ALGUNAS TECNICAS DE TELEDETECCION Y SUS APLICACIONES

Por: Ing. Geol. Jorge Acosta T.*
y Alain Winckell**

* Jefe de la Sección de Teledetección del Departamento de Geomorfología del PRONAREG

** Asesor del Departamento de Geomorfología y Teledetección del PRONAREG-Geomorfólogo de la ORSTOM

29 NOV. 1983
O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire
N° : 3993
Cote : B

R E S U M E N

El presente artículo, trata de la "herramienta" Teledetección en la prospección de los recursos naturales, sus ventajas y sus limitaciones.

Se explica el método de la teledetección, su aporte como nueva fuente de información, las diferentes fases de una operación de teledetección, los organismos implicados en dicho proceso y algunas aplicaciones posibles. A manera de ilustración, se hace una presentación de las actividades de la ORSTOM* en Teledetección, las técnicas de tratamientos fotoquímicos y numéricos desarrolladas y/o empleadas en el "Bureau de Teledetección" con sus finalidades y algunos de los programas realizados a partir de la utilización de dichos métodos.

En un segundo artículo, que se publicará en un futuro próximo, se enfocará la aplicación de algunos métodos de interpretación de datos Landsat en el Oriente Ecuatoriano, con fines netamente metodológicos.

* Oficina para la Investigación Científica y Técnica de Ultramar, Francia

I N T R O D U C C I O N

Aprovechar de manera racional los recursos naturales de un país a cualquier nivel: nacional, regional o local, implica un análisis actualizado del medio y de su evolución.

Ya sea que se trate de realizar un inventario de los recursos, de evaluar catástrofes naturales como inundaciones, de fomentar una política de explotación forestal, de definir el mejor trazado de una carretera, etc., es necesario disponer en forma rápida, sistemática y periódica de datos seguros para tomar decisiones adecuadas.

Numerosos métodos han sido utilizados para la obtención de dicha información tales como: levantamientos de campo, realización de mapas temáticos, ficheros estadísticos y administrativos, encuestas periódicas o por sondeo, etc. Estos sistemas diferentes generalmente han proporcionado informaciones numerosas, precisas y confiables. Presentan sinembargo, ciertas limitaciones tales como su lentitud, lo cual hace difícil obtener una imagen exacta de una situación al momento sobre la totalidad o grandes regiones del territorio nacional y la dificultad de seguir la evolución del fenómeno observado debido al alto costo de los estudios de campo.

Así se dispone en la mayoría de los casos, de informaciones desactualizadas desplazadas las unas de las otras en el tiempo y por lo tanto difícilmente comparables.

La teledetección, como fuente nueva y original de información contribuye a contestar parcialmente a estas preocupaciones.

1 EL APORTE DE LA TELEDETECCION

1.1 Definición de la Teledeteccion

Puede definirse como "el conjunto de técnicas desarrolladas con la finalidad de obtener a distancia informaciones sobre la tierra, la atmósfera y otros planetas, utilizando para este efecto, las propiedades de las ondas electro-magnéticas emitidas, reflejadas o refractadas por los diferentes cuerpos observados".

En principio, se podría utilizar todo el espectro magnético (desde los rayos gamma hasta las ondas de radio) para la detección a distancia. Pero debido a la existencia actual de detectores que captan solamente algunas partes del espectro y al fenómeno de la absorción atmosférica en grandes partes del mismo, las ventanas utilizables son las siguientes:

- El visible (0,40 a 0,75 micrones) y el infra-rojo cercano (0,75 a 1,1 micrones) donde se registra la radicación solar reflejada por los objetos terrestres, mediante la utilización de cámaras fotográficas convencionales, multi-espectrales y radiómetros barredores.

- El infra-rojo mediano(3-5 micrones) y lejano (8-14 micrones) donde se recibe la radicación de los cuerpos terrestres que está en función de su temperatura, emisividad y estado de la superficie. Por no existir películas fotográficas que puedan utilizarse en estos casos, son los radiómetros barredores con detectores sensibles al infra-rojo térmico que captan este tipo de ondas.

- Las micro ondas o hiper-frecuencias (de 1 milímetro hasta algunos metros) son utilizadas mediante captores activos provistos de su propia fuente de radicación (RADAR*) o con radiómetros barredores pasivos, que registran la energía emitida por los cuerpos terrestres en esas longitudes de onda.

* RADAR : Radio Detection and Ranging (Detección y Telemetría por Radio).

La información teledetectada presenta ciertas características interesantes tales como:

- La posibilidad de trabajar en un tiempo muy corto y efectuar tratamientos rápidos por computación.

- El carácter homogéneo y exhaustivo de las observaciones sobre extensas zonas.

- La riqueza de la información y su carácter sintético.

- La repetitividad, es decir la posibilidad de obtener teóricamente a intervalos cortos la misma serie de datos sobre una zona, para seguir su evolución mediante análisis multitemporal.

Pero contiene también ciertas limitaciones, la principal de éstas concierne a las características mismas de la información recolectada que no es directamente la que necesita el utilizador. Se debe entonces desarrollar una metodología adaptada para extraer de este conjunto los datos que interesan al tema de estudio. Por otra parte la cobertura nubosa impide la recolección de informaciones en toda la parte visible e infra-roja del espectro, y además la resolución (tamaño de la unidad elemental de detección) que caracteriza a cada captor implica un cierto nivel de profundización de las investigaciones.

La teledetección no pretende resolver todos los problemas de recolección de información, pero constituye un medio complementario de los sistemas tradicionales que permite obtener rápidamente resultados precisos y a menor costo.

1.2 Cómo funciona una operación de teledetección ?

Una operación de teledetección puede descomponerse en cuatro fases cronológicas:

a. Adquisición de los datos

Durante este fase las radiaciones electromagnéticas emitidas y reflejadas por la superficie observada son registradas por los captores.

Dos series de instrumentos intervienen a este nivel: los vectores y los captores.

Los vectores o plataformas que transportan en altitud los instrumentos de detección pueden ser: helicópteros, aviones, globos estratosféricos, satélites.

Los captores son aquellos que permiten registrar las radiaciones electromagnéticas:

- Las cámaras fotográficas captan las radiaciones de la escena observada, en una sola vez, en un momento dado y graban sobre película la información obtenida.

- Los radiómetros barredores se caracterizan por un barrido contínuo en franjas sucesivas y perpendiculares al eje de vuelo. La radiación es seleccionada y dividida en diferentes bandas espectrales mediante dispositivos de filtración; la señal eléctrica obtenida y amplificada mediante un sistema apropiado es registrada sobre cinta magnética.

- Los RADAR. El Radar Lateral usado en teledetección se define como un sistema activo que registra el "eco" de la radiación de microondas por él emitida y reflejada por la superficie. Debido a la dirección del vuelo, la grabación corresponde a un barrido contínuo de la superficie observada.

  Pueden ser utilizados en cualquier condición atmosférica ya que las micro ondas usadas en estos sistemas presentan la particularidad de atravezar las capas nubosas.

  Los datos así registrados pueden ser transmitidos al mismo tiempo a una estación de recepción, o ser almacenados para una transmisión posterior: al aterrizaje de un avión o al pasar por la zona de registro de una estación de recepción en el caso de un satélite.

b. Pre-tratamiento de los datos

Su finalidad es corregir los defectos de la imagen y entregar un documento para la investigación posterior; estas correcciones son de dos tipos:

- Geométricas, cuando se refieren a los imperfectos de la estabilidad del vector: error de tiempo, variaciones de altitud, de orientación, etc.

- Radiométricas para mejorar la "lectura" de los documentos. Para esto se debe calibrar y corregir las medidas, rectificar la imagen y los errores resultantes de la perturbación atmosférica, la iluminación del sol, etc., para así obtener una grabación de niveles de energía directamente relacionada con la naturaleza del objeto observado. Solamente estas rectificaciones permiten una comparación de diferentes escenas de una misma zona tomadas a diversas fechas.

c. Tratamiento e interpretación de los datos

Es la transformación de los datos para permitir su interpretación y la presentación de los resultados en una forma adecuada para los utilizadores. Los procesos de tratamientos son varios y pueden clasificarse en dos grupos distintos:

- Los tratamientos fotoquímicos constituyen una primera solución simple y poco costosa. Se caracterizan por una gran variedad de técnicas: ampliaciones, variación del contraste, composiciones y equidensidades coloreadas, etc. Estas últimas manipulaciones pueden efectuarse sobre un canal, sobre diferentes canales de una misma escena, o sobre diferentes escenas de una misma zona tomadas a diversas fechas.

Los procesos de interpretación se acercan al método de fotointerpretación convencional (percepción de los niveles de gris, del color, de las estructuras, etc.), y presentan el interés -

de poder visualizar zonas homogéneas definidas por su respuesta espectral.

- Los tratamientos numéricos multiespectrales permiten obtener directamente resultados precisos y documentos temáticos. Estos son de diferentes tipos: análisis de la respuesta espectral de cada elemento del terreno, estudio de la estructura misma del paisaje, o la combinación de los dos para acercarse al máximo al trabajo del fotointérprete.

Este último, con la lectura de una fotografía, con el examen del color, de la densidad y de la forma de un objeto, es capaz de deducir su naturaleza.

Los tratamientos numéricos permiten un análisis mucho más fino de la respuesta espectral que el ojo humano.

La meta final es obtener una clasificación de diferentes categorías de cuerpos, caracterizados por una respuesta espectral similar. Pero para presentar interés, deben corresponder a categorías reales. Por eso, se utilizan dos métodos de interpretación:

- El método llamado "No supervisado" consiste en la clasificación de los datos en función de su grado de homogeneidad, antes de investigar la significación de cada una de las clases así delimitadas.

- El segundo método denominado "Supervisado", utiliza desde el principio un modelado o patrón de interpretación a partir de operaciones "verdad-campo", incorporando en los programas de tratamiento los datos obtenidos en los trabajos de campo.

Por esta razón, es indispensable la colaboración de especialistas e investigadores conocedores de los datos de campo. Ellos deben ayudar a la definición del tratamiento y participar en el mismo con la finalidad de mejorar los resultados y obtener en el documento final todas las indicaciones que se precisen.

d. Presentación de los resultados

Es la fase final de una operación de teledetección, la elaboración definitiva de los documentos obtenidos. Los resultados pueden presentarse bajo diferentes formas: restitución fotográfica, mapas establecidos por interpretación manual, por mesas automáticas de dibujo, curvas, diagramas, cuadros numéricos, estadísticos, etc., pero siempre de manera que permita a los utilizadores una visualización simple de la información para su estudio.

En conclusión, una operación de teledetección hace intervenir dos grupos de personas con actividades distintas.

- Los productores de información que incluyen, tanto a los fabricantes del material necesario para la recolección y el procesamiento de los datos, como a los que procesan o entregan dicha información.

- Los utilizadores que necesitan la información teledetectada para el buen desarrollo de sus actividades; pueden ser organismos a nivel nacional, regional, provincial o sectorial, públicos y privados.

2. LA ORGANIZACION DE UN SERVICIO DE TELEDETECCION: EJEMPLO DE LA ORSTOM

2.1 Las actividades del PRONAREG * y el Acuerdo MAG ** ORSTOM ***

Con la finalidad de aprovechar racionalmente el potencial agrícola del país, el Ministerio de Agricultura y Ganadería a través de su Departamento de Regionalización Agraria PRONAREG, inició en 1974 el inventario nacional de los recursos naturales renovables, humanos y socio-económicos.

* Programa Nacional de Regionalización Agraria

** Ministerio de Agricultura y Ganadería

*** Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre Mer

Para cumplir con esa meta, el recurso a las técnicas modernas de teledetección con fines de investigación y cartografía, se encontró necesario y motivó la creación en 1977 del Departamento de Geomorfología y Teledetección encargado de desarrollar técnicas y métodos para las diferentes aplicaciones de la Teledetección en el dominio de la geografía física: Geomorfología, Edafología, Hidrología, etc.

Consecuentemente, mediante el Acuerdo Internacional de Cooperación Científica y Técnica firmado en 1974 entre el PRONAREG y la ORSTOM, se desarrollaron relaciones estrechas vinculadas entre el Departamento de Geomorfología y Teledetección del PRONAREG, y el Servicio de Teledetección de la ORSTOM en todo lo que se refiere a utilización y aplicación de dichos métodos en el inventario realizado en el seno del PRONAREG.

Es así que desde hace algunos años, el servicio de Teledetección de la ORSTOM colabora con el PRONAREG, para la utilización de los datos de satélites LANDSAT, en los siguientes campos:

- Realización de trabajos fotoquímicos y fotográficos, estandard y especiales.

- Tratamientos automatizados por computadora y cartografía automática.

- Formación y capacitación del personal del PRONAREG, que laboran en teledetección, mediante el desarrollo de metodologías apropiadas a las necesidades del Ecuador, y organización de cursos especializados de mediana y larga duración en los laboratorios de la ORSTOM en Francia.

2.2 La ORSTOM, breve presentación

La ORSTOM, "Office de la Recherche Scientifique et Tecnique Outre-Mer" de Francia, es un organismo público nacional con carácter administrativo, dotado de personalidad jurídica y autonomía financiera,

creado en 1943. Bajo la tutela del Ministerio de Educación Nacional, junto con la Secretaría de Estado en los Asuntos Exteriores- la ORSTOM se encarga de:

- Emprender y desarrollar fuera de las regiones templadas las investigaciones básicas orientadas hacia las producciones vegetales y animales, así como la determinación de datos básicos del medio natural y humano.

- Establecer y desarrollar fuera de estas mismas regiones una estructura, que permita investigaciones básicas en todos los campos.

- Asegurar la formación del personal especializado en investigaciones científicas y técnicas.

La ORSTOM, organismo de investigación fundamental, está destinado a participar en la obra de cooperación del Gobierno Francés. De acuerdo con su conformación, la mayoría de los trabajos realizados se refieren a estudios generales que se relacionan con los ambientes ecológicos y climáticos. Estudios más particulares también pueden ser emprendidos de acuerdo a diferentes clases de convenios tales como: préstamo de expertos, toma a cargo de investigaciones completas, etc. Estas acciones están orientadas hacia objetivos definidos por los planificadores de los países interesados.

Este organismo posee también la función de asegurar la formación de los investigadores:

- Especialización completa en una parte de la ciencia, para candidatos con títulos universitarios o diplomas de grandes escuelas.

- Cursos de reorientación o de especialización para técnicos de niveles diferentes.

Los ámbitos de intervención abarcan muchos aspectos de las ciencias naturales (Geofísica, Geología, Pedología, Hidrología, Oceanografía) humanas (Etnología, Sociología y Psicosociología, Economía, Demogra

fía y Geografía) y biológicas (Biología de suelos, Agronomía, Biología y mejoramiento de plantas útiles, Botánica y Biología Vegetal, Fitopatología y Zoología Aplicada, Hidrobiología, Entomología Médica, Nutrición), las cuales están cada una bajo el control de un Comité Técnico.

El personal está compuesto de 700 investigadores, 400 técnicos, 200 dedicados a trabajos administrativos y 800 técnicos de ejecución. Los lugares de intervención se reparten en toda la superficie terrestre: Africa, América Central y del Sur, Asia y Oceanía.

2.3 El "Bureau de Teledetección"

Para los objetivos perseguidos en la ORSTOM, el recurso de la teledetección se encontró necesario y motivó por lo tanto a la creación del "Bureau de Teledetección", servicio común a la disposición de todos los interesados de la ORSTOM o relacionados con ella, por las razones siguientes:

- Disponer de una nueva fuente de información para fines cartográficos y de investigación.

- Desarrollar y poner a la disposición de todos los interesados una herramienta para procesar y entregar dicha información.

- Aprovechar el conocimiento de campo de los investigadores y las infraestructuras de la ORSTOM para realizar las operaciones "verdad-suelo".

- Poner en marcha un sistema de interrelación entre investigadores y teledeteccionistas con fines de elaborar procesos de tratamientos adecuados para contestar de la mejor manera posible a las preguntas formuladas.

Bajo la dirección de un responsable general, el "Bureau de Teledetección" está compuesto de los siguientes servicios:

- Un centro de formación
- Un laboratorio de análisis fotográfico
- Un laboratorio de análisis numérico

a. El Centro de Formación

El Centro de Formación está encargado de organizar cursos en el campo de la teledetección. Esta enseñanza se divide en tres niveles :

- Curso de sensibilización para dar a conocer las posibilidades de la teledetección.

- Curso de iniciación destinados a los futuros utilizadores para exponer las técnicas de tratamiento de los datos, especialmente las desarrolladas en la ORSTOM, y los principios de interpretación.

- Cursos de formación para completar la especialización de los utilizadores relacionados con operaciones de teledetección.

Se organizan dos series de cursos al año, una en primavera y otra en otoño.

b. El Laboratorio de Análisis Fotográfico y las Técnicas Fotoquímicas

El Laboratorio comprende por una parte la fototeca donde se archivan los datos brutos (películas y cintas magnéticas) y por otra parte el laboratorio de análisis.

Este último está principalmente equipado de dos ampliadoras DURST, la una para negativos de formato 6 x 6 cm. y la otra para negativos 24 x 24 cm. (Tamaño de la escena Landsat a escala 1:1'000.000), de una procesadora automática PAKO para papel y película, de densitómetros, de una procesadora DIAZO de 120 cm. de ancho, y de todos los pequeños equipos adicionales necesarios.

Los tratamientos efectuados se dividen en tres categorías:

- Los estandard: contactos positivos a 1:1'000.000sobre papel, películas o composiciones coloreadas (DIAZO).

- Las ampliaciones a escalas diversas sobre los mismos soportes.

- Los trabajos particulares como adaptación de la densidad general, del factor de contraste, mosaicos, equidensidades en blanco y negro, equidensidades coloreadas y reducción de los contornos.

Todas estas técnicas son bien conocidas por los usuarios, pero las dos últimas presentan un interés particular. Las equidensidades coloreadas permiten aislar varios temas y se asemejan al proceso numérico llamado "Lotería". La reducción de los contornos aporta grandes ventajas en los análisis direccionales y de las estructuras.

Todos estos documentos están destinados a un análisis visual de densidad, estructura y textura y a una interpretación manual. Estos procesos fotoquímicos, muy a menudo olvidados por los teledeteccionistas, presentan grandes ventajas tales como:

- La sencillez tecnológica

- El costo poco elevado

- La posibilidad de efectuar tratamientos sobre grandes superficies (mosaicos) de un gran número de documentos.

- La posibilidad de ajuste radiométrico y geográfico entre dos fechas.

- El aporte específico del análisis visual.

. <u>El Laboratorio Numérico y algunas Técnicas Numéricas</u>

Está equipado de un ordenador CII HONEYWELL BULL 643 de 256 k de memoria, conectado a 13 puestos periféricos: lectores de cintas y discos, consolas de conversación, telex operador, lectores de mapas, pantalla gráfica TEKTRONIK, impresora, mesa de dibujo automática BENSON y pantalla PERICOLOR.

* <u>El terminal PERICOLOR</u>.- Una parte de la imagen (Landsat, Meteosat, etc.) anteriormente cargada sobre

discos puede ser visualizada en el PERICOLOR. La memoria de éste último tiene capacidad de 65.536 pixel (256 x 256), o sea 0,8 % de una imagen Landsat con un incremento de 1, además es autónomo y permite diversas operaciones. Las funciones son las siguientes:

- La función "formato" permite escoger cualquier zona de la imagen en memoria y hacer variar sobre ésta el tamaño del pixel y de esta manera la escala de visualización.

- La función "modo de visualización" permite dar a cada valor radiométrico un color obtenido por síntesis aditiva, de acuerdo con cinco modalidades diferentes: verdaderos colores (256 colores por combinación azul, verde, rojo); falsos colores de acuerdo a una escala arbitraria de 16 colores; modo lineal, reproduciendo 16 veces la escala de 16 colores sobre los 256 niveles; modo logarítmico con una progresión de base 2; posibilidad de eliminar cualquiera de los 3 colores básicos y de transformar la representación coloreada.

- La función "niveles" permite buscar los valores máximos y mínimos de la reflectancia y el intervalo de la representación. Este último puede ser igual o variable para toda la gama de reflectancias, pudiéndose escoger por el utilizador de acuerdo con un tema particular.

- La función "colores" permite modificar la importancia respectiva de los componentes rojo, azul y verde de la síntesis coloreada y transformar así la escala de coloración en función de los objetivos del utilizador.

- La función "zona" permite delimitar mediante un marcador una zona de interés y caracterizarla por la suma de los valores radiométricos de todos los pixel, el número de éstos y su reflectancia promedio. Con el uso de la "metralleta" se puede conocer la distribución gráfica de los valores de reflectancia a partir de un punto definido (19 x 19 pixel como máximo).

- La función "histograma" entrega en forma gráfica o numérica el número de pixel pertenecientes a clases seleccionadas (16 al má-

ximo) sobre toda la pantalla o en una zona de interés.

- La función "tratamiento" efectúa un "lissaje" o transformación del valor de cada pixel en función de los pixel vecinos y también un corte gráfico definido por la posición del marcador.

* La Programación.- Está en constante desarrollo en función de los pedidos de los utilizadores. Estos tienen una segunda serie de operaciones sobre la pantalla video.

- Zona: Selección de la zona de estudio por medio de sus coordenadas o de la graficación sobre el terminal TEKTRONIK.

- Deplazamiento de la imagen en función del fichero e inmediatamente visible sobre el PERICOLOR.

- Canales: Visualización de un canal sobre el PERICOLOR

- Composiciones lineales de los canales: composición coloreada automática o manual, combinación de canales por adición, sustracción, multiplicación, división.

- Incremento de la visualización: todos los puntos, 1 sobre 2, etc.

- Extracción de los valores radiométricos de un pixel y de los pixel cercanos.

- Relieve por un procedimiento semejante a la técnica fotográfica de "paraglyphe".

Los principales programas operacionales actualmente son los siguientes:

- Trazado de los histogramas de los canales (TRACA)

- Programa "Lotería" (LOTE) con la estadística de los lotes (STALOT) creados por una "Lotería" y para cada uno su identificación, su número de pixel, su porcentaje y la posibilidad de hacer la cuenta de cualquier parte de cada uno de éstos; la visualización de los lotes (VILOT): 16 lotes a la vez en colores arbitrarios-

sobre la pantalla PERICOLOR; el trazado de los lotes (TRALOT) a cualquier escala.

* El Programa "Lotería" .- (Aplicaciones a las imágenes Landsat). El procedimiento "Lotería" es actualmente el principal algoritmo de tratamiento desarrollado y utilizado por el "Bureau" de Teledetección" de la ORSTOM. Este programa de analisis multivariable fue adaptado para permitir la clasificación de imágenes numerizadas con una multitud de puntos: 31 millones de valores de una imagen Landsat. Para la comprensión de este procedimiento intervienen algunas nociones simples.

* Un Pixel está caracterizado por 4 valores radiométricos; a, b, c, d, se llama polinúmero de nivel 4 la representación matemática de los valores del pixel x1 = (a,b,c,d,) (Fig. 1).

* Si se considera un segundo pixel representado por el polinúmero x2 = (e,f,g,h) se obtiene lo que se ha denominado serpiente que es el conjunto de los polinúmeros cuyos valores están comprendidos entre los polinúmeros x1 y x2 (Fig. 2).

* En una misma imagen se puede definir diferentes serpientes. Son disjuntas cuando no tienen en común ningún polinúmero.

  Es necesario y suficiente que no tengan sobre un nivel ningún número común (Fig. 3b y c, a y c).

* Las otras son no disjuntas cuando tienen por lo menos un polinúmero común. Es necesario y suficiente que tengan para cada nivel , por lo menos un número común (Fig. 3a y b).

  Estas últimas propiedades son utilizadas para efectuar una clasificación de los pixel de la imagen.

* Se llama lote el conjunto de puntos de una imagen cuyos polinúmeros pertenecen a una serpiente.

* El procedimiento "lotería" permite construir un conjunto de lotes, definidos por uno o más límites, sobre cada canal Landsat.

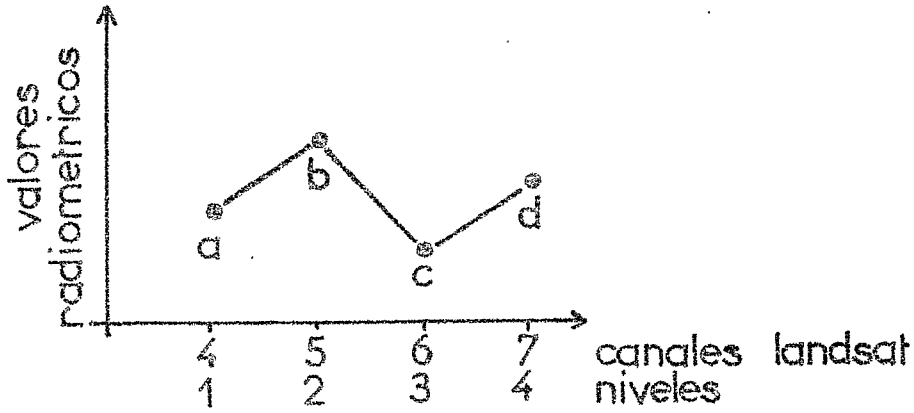


fig. 1

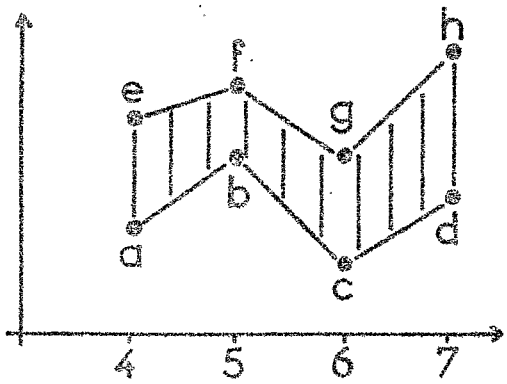


fig. 2

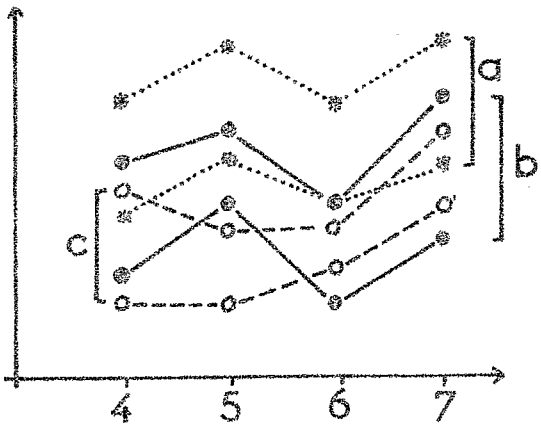


fig. 3

La definición de estos límites, requiere del operador una búsqueda precisa hasta lograr el resultado. El uso de la pantalla PERICOLOR facilita mucho esta investigación. El lote, así obtenido, definido por la serpiente utilizada se llama serpiente del tema.

La búsqueda de estos límites puede ser un problema difícil de resolver, si se definen numerosos intervalos por canal, así 3 divisiones en cada canal producen $3^4 = 81$ lotes teóricos. Para lograr una mejor delimitación, el operador puede ayudarse de cuatro análisis principales:

- La visualización de los valores donde se encuentra realmente la información y eventualmente la posición radiométrica de un lote mediante un histograma.

- La frecuencia de los polinúmeros principales en la imagen.

- La homogeneidad de la imagen

- La estabilidad del lote

Así se puede obtener la mejor serpiente, es decir aquella en la que una ampliación de los valores radiométricos no se traduce por una elavación importante del número de puntos.

En resumen se trata de métodos relativamente sencillos, pero que permiten extraer y procesar a costos razonables una cantidad de información casi siempre suficiente para alcanzar las metas propuestas por los utilizadores (Fig. 4).

Es posible extraer una cantidad mayor de información pero, como lo demuestra claramente el gráfico precedente, con una elevación de los costos tal que dicha operación pueda resultar económicamente incompatible con los resultados obtenidos. Además operando de esta manera, se pierde una parte de las ventajas del sistema Landsat que permite obtener datos sobre grandes regiones o costos relativamente bajos. Este procedimiento debería reservarse en casos experimentales y/o prioritarios.

3. PRINCIPALES APLICACIONES DE LA TELEDETECCION

Con la resolución de los satélites actuales (56 x 79 m en el caso de Landsat), las aplicaciones no alcanzan escalas grandes (mayores que 1:50.000) para las cuales es necesario trabajar con fotografías aéreas convencionales. Pero con el avance de la tecnología y el próximo lanzamiento de satélites de alta resolución (20 m en multiespectral y 10 m. en pancromático para el satélite francés SOPT * previsto para 1983), la teledetección aeroespacial permitirá realizar estudios precisos a escalas grandes.

Los principales campos de utilización pueden agruparse en tres temas:

- Los recursos naturales
- El impacto del hombre sobre éstos
- El impacto de fenómenos susceptibles de alterar dichos recursos .

3.1 Los Recursos Naturales

Cualquier investigación sobre estos recursos tiene que apoyarse en una cartografía básica topográfica. En los países desarrollados existe una cobertura a escala 1:25.000 a 1:250.000 parcialmente caduca que podría ser actualizada en casi su totalidad con las imágenes de los satélites de alta resolución y con visión estereoscópica como el SPOT.

En cuanto a los países nuevos, una primera cobertura a escala mediana podría ser realizada y después actualizada a poco costo. Además, esa misma información homogénea a la escala terrestre, sirve de base para la elaboración de todas las cartografías temáticas.

El aporte de la teledetección en la investigación geológica y en la búsqueda de recursos minerales: minas y petróleo, es muy valioso al nivel de los estudios previos a una exploración y para la optimización de ésta. Las principales ventajas son las siguientes: interpretación regional de fenómenos a veces invisibles en el campo (linea -

* Sistema Probatorio de Observación de la Tierra.)

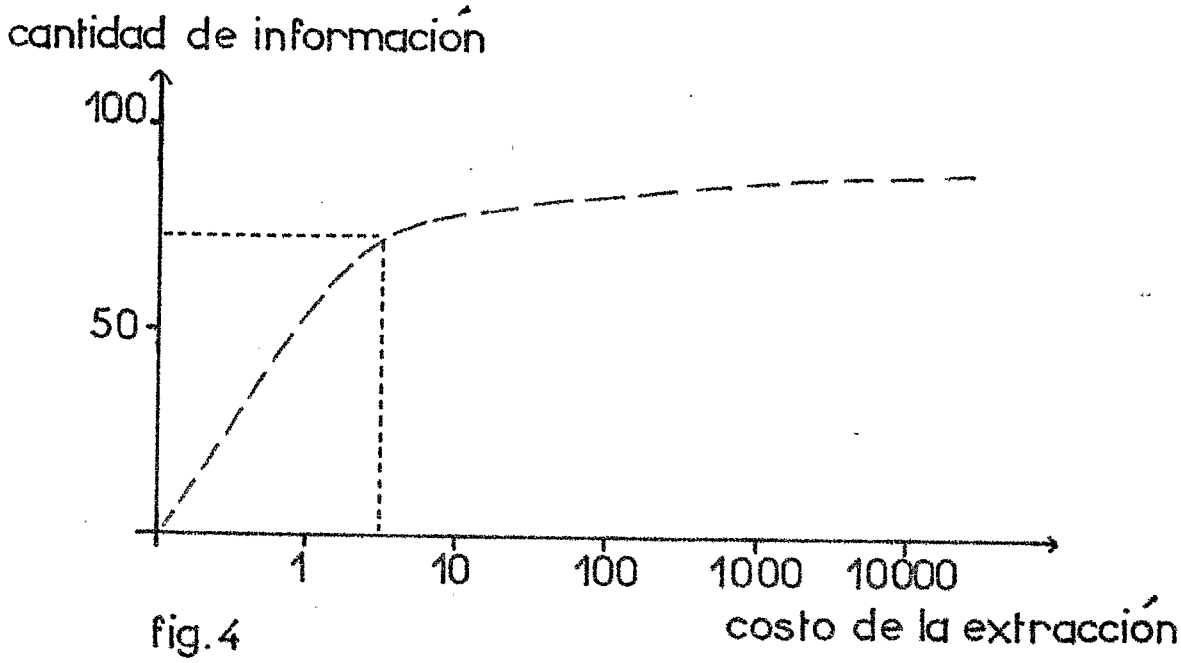

cantidad de información
100
50
1
10
100
1000
10000
costo de la extracción

fig. 4

mientos, fallas, estructuras, etc.), información multiespectral y multitemporal que permite estudiar un fenómeno a una fecha particular y detectar así rasgos interesantes (accidentes geológicos en función del estado de la vegetación a tal fecha, etc.).

En el campo de los recursos en agua, se trata de ayudar a un mejor conocimiento de éstos. El aporte específico de la teledetección en hidrología contempla el inventario y la cartografía de las zonas húmedas; lagos, ríos, pantanos, fuentes o cubiertas de nieve, las cuales influencian el escurrimiento de verano. En cuanto a la oceanografía, los principales temas son los siguientes: elaboración de cartas marinas, cartografía y actualización de las zonas polares cubiertas de hielo y de su influencia sobre la circulación marina, estudio de la temperatura del océano (mediante captores en el infra-rojo térmico) con la finalidad de determinar los posibles lugares ricos en peces y aprovechar más racionalmente esa riqueza.

Los recursos vegetales: agricultura, ganadería, bosques y cobertura vegetal son uno de los dominios principales de utilización de la información teledetectada, debido a la fuerte influencia de la cobertura vegetal sobre la reflectancia electro-magnética. Los satélites constituyen por este hecho un potente medio de estudio dinámico del uso del suelo, tanto rural como natural o urbanizado.

Las aplicaciones son bien conocidas: inventario del uso actual de la tierra (forestal, agrícola, ganadero, vegetación natural) y su actualización periódica; observaciones sobre el estado fisionómico de las plantas; detección y evaluación de las plagas y enfermedades de las mismas; participación en la evaluación de las producciones agrícolas y forestales (en experimentación); búsqueda y localización de especies o variedades particulares; cartografía de algunas prácticas culturales importantes como el riego,etc.

Los grandes inventarios nacionales realizados por entidades mundiales (Banco Mundial), nacionales (Ministerios, organismos financieros y otros) o regionales (Sociedades de desarrollo y ordenamiento) abarcan todos estos temas en forma total o parcial. Se trata en este caso de un inventario pero también de una optimización del aprovechamiento del (de los) recurso (s) considerado (s); a este grupo

pertenece el inventario realizado por el PRONAREG.

3.2 El Impacto del Hombre sobre estos recursos

La elaboración de cualquier plan de ordenamiento general (desarrollo de producción o explotación de recursos, defensa del patrimonio natural, valorización de zonas escogidas, defensa de sectores particularmente sensibles, etc.), exige la realización de estudios previos sobre el uso del suelo, la naturaleza del mismo, desu profundidad, de la organización general y localización de los fenómenos.

La teledetección aporta una ayuda muy valiosa en este proceso de diagnóstico, poniendo a disposición de los utilizadores imágenes homogéneas sobre superficies importantes, dando así una visión sintética de la fisionomía de las regiones estudiadas. Esta información sirve de base para elaborar toda la cartografía temática requerida.

En el caso particular de las grandes infraestructuras lineales, las imágenes de satélite han probado su utilidad para los anteproyectos simplificados (escala 1:250.000) en diferentes campos: datos topográficos, uso del suelo, grandes conjuntos geológicos, etc.

De la misma manera, un estudio del uso del suelo y de las características físicas de la zona mediante información teledetectada, es un paso previo a cualquier proyecto de ordenación sectorial o de realización de infraestructuras localizadas. Además, la repetitividad de este tipo de información permite seguir la evolución posterior; vigilancia de las instalaciones realizadas, efectos previstos o no, favorables o desfavorables sobre los equilibrios naturales del medio cercano. Los proyectistas de urbanización, industrialización y realización de infraestructuras puntuales son unos utilizadores potenciales de esta información.

3.3 El impacto de fenómenos susceptibles de alterar estos recursos

La información satelitaria constituye una excelente fuente de información por su repetitividad, cuando se necesitan rápidamente datos

sobre catástrofes.

- En el caso de inundaciones, se puede cartografiar fácilmente las zonas inundadas, seguir además la dinámica progresiva y regresiva de las aguas y conocer así los riesgos de inundaciones.

- En el caso de incendios, es fácil realizar una cartografía de las zonas quemadas

La entrega de esta información en tiempo muy corto a los organismos interesados, les permite tomar las medidas necesarias de protección y/o de ayuda al momento adecuado.

- Por fin, la información teledetectada permite ayudar en el diagnóstico de las zonas afectadas por la polución. La realización de mapas de zonas de igual calidad de agua por ejemplo,posible con medios aéreos, permite ralizar una clasificación cualitativa de los desechos y seguir su evolución.

3.4 Algunas investigaciones realizadas por la ORSTOM

De acuerdo a sus actividades orientadas hacia la investigación, las operaciones de teledetección realizadas por la ORSTOM desde hace algunos años, se refieren esencialmente al inventario de los recursos naturales.

Así, en Geología,la cartografía se apoya en la interpretación de imágenes Landsat en algunos países mediterráneos y del medio Oriente: Sirio, Arabia Saudita, etc.

En el campo de la Hidrología, dos programas han sido desarrollados en Africa: el uno en el Lago Tchad con la finalidad de estimar la producción del fitoplanctón y el otro para el estudio del delta interior del río Niger y de la dinámica de sus inundaciones (Proyecto Saphyr).

En Edafología, numerosas utilizaciones han ayudado a elaborar mapas de suelos en Venezuela, Africa del Norte y Central, y Kalimantan, conjuntamente con una cartografía básica en esta última isla carac-

terizada por una cobertura fotográfica aérea convencional muy incompleta.

En Oceanografía, las imágenes Landsat han permitido estudiar y cartografiar los arrecifes de coral de Nueva Caledonia. Por otra parte la utilización de los datos del satélite meteorológico Meteosat (visible, infra-rojo térmico y vapor de agua) facilitó el estudio de la dinámica de las masas de agua a lo largo de la Costa de Senegal y Mauritania y como consecuencia las migraciones estacionales de las poblaciones de peces.

En el campo del uso actual y de la cobertura vegetal se han desarrollado dos aplicaciones recientes, la una se refiere al estudio de la evolución de la cobertura vegetal en Senegal,con la finalidad de elaborar un diagnóstico de la producción herbácea y de la ganadería, la otra al estudio de la cobertura vegetal de la cuenca Rhin-Meuse en Francia: bosque (caducifolios, coníferas), cultivos, viñas y frutales, pastos, centros poblados, que sirva de información básica en la elaboración de un modelado para previsión de inundaciones.

3.5 El inventario realizado por PRONAREG y ORSTOM

El inventario de los recursos naturales renovables realizado en el Ecuador por el PRONAREG con el asesoramiento técnico de la ORSTOM, es principalmente cartográfico y basado en la utilización de documentos aéreos y comprobaciones.

Los estudios efectuados mediante la utilización de esta información abarcan los campos de la Geomorfología, Geología, Edafología, uso actual (forestal, agrícola, urbano) con la finalidad de realizar el inventario de las aptitudes agrícolas de los suelos por una parte y el uso actual de los mismos por otra.

Los documentos aéreos utilizados en este proceso cartográfico consisten esencialmente en fotografías aéreas convencionales a escala variable (1:20.000 a 1:60.000), por dos razones principales:

- Se obtiene más precisión al interpretar este tipo de documento, que al usar imágenes Landsa (resolución de 56x79m); ciertos documen -

tos se elaboran a escala 1:50.000.

- La información Landsat del país es muy deficiente a la fecha. Eso se explica por la cobertura nubosa, casi constante en grandes zonas del país, que los sensores de Landsat (visible e infrarojo) no pueden atravezar. Por esa razón, la cobertura satelitaria es buena en el Oriente pero parcial en la Sierra y casi inexistente en la Costa.

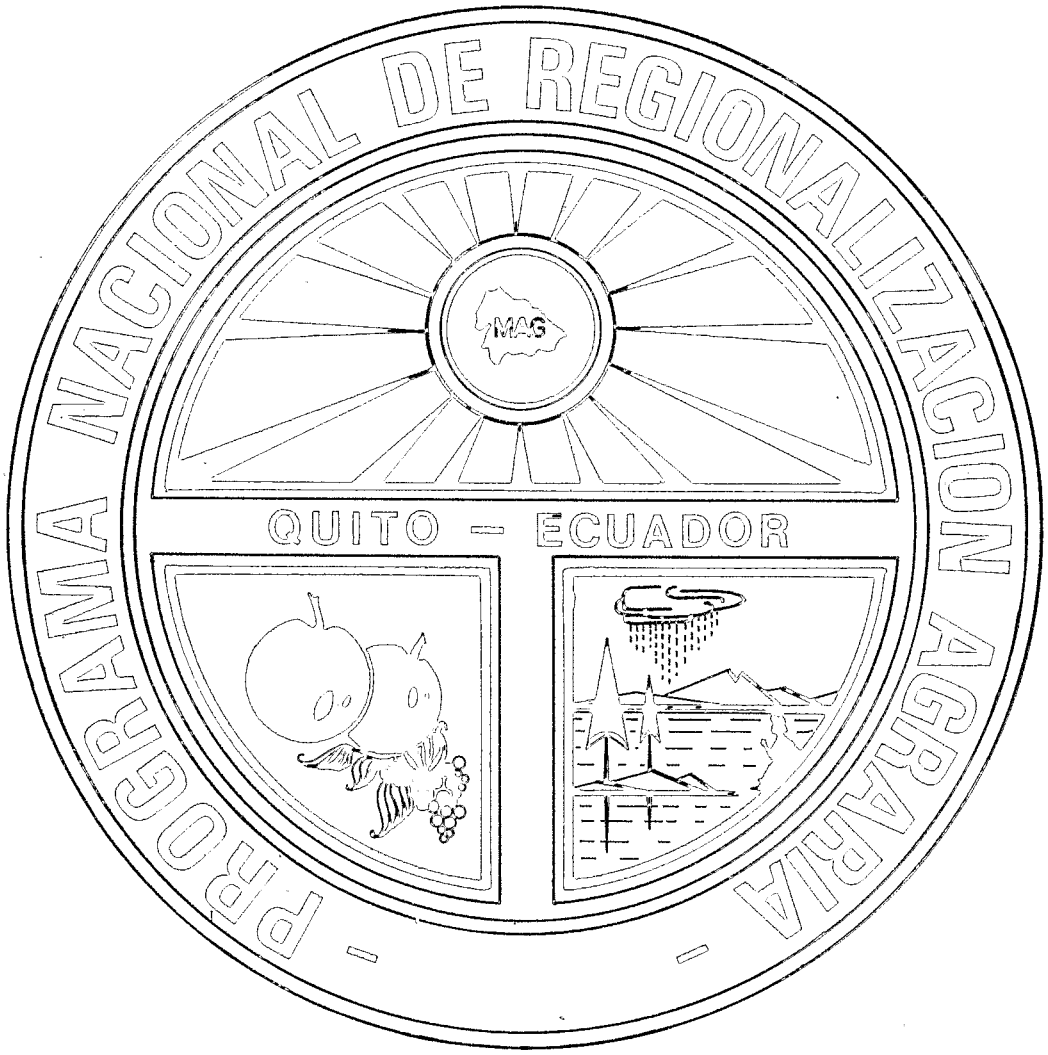
De este modo, la única manera de realizar en el PRONAREG un inventario global del país (por terminarse en 1983) era el utilizar los documentos disponibles o sea fotografías aéreas convencionales.

Sinembargo, en algunos casos se ha utilizado otras imágenes disponibles como grabaciones RADAR en algunas partes de la Costa, con fines temáticos (Geomorfología y Geología) e imágenes Landsat para confeccionar mapas bases a escala 1:200.000 en zonas sin cartografía básica.

Además, se ha realizado algunos ensayos de interpretación en ciertas zonas del país a partir de escenas Landsat. Uno de éstos será expuesto bajo el título: "Ensayo de interpretación de imágenes Landsat en el Oriente Ecuatoriano", en el próximo número PRONAREG Nº 3.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

PRONAREG



Publicación Trimestral

Nº 2

B3993
B3993