbónico y metano, entre los

más importantes) y las partículas en suspensión (vapor de agua y aerosoles) absorben y dispersan las radiaciones.

La observación diaria nos muestra que los gases atmosféricos dan un cielo azul, mientras que las gotas de agua de las nubes dan un aspecto blanco, y que las mismas nubes, opacas en las longitudes de onda del visible y del próximo infrarrojo, son transparentes en las longitudes de onda utilizada por los radares.

Como consecuencia de haber atravesado la atmósfera, sólo llegan a la superficie terrestre ciertas gamas de longitud de onda. A grandes rasgos, la atmósfera es transparente en las llamadas ventanas atmosféricas o de observación: $0,3-1,5\mu$, $1,7-2,5\mu$, $3-5\mu$, $8-14\mu$, y en las hiperfrecuencias a partir de 1 mm.

Las bandas espectrales más utilizadas actualmente aunque sólo en parte, por las ciencias de la Tierra son $0,4-0,7\mu$ en el visible, $0,7-3\mu$ en el próximo infrarrojo, $3-14\mu$ en el infrarrojo medio, y las hiperfrecuencias activas o pasivas.

Esquemáticamente, en el sistema de percepción remota entran los siguientes elementos:

- Una zona a estudiar que emita cierta radiación electromagnética.
- Un medio de propagación (agua, atmósfera, ionosfera).
- Una plataforma de observación (avión, globo, satélite).
- Sensores que operan en diferentes bandas.
- Un sistema de registro o transmisión.
- Un centro de recepción o control de datos y de pretratamiento.
- Centro de tratamiento, interpretación y restitución.

LOS SENSORES

Un sensor es un aparato capaz de captar la radiación que procede del suelo dentro de una cierta banda espectral, y transformarla en una señal que permite la memorización de la información. Existen diversos tipos de sensores, adaptados a los diferentes usos. Sumariamente, un sensor se compone de una óptica y de un detector sensible a la radiación electromagnética. Los más importantes son los aparatos fotográficos, los equipos de barrido multiespectrales («scanner»), radiómetros milimétricos y el radar.

Los aparatos fotográficos son sensores pasivos. Se pueden obtener clisés en una banda espectral entre $0,4\mu$ y $0,9\mu$ utilizando diversas emulsiones. Con la «pancromática» se obtiene la fotografía clásica de blanco y negro, dentro del dominio del visible entre $0,4\mu$ y $0,7\mu$. En la de los «colores naturales», también dentro del dominio del visible, restituye una información de colores gracias a tres capas sensibles al azul, verde y rojo. El «infrarrojo blanco y negro» es parecido a la emulsión pancromática, pero sensible entre $0,7\mu$ y $0,9\mu$, dentro del próximo infrarrojo. El «infrarrojo en color» o «falso color» es sensible entre el $0,5\mu$ y $0,9\mu$, y en su restitución aparecen en rojo las informaciones infrarrojas, en amarillo las rojas y en azul las amarillo-verdes.

El equipo de barrido multiespectral es un instrumento compuesto por un dispositivo óptico con un espejo giratorio formando un ángulo de 45° respecto a su eje de rotación, que permite analizar el suelo punto por punto y línea por línea, a modo de spot de una pantalla de televisión. Esta imagen puntual se dispersa con la ayuda de un prisma y se enfoca sobre una agrupación lineal de detectores que transforman la radiación en una señal eléctrica que se registra en una banda magnética. El equipo de barrido multiespectral ofrece respecto a los aparatos fotográficos considerables ventajas: posibilidad de cuantificar la radiación recibida, de trabajar en una banda espectral más ancha y obtener una mayor información debido al número superior de canales.

El radar con antena lateral es un sensor remoto activo, que emitiendo hiperfrecuencias, recibe la energía reflejada y restituye una imagen del suelo. La naturaleza de la energía recibida depende de las propiedades del campo magnético emitido y de las características de la superficie a estudiar.

Los radiómetros milimétricos son sensores pasivos que restituyen una imagen del suelo captando longitudes de onda milimétricas.

LOS VEHICULOS

Son las plataformas de observación que permiten colocar los sensores a una distancia suficiente de la superficie a estudiar.

Su elección dependerá del propio programa de la percepción remota, de la escala en que se desee la información y de la naturaleza de los sensores utilizados.

Los vehículos utilizados desde los más próximos a los más alejados de la superficie de la Tierra son:

- El camión equipado con un brazo telescópico «Cherry picker», que se eleva algunos metros del suelo. Es utilizado para observaciones experimentales.
- Aviones y helicópteros que vuelan a varias centenas o algunos miles de metros de altitud. Se utilizan para los trabajos a gran escala.
- Aviones de elevada altitud, entre los 10.000 y 20.000 metros. Son utilizados en los estudios a pequeñas y medias escalas.
- Globos estratosféricos que alcanzan los 30-40 km de altitud. Son útiles por ser el intermedio entre los aviones y los satélites. Se utilizan en las fases preparatorias del programa de un satélite.
- Satélites y cohetes sonda en altitudes superiores a 200 km.

TRATAMIENTO E INTERPRETACION DE DATOS

Las informaciones captadas por sensores sufren un tratamiento a fin de ser interpretadas y utilizadas.

El ojo humano puede interpretar y explorar una simple imagen fotográfica

restituida. Pero otros tratamientos son más complejos, ya sea por la naturaleza de la información ya sea por la cantidad de datos. Las informaciones almacenadas analógicamente y digitalmente en bandas magnéticas son tratadas y exploradas automáticamente, elaborándose una cartografía según un programa preestablecido.

Los modelos de exploración y utilización de los datos que proporciona la percepción remota de los recursos terrestres están en sus inicios. Son muchos los científicos que trabajan con los datos transmitidos por los satélites ERTS y SKYLAB. La Geología, la Hidrología, la Botánica, la Edafología, la Agronomía, la Geografía, la Arqueología y el Urbanismo buscan en la percepción remota una nueva técnica, precisa y amplia, para captar realidades y recursos naturales hasta ahora desconocidos.

Ante la cantidad y la calidad de información, hasta ahora insospechada, y de los innumerables investigadores que se han lanzado a su interpretación y utilización, cabe preguntarse hasta qué punto la percepción remota es un simple perfeccionamiento tecnológico o si puede significar un cambio en la manera de concebir ciertas ciencias y modificar y crear alguna tendencia investigadora.

La cartografía ha sido la primera que de un modo inmediato se ha beneficiado de los resultados de la percepción remota. Un sinnúmero de errores cartográficos han podido ser corregidos gracias a las nuevas imágenes de los satélites, especialmente en las regiones hasta ahora poco conocidas y de difícil acceso. La obtención de series temporales de imágenes de un mismo lugar será un instrumento de control cartográfico muy apreciable tanto para las regiones poco conocidas como para las muy estudiadas.

Pero la aportación no es sólo de límites y de localización, sino de fenómenos y realidades hasta el presente desconocidos y difícilmente detectables. La percepción simultánea en diversas bandas espectrales y a diferentes escalas de un mismo sector o fenómeno, y la captación de ondas electromagnéticas insensibles al ojo humano, ofrecen a los diversos especialistas un nuevo material, muy por encima de la fotografía aérea clásica.

En esta ampliación del campo de la percepción humana, la mayor aportación procede de la percepción remota. Actualmente se están realizando grandes esfuerzos técnicos para perfeccionar, por una parte, los instrumentos que captan nuevas realidades a través de las ondas electromagnéticas, y, por otra, los aparatos que facilitan la conversión y la traducción de dicha información en un lenguaje perceptible al ojo humano y tratable en los ordenadores.

Los tres tipos fundamentales de tratamiento de imágenes son la digitalización, la visualización y los filtrajes.

En la digitalización cada punto de la imagen es definido por sus coordenadas ortogonales y por su densidad de impresión espectral. Las bandas digitales obtenidas permiten simultáneamente la restitución visual de la imagen y la cuantificación densitométrica. A falta de bandas digitales, cuando la información disponible es fotográfica, la imagen es tratada por un microdensitómetro.

Independientemente del tratamiento digital, la expresión visual de la imagen tiene un interés fundamental, ya se trate de una visualización directa (fo-

tografía tradicional) como de unas restituciones cromáticas. Estas se obtienen a partir de la superposición de 2, 3 ó 4 imágenes «scanner» simultáneas y de un mismo lugar, tratadas cada una de ellas con un color de igual apariencia. Experimentalmente se han realizado diversos intentos de visualización para facilitar la interpretación, como sucede en las técnicas de equidensidades coloreadas; consisten en traducir las diferentes tonalidades de gris en una gama cromática.

En toda imagen es posible suprimir una parte de su información o extraer de ellas selectivamente a través de un filtro óptico un determinado valor densitómetro u orientación, significativos de un fenómeno particular. De manera especial se ha utilizado dicha técnica en imágenes en que ciertos elementos se distribuyen según una o varias direcciones preferenciales, como en el caso de las olas, fallas y parcelas de cultivo.

CONCLUSION

Observando la situación actual de la percepción remota, se constata un momento de espera y de cierta perplejidad, después de la euforia primera al descubrirse sus potencialidades. Actualmente estamos en una fase de desarrollo en la que se van perfilando cuáles son las posibilidades futuras más interesantes.

Una mejor perfección en el campo de la resolución, el abandono de algunos canales y la introducción de otros más interesantes en cuanto a la información aportada, y la obtención de series temporales de imágenes de una misma región y a diferente escala, potenciarán en el futuro la aplicación y la utilidad de la percepción remota.

La percepción remota no excluye los trabajos de campo, sino que son necesarios estudios previos detallados de muestreo en el sector a estudiar a través de las imágenes de un sensor remoto. En algunos programas, llamados «no supervisados», se tratan las imágenes sólo considerando éstas y sin relación con el terreno. Sólo una vez obtenidos los resultados se comprueban *a posteriori* sobre el terreno.

La práctica de la percepción remota sólo es concebible como un trabajo pluridisciplinar. Por una parte, cada especialista debe conocer perfectamente qué puede aportar su ciencia a los técnicos de la percepción remota y de los ordenadores. Por otra, el investigador debe conocer con exactitud la información y la documentación que la percepción remota le puede ofrecer y de qué manera la puede tratar y expresar.