

## DETECCIÓN DE SUPERFICIES FORESTALES QUEMADAS EN CATALUÑA MEDIANTE IMÁGENES DE SATÉLITE DURANTE EL PERIODO 1975-93.

Raimon Salvador<sup>1</sup>, Jordi Valeriano<sup>1</sup>, Ricardo Díaz-Delgado Hdez<sup>1</sup> and Xavier Pons<sup>2,1</sup>.

<sup>1</sup> C.R.E.A.F. (Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals). Fac. Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona. Bellaterra. 08193 Barcelona. E-mail: rdiaz@creaf.uab.es

<sup>2</sup> Departament de Geografia. Universitat Autònoma de Barcelona. Bellaterra. 08193 Barcelona. E-mail: x.pons@cc.uab.es

*Palabras clave: Landsat MSS, NDVI, máscara, reflectancia, modelo de regresión lineal*

### Introducción

Desde el año 1975 hasta la actualidad, el sensor MSS, embarcado en la serie de satélites Landsat, ha estado ofreciendo de forma periódica imágenes digitales. Este hecho, y su resolución espacial (60 x 80 m) le convierten en uno de los sensores de observación de la tierra de mayor interés para el seguimiento y estudio de la evolución del paisaje vegetal (Hall *et al.*, 1991). Un ejemplo concreto de su aplicación es la caracterización del régimen de fuegos de zonas forestales (Minnich, 1983). En los ecosistemas mediterráneos el fuego determina en gran medida la estructura y la distribución espacial de las comunidades vegetales y de las especies vegetales (Johnston y Gutsell, 1994), si bien la estructura de la vegetación también marca, en cierto grado, la frecuencia y abasto de los incendios.

Precisamente, el proyecto de la CICYT AMB-0884 tiene como último objetivo el caracterizar el régimen de fuegos de las comunidades vegetales mediterráneas de Cataluña y determinar su influencia en los procesos de regeneración. En consecuencia, fueron adquiridas un centenar de imágenes completas del sensor MSS (4 canales) de los satélites Landsat 1, 2, 4 y 5, ya que para recoger toda la superficie de Cataluña se necesitan tres escenas enteras. Esta primera fase del proyecto ofrece como resultado de la metodología semiautomática desarrollada, empleada en la detección de superficies forestales quemadas, una cartografía de dichas superficies en el periodo 1975-93, así como los niveles de recurrencia de incendio. Se realizó una evaluación estadística de los resultados (matriz de confusión ver Chuvieco, 1996) con el fin de obtener los porcentajes de acierto del método empleado.

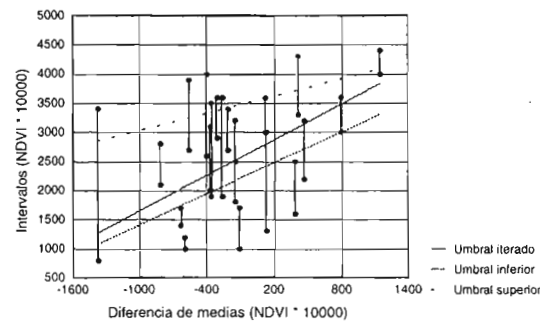
### Metodología aplicada

Todas las imágenes fueron corregidas geométrica y radiométricamente mediante un modelo polinómico (Palà y Pons, 1995) y de áreas invariantes (Pons y Solé-Sugranyes, 1994) respectivamente además de practicar una normalización de las diferentes bandas. Existen diversos métodos para discriminar los cambios producidos por los incendios, los cuales aparecen normalmente como repentinas disminuciones del recubrimiento vegetal. Algunos de los métodos más empleados son el Análisis de Componentes Principales (Fung y LeDrew, 1987), Clasificación supervisada (Hall *et al.*), el "Change Vector Analysis" (Lambin, 1996) y la resta de imágenes que fue el empleado (Kasischke *et al.*, 1993). La banda utilizada es el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) a partir de los canales en el rojo (2) e infrarrojo próximo (4), el cual resume la información radiométrica de los canales fuente (Mather, 1987). Se relaciona directamente con la cantidad de biomasa verde de forma independiente a las especies vegetales que forman la comunidad (Gamon *et al.*, 1995). La forma de obtenerlo se expone a continuación:

$$NDVI = \frac{\rho_{i, IRC} - \rho_{i, R}}{\rho_{i, IRC} + \rho_{i, R}}$$

Donde  $\rho$  son las reflectividades del píxel en la banda del Infrarrojo cercano y del rojo. Una vez aplicadas las máscaras de cultivos, de caducifolios, de nubes y de aguas continentales, las súbitas disminuciones del NDVI entre imágenes consecutivas de la serie (altos valores en la resta de imágenes) multitemporal fueron consideradas como zonas quemadas. Sin embargo, pudo observarse que la marcada fenología estival de la región mediterránea añadía superficies cambiantes pero no quemadas. Con lo cual se optó por utilizar diversas áreas detectadas como quemadas (21) y validadas por los inventarios de incendios de la administración a fin de establecer los umbrales a partir de los cuales podían discriminarse con mayor precisión las zonas quemadas. Mediante un modelo de regresión lineal simple se ajustaron tres rectas como se muestra en la fig. 1. que indican los umbrales máximo y mínimo de los valores de diferencia de imágenes que corresponden con un incendio y el umbral iterado generado por convergencia con todos los intervalos. Estos conformaron 2 métodos, el método del umbral iterado (B) y

el método de los umbrales mínimos y máximos que facilita la detección marcando como “semillas” las áreas y extendiéndolas con la máxima precisión de superficie detectada.



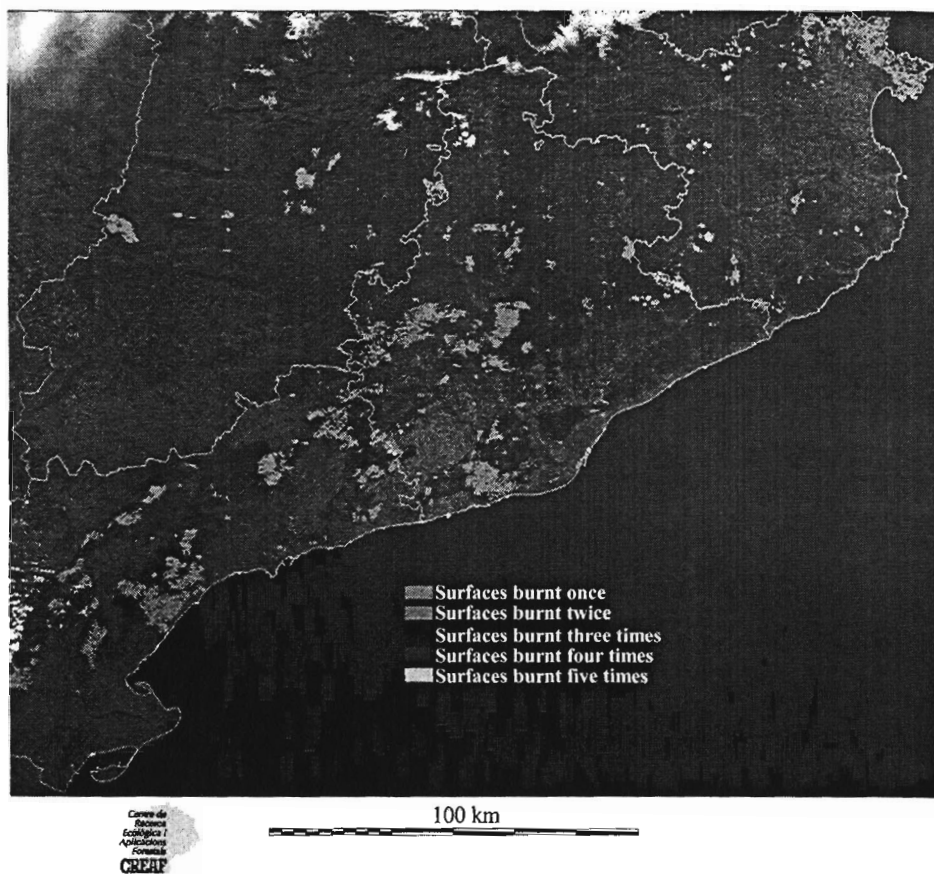
**Figura 1:** Gráfico de los intervalos de umbrales aplicables a cada uno de los 22 incendios utilizados para alimentar el modelo. Dichos intervalos se dan con relación a la diferencia de NDVI medio de las dos subimágenes entre las que se encontraba localizado el incendio.

### Resultados y evaluación estadística

Los dos métodos fueron aplicados a todos los pares consecutivos de subimágenes, ya que fueron divididas en 31 ventanas suponiendo un tipo de vegetación y unas condiciones ambientales semejantes. Cada umbral discriminó las súbitas disminuciones del valor de NDVI. El tamaño mínimo de área quemada considerado fue 30 ha. Para evaluar los resultados se contrastaron los resultados obtenidos para cada método con los ofrecidos por los inventarios de incendios elaborados por el Departament d’Agricultura, Ramaderia i Pesca desde el año 1983, los cuales disponen de la localización de cada fuego por municipio. La validación estadística muestra el porcentaje de acierto de omisión (incendios según DARP no detectados) y el porcentaje de acierto de comisión (superficies no quemadas y añadidas). Las gráficas muestran la evolución del porcentaje de acierto de cada método con respecto al tamaño mínimo considerado. El método A, ofrece para todas las superficies quemadas mayores o iguales a 30 ha un porcentaje de acierto en omisión del 53.36 % (175 incendios detectados); el B baja hasta un 43.6 %. Sin embargo, para incendios mayores de 200 ha, ambos mantienen un 78 %. Con respecto a comisión, el más certero parece ser el B, con un porcentaje de acierto del 91.08 %, a diferencia del A (menos restrictivo) con un 75.73 %. Esto es debido en gran medida al gran efecto fenológico que se produce en ciertas comunidades arbustivas laxas en periodo estival.

## Discusión

El mapa adjunto muestra los resultados obtenidos con el método B (el más preciso) y las frecuencias de incendio para cada superficie afectada por un fuego. Algunos factores parecen influir en el acierto de los métodos, tales como la moderada disponibilidad de imágenes, la imposibilidad de trabajar con imágenes de las mismas fechas, la marcada fenología estival de ciertas cubiertas vegetales, la recuperación rápida de la vegetación después del fuego, la radiometría de los suelos, deriva de los factores de calibración de los diferentes sensores empleados para todo el periodo (si bien la normalización lineal aplicada a toda la serie corrige este efecto), las diversas intensidades de fuego, y por último las actuaciones silvícolas, todas ellas como fuente de confusión. Aún así, los modelos aplicados (fig. 1) fueron desarrollados para minimizar todos los efectos mencionados mediante la elección de los umbrales de detección de los incendios.



## Conclusiones

- Las imágenes de satélite poseen un elevado interés para el mapeo de zonas quemadas. En consecuencia, es posible emplearlas para la caracterización del régimen de fuegos de Cataluña.
- Los modelos lineales empleados se basan en la resta de los NDVI y utilización de umbrales. Los resultados obtenidos parecen ser aceptables una vez contrastados con los inventarios procedentes de la administración, si bien deben ser considerados como discrepancias en lo que respecta al porcentaje de acierto en superficie y no como errores dada la dificultad de contabilizar la superficie quemada sobre el terreno.
- El método A da un mejor % de acierto en omisión, mientras que el B lo hace en comisión.
- Diversos factores causan imprecisión en el método. Algunos pueden ser minimizados, como la fenología y la limitada disponibilidad de imágenes con una mayor resolución temporal. Otros como las diferentes intensidades del fuego, los tratamientos silvícolas y la respuesta radiométrica de los suelos no parecen ser tan abordables

## Referencias

- Chuvieco E. 1996. Fundamentos de Teledetección espacial. (3ª ed.). Rialp, Madrid.
- Fung, T. and Le Drew, E. 1987. Application of principal components analysis to change detection. *PE&RS* 12: 1649-1658.
- Gamon, J.A., Field, C.B., Goulden, M.L., Griffin, K. L., Hartley A. E., Joel G., Peñuelas, J. and Valentini, R. 1995. Relationships between NDVI, canopy structure, and photosynthesis in three Californian vegetation types. *Ecological Applications* 5: 28-41.
- Hall, F. G., Botkin, D.B., Strebel, D.E., Woods K. D. and Goetz, S. J. 1991. Large-scale patterns of forest succession as determined by remote sensing. *Ecology* 72: 628-640.
- Jhonston, E. A. and Gutsell, S. L. 1994. Fire frequency models, methods and interpretations. *Advances in Ecological Research* 25: 239-283.
- Kasischke, E. S., French, H. F., Harrell, P., Christensen, N. L., Ustin, S. L. and Barry, D. 1993. Monitoring of wildfires in Boreal forests using large area AVHRR NDVI composite image data. *Remote Sens. Environ* 45: 61-71.

- Lambin, E. F. 1996. Change detection at multiple temporal scales: seasonal and annual variations in landscape variables. *PE&RS* 62: 931-938.
- Mather, P. M. 1987. Computer processing of remotely-sensed images. John Wiley & sons, New York. 351 pp.
- Minnich, A. M. 1983. Fire mosaics in Southern California and Northern Baja California. *Science* 219: 1287-1294.
- Palà, V and Pons, X. 1995. Incorporation of relief into a geometric correction based on polynomials. *PE&RS*. 7: 935-944.
- Pons, X. Y Solé-Sugrañes, L. 1994. A simple radiometric correction model to improve automatic mapping of vegetation from multispectral satellite data. *Remote Sens. Environ* 48: 191-204.