

## DETECCIÓN DE ZONAS INCENDIADAS EN ASTURIAS A PARTIR DEL ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE IMÁGENES LANDSAT-TM

C. RECONDO (\*), L. GARCÍA-RODRÍGUEZ (\*), L. ADRADOS (\*\*\*) y P. GARCÍA-MANTECA (\*\*\*)

crecondo@relay.etsimo.uniovi.es

\* Dpto. de Explotación y Prospección de Minas. Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Universidad de Oviedo. Tlf: 98-5458034. Fax: 98-5458000.

\*\* Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT). Universidad de Oviedo. C/ Independencia, 13. 33004 Oviedo.

**RESUMEN:** En este trabajo hemos probado los métodos usuales de análisis multitemporal de detección de cambios sobre una zona asturiana y con imágenes Landsat-TM (años 85 y 86). El mejor método para detectar visualmente las zonas quemadas resulta ser el de *diferencia de imágenes*, seguido del de *Tasseled Cap y diferencia*. Además, basta con 3 bandas (la del infrarrojo cercano y las del medio, b4, b5 y b7) para que los métodos cumplan su objetivo. Sobre las composiciones obtenidas de ambos métodos se realizan clasificaciones supervisadas para obtener la clase de zonas quemadas y realizar su estadística: la superficie incendiada es de 160-228 ha en la hoja 76, con 65-68 ha para el incendio de referencia; las cubiertas vegetales afectadas son mayoritariamente los piñales y brezales.

**Palabras clave:** cambios, detección, incendios, Landsat-TM, vegetación, Asturias.

**ABSTRACT:** Standar change detection methods are examined in this paper on a zone in Asturias and with Landsat-TM images (years 85-86). The best technique in order to detect burned areas is the image differencing and the second one is the Tasseled Cap and difference. Besides, only three bands (b4, b5 and b7) are enough. The supervise classifications applied over the best compositions give 160-228 ha as burned area (in the zone 76), 65-68 ha for the known burned zone. The vegetation more affected are the "piñal" and the "brezal".

**Keywords:** changes, detection, burnings, Landsat-TM, vegetation, Asturias.

### INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales son, sin duda, el principal problema forestal que sufre Asturias. Se trata normalmente de incendios pequeños, repartidos por todo el territorio y que tienen lugar en sitios poco accesibles, por lo que es difícil hacer inventarios de todos ellos. De hecho, en esta región carecemos de estadísticas anuales precisas que indiquen la localización exacta de estos incendios, así como la superficie y cubierta vegetal afectada en cada caso.

En este trabajo hemos querido probar la utilidad de las imágenes de satélite (en concreto las del Landsat-TM) y los distintos métodos de análisis de cambios, en el problema de la detección de zonas quemadas en Asturias. Dado que para las fechas de nuestro estudio sabemos más o menos la localización de un incendio bastante grande para lo usual en nuestra región (aunque no sabemos el área afectada), este incendio nos servirá

para elegir los mejores métodos visuales para detectarlo y sobre todo, distinguirlo de otros cambios. Elegidos los mejores métodos hemos realizado clasificaciones supervisadas sobre sus composiciones para obtener la clase de zonas incendiadas y realizar la estadística sobre ella. Finalmente, se presentan las conclusiones en la última sección. Los programas de tratamiento de imágenes que hemos usado son Idrisi y ERMapper.

### DATOS DE PARTIDA: IMÁGENES LANDSAT-TM, MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES Y OTROS

Las dos imágenes Landsat-TM que tenemos son de las fechas 18 de julio de 1985 y 21 de julio de 1986. El problema es que no tenemos completas las siete bandas típicas del sensor TM: así, para el año 85 carecemos de la banda 2 y para el 86 de las bandas 1, 2, 3, lo cual limitará los métodos a utilizar. Por otra parte, la banda 6

no será utilizada por su menor resolución (120 m) frente a las otras (30 m).

Nuestra zona de estudio corresponde a la hoja 76 del MTN a escala 1:50.000, compuesta mayoritariamente por parte de los concejos de Somiedo (al Este) y Cangas del Narcea (al Oeste) y una pequeña parte de León (al Sur).

Previamente a la utilización de los algoritmos propios de detección de cambios, las imágenes de satélite deben ser corregidas atmosféricamente, georreferenciadas y corregidas topográficamente, por este orden.

La corrección atmosférica se ha realizado sobre las imágenes originales (sin cortar la hoja 76), suponiendo que la radiancia de zonas de agua profunda debe ser casi nula, y el hecho de que no lo sea es debido a la atmósfera. La zona acuosa elegida para la homogeneización en radiancia es un lago al Norte de Somiedo: primero se iguala el valor del ND medio dentro del lago en la banda 7 para todos los años y, posteriormente, se corrigen para cada año las otras bandas por correlación con la banda 7, restando a cada banda el valor del término independiente de esta regresión lineal.

La georreferenciación de las imágenes se cionó a la hoja 76 y se realizó buscando puntos comunes (siempre los mismos, unos 22) entre las imágenes y los mapas vectoriales de ríos y topográfico (con curvas de nivel cada 50 m) en proyección UTM. El polinomio de ajuste es lineal en X e Y y el método elegido para obtener el ND de los nuevos píxeles es el del vecino más próximo. El *r.m.s medio* es inferior a 0,8 píxeles en todos los años.

Para realizar la corrección topográfica de las imágenes, corrección necesaria en zonas montañosas, hemos contado con un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) de la zona de estudio. El MDE es una imagen raster obtenida del mapa topográfico con curvas cada 50 m, de tamaño de píxel 30 m, igual al de la imagen Landsat-TM. Su rango de alturas está entre 399 y 2156 m. La corrección topográfica se ha hecho según el modelo de superficies no lambertianas de Minnaert (Recondo *et alii*. 2000; 2001).

Otros datos con los que contamos son los mapas de vegetación de la hoja 76 (en vectorial y ráster) a escala 1:25.000 pertenecientes a la cartografía temática ambiental del Principado de Asturias y realizados por el INDUROT, que nos servirán como datos de campo para validar con los resultados obtenidos de las imágenes de satélite. El problema es la diferencia temporal entre las imágenes Landsat-TM (85-86) y estos mapas (89-90-91).

Contamos asimismo con una información que nos va a ser muy útil para elegir el mejor método para detectar áreas quemadas en nuestra zona de estudio: sabemos

que entre la fecha de la imagen del 85 y la del 86 se produjo un incendio en Somiedo lo suficientemente grande para poder ser detectado con imágenes Landsat-TM, como se indica en un trabajo del INDUROT del 89 que muestra visualmente su localización (García-Manteca y Felicísimo, 1989), aunque nada sabemos del área exacta quemada.

## OBTENCIÓN DE LOS MEJORES MÉTODOS PARA DETECTAR ÁREAS QUEMADAS

Dado que nuestro objetivo es detectar áreas quemadas, hemos elegido como mejores métodos de detección de cambios aquellos que son capaces de identificar mejor la quema debida al incendio ocurrido entre el 85-86, aunque para otro tipo de cambios no sean estos métodos los más adecuados. Así, hemos aplicado todos los métodos a las fechas 85-86 y elegido los que mejor detectaron el incendio y, sobre todo, lo distinguían de otros cambios. Al carecer de otra información que no sea la localización aproximada del incendio, nuestra elección es puramente visual.

No debemos olvidar una limitación que tienen nuestras imágenes, que es el hecho de que sólo tenemos tres bandas comunes entre las dos fechas a estudiar (b4, b5 y b7), lo cual puede limitar nuestros resultados.

### Métodos no adecuados

En este apartado vamos a resumir los resultados obtenidos por los siguientes métodos: análisis de componentes principales (ACP), análisis selectivo de componentes principales, índices de vegetación y otros cocientes, y el algoritmo SMI. Los tres primeros son métodos usuales en la detección de cambios; más información sobre el algoritmo SMI puede obtenerse en Bruzzone y Serpico (1997).

Los métodos ACP, análisis selectivo de componentes y el algoritmo SMI, si bien detectan perfectamente el incendio, no lo distinguen muy claramente de otros cambios, como parecen ser otras pérdidas de vegetación (siegas, etc.).

El índice de vegetación NDVI, usual en la detección de cambios, no lo hemos podido aplicar al carecer de la banda 3 en el año 86. En cuanto a otros cocientes, como el b5/b4 o el b7/b4, detectan mal el incendio y lo consideran de poco cambio.

### Diferencia de imágenes

El método más sencillo de detección de cambios consiste en restar las dos mismas bandas de los dos años a comparar, obteniendo tantas imágenes de cambio como bandas comunes existan entre los dos años, en nuestro caso tres: 85b4-86b4, 85b5-86b5 y 85b7-86b7. La que mejor detecta el incendio es la asociada con la banda 4,

seguida de la de la banda 7, detectándose muy poco en la banda 5. La imagen simple de cambios se obtiene haciendo ACP y quedándose con la primera componente, en nuestro caso asociada casi exclusivamente con la banda 4 (negativamente), que también detecta el incendio perfectamente. Para cualquiera de ellas el límite adecuado para separar la zona estable de la cambiante es una  $\sigma$  a ambos lados de la media del histograma, muy sencillo en este caso. El problema con cualquiera de estas imágenes es que visualmente no distinguen el incendio de otros cambios.

Dos composiciones son posibles en nuestro caso: la resultante de componer directamente las imágenes diferencia de la b4, b5 y b7 o la de las tres primeras componentes principales asociadas a estas imágenes. Observamos que visualmente es mejor la segunda composición al distinguir perfectamente nuestro incendio, por el color negro que presenta, del resto de cambios. También nos indica que no han existido muchos incendios en esta hoja 76 entre el verano del 85 y el del 86, al menos no tantos como los que resultaban de los métodos anteriores, y que el nuestro ha sido el de mayor envergadura.

Otra ventaja de este método es que parece detectar zonas homogéneas de cambio y no multitud de píxeles aislados de cambio, como ocurre con los métodos anteriores.

#### Tasseled Cap (TTC) y diferencia

Como es sabido, el objetivo de la transformación TTC es crear tres componentes (brillo, verdor y humedad) a partir de las bandas originales, componentes que, a diferencia del ACP, tienen un significado físico preciso, independientes de la imagen analizada. Para usarla como método de detección de cambios, realizada la TTC y obtenidas las 3 componentes correspondientes, se restan las de los dos años a comparar, obteniendo 3 imágenes diferencia de brillo, verdor y humedad.

Aplicado el método a nuestro caso (sólo para 3 bandas) obtenemos que las tres diferencias detectan bien el incendio, por este orden de mejor a peor: verdor, brillo y humedad; de nuevo, el mejor límite para distinguir el área estable de la dinámica es una  $\sigma$  a ambos lados de la media. En cuanto a la composición, también detecta perfectamente el incendio (en color amarillo) y lo distingue de otros cambios, dando una imagen homogénea de cambios similar a la del método de diferencia de imágenes.

#### CLASIFICACIONES Y ESTADÍSTICA DE LAS ZONAS QUEMADAS ENTRE EL 85-86

Elegidas las mejores composiciones para detectar áreas quemadas, hemos realizado sobre ellas clasifica-

ciones supervisadas y no supervisadas para obtener las diferentes clases de cambios.

Para la composición obtenida por el método de *diferencia de imágenes*, se han elegido polígonos de entrenamiento sobre 5 clases representativas de los principales colores que se visualizan, con el objeto de realizar la clasificación supervisada. El método elegido fue el de máxima probabilidad con realce del vecino más próximo (en un filtro de 5x5), ya que este método era el que nos había dado mejores resultados en previos trabajos de clasificación en otras zonas de Asturias, en concreto Oviedo y Mieres (Recondo *et alii.* 2000; 2001). La estadística de la imagen clasificada se muestra en la Tabla 1 para la clase de las zonas quemadas.

	Clase 5 = incendio
85-86 (b4)	73 ± 13
85-86 (b5)	-2 ± 9
85-86 (b7)	-22 ± 5
Área (ha)	160

**Tabla 1.** Estadística para la zonas quemadas de la clasificación supervisada (sin máscara) de la composición del método diferencia de imágenes.

Como vemos en la Tabla 1, el área total de la clase de las zonas quemadas es de 160 ha, de las cuales 65 ha (el 41%) corresponden a nuestro incendio. Las demás zonas son mucho más pequeñas (las hay de hasta 1 píxel = 900 m<sup>2</sup>). No podemos dar una fiabilidad a este resultado, al desconocer el área real quemada.

Cuando se aplica la clasificación supervisada sobre la misma composición pero aplicándole ahora una máscara, resultante de considerar nulos (sin cambio) los valores dentro del área estable (dentro de la media  $\pm \sigma$ ) para cada una de las diferencias de bandas, la clase de incendios aumenta drásticamente, pasando de 160 a 544 ha; nuestro incendio, sin embargo, no aumenta demasiado, de 65 a 75 ha, siendo la causa del aumento radical en superficie de esta clase la aparición de muchos pequeños incendios. Desgraciadamente no tenemos información para decir qué clasificación (sin o con máscara) da los mejores resultados; sin embargo, el incendio es más nítido y más diferente del resto cuando no se aplica ninguna máscara, por lo que intuitivamente nos parece mejor no aplicar la máscara.

Las clasificaciones no supervisadas que se han realizado sobre la anterior composición (sin máscara) con el algoritmo ISOCLASS de ERMapper muestran la clase de incendios cuando se definen bastantes clases (unas 20), dando un área quemada bastante mayor que el método supervisado (unas 1975 ha), aunque si se aplicase un filtro esta área disminuiría; de nuevo el problema no

está en nuestro incendio, que se define bastante bien (63-69 ha), sino en el aumento del número de pequeños incendios. De todas formas pensamos que no vale la pena insistir en estas clasificaciones, ya que conllevan una serie de elecciones como parámetros de entrada en el algoritmo, cuyos resultados no podemos verificar.

Sobre la composición obtenida con el método TTC y diferencia (sin máscara) se definieron 6 clases para realizar la clasificación supervisada. La estadística de esta clasificación (para las zonas quemadas) se muestra en la Tabla 2.

Clase 6= incendio	
85-86 (brillo)	43 ± 10
85-86 (verdor)	53 ± 11
85-86 (humedad)	39 ± 9
Area (ha)	228

**Tabla 2.** Estadística para las zonas quemadas de la clasificación supervisada (sin máscara) de la composición del método TTC y diferencia.

De las 228 ha de área quemada de la Tabla 2 corresponden a nuestro incendio 68 ha. Si se aplica la máscara (media ±  $\sigma$ ) el cambio es pequeño en la clase incendio en general, donde el área quemada pasa a 236 ha, siendo mayor en nuestro incendio, que se reduce a 50 ha.

En cuanto al área afectada por los incendios, se muestra la estadística de las dos clases de las tablas 1 y 2 frente al mapa de vegetación de campo (simplificada su leyenda a cuatro clases) en la Tabla 3. Como puede observarse, las zonas afectadas por los incendios son fundamentalmente los brezales y piornales (80-84% del área total) y los bosques (16-10%). En cuanto a nuestro incendio, se ha producido también en su mayoría en una zona de piornal y brezal (91-93%). El método de *diferencia de imágenes* parece dar menos errores que el *TTC*, en cuanto a que da menos zonas quemadas en prados y suelo desnudo.

	Diferencia	TTC
Bosques	25.38 (0.54)	21.69 (0.27)
Piornal-Brezal	127.89 (59.67)	190.62 (62.55)
Prados	6.57 (5.04)	13.95 (4.68)
Suelo desnudo	0.27 (0)	0.99 (0)
TOTAL	160.11 (65.25)	227.25 (67.5)

**Tabla 3.** Área (en ha) de las zonas quemadas en función de la cubierta vegetal afectada. Entre paréntesis se muestra nuestro incendio.

## CONCLUSIONES

El método de detección de cambios que da mejores resultados para detectar áreas quemadas en Asturias es el de *diferencia de imágenes*, seguido del *TTC* y *diferencia*.

Las clasificaciones que funcionan mejor son las supervisadas sin máscara, que dan 160-228 ha quemadas entre los años 85-86 en la hoja 76, de las cuales 65-68 ha corresponden al incendio conocido.

La cubierta vegetal más afectada por los incendios según estos métodos son los piornales y brezales.

## BIBLIOGRAFÍA

- BRUZZONE, L. and SERPICO, B. 1997: *Int. J. Remote Sensing*, 1997, vol 18, nº18, 3883-3888.
- GARCÍA-MANTECA, P. y FELICÍSIMO, A. 1989: *Comunicación en la III Reunión Científica de Trabajo en Teledetección*. Madrid, octubre 1989. AET. pp. 15-21.
- RECONDO GONZÁLEZ, C., MÉNDEZ MORENO, A., GARCÍA MANTECA, P., GONZÁLEZ MORADAS, R. y SÁEZ GARCÍA, E. 2001: *Mapping* 67, p. 24.
- RECONDO GONZÁLEZ, C., MENÉNDEZ GARRIDO, C., GARCÍA MANTECA, P., GONZÁLEZ MORADAS, R. y SÁEZ GARCÍA, E.: *Revista de Teledetección (AET)*, aceptado en la revista de diciembre 2000.