

TRATAMIENTOS Y APLICACIONES DEL PLAN NACIONAL DE TELEDETECCIÓN

J. J. Peces, J. A. Tejeiro, N. Plaza, G. Villa y E. Domenech.

Instituto Geográfico Nacional, C/ General Ibáñez Ibero, 3, 28003 Madrid. jjpeces@fomento.es

RESUMEN

EL Plan Nacional de Teledetección (PNT) proporciona coberturas periódicas del territorio español con imágenes de satélite de alta, media y baja resolución, tanto actuales como históricas, con tratamientos geométricos y radiométricos consensuados por los expertos de la comunidad científica, haciendo posible, por primera vez, el uso masivo de la teledetección aplicada en todos los organismos de las administraciones y universidades públicas. Se revisan las adquisiciones de imágenes en el marco del PNT, los sensores escogidos y sus alternativas futuras, así como los tratamientos a aplicar y los productos a obtener, actuales e históricos: parámetros biofísicos, indicadores agroambientales, etc. Finalmente se realiza un recorrido por las principales aplicaciones del PNT.

ABSTRACT

National Plan of Remote Sensing (PNT) provides regular coverage of the Spanish territory with satellite imagery of high, medium and low resolution, current and historical, with geometric and radiometric processing consensus by experts from scientific community, making it possible massive use of remote sensing applied to all government agencies and public universities. It's review the acquisition of images under the PNT, sensors selected and alternative futures, as well as to apply the treatments and products to obtain current and historical: biophysical parameters, environmental indicators, etc. Finally, it's shown the main applications of PNT.

Palabras clave: Plan Nacional de Teledetección, teledetección aplicada, tratamiento de imágenes, parámetro biofísico, indicador ambiental.

ADQUISICIONES PERIÓDICAS Y SUS APLICACIONES

a) Alta resolución

El Plan Nacional de Teledetección considera alta resolución a las imágenes con un tamaño de píxel de 0,5m a 10m en modo pancromático y de 2m a 30m en modo multiespectral. La previsión de adquisición de este tipo de imágenes es de al menos una cobertura completa al año, con fechas preferentes entre el 15 de Junio a 15 de Septiembre. Las aplicaciones principales de estas imágenes son: obtención de cartografía de ocupación del Suelo (Proyecto SIOSE y proyecto CORINE Land Cover de la Unión Europea, en sus versiones de 1990, 2000 y 2006). Actualización de bases de datos cartográficas de escalas medias y pequeñas (1:200.000 a 1:1.000.000), obtención de información medioambiental y agrícola, etc. También puede realizarse "cartografía de imagen" (Ortoimágenes y "Cartoimágenes").

Desde 2005 a 2009, el sensor de alta resolución escogido ha sido el HRG a bordo del satélite SPOT5. Las imágenes que capta este sensor son de 2,5m de tamaño de píxel en modo

pancromático (una sola banda) y 10m en modo multiespectral (4 bandas). Otras alternativas son Formosat o el satélite español INGENIO (en el futuro inmediato).

b) Media resolución

Coberturas con imágenes de 10 a 15m de resolución en modo pancromático y de 20m a 50m en modo multiespectral. La periodicidad prevista inicialmente era de al menos 4 coberturas al año, pero desde mayo de 2008 se ha optado por una suscripción continua a Landsat5.

La captación repetitiva de información de una misma zona se realiza con el fin de permitir el seguimiento multitemporal (intra e interanual) de la evolución del medio ambiente, el análisis de su capacidad de recuperación frente a riesgos naturales y antrópicos (p. ej. áreas incendiadas, contaminación de acuíferos) o los efectos negativos derivados de los mismos (p. ej. erosión, eutrofización), junto a los efectos que determinadas políticas ejercen sobre ellos (p. ej. PAC). También es muy útil para la gestión medioambiental (diseño de planes y políticas, elaboración de planes de prevención y emergencia frente a catástrofes naturales, zonificaciones de riesgo, control de la

calidad medioambiental, etc.) en los que la teledetección se combina con herramientas como los Sistemas de Información Geográfica. Otras aplicaciones son la clasificación automática de coberturas del suelo, identificación de cultivos, detección de regadíos, información forestal, parámetros biofísicos...

Actualmente se está adquiriendo Landsat 5 Thematic Mapper, con un periodo de revisita de 16 días y 30 m de resolución máxima. Otras alternativas complementarias son CBERS2, con coste de adquisición muy bajo y DEIMOS1, satélite español de iniciativa privada. En el futuro Sentinel 2 estará también disponible.

c) Baja resolución

Coberturas con imágenes multispectrales de 100m a 1.000m de resolución y periodicidad de 1 a 30 días. Los datos de baja resolución se utilizan principalmente para analizar la evolución de fenómenos que cambian rápidamente a lo largo del tiempo, mediante la generación de parámetros biofísicos registrados en forma de "variables continuas". La disponibilidad diaria o incluso superior de las imágenes de estos sensores y de los parámetros derivados de ellas, facilita el seguimiento en tiempo casi real de la superficie de la Tierra, orientada al análisis de variables medioambientales.

Así pues, las aplicaciones principales de la baja resolución son la extracción de parámetros biofísicos y medioambientales (índices de vegetación, índices de área foliar, temperaturas, cantidad de material combustible, riesgo de incendio,...). Estos parámetros pueden facilitar la obtención de "indicadores agroambientales" estandarizados por distintas organizaciones a nivel mundial (Naciones Unidas), Unión Europea, etc. Los sensores propuestos son AQUA/TERRA Modis y ENVISAT Meris (con 250m y 300m de resolución máxima, respectivamente). Otras alternativas complementarias de muy baja resolución, son: NOAA AVHRR, SPOT Vegetation... En el futuro también estará disponible Sentinel 3.

ADQUISICIONES HISTÓRICAS Y SUS APLICACIONES

Se ha constatado que es muy interesante para la comunidad de usuarios de España adquirir todos los datos disponibles de los sensores MSS, TM y ETM+ de la serie Landsat, desde su puesta en funcionamiento hace 35 años. Entre los beneficios se pueden citar:

- Análisis de la evolución de indicadores ambientales y territoriales a lo largo de los últimos 35 años.
- Estimación de la evolución de los recursos a medio y largo plazo.
- Enriquecimiento de las bases de datos territoriales que existen actualmente en España.
- Engarce de los datos españoles de imágenes de satélite con las redes actualmente en desarrollo en el ámbito europeo y mundial.

En España no se dispone de una serie histórica completa y accesible que permita realizar dichos análisis. Existen imágenes Landsat en distintas instituciones, pero dichas coberturas nunca se han puesto a disposición de los distintos organismos, entre otras razones porque se adquirieron con licencia de uso para un número reducido de usuarios. Esto hace necesario la creación de un repositorio común de imágenes, adquiridas con las licencias adecuadas para el uso de todas las instituciones. El Plan Nacional de Teledetección prevé la adquisición coordinada y compartida de dichas coberturas y la aplicación de los mismos tratamientos sobre éstas.

TRATAMIENTOS DE LAS IMÁGENES DE ALTA RESOLUCIÓN

Las imágenes SPOT5 se reciben con un nivel de procesamiento 1A, con una corrección radiométrica de las distorsiones debidas a las desviaciones de sensibilidad entre los detectores elementales del instrumento de toma de imágenes. Todo el procesado geométrico posterior, así como los tratamientos radiométricos de equilibrado y realce, son realizados en el Instituto Geográfico Nacional.

Toma de puntos de control y ajuste en bloque

Se utiliza el módulo LPS del programa ERDAS para corregir en bloque las imágenes de toda España. Se forman bloques con las imágenes pancromáticas (uno para toda la península y otro por cada isla) y con las imágenes multispectrales.

Preparación del bloque: definición del sistema de referencia, del tipo de imágenes a corregir y del modelo matemático que se va a emplear y carga de las imágenes en el bloque.

Medición de puntos de control: Se toman unos 13 puntos por imagen, midiendo las coordenadas terreno de los puntos sobre ortofotografías aéreas con 0,5m de tamaño de píxel.

Ajuste del bloque y cálculo de los parámetros del modelo matemático. Se realiza un solo ajuste del

bloque obteniendo un juego de parámetros del modelo único para cada imagen.
Rectificación de las imágenes del bloque.
 Finalmente se aplican los parámetros calculados a todas las imágenes del bloque para transformarlas al sistema de referencia deseado.

Corrección geométrica

Incluyendo las coordenadas de los puntos de control terreno (imagen-ortofoto), puntos de enlace entre imágenes y los residuos finales obtenidos en cada punto. Se utilizan coordenadas UTM ETRS89 en los diferentes usos.

De cada una de las imágenes generadas, se realiza una inspección visual exhaustiva para asegurarse de que no se ha producido ningún defecto en el proceso de generación de la imagen corregida. Se realiza un control geométrico de dichas imágenes mediante la toma de 10 puntos de chequeo en cada escena, tomados sobre ortofotos y repartidos regularmente sobre una malla a definir por la dirección técnica. Estos puntos se toman sobre la imagen pancromática y son distintos de los que se utilizaron para la corrección geométrica. El error medio cuadrático obtenido en los puntos de chequeo debe ser menor de 1,5 píxeles, y el error máximo en cualquiera de los puntos, inferior a 2 píxeles.

Las imágenes pancromáticas y multispectrales son remuestreadas por el método de interpolación bicúbica, y también por el vecino más próximo para el caso de las imágenes multispectrales.

Pansharpen

Mediante el pansharpen se obtiene una imagen con la resolución espacial de la pancromática y con el espectro radiométrico de la imagen multispectral (Figura 1).

El método empleado es el Fast SRF (González-Audicana *et al.* 2006), que según un estudio realizado por la Universidad Politécnica de Madrid, en un proyecto conjunto con el IGN (Gonzalo *et al.* 2007), es el algoritmo más adecuado para el tratamiento de grandes volúmenes de imágenes, ya que es el que tiene la mejor relación calidad/tiempo de procesado.



Figura 1.- Imagen SPOT5 HRG, Pancromático y fusionada. Aeropuerto de Barajas, Madrid. 2005.

Equilibrado radiométrico

El equilibrado radiométrico se emplea para homogeneizar la radiometría de las imágenes, para obtener así un mosaico continuo. Para ello se utiliza una imagen de referencia, se “llevan” las radiometrías de las más de 200 imágenes Spot a la imagen de referencia, esto se hace calculando los parámetros de una transformación lineal $y = a \cdot x + b$ que se va a aplicar banda a banda. Las fórmulas para obtener los parámetros a y b son:

$$a = s1 / s2$$

$$b = \mu1 - \mu2 (s1/s2)$$

s1: Desviación estándar de la imagen de referencia.

s2: Desviación estándar de la imagen a equilibrar.

$\mu1$: Media de la imagen de referencia.

$\mu2$: Media de la imagen a equilibrar.

En el 2005 se ha empleado como imagen de referencia una MODIS. En fechas posteriores se ha equilibrado con respecto a los mosaicos Spot5 del año 2005.

Combinaciones de bandas

En el PNT se generan las siguientes combinaciones de bandas: falso color clásico (RGB=321), color CORINE RGB=342, pseudocolor natural (RGB=432) y pseudocolor natural SIOSE que es una mezcla al 50% entre el pseudocolor natural SIOSE y un color natural que se obtiene a partir de un azul sintético.

Realce

Pretende obtener una imagen fácil de interpretar. Consiste en una expansión lineal del contraste de forma independiente para el rojo, verde y azul. Posteriormente aplicamos una curva gamma para darle brillo, donde el realce se determina para cada porción independiente de terreno. En este caso se determina un único realce para toda la Península, que se aplica a cada una de las imágenes, y un realce por cada isla, que se aplica a todas las imágenes que forman cada isla. Este realce lo hemos determinado una única vez, en el 2005; a partir de este año el realce se está aplicando por medio del equilibrado

radiométrico, ya que la imagen que estamos empleando como referencia ya está realizada.

Mosaicos

Se obtiene un mosaico para la Península y Baleares y otro para Canarias (Figura 2), para cada una de las combinaciones de bandas. En los años 2005 y 2008 se cubrió todo el territorio español, por lo que hay dos mosaicos completos para cada año. Entre los años 2006 y 2007 hay otra cobertura. A partir del año 2009 se va a generar un mosaico incremental, es decir, cada vez que se tenga una imagen nueva ya procesada se incorporará al mosaico.



Figura 2.- Mosaico de España SPOT5, Pseudocolor Natural SIOSE. 2005.

TRATAMIENTOS DE LAS IMÁGENES DE MEDIA RESOLUCIÓN

El IGN posee un convenio de colaboración con la Universidad de Alcalá, dirigido por D. Emilio Chuvieco (Chuvieco *et al.* 2009), para elaborar un borrador de tratamientos a aplicar a los datos Landsat, actuales e históricos. En la elaboración de éste han colaborado numerosos expertos y su contenido será objeto de otra ponencia del congreso. Las principales fases de tratamiento son:

Tratamiento geométrico

Tratamiento radiométrico en el óptico

- Obtención de radiancias.
- Obtención de reflectividades.

Tratamiento radiométrico en el térmico

- Obtención de radiancias.
- Obtención de temperatura aparente de brillo.
- Corrección atmosférica.
- Corrección de emisividades.

TRATAMIENTOS DE LAS IMÁGENES DE BAJA RESOLUCIÓN

Se ha realizado un primer borrador con la colaboración de la Universidad de Valencia (Camacho *et al.* 2009). En éste se propone:

Corrección geométrica y radiométrica: Las imágenes se adquirirán en tiempo real mediante las

antenas receptoras existentes. Se transformarán los datos brutos (formato.pds) en datos de nivel 1B, es decir, radiancia y reflectividad en el sensor, ángulo de observación e iluminación y georeferenciación. De esta manera se obtendrán: a) Radiancias y reflectividades en el sensor, RAD-TOA y REF-TOA; b) Latitud y longitud, ángulos de observación e iluminación y c) Radiancias y reflectividades en el sensor georeferenciadas. Las radiancias en el sensor (RAD-TOA) se convertirán en temperaturas radiométricas (Trad-TOA) en los canales del infrarrojo térmico mediante la ley de Planck. Finalmente las imágenes georeferenciadas se reproyectarán a coordenadas geográficas.

Productos a entregar: Como productos radiativos se proponen la radiancia en el sensor (RAD-TOA), la reflectividad de la superficie terrestre (RST), la temperatura de la superficie terrestre (TST) y la reflectividad de la superficie terrestre normalizada (RST-NORM). Como productos biofísicos se proponen el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), la fracción de cubierta vegetal (FVC), el índice de área foliar (LAI) y la fracción de radiación fotosintéticamente activa absorbida (FAPAR).

BIBLIOGRAFÍA

- Camacho, F., Sobrino, J.A., Romaguera M., y Jiménez-Muñoz, J.C., E. 2009. *Estudio de los tratamientos a realizar sobre las imágenes de satélite de baja resolución adquiridas para el PNT.*
- Chuvieco, E., Hantson, S., Moré, G., Cea, C. et al. 2008. *Propuesta de procesado de imágenes Landsat y evaluación de algunos aspectos en zonas piloto para el PNT.* Barcelona.
- Equipo Técnico Nacional. 2005. *Especificaciones Técnicas para el Plan Nacional de Teledetección.* Madrid.
- Instituto Geográfico Nacional. 2009. *Documento PNT versión 2.0.* Madrid.
- González-Audicana, M., Otazu, X., Fors, O y Alvarez-Mozos, J., 2006, *A Low Computational-Cost Method to Fuse IKONOS Images Using the Spectral Response Function of Its Sensors, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 44, 6, 1683-1691.*
- Gonzalo, C., Merino, F.J., Arquero, A., y Martínez, E., 2007. *Obtención de imágenes remotas de alta resolución espacial y espectral mediante algoritmos de fusión.* Madrid.