

Características y Conceptos Generales de la Teledetección Espacial.

Como ya se ha mencionado, los avances tecnológicos que permitieron en las décadas de los años 60 y 70 grandes pasos en la carrera espacial culminaron con los vuelos espaciales tripulados que facilitaron una nueva perspectiva de la Tierra y de sus recursos.

Los sensores embarcados en las plataformas espaciales y situados a cientos o miles de kilómetros comenzaron a aportar imágenes, que una vez almacenadas en los diferentes tipos de soporte, constituyen el mayor banco de datos geográfico jamás utilizado. Con ello queremos resaltar una cualidad de gran significación como es el hecho de que todos los datos proporcionados por los satélites están ligados a unas coordenadas geográficas (*georreferenciación*) que permiten conocer su posición en el espacio. Además de esta peculiaridad, estos datos poseen un conjunto de características, en parte, compartidas con otras fuentes de información territorial y en parte propias, pero que al darse aquí de forma conjunta, enriquecen considerablemente sus aplicaciones. Entre ellas podemos destacar:

- *La universalidad de los datos.* Dependiendo de su órbita y objetivos, los satélites espaciales proporcionan datos para extensas regiones o la totalidad de la superficie terrestre. (Figura 12). De esta peculiaridad podemos extraer varias consideraciones de interés:
 - * Debido a su posición distante, exterior, se ofrece una visión a escala de muchos objetos y fenómenos, imposible de obtener con otras técnicas (sistemas de fallas, masas de aire, frente nubosos, corrientes marinas...)
 - * Con ello se supera la compartimentación política de la superficie terrestre y las dificultades para el acceso a algunas fuentes de información. No existen fronteras ni espacios "restringidos".

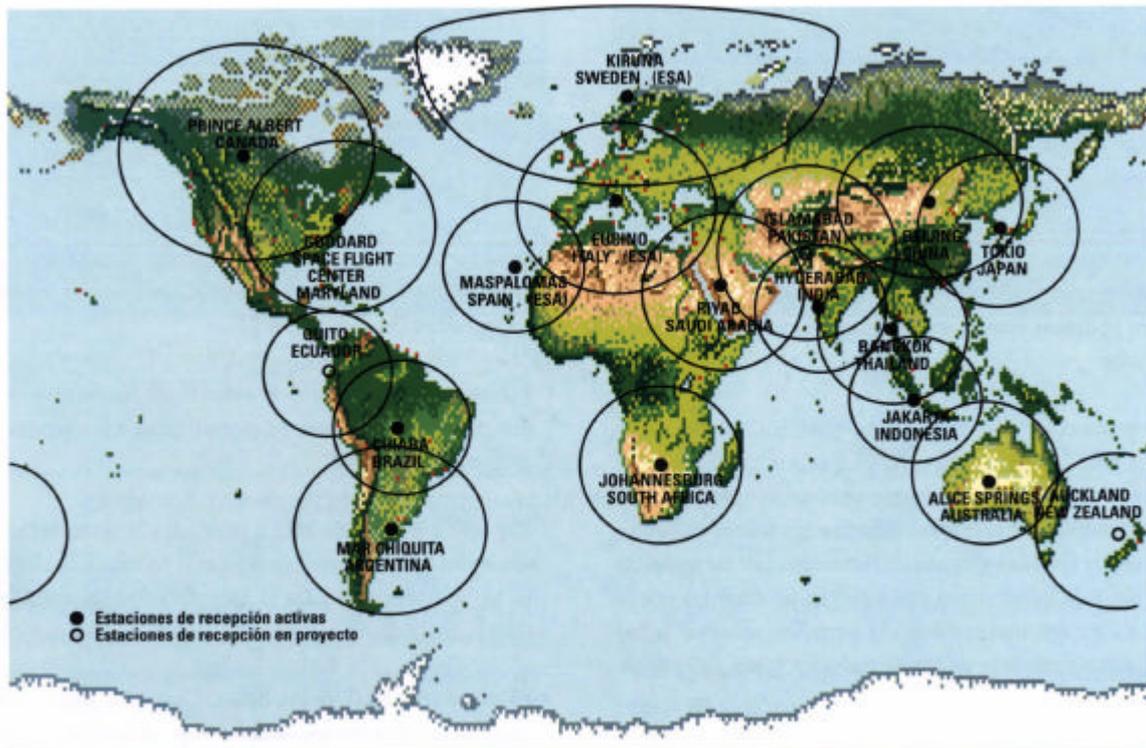


Figura 12: Estaciones de recepción de datos de satélite Landsat - TM. Areas "visibles" para el satélite (EOSAT,1989).

- *La visión sinóptica e instantánea.* Los sensores embarcados en las plataformas espaciales nos ofrecen una visión única y para un momento concreto de toda la zona observada, como complemento a la visión "secuencial" y "compartimentada" de otras técnicas de adquisición de información territorial. (Imagen 13). De esta peculiaridad también podemos extraer un conjunto de consideraciones de interés:
 - * La primera de ellas es la "*homogeneidad*" de los datos para toda la zona observada, ya que son captados en el mismo instante y con el mismo sensor. Con ello, se facilitan significativamente los estudios comparativos en condiciones de igualdad y es una de las razones por las que estas técnicas de información están siendo potenciadas por la C.E.E., ya que muchos satélites permiten observar todos los países miembros de forma sinóptica y con un nivel de información homogéneo.
 - * Obviamente, esta peculiaridad es de gran significación en estudios centrados en fenómenos caracterizados por una gran dinamicidad, ya que la adquisición secuencial de los datos imposibilitaba su análisis (líneas de costa, por ejemplo).
 - * Por último, por el tipo de adquisición (scanners, es una información continua en el espacio), cualquier punto de la imagen está asociado a un valor de la variable

observada, completando la información terrestre y frecuentemente puntual de muchos parámetros (temperatura por ejemplo). A su vez, estos datos son susceptibles de ser explotados por muchos especialistas al no constituir un producto definitivo.



*Imagen 13: Imagen NOAA. Composición en falso color.
Sur de la Península Ibérica.*

- *La multispectralidad.* Los sensores embarcados en los satélites, obtienen información para un número elevado de longitudes de onda del espectro electromagnético, aunque generalmente se centran en el visible, infrarrojo y en las microondas, debido a su mejor transmisión atmosférica. Con ello, se supera el concepto del "color" y se puede obtener información a través de parámetros "nuevos" como la temperatura o la rugosidad superficial, algunos de los cuales escapan a nuestra capacidad sensorial. Con ello, ofrecen la posibilidad de interpretar a los objetos a través de su respuesta, no en una, sino en varias longitudes de onda (firma espectral). (Imagen 14).

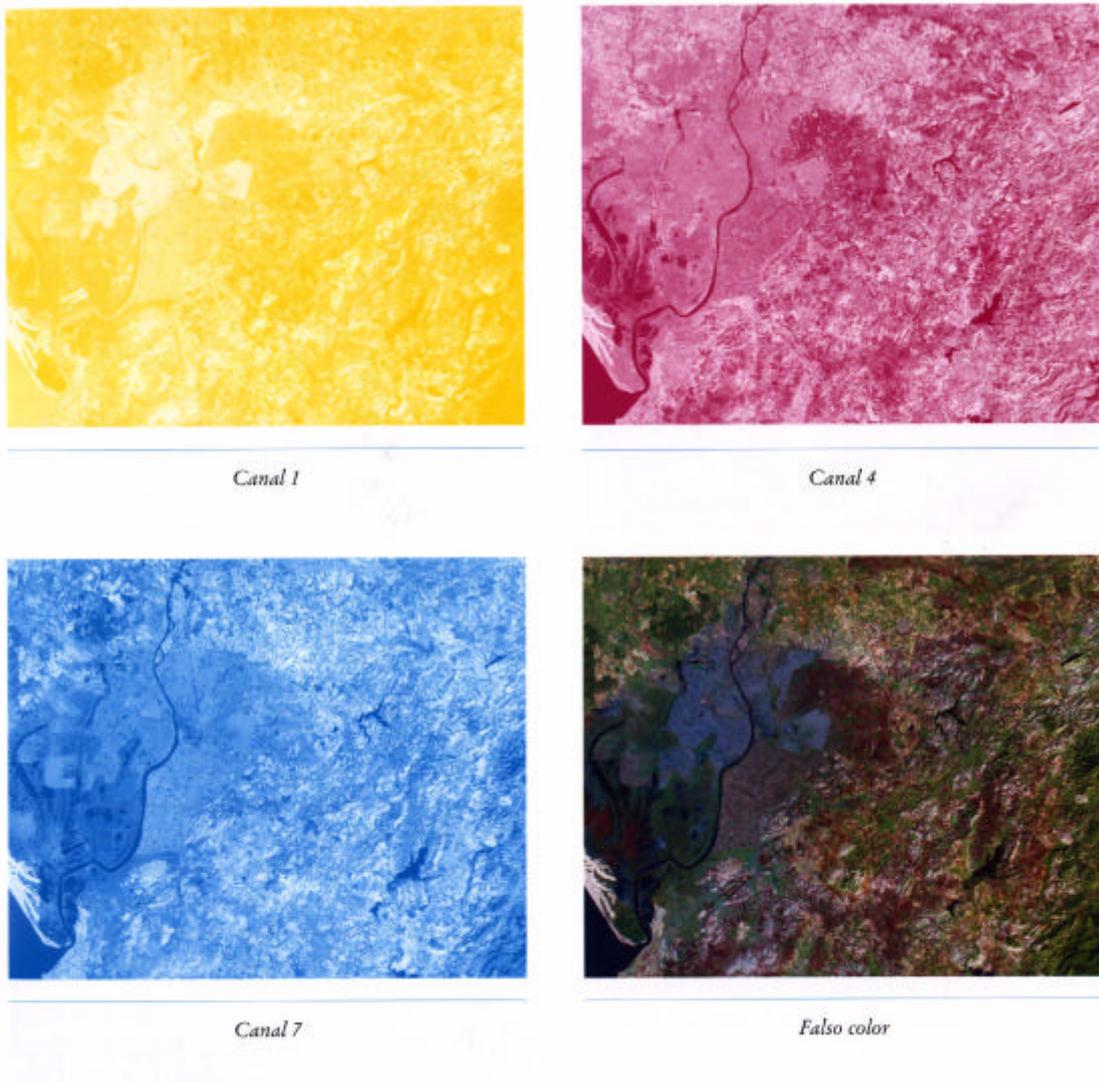


Imagen 14: Canales espectrales de un sensor TM de Landsat restituidos separadamente (Canal 1 amarillo, 4 magenta, 7 cyan) y unidos posteriormente para componer un documento multispectral. (Falso color). Litoral de Huelva.

- *La periodicidad.* Es quizás una de sus características más competitivas hoy en día, ya que los satélites, dependiendo de sus objetivos y órbita, proporcionan datos de la superficie terrestre con una periodicidad muy elevada (30 minutos con el METEOSAT, por ejemplo). Esta característica, la multitemporalidad, es, por razones obvias, de gran aplicabilidad. (Imágenes 15 y 16).
 - * Por una parte, posibilita el estudio de fenómenos muy dinámicos, adecuándose su periodicidad a los ritmos de evolución de aquellos.
 - * Por otra parte, es de gran ayuda para la interpretación siguiendo patrones multitemporales o permitiendo elegir la fecha más adecuada para la identificación de un objeto (estado fenológico propicio en la vegetación, por ejemplo).

- *El carácter digital de los datos.* La mayor parte de los datos adquiridos por los sensores instalados en los satélites son almacenados o transmitidos de forma digital. De esta característica se derivan importantes consecuencias:
 - * Permite realizar fáciles tratamientos informáticos sobre los datos originales que mejoran sustancialmente su calidad visual, ofreciendo productos analógicos para su interpretación convencional.
 - * Los datos digitales, son susceptibles de ser tratados por ordenador, a la vez que éste es de inestimable ayuda en los proceso interpretación digital (clasificaciones).



Imágenes 15 y 16: Imágenes de satélite SPOT-1 en falso color que reflejan la dinamicidad temporal de un espacio natural como Doñana en invierno y verano.

- * Por último, esta característica más la georreferenciación antes referida, permiten el tratamiento cartográfico digital de los datos, elaborando productos de gran fidelidad geométrica, enorme flexibilidad (elección de escala y proyección), fácil actualización (al no constituir productos definitivos) y excelente conservación. Además con las nuevas posibilidades abiertas por los denominados sensores de la tercera generación (TM, LANDSAT y HRV-SPOT), esta información georreferenciada puede incluirse como una base de datos, es decir, como una "capa" más, en cualquier sistema de información geográfica (GIS), facilitando su integración con otros datos del medio natural a los cuales puede complementar o actualizar. Esta línea de trabajo, que presenta grandes perspectivas de futuro en los procesos de evaluación y gestión del medio natural, está siendo desarrollada por la A.M.A. a través del Sistema de Información Ambiental de Andalucía (Sinamba). Imagen 17.

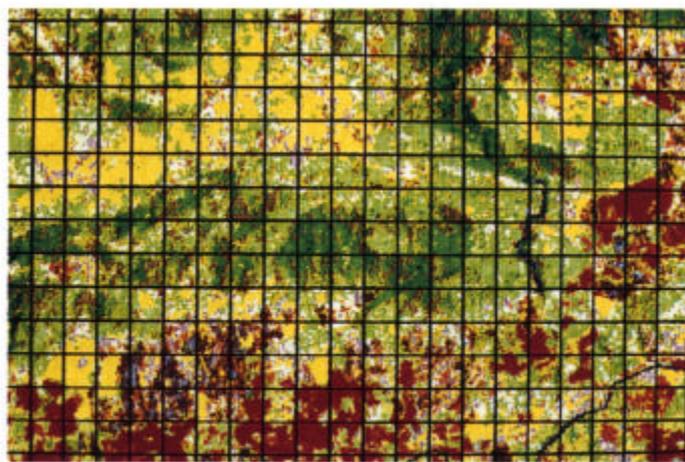


Imagen 17: Cuadrícula de la proyección cartográfica U.T.M. sobre una imagen de satélite Landsat - MSS.

Sin embargo, para comprender adecuadamente la información que pueden brindar los datos obtenidos desde las plataformas espaciales por los diferentes tipos de sensores utilizados, es necesario definir y concretar varios conceptos que son fundamentales en teledetección espacial.

La "*resolución temporal*" es el concepto con el que se alude al ritmo de toma de datos para un punto concreto de la superficie terrestre, en estrecha relación con el ritmo orbital del sensor, cuando éste se sitúa en una plataforma espacial. En este sentido, las órbitas de los satélites se pueden agrupar en dos grandes conjuntos:

- *Heliosincrónicas*, es decir, acordes con el movimiento aparente del sol, lo cual hace que el satélite pase siempre a la misma hora solar por un mismo punto, y con una periodicidad que depende de la inclinación de la órbita, su altura y su velocidad. La resolución temporal de los satélites heliosincrónicos, oscila entre varias horas y varios días, su órbita se sitúa siempre por debajo de los 2000 Kms. y sus trazas pasan muy próximas a la perpendicular respecto al ecuador (por ello también son denominados "*circumpolares*").
- *Geostacionarias*, es decir, aquellas en las que los satélites aparecen como inmóviles sobre un punto concreto de la Tierra. Su velocidad angular es exactamente igual a la de la Tierra, siguiéndola en su movimiento de rotación, y sus órbitas son circulares, situadas en el mismo plano que el Ecuador. Para conseguir esta peculiaridades, técnicamente es necesario que se sitúen generalmente a una distancia alrededor de los 36.000 Kms. sobre la Tierra. Los satélites meteorológicos y de comunicaciones son ejemplos de órbitas de este tipo, ya que observan siempre la misma zona de la Tierra y ofrecen, por lo tanto, una periodicidad muy elevada.

Dadas las diferencias de altura entre los satélites heliosincrónicos y los geostacionarios, el "campo de visión" que proporcionan es muy diferente. La denominada área aparente (imagen) varía desde un 42% de la superficie del planeta (casi un hemisferio) en el caso de los geostacionarios, a un 6% de algunos heliosincrónicos. En el caso de los sensores aerotransportados la resolución temporal no es un parámetro a considerar, puesto que esta dependerá de las posibilidades económicas y técnicas de realizar el vuelo.

La "*resolución espacial*" hace alusión a la capacidad de distinguir dos objetos sin confundirlos. Con carácter general, la resolución espacial está en función de la forma de los objetos y del contraste con el fondo sobre el que se sitúan, de la calidad del instrumental óptico empleado y, en el caso de la fotografía, del tamaño del grano de la película. Normalmente, es mayor para los productos fotográficos que para los procedentes de sensores electro-ópticos que son los más usuales en teledetección espacial. Sin embargo, antes de matizar las repercusiones de este concepto en este tipo de sensores, es necesario precisar que el límite de resolución es diferente al de la detectabilidad o dimensión del objeto más pequeño que es posible distinguir.

En los datos proporcionados por los sensores embarcados en los satélites se llama "elemento de resolución" a la unidad más pequeña que se obtiene descomponiendo la imagen captada por uno de ellos. En estos casos, la resolución espacial viene definida por la mínima unidad espacial para la que el sensor registra los datos, es decir, lo que ya hemos denominado "pixel", abreviatura de las palabras inglesas "picture element". El hablar, pues, de un pixel de 100 x 100 mts., implica que es imposible buscar objetos diferenciados en el interior de esa unidad espacial, que el sensor captará los datos para toda la unidad en conjunto y que cualquier objeto, por muy contrastado y fácilmente detectable que sea, pasará a tener en la imagen el tamaño del "pixel" (a escala) aunque en la realidad sea menor.

La resolución espacial depende, pues, fundamentalmente, en estos sensores de la altura de la órbita y del I.F.O.V. (ángulo de vista instantáneo medido en miliradianes que caracteriza al equipo óptico del sensor), pudiendo oscilar en los satélites de reconocimiento civiles desde los 10 mts. en el sensor HRV-SPOT, a los 5 Kms. en los sensores térmicos de los satélites meteorológicos como el METEOSAT.

La "*resolución espectral*", es igualmente, un concepto fundamental en teledetección espacial y hace referencia a la capacidad del sensor para inspeccionar el espectro electromagnético en longitudes de onda independientes y específicas. Los sensores se denominan "*unibanda*" o "*monoespectrales*" si sólo analizan un campo único del espectro, cualquiera que sea su amplitud. De esta forma, nuestro ojo es un buen ejemplo de sensor monoespectral, ya que sólo es capaz de trabajar en el campo del visible dentro del espectro electromagnético. Los avances técnicos han

permitido el desarrollo de equipos capaces de analizar el espectro en bandas diferentes y estrechas, pudiendo denominarse sensores "multiespectrales" que son los de uso más generalizado en teledetección espacial. Un buen ejemplo de estos avances es la elevadísima resolución espectral del sensor P.M.I. (Programmable Multispectral Imager) que puede ser programado en 288 ventanas del espectro visible e infrarrojo próximo, aunque es un tipo de sensor más utilizado en trabajos de campo de laboratorio.

La "*resolución radiométrica*" hace alusión, en cambio, al grado de susceptibilidad del sensor, es decir, a su capacidad para detectar las variaciones en la intensidad de la energía que llega hasta él. El campo de valores numéricos en que se traduce la intensidad es su resolución radiométrica y, en la mayoría de los satélites de reconocimiento oscila entre 0 y 255.

En definitiva, para obtener las mejores prestaciones en los datos proporcionados por los satélites, el pixel debe ser cada vez más pequeño y las bandas más numerosas y estrechas, residiendo, por lo tanto, la versatilidad de aquellos en la elección de un acertado compromiso entre la altura y tipo de la órbita (resolución temporal), la dimensión del pixel (resolución espacial) y la amplitud y número de bandas espectrales (resolución espectral).

Los tipos de Documentos más frecuentes.

Del tratamiento de los datos obtenidos por los satélites espaciales de observación de la Tierra, se pueden obtener un conjunto de productos analógicos entre los que destacan:

- Fotografías convencionales en B/N
- Restituciones fotográficas en B/N.
- Imágenes en "falso color"
- Cartografía temática asistida por ordenador

Las fotografías convencionales tomadas desde el espacio no se diferencian en nada de las realizadas por cualquier cámara fotográfica, salvo por la calidad técnica de las cámaras utilizadas. La fotografía espacial es, pues, idéntica a la efectuada desde aviones, si bien la altura del satélite permite la observación de grandes extensiones de nuestro planeta. Sin embargo, su realización está condicionada al regreso de la plataforma espacial y, por consiguiente, su uso se limita casi exclusivamente a los vuelos espaciales tripulados. (Imagen 18).

Las restituciones fotográficas en B/N proceden del tratamiento por ordenador de los datos captados por los sensores digitales. Estos, como ya hemos visto, captan la respuesta