

# Discriminación de nubes, agua e innivación en series de imágenes corregidas y compensadas físico-estadísticamente.

Martínez, L., Palà, V. y Arbiol, R.  
Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC)  
Unitat de Teledetecció  
Parc de Montjuïc s/n  
08038 Barcelona  
E-mail: lmartinez@icc.es

**Palabras clave:** actualización cartográfica, Landsat 7 ETM+, multitemporal, corrección atmosférica, nubes, agua, innivación.

## Resumen:

Este trabajo se enmarca en un proyecto de reducción del tiempo necesario para realizar una actualización cartográfica. Su objetivo principal es establecer metodologías de discriminación de cambios cartográficamente significativos en la imagen de satélite, y así limitar el proceso de actualización cartográfica a las áreas del territorio que han cambiado. En dicho proyecto se hace uso de una serie multitemporal de imágenes Landsat 7 ETM+ corregidas atmosféricamente y compensadas con métodos físico-estadísticos.

Una serie de imágenes presenta cambios de origen diverso y, por tanto, es necesario poder reconocer aquellos de carácter natural que no son propios del ámbito cartográfico. Entre estos últimos se encuentra la presencia de nubes, la variación de superficies de agua y el proceso de innivación. Estas coberturas presentan ciertas semejanzas radiométricas en el espectro solar y, por tanto, se estudian de manera conjunta.

La discriminación de las cubiertas propuesta se basa en cocientes de diferencia normalizada en combinación con umbrales sobre bandas donde la signatura espectral de las cubiertas presenta rasgos característicos. El uso de series de imágenes corregidas atmosféricamente y compensadas permite optimar los algoritmos para identificar estas coberturas al poder establecerse una caracterización radiométrica de las mismas más precisa.

## 1.Introducción

El ICC desarrolla un proyecto destinado a la detección de cambios territoriales significativos. En concreto, la delimitación de cambios territoriales provocados por la obra pública es fundamental para ayudar a la planificación de los programas de actualización de la cartografía, lo que permite una correcta gestión y planificación territorial.

Las imágenes de teledetección como las proporcionadas por el sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) de la plataforma Landsat 7, son un instrumento adecuado para el análisis de dichos cambios gracias a su resolución temporal, espacial, y radiométrica. El satélite Landsat 7 tiene un ciclo de repetición de 16 días, un conjunto de bandas en el espectro solar con una resolución de 30 metros y una pancromática de 15 metros, y una banda en infrarrojo térmico de 60 metros de resolución (Tabla 1). La banda pancromática es especialmente interesante para el seguimiento de los cambios territoriales buscados, mientras que las restantes permiten obtener información temática a partir de las signaturas espectrales [1].

Las metodologías clásicas para la detección de cambios mediante imágenes de satélite se basan en posclasificaciones o clasificaciones multitemporales a partir de dos imágenes [2]. Por el contrario el planteamiento de este trabajo presume que se dispone de una serie de imágenes que permite realizar el seguimiento del territorio durante un periodo extenso de tiempo. Sobre dicha serie de imágenes se identifica el área susceptible de considerarse como cambio por procedimientos aritméticos básicos [3]. Este planteamiento requiere de una especial atención tanto a la corrección geométrica como a la corrección radiométrica, para garantizar la correcta orientación geométrica y la compensación de las diferencias en la iluminación, respectivamente.

El tipo de cambios reales que presenta el territorio a lo largo del tiempo es muy variado y pueden ser de carácter natural o artificial. Así un primer objetivo del trabajo es identificar grupos de cambios de carácter natural y no relevantes en el ámbito cartográfico como es la presencia de nubes y su sombra, la variación de superficies de agua y el proceso de innivación. El motivo de estudiar la dinámica de estas cubiertas de manera conjunta es que presentan cierta semejanza radiométrica en algunas de las bandas del espectro solar de Landsat ETM+.

Número de Banda	Longitud de onda ( $\mu\text{m}$ )	Resolución nadir (m)
1	0.45-0.52	30
2	0.52-0.60	30
3	0.63-0.69	30
4	0.76-0.90	30
5	1.55-1.75	30
6	10.4-12.5	60
7	2.08-2.35	30
<b>Pan</b>	0.50-0.90	15

Tabla 1. Resolución espacial y espectral del sensor Landsat ETM+

## 2. Metodología para la detección de cambios

### 2.1 Generación de la serie de imágenes

Cada una de las imágenes que conforman la serie se ha obtenido bajo una geometría de iluminación y unas condiciones atmosféricas particulares. Por ello es necesario paliar el impacto que sobre la medida radiométrica tiene cada condición de observación. Esto se realiza mediante la aplicación consecutiva de un sistema de corrección atmosférica basado en un método físico y simulaciones de transferencia radiativa, más un método de normalización estadístico, que permite suavizar desviaciones no contempladas por el anterior [4]. Así se obtiene una serie de imágenes de reflectividad corregida atmosféricamente y normalizada.

El tratamiento propuesto para la detección de cambios es diferenciar cada imagen respecto a una imagen generada a partir de la mediana de cada píxel a lo largo de la serie. Esta operación se realiza sobre las imágenes pancromáticas, puesto que su resolución espacial es la adecuada para el trabajo propuesto. La magnitud sugerida como referencia tiene por objetivo minimizar el impacto de las grandes variaciones diacrónicas de reflectividad que una zona puede experimentar por la presencia de una cubiertas transitorias y comportamiento reflector extremo.

Sobre cada una de estas imágenes de diferencia es posible establecer una primera máscara que delimitará cambios caracterizados por crecimientos y decrecimientos de la reflectividad, haciendo uso de umbrales compatibles con la precisión de la corrección radiométrica realizada, para señalar las zonas de máximo cambio en cada imagen. Dichas imágenes contienen como variación muy acusada de reflectividad la presencia de nubes, dado su carácter dinámico, por lo que es necesario eliminarlas para obtener el tipo de cambio deseados.

### 2.2 La detección de nubes

La orientación cartográfica de este trabajo hace necesario rechazar aquellas imágenes que contienen una elevada cobertura nubosa. De este modo el problema que presentará la serie de imágenes que se incorporan al estudio, es la presencia de nubes no muy extensas y por lo general de carácter disperso. Este tipo de nube proyecta una sombra distinguible en la imagen Landsat debido a la elevada resolución espacial del sensor. La sombra de las nubes debe ser mascarada correctamente, pues de lo contrario se manifiesta como un cambio acusado por disminución de la reflectividad en la imagen de diferencias.

La metodología propuesta para identificar las nubes se basa en tres fuentes de información. En primer lugar, la elevada reflectividad de las nubes en el espectro visible, que supone un incremento de reflectividad respecto a la serie. En segundo lugar la menor temperatura del techo de la nube respecto al suelo, debido al gradiente geométrico de temperatura de la atmósfera, que se asocia a un descenso de radiancia en la imagen térmica. Por último, la presencia de sombras proyectadas por las nubes sobre el suelo, que produce un descenso acusado de reflectividad respecto a la serie. De cada una de ellas se establece una máscara por aplicación de umbrales que se supervisa buscando la alineación de nubes y sombras de acuerdo a la geometría de iluminación.

### 2.3 La detección de nieve

En comparación al resto de la cobertura terrestre, la nieve se distingue por dos propiedades: su elevada reflectividad en la parte visible del espectro y su baja reflectividad en el infrarrojo medio [5]. La combinación de estos dos rasgos espectrales se recoge en el conocido como Normalized Difference Snow Index (NDSI) [6], que tiene una definición análoga al bien conocido NDVI.

$$NDSI = \frac{TM2 - TM5}{TM2 + TM5}$$

En general la nieve presenta unos valores mucho mayores de NDSI que otros tipos de superficies siendo el primer criterio para establecer la presencia de nieve que el NDSI sobrepase un umbral. Adicionalmente, debe prevenirse los elevados valores del índice para superficies con baja reflectividad en la banda 2, para lo que se establece un umbral mínimo sobre la misma. De igual modo se deben descartar los píxeles que resulten detectados como agua.

### 2.4 La detección de agua

La detección de agua se realiza en este trabajo estableciendo un clásico método de umbral sobre la reflectividad de banda 4, puesto que sobre ella existe un gran contraste entre esta cubierta respecto al suelo y vegetación en general [5].

## 3. Aplicación y resultados

El conjunto de métodos expuesto se ha aplicado a una serie de 9 imágenes Landsat 7 ETM+ de Path 127 y Row 031 del Worldwide Reference System (WRS) correspondientes a los días: 23-jul-1999, 9-sep-1999, 23-dic-1999, 3-mar-2000, 7-jun-2000, 10-ago-2000, 11-sep-2000, 26-jul-2001 y 13-ago-2001.

Las imágenes serie están orientadas geoméricamente en un solo bloque usando el modelo geométrico de Palà y Pons [7], y rectificadas por vecino más próximo en píxeles de 15 metros las pancromáticas y de 30 metros el resto. Dado el elevado volumen de información el estudio se ha restringido a tres zonas de 30 \* 30 km<sup>2</sup> señaladas en la Figura 1.

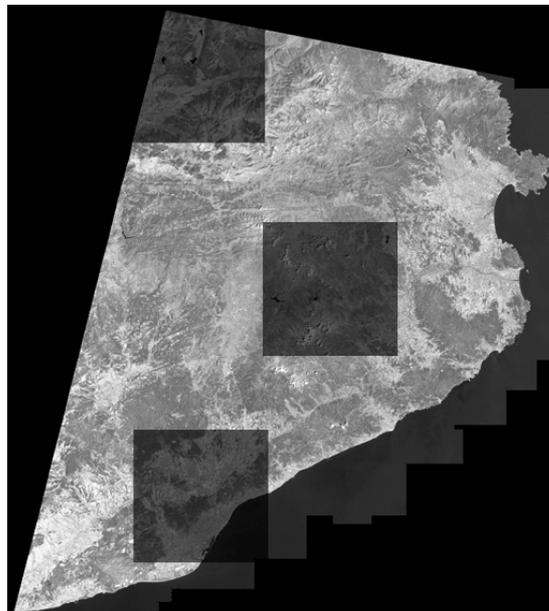


Figura 1. Zonas de la imagen Landsat 7 ETM+ 197031 analizadas en este estudio.

Las imágenes de reflectividad pancromática corregida del efecto atmosférico y normalizadas se analizaron para establecer la mediana para cada píxel a lo largo de la serie de imágenes. Dicho valor se empleó para generar la serie de imágenes de diferencia del canal pancromática. De igual modo se obtuvo con el mismo procedimiento de

corrección imágenes de reflectividad corregida y normalizada para los restantes canales de espectro solar, mientras que el canal térmico no se modificó.

La aplicación de los métodos se ha realizado en sentido inverso al descrito en el apartado anterior. En primer lugar se ha mascarado el agua, a continuación la nieve y por último las nubes. Sobre la imagen de diferencias libre de los anteriores fenómenos se aplican umbrales para reducir el área marcada como cambio y filtros de erosión y crecimiento para eliminar puntos aislados. Así resulta una imagen por cada fecha que recoge exclusivamente las zonas de máximo y mínimo cambio respecto a la serie.

Las imágenes de cambio cumplen el objetivo de reducir el área de interés para la actualización cartográfica, pero conservan variaciones debidas a los ciclos y fenología de la vegetación natural y cultivos. El método de detección de nubes y sombras parece presentar sensibilidad al tipo de superficie sobre el que se encuentra la nube y su sombra. La máxima dificultad para la aplicación de los procedimientos de detección de nieve y agua fue la presencia de pendientes, pues modifican la geometría efectiva de iluminación y, por tanto, la radiometría. Si bien este se minimiza con el uso del cociente de diferencia normalizada NDSI, es difícil de salvar cuando se aplican umbrales a las bandas y a imágenes de diferencia.

#### **4. Conclusiones.**

En este trabajo se presenta un procedimiento para delimitar las áreas del territorio que padecen cambios de interés cartográfico. Se propone una metodología general para trabajar a la escala de la banda pancromática del sensor Landsat 7 ETM+. Se ha identificado un conjunto de cambios de carácter natural como son las nubes, la innivación y las variaciones de cubiertas de agua que perturban el resultado buscado. Se ha propuesto y aplicado un método para eliminar dichas cubiertas del resultado haciendo uso del resto de las bandas de espectro solar y la térmica. La mayor dificultad encontrada para la aplicación de las metodologías es el efecto de la topografía sobre la radiometría, lo que constituye una perspectiva abierta para trabajos futuros.

#### **Referencias**

- [1] Landsat-7 Science Data User's Handbook. [http://ftpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook\\_toc.html](http://ftpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_toc.html)
- [2] Singh, A., 1989. Digital change detection technique using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 10, 989-1003.
- [3] Jensen, J.R., 1996. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. Segunda edición. New Jersey, USA. Prentice Hall.
- [4] Martínez, L., Palà V. y Arbiol, R. Sistema de Corrección Atmosférica en Espectro Solar por Métodos Físico-Estadísticos. Congreso 5ª Semana Geomática. Barcelona.
- [5] ASTER spectral library. Versión 1.2. <http://speclib.jpl.nasa.gov>
- [6] Hall, D. K., Riggs, G.A. y Salomonson V.V. 1995. Development of methods for mapping global snow covers using moderate resolution images spectroradiometer data. *Remote Sensing of Environment*, 54, pp.127-140.
- [7] Palà V. y Pons X. (1995): Incorporation of relief in polynomial-based geometric corrections, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 61, pp. 935-944.