



INVESTIGA I+D+i 2013/2014

GUÍA ESPECÍFICA DE TRABAJO SOBRE "OBSERVACIÓN AEROESPACIAL DE LA TIERRA"

Texto de D. Eduardo de Miguel

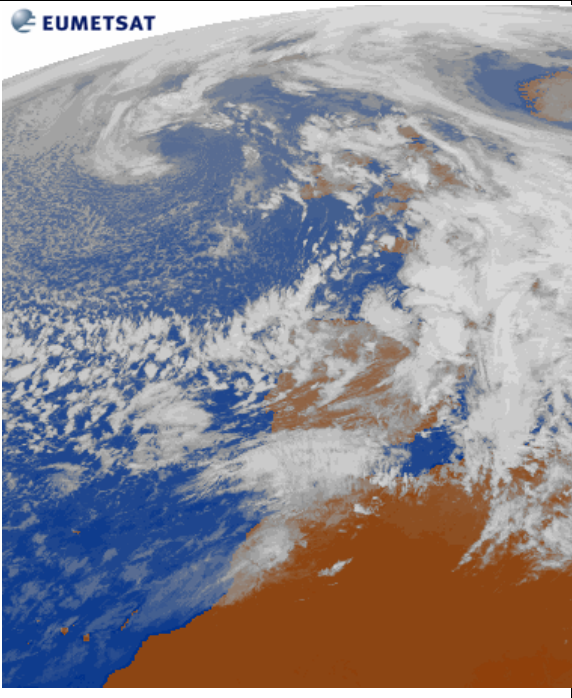

Octubre de 2013

Introducción

La Observación de la Tierra es fundamentalmente el uso de técnicas de teledetección para conocer mejor el funcionamiento y estado de nuestro planeta. Para muchos investigadores, observación de la Tierra y teledetección son prácticamente sinónimos, aunque para otros el primero es un término más global y puede incluir otras técnicas y actividades.

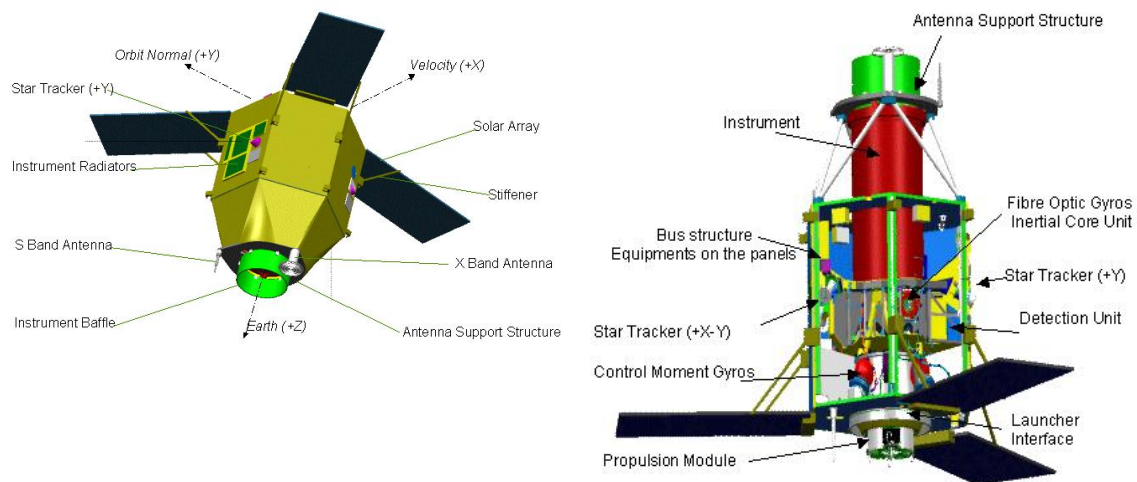
En una definición clásica, Teledetección es aquella técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas aéreas o espaciales. Se puede observar que quedan excluidos por diversas razones algunos parientes, como fotografía aérea convencional (que es difícil de utilizar cuantitativamente), sonar, radiosondeos, vigilancia de incendios desde torres ...

Curiosamente, el contacto que tiene el público general con la teledetección cubre los dos extremos del rango de imágenes que genera la Observación de la Tierra. Por un lado Meteosat, con imágenes de poco detalle, amplia cobertura y énfasis científico; y por otro lado Google Earth, con imágenes de altísimo detalle, cobertura limitada y propósito comercial. Y cada una, además, ejemplo de dos grandes dominios espectrales muy diferentes: el rango visible y el rango térmico.

	
<p>Meteosat infrarojo térmico</p> <p>> 3000 metros por píxel</p> <p>Baja resolución espacial, alta cobertura, alta repetición, uso científico, datos térmicos</p>	<p>Google Earth y similares</p> <p>Aprox 1 metro por píxel</p> <p>Alta resolución espacial, baja cobertura, baja repetición, uso comercial, datos similares a la fotografía convencional</p>

Entre medias de estos dos casos famosillos, tenemos un montón de misiones generando imágenes de la Tierra. Pero además de "entre medias", también tenemos misiones "a los lados", es decir con tecnologías muy diferentes. Fundamentalmente las basadas en microondas, como las imágenes radar, que pertenecen a un mundo completamente distinto que apenas vamos a tratar aquí.

Actualmente hay unos 1000 satélites activos en el espacio. La mayoría son de comunicaciones, pero cerca de 100 son de Observación de la Tierra. Algunos nombres a conocer son SPOT, Pleiades, Landsat, ENVISAT/MERIS, AVHRR o MODIS (una de sus imágenes ilustra la portada de este documento). La vida útil de estos satélites está entre 5 y 15 años típicamente. La mayoría pertenecen a organismos públicos nacionales o internacionales (NASA, ESA, CNES...), pero también hay satélites comerciales (p.e., WorldView o DEIMOS). Y algunos que se realizan desde universidades con vocación educativa, con costes mínimos y por tanto muy interesantes.



Vista general de un satélite Pleiades (izquierda) y las tripas del mismo (derecha). Fuente: CNES

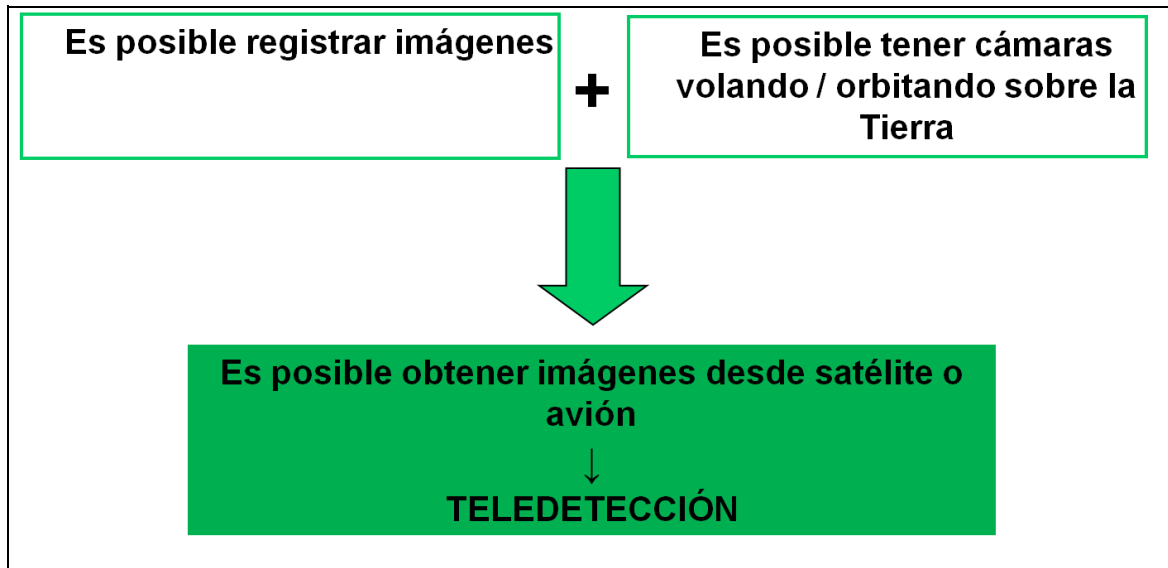
Respecto a la observación de la Tierra desde avión, existen múltiples instrumentos, similares a los que se encuentran en plataformas espaciales pero habitualmente más "potentes", ya que no se ven afectados por las limitaciones de peso (y otras) que sufren los segundos. Su uso habitual es para estudios especiales, proyectos piloto, validación de instrumentos etc. No son eficientes, a cambio, cuando se necesita continuidad o una extensa cobertura geográfica. Funcionan "bajo pedido" y muy raramente sus datos pueden ser accesibles a investigadores que no los solicitaran. El Área de Teledetección del INTA, con sus instrumentos AHS y CASI y su plataforma C-212, es uno de los centros punteros de esta tecnología en Europa.



El C-212 del INTA y una imagen adquirida con su instrumento AHS sobre Ostende (Bélgica).

Lo posible y lo imposible

Es interesante acercarse a la observación de la Tierra pensando por qué es posible; de esta manera, podemos imaginar nuevas ideas y aplicaciones pero seremos también conscientes de las limitaciones de esta técnica, es decir de qué no es posible.



Cada una de esas cajitas tiene su problemática. Como no podemos entrar en detalle, resumiremos añadiendo que es posible registrar imágenes del terreno:

- en intervalos estrechos de longitud de onda,
- en zonas del espectro donde nuestros ojos no son sensibles,
- a una resolución (es decir detalle) tanto en intensidad como espacial (es decir geográfica) muy elevada,
- con una calibración rigurosa.

Y, por otra parte, que es posible cubrir sistemáticamente la tierra desde orbitas heliosíncronas a unos 800 km de altura y desde órbitas geoestacionarias a 36000 km.

A cambio es imposible (o difícil):

- tener simultáneamente mucha resolución espacial, radiométrica y espectral,

- tener alta resolución espacial en el térmico,
- tener alta frecuencia temporal desde órbitas bajas,
- reconocer objetos con poco contraste,
- ver debajo de la superficie.

Tampoco es posible tener una órbita geoestacionaria a una altura que no sea 36000 km, o volar en avión muy despacio para mejorar la resolución espacial de la imagen.

¿Por qué la observación de la tierra?

Porque es útil para muchas cosas, aunque desde luego no para todas y ni siquiera para todas las que nos interesaría. En principio, podemos utilizarla para estudiar cualquier atributo que afecte al "color", en sentido muy amplio, de la superficie terrestre. Y, en el rango térmico, para medir su temperatura. También podemos estudiar algunos aspectos de la atmósfera. En todos los casos, aprovechando las ventajas de la visión global y repetible que proporciona un satélite, haciéndola en muchas ocasiones más eficiente y barata que métodos alternativos.

La teledetección se está usando actualmente en muchos campos: medida de la temperatura del mar, cartografía de usos del suelo, delimitación de áreas quemadas en incendios forestales, estimación de biomasa a nivel planetario... Pero hay aplicaciones que están todavía en desarrollo. Por ejemplo no es posible distinguir fácilmente todas las especies de árboles y matorrales para poder realizar un mapa forestal, ni estimar la biomasa total de un bosque.

Investigando en y con observación de la tierra

La base del método científico es deducir leyes de la naturaleza a partir de la observación, y confirmarlas mediante experimentos cuyos resultados confirmen esas leyes. Es decir, la investigación se basa en la recogida y análisis de datos.

Sin embargo no toda la actividad científica consiste en hacer experimentos para proponer o confirmar leyes. Es también necesario preparar las técnicas para recoger y analizar los datos, o las herramientas matemáticas para elaborar las leyes. Por tanto, en el caso de la observación de la Tierra, podemos distinguir dos grandes grupos de actividades científicas:

- desarrollar técnicas para adquirir, calibrar y analizar imágenes,
- utilizar las imágenes para avanzar en nuestro conocimiento de la Tierra.

El segundo caso necesita habitualmente datos externos que permitan deducir la ley y posteriormente validarla. Veamos un ejemplo sencillo y bastante realista. Existe la necesidad de medir la calidad de las aguas de los embalses. Actualmente se hace mediante toma de muestras in situ, lo que exige un laborioso y costoso trabajo de campo. Ante estas situación, algunos investigadores intentan encontrar una alternativa con teledetección. Para ello se utiliza el siguiente procedimiento:

- elegimos unos pocos embalses significativos,
- tomamos en ellos muestras de la cantidad de clorofila en el agua, que está relacionada con la cantidad de algas unicelulares presentes y por tanto con la calidad del agua,
- elegimos imágenes de satélite que incluyan esos embalses, y que tengan características (fecha de adquisición, determinadas bandas espectrales, resolución espacial, etc) que nos convengan,
- construimos mediante técnicas matemáticas/estadísticas un modelo que relacione la clorofila medida in situ con la intensidad de la señal registrada por el satélite en ciertas bandas,
- aplicamos el modelo a otras las imágenes de satélite y obtenemos así una estimación de la cantidad de clorofila de todos los embalses.
- Confirmamos la validez de esta estimación en unos pocos embalses nuevamente con datos in situ.

En la práctica, los pasos anteriores están llenos de dificultades y trampas, y conseguir un modelo de estimación de la clorofila en embalses que funcione razonablemente bien es todavía un problema abierto. Y lo mismo ocurre con muchos otros campos de aplicación de la teledetección.

A veces es posible investigar con imágenes de teledetección sin disponer apenas de datos externos, usando en su lugar la información contenida en las imágenes. Un ejemplo es estudiar los cambios de usos de suelo en cierta región comparando imágenes de diferentes fechas.

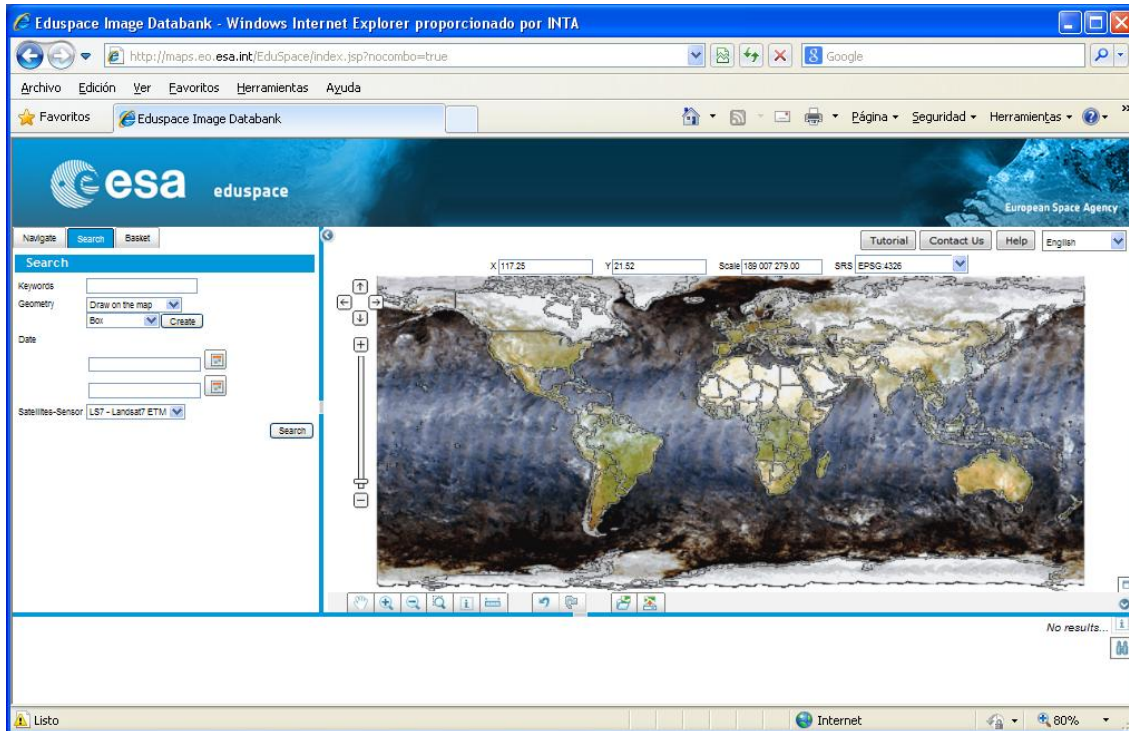
Como obtener imágenes de teledetección

Para obtener las imágenes necesarias, un investigador tiene varias opciones. Existen misiones comerciales, cuyas imágenes hay que comprar, y misiones científicas, cuyos datos no se venden. Hay unas pocas misiones mixtas, cuyas imágenes se ofrecen sin coste para investigación pero se venden si el uso va a ser comercial. En las misiones científicas, habitualmente es necesario justificar el propósito del uso para poder solicitarlas.

Existen varias maneras de conseguir imágenes para iniciarse en la investigación con teledetección. Destacamos algunas de ellas por su cercanía o facilidad de acceso.

- La ESA pone a disposición de estudiantes algunas imágenes. Se encuentran en la ESA Eduspace database, <http://maps.eo.esa.int/EduSpace/index.jsp?nocombo=true>
- La NASA mantiene un recurso similar, especializado en imágenes del satélite LANDSAT, en http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=2391
- La base de datos de CREPAD incluye imágenes de diferentes sensores. CREPAD es un programa del Área de Teledetección del INTA, cuyo principal objetivo es facilitar el acceso de los usuarios a productos de Observación de la Tierra. Para conseguirlos solo es necesario registrarse y solicitar imágenes a partir del catálogo disponible en la página web <http://www.crepad.rcanaria.es/es/index.html>
- Otra extensísima fuente de datos es el catálogo del USGS (United States Geological Service): <http://earthexplorer.usgs.gov/> En este catálogo se pueden conseguir imágenes MODIS, Landsat y AVHRR gratuitamente, nuevamente tras registrarse como usuario.

- Una última recomendación es el acceso a datos del instrumento VEGETATION en: <http://www.vito-eodata.be/PDF/portal/Application.html#Home>



Aspecto de la página de búsqueda del catálogo de imágenes de ESA / EduSpace.

Trabajando con imágenes de teledetección

El elemento básico en la observación de la Tierra es la imagen remota. Una imagen es un conjunto de datos ordenados de manera que cubren totalmente una determinada parte de la Tierra. A cada uno de esos datos lo llamamos un píxel (derivado del inglés picture element).

Aunque en principio cada dato no es diferente a una medida de cualquier otra técnica de recogida de datos (por ejemplo la altura de cada alumno de un instituto), la disposición ordenada en el espacio ofrece un valor añadido; la relación de un dato con sus vecinos pasa a ser importante, tanto para un análisis visual como para un análisis matemático (a cambio, no lo era en el ejemplo anterior).

Habitualmente, la misma escena se ha observado a diferentes longitudes de onda en el mismo instante, dando lugar a diferentes imágenes "superpuestas" que llamamos bandas. Por tanto, cada píxel tiene asociados de uno a muchos valores de "intensidad". Estos valores pueden ser simplemente los datos digitales registrados, datos calibrados que indican exactamente la energía recibida, datos transformados a magnitudes más avanzadas como reflectancia, emisividad o temperatura de la superficie observada, o incluso datos derivados de estos como índices de vegetación.

Para investigar con imágenes de observación de la Tierra hace falta una herramienta informática para visualizarlas y para acceder a los valores de cada píxel. Existen numerosos productos comerciales o gratuitos para esto. Los más conocidos entre los primeros son ERDAS, Geomatica y ENVI, y el sistema de información geográfica ArcGIS. Entre los gratuitos recomendamos LEOworks, especialmente desarrollado por la ESA para la enseñanza de la teledetección a nivel secundaria/bachillerato:

http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_EN/SEMHA60P0WF_0.html

La NASA recomienda para actividades educativas el uso de MultiSpec

<https://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/>

Otros productos gratuitos, pero que no están diseñados para un uso didáctico sino profesional, son:

- quantumGIS, en principio más un sistema de información geográfica que una herramienta de proceso de imágenes:
<http://www.qgis.org>
- BEAM, toolbox impulsado por ESA para el proceso de imágenes MERIS:
<http://www.brockmann-consult.de/cms/web/beam/releases>
- HDFview, para imágenes en formato HDF, que es el utilizado por ejemplo en MODIS: <http://www.hdfgroup.org/hdf-java/html/hdfview/>

Potenciales temas de discusión

Aunque la mayoría de los "puntos calientes" en observación de la Tierra requieren amplios conocimientos y conocer a fondo el estado del arte en muchos campos (instrumentación espacial, radiometría, ciencias de la Tierra, estadística...), algunos pueden beneficiarse de la imaginación, creatividad y falta de prejuicios del recién llegado. He aquí unos pocos.

- ¿Cómo aprovechar los Petabytes que se adquieren continuamente desde el espacio, muchos de los cuáles jamás son analizados?
- ¿Está funcionando realmente la calibración de sensores, o cada uno mide un valor diferente al observar el mismo terreno?
- ¿Cómo mejorar la aportación de las técnicas de observación de la Tierra en la lucha contra incendios forestales?
- ¿Qué campos de aplicación novedosos se pueden proponer? ¿Qué misión se puede proponer para cubrir esos campos, o bien otros de los que actualmente no están bien resueltos?
- ¿Qué podemos proponer para hacer más eficiente el uso de sensores aerotransportados?
- ¿Hay demasiados datos de teledetección, y pocos fondos para analizarlos? ¿Por qué?
- ¿En qué puede ayudar la facilidad de acceso a datos y la capacidad de proceso de cada ciudadano a través de sus dispositivos como tabletas, PCs o teléfonos móviles?
- ¿Cómo transferir experiencia y conocimientos desde el mundo occidental, donde está el liderazgo en observación de la Tierra, al resto de naciones del planeta, donde puede ser más necesaria?

Bibliografía

Se pueden encontrar más o menos fácilmente dos libros introductorios en castellano. Ambos están pensados para alumnos de cursos universitarios, pero son razonablemente accesibles para nivel secundaria si se atiende a la parte introductoria de cada capítulo y se evitan las partes más detalladas.

1. TELEDETECCIÓN AMBIENTAL. EMILIO CHUVIECO , ARIEL, 2010
2. ISBN 9788434434981
3. ELEMENTOS DE TELEDETECCIÓN. CARLOS PINILLA RUIZ , RAMA, 1995 ISBN 9788478972029

Pero por supuesto es posible encontrar multitud de recursos en la web. Algunos ejemplos se listan a continuación.

1. En tutoriales, el mejor y más completo, y por supuesto mucho mejor que esta guía para saber qué es la observación de la Tierra, es el proporcionado por la ESA en http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/SEMYLSFWNZF_0.html
2. Un material parecido se encuentra en: http://www.esa.int/Education/Space_Basics_-_Earth_observation
3. La versión preparada por NASA se centra en los satélites Landsat: http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=2378
4. Finalmente, el Centro Canadiense de Recursos Naturales incluye también buenos tutoriales: <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geography-boundary/remote-sensing/kids/1839>
<http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geography-boundary/remote-sensing/radar/1229>
5. Dos glosarios típicos, que sirven para dudas específicas, son:
<http://www.eoportal.org/documents/kramer/Glossary.pdf>
<http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geography-boundary/remote-sensing/kids/1776>
6. Por último, CEOSS EO handbook es un listado on-line de satélites e instrumentos, incluyendo revisión de campos de aplicación: <http://www.eohandbook.com/index.html>