

La teledetección en estudios de recursos naturales

Por: M. Teresa Alcaide López*

INTRODUCCION

Aunque apenas tenemos conciencia de ello, existe hoy en día toda una constelación de satélites artificiales que han sido puestos en órbita para muy distintos fines: telecomunicaciones, defensa, estudio de recursos naturales y otros muchos en los que todavía se está investigando. Dentro del campo de los recursos naturales, estas imágenes ofrecen aplicaciones muy interesadas para la ingeniería agronómica.

La obtención de imágenes de satélites es una técnica que queda englobada dentro de la teledetección (en inglés *remote sensing*), término con el que se designa a cualquier medio de observación a distancia, desde el aire o desde plataformas espaciales, cuyo fundamento es análogo al de las tradicionales fotos aéreas o las imágenes rádar.

El interés de una imagen de satélite radica en su capacidad para representar la realidad de un territorio y en la posibilidad que ofrecen de generar una serie de resultados, de forma económica, una vez que se ha manipulado la misma. Estos resultados dan una información muy útil, tanto cualitativa como cuantitativa, para la gestión y la planificación del territorio: medición de superficies, mapas de usos de suelo, inventarios, índices de sequía, estimación de la producción agrícola, etc.

Al mismo tiempo, puede destacarse la facilidad de obtención y manejo, y la posibilidad de realizar estudios de una misma zona a lo largo del tiempo, todo ello con costes relativamente bajos.

Sí es cierto que esta herramienta no se emplea todavía de forma generalizada, en parte por desconocimiento y también por las dificultades "burocráticas" que pueden surgir a la hora de adquirir las imágenes; asimismo, el manejo y tratamiento posterior puede parecer algo complejo, pero es-

ta dificultad queda solventada por el uso de alguno de los numerosos *sistemas de información geográfica* (S.I.G.), que posibilitan este tratamiento con una estación de trabajo, o incluso con un simple ordenador personal siempre que el volumen de datos no sea excesivo. Muchos de estos sistemas informáticos contienen ya módulos especiales para el tratamiento de imágenes de satélite.

FUNDAMENTOS DE LA RECEPCION VIA SATELITE

La observación remota se basa en la relación que existe entre tres elementos:

- el sensor, situado en el satélite
- el objeto observado
- el flujo energético que pone en relación a ambos.

El flujo energético puede ser, por ejemplo, la luz solar reflejada o la energía calorífica que desprende un objeto y que tendrá unas longitudes de onda determinada. Existe un rango muy amplio de longitud de onda que pueden captar los sensores de los satélites (fig. 1), generalmente mucho mayor que el que ve el ojo humano, que sólo detecta el llamado "espectro visible" (entre 0,4 y 0,73 μm).

Un objeto no emite únicamente en una sola longitud de onda, sino que irradia una cierta cantidad en cada parte del espectro (fig.2), existiendo unas curvas características para cada tipo de objetos, según su temperatura, contenido de humedad, color, textura, etc. Podemos, por tanto, relacionar un tipo de curva concreto con un tipo de objeto de la superficie terrestre y, sabiendo esta relación, clasificar imágenes y obtener "mapas" de usos de suelo, de temperaturas, de humedad o de estados fenológicos de la vegetación, ahorrando tiempo y trabajo de campo, aunque éste sigue siendo imprescindible para el concreto contraste de los resultados.

Las imágenes que capta el sensor del satélite son transmitidas a tierra en formato digital y recogidas por una antena ade-

cuada; posteriormente son exportadas al sistema encargado de almacenarlas e interpretarlas. Tendremos entonces una imagen que ha sido transformada de analógica a digital, y cuya salida final consiste en una matriz de números de 0 a 255 (8 bits), aunque también puede venir entre 0 y 1023 (es el caso de los satélites NOAA). En dicha imagen cada número indica un valor en la escala de reflectancias y representa una porción de la superficie terrestre, a la que el sistema asigna ese nivel de reflectancia; si la escala fuese, por ejemplo, una escala de tonalidades grises, podría "verse" una imagen del terreno.

TIPOS DE SATELITES

El fundamento de todos los satélites es el mismo, pero no todos ellos generan el mismo tipo de información, pues dependerá de varios factores como la sensibilidad del sensor en determinados intervalos del espectro (**resolución radiométrica**). Algunos dividen este intervalo en varias bandas o canales, de forma que se obtengan tantas imágenes como canales haya. En el caso del satélite NOAA existen cinco canales (fig. 3).

De esta forma pueden filtrarse las respuestas espectrales y hacer combinaciones de canales que permitan discriminar algún aspecto de la realidad.

También dependerá de la **resolución espacial**, esto es, de la cantidad de superficie que representa cada punto de la imagen. Esta resolución puede ser desde unos pocos metros (10m) hasta varios kilómetros.

El **período orbital** es el tiempo que tarda el satélite en pasar por un mismo lugar de la superficie terrestre y fija la separación temporal que existe entre dos imágenes consecutivas. En estudios para el seguimiento de cultivos bastaría con una imagen de cada 15 o 30 días, pero en meteorología se exige un seguimiento muy estrecho de la evolución de la atmósfera, por lo que se precisan varias imágenes

(*) Ingeniero de Montes. Cátedra de Topografía y Fotogrametría, Escuela de Ingenieros de Montes. Madrid.

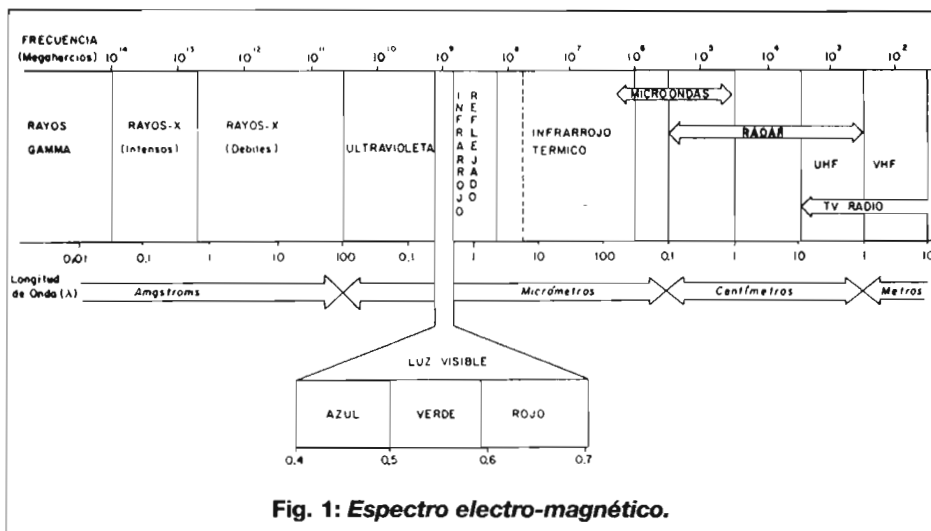


Fig. 1: Espectro electro-magnético.

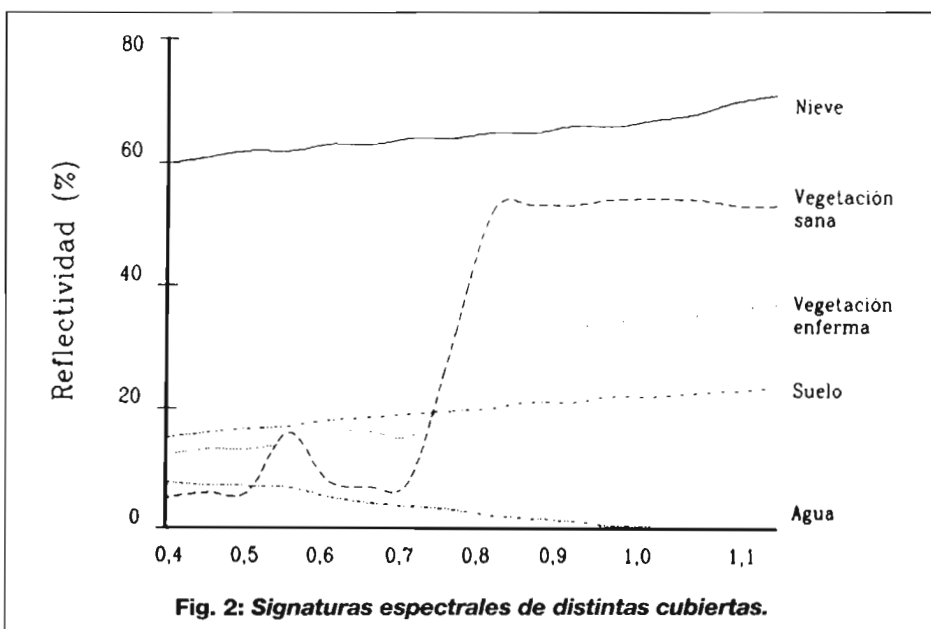


Fig. 2: Signaturas espectrales de distintas cubiertas.

CANAL	Intervalo del espectro	Denominación
1	0.58-0.68 μm	Rojo
2	0.72-1.10	Infrarrojo cercano
3	3.55-3.93	Infrarrojo medio
4	10.30-11.30	Infrarr.térmico cercano
5	11.50-12.50	Infrarr.térmico lejano

Fig. 3: Canales del satélite NOAA-AVHRR

diarias; en este último caso interesa que el satélite sea **geoestacionario**, esto es, que quede situado en órbita girando alrededor de la tierra con un período de 24 horas, de forma que siempre esté situado en la vertical del mismo punto; esto ocurre a unos 36.000 Km de altura. Hay veces que un satélite tiene buena resolución espacial pero

no temporal, como ocurre con los LANDSAT cuyo período es de 16 días, y puede que las condiciones atmosféricas no permitan ver la superficie terrestre por presencia de nubes, debiendo esperar otros 16 días para obtener una buena imagen.

Algunos satélites y sus características aparecen en la figura 4.

LA VEGETACION EN UN IMAGEN DE SATELITE

De las numerosas aplicaciones de la teledetección, el estudio de las masas vegetales es de los más interesantes. Pueden detectarse situaciones tales como el desarrollo de una plaga o el **stress** hídrico de las plantas, ya que éstos dependen de factores físicos y atmosféricos como la actividad fotosintética o la humedad, que pueden tener una respuesta espectral.

Mediante estudios de campo y laboratorio podemos llegar a saber que, por ejemplo, la vegetación vigorosa y sana, con alto contenido de humedad, tiene **poca** reflectividad en la banda visible, con un máximo cerca de los 0.55 μm; a su vez, tiene **alta** reflectividad en el infrarrojo cercano debido a la esponjosidad de los tejidos de las hojas, y como sabemos que el agua absorbe mucha radiación a partir de los 1.4 μm, podremos estimar su contenido en el follaje. Puede decirse, por tanto, que cuanto mayor sea la diferencia de respuesta espectral entre los canales visible e infrarrojo cercano, mayor vigor tendrá la vegetación.

Con estos mismos fundamentos, pueden diseñarse **índices de vegetación**, o sea, algoritmos de combinación de los distintos canales, para filtrar la información que sea precisa en cada caso. En el ejemplo anterior el índice sería $I = \text{Canal 11} - \text{Canal 12}$, donde cada canal es imagen distinta del mismo lugar y del mismo momento.

Existen diversos índices estándar, aunque siempre podríamos confeccionar uno que se ajustase a nuestras necesidades, debiendo contrastar los resultados mediante los oportunos trabajos de campo.

Otras aplicaciones de la teledetección a la agricultura quedan recogidas en la numerosa literatura existente y entre ellas puede citarse las siguientes:

- seguimiento de la evolución de los cultivos;
- predicción de cosechas;
- control de combustibles vegetales, para predicción de incendios forestales;
- control del contenido de humedad del suelo;
- inventario del agua superficial de riego;
- estudios de la acumulación de nieve para determinar la disponibilidad de agua almacenada en embalses;
- etc.

TRATAMIENTO DE LAS IMAGENES

La fiabilidad de los resultados que se derivan del manejo de las imágenes, dependerá de si éstas representan adecuadamente la realidad. Por lo general, deberán hacerse una serie de correcciones previas, ya que existen distorsiones producidas por defectos de estabilidad del sen-

SATELITE	PAIS	SENSOR	APLICACION	RESOLUC. ESPACIAL	PERIODO ORBITAL	RESOLUC. RADIOM.	NUM. DE BANDAS
NOAA	EE. UU.	AVHRR	Meteorología y recursos naturales	1.1 km	12 horas	0,58-12,5	4 o 5
METEOSAT	EUROPA (E.S.A.)		Meteorología	2,4-5 km	Geoestacionario	0,4-12,5	3
LANDSAT	EE. UU.	MSS	Recursos naturales	80 m	16 dias	0,5-1,1	5
		T.Mapper		30-120 m		0,45-12,5	
SPOT-1	FRANCIA	HRV-P	Recursos naturales	10 m	26 dias	0,51-0,73	1
		HRV-XS		20 m		0,49-0,98	
MOS-1	JAPON	VTIR	Oceanografía y estudios terrestres	2,7 km	17 dias	0,5-12,5	4
		MESSR		50 m		0,5-1,1	
		MSR		32 m		23Ghz-47msec.	

Fig. 4: Características de los principales satélites actuales.

sor, por condiciones de la atmósfera, etc. Muy sucintamente podemos decir que se realizan las siguientes:

a) **Correcciones geométricas**, cuyo objetivo es establecer la referenciación geográfica correcta de cada punto de la imagen. De esta forma, podremos calcular superficies o longitudes de elementos de una forma fiable. Interesa que en estas correcciones no se alteren los valores de la radiometría de la imagen. Fundamentalmente consisten en traslaciones, giros y cambios de escala de la imagen recibida.

b) **Correcciones radiométricas**, con las que se pretende eliminar ciertos niveles radiométricos que enmascaran la respuesta de la superficie terrestre; se trata de evitar el "ruido" producido por partículas en suspensión o por el vapor de agua de la atmósfera y obtener una imagen análoga a la que se recibiría en condiciones ideales.

CLASIFICACION DE LA IMAGEN

Una vez corregida, la imagen puede ser clasificada según distintos criterios, dependiendo del objetivo que se persiga. Se trata de detectar qué niveles de radiometría o qué combinación de canales corresponde al parámetro que buscamos. Esta relación se puede llegar a establecer conociendo la respuesta espectral del elemento que buscamos y haciendo las comprobaciones de campo necesarias.

Todo este manejo y clasificación suele hacerse con sistemas informáticos debido al enorme volumen de información que comporta; a su vez, la limitación de unos estudios como estos suele proceder de la resolución espacial y radiométrica de la imagen, y de la capacidad del sistema informático. Hoy día existen muchos S.I.G. que pueden soportar este tipo de información, incluso en un simple PC.

APLICACIONES EN ESPAÑA

De todo lo anteriormente expuesto se deduce que podría utilizarse la teledetección para temas como la agricultura, a pesar de que en algunos lugares existen ciertos inconvenientes, que pueden obviarse

si se planifica adecuadamente el momento de recepción de las imágenes. Hay que tener en cuenta la presencia de nubes que ocultan la superficie terrestre y las posibilidades técnicas y económicas de adquisición de las imágenes. El inconveniente de la existencia de una capa de nubes se puede evitar haciendo una composición mediante ventanas procedentes de imágenes de distintos días, llegando al final a una imagen completa que nos puede dar la información que buscamos.

Dependiendo del motivo de cada estudio, se tendrá que trabajar con imágenes cuya resolución permita llegar al objetivo fijado. Así, si pretendemos evaluar la humedad del suelo en una comarca o confeccionar una cartografía general de zonas agrícolas y forestales, nos bastará con una resolución como la del LANDSAT, que es de 30m; pero si el estudio necesita más detalle, tendremos que recurrir a imágenes

como las del SPOT, cuya resolución es de 10m. La distribución de la propiedad en pequeñas parcelas, como es el caso de Galicia, no será detectada en una imagen que no tenga la suficiente resolución, por lo que se suele recomendar el empleo de la teledetección en estudios de carácter más genérico y completar la información con fotografías aéreas o cartografía elaborada. Sin embargo, piénsese en las grandes extensiones cerealísticas de Tierra de Campos o similares, donde la resolución de un satélite como el NOAA (1,1km) proporciona una información válida y mucho más económica. Como orientación, podemos citar que el precio de una imagen NOAA como la de la figura 6 es de 25.000 pts, como mínimo, mientras que el de una LANDSAT que abarque 180x180 km se elevan a unas 600.000 pts

En estudios meteorológicos bastará con la resolución que ofrece un satélite como el METEOSAT, cuyas imágenes todos tenemos en la cabeza, y cuya principal ventaja es la frecuencia en la recepción de las mismas.

BIBLIOGRAFIA

- CHUVIECO, E. 1990. **Fundamentos de teledetección espacial**. Rialp, Madrid.
- MATSON, M. & PARMENTER-HOLT, F. 1985. **Hydrologic and land sciences applications of NOAA polar-orbiting satellite data**. Atmospheric Administration, United States Department of Commerce. Washington, D.C.
- MOPU, 1988. **La nieve en el Pirineo español**. Secretaría Gral. Técnica, MOPU. Madrid.

CANAL 2 NOAA ENERO 1994.



Fig. 6: Imagen NOAA de la península ibérica.