

# Cartografía, evaluación y seguimiento de grandes incendios forestales a partir de imágenes NOAA-AVHRR

M. P. Martín, E. Chuvieco y L. Domínguez.

*Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá de Henares. Colegios, 2, 28801 Alcalá de Henares*

## RESUMEN

Esta comunicación presenta los resultados obtenidos, a partir del análisis de imágenes NOAA-AVHRR, de un gran incendio forestal ocurrido en la costa mediterránea española. A partir de los índices de vegetación (NDVI), derivados de imágenes anteriores y posteriores al incendio, se utilizaron técnicas de detección de cambios para discriminar el área quemada. El mismo procedimiento se aplicó a los MVC, calculados a partir de los NDVI diarios, con objeto de comprobar los efectos de esta composición multitemporal sobre la estimación del área quemada. Aunque ambas estimaciones resultaron bastante precisas, la obtenida con las imágenes diarias ofreció mejores resultados. Finalmente, teniendo en cuenta la sensibilidad espectral del canal 3 para detectar focos de alta temperatura, realizamos el seguimiento de la evolución espacial del incendio a partir de las imágenes disponibles en los días que duró el evento.

**PALABRAS CLAVE:** Técnicas de detección de cambios, áreas quemadas.

## ABSTRACT

This paper presents some results obtained from the analysis of NOAA-AVHRR images over a large forest fire on the Mediterranean coast of Spain. Vegetation indices were generated for the days before and after the fire, and change detection techniques were applied to classify burned areas. The effect of misregistration errors in maximum value composites (MVC) were tested by comparing the accuracy of area estimation from both MVC and single NDVI images. Although both performed quite well, single NDVI cloud free and near nadir images provided better accuracy. Taking advantage of the spectral sensitivity of channel 3 to detect areas of high temperature, we have also monitored fire growth evolution using diurnal and nocturnal images.

**KEY WORDS:** Change detection techniques, burned areas.

## INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales constituyen uno de los principales problemas ecológicos planteados en el área mediterránea, debido a la extensión, frecuencia e intensidad que han adquirido en los últimos años. Uno de los problemas a los que deben hacer frente los países con alta incidencia de incendios forestales es la evaluación rápida de los efectos producidos por el fuego. Hasta hace muy poco tiempo, la delimitación del área quemada y la evaluación de daños se realizaba mediante trabajo de campo, recorriendo la zona afectada por el incendio, o a través de la interpretación visual de fotografías aéreas. Sin embargo, estos procedimientos, además de lentos (se llevaban a cabo semanas, e incluso meses después que el fuego hubiera ocurrido), resultaban poco precisos, pues ofrecían inventarios demasiado generales.

En los últimos años se han comenzado a aplicar nuevas técnicas que permiten una evaluación más certera de las áreas quemadas, tanto desde el punto de vista estadístico como cartográfico. Una de ellas es el empleo de la teledetección espacial que per-

mite obtener un inventario rápido y preciso de las superficies incendiadas, así como de su posterior dinámica. Gracias a la estabilidad orbital de los satélites de teledetección, podemos disponer de un seguimiento bastante exhaustivo de las características de la vegetación (composición, morfología), y de su estado previo y posterior al incendio. La información que aportan estos equipos sobre regiones del espectro no observables por medios convencionales (infrarrojo cercano, medio y térmico), resulta de gran valor para una evaluación precisa del área quemada (Tanaka et al, 1983; Chuvieco y Congalton, 1988), así como del proceso de recuperación de la misma tras el fuego, comparando las situaciones previas y posteriores al suceso (Jakubauskas et al, 1990).

## EL EMPLEO DE IMÁGENES NOAA-AVHRR EN LA CARTOGRAFIA Y EVALUACION DE ÁREAS QUEMADAS

En los últimos años se han desarrollado experiencias de gran interés sobre la cartografía de

áreas quemadas a partir de la teledetección espacial, utilizando, mayoritariamente, sensores de alta resolución espacial como Landsat-MSS y Landsat-TM (Hitchcock y Hoffer, 1974; Minick y Shain, 1981; Isaacson et al., 1982).

Por lo que respecta a los sensores de baja resolución como NOAA, su aplicación a la cartografía y evaluación de incendios forestales, se ha incrementado notablemente en los últimos años, siendo cada vez más frecuentes los trabajos de investigación en este campo. Su buena resolución espectral, junto a la adecuada resolución temporal y al tamaño medio de pixel, convierten al AVHRR, en el sensor actualmente más capacitado para abordar estudios de fenómenos dinámicos a pequeña escala.

La detección y cartografía de incendios con imágenes NOAA se ha basado hasta el momento, casi de forma exclusiva, en la utilización de los canales 3 y 4 (infrarrojo medio y térmico respectivamente) del sensor AVHRR (Chuvieco y Martín, 1993). Su eficacia para esta aplicación se ha demostrado en numerosos estudios, especialmente sobre áreas de difícil acceso y detección por medios convencionales, como es el caso de Indonesia, donde se utilizaron imágenes GAC para estudiar los incendios catastróficos ocurridos en 1983 (Malingreau, 1984), y Canadá (Flannigan y Vonder Haar, 1986), donde las imágenes en formato HRPT permitieron identificar, sobre un período de cinco días, un total de 355 incendios. Estudios similares se han llevado a cabo en la Amazonia (Matson y Holben, 1987; Setzer et al, 1988), China Jijia et al, 1989) y África ecuatorial (Langaas, 1992). En la Amazonia brasileña se han desarrollado varios proyectos para estimar el área total afectada anualmente por incendios forestales, con objeto de calcular la tasa de deforestación anual que está experimentando el país (Setzer y Pereira 1991b).

A pesar de que el canal 3 del AVHRR ha demostrado su utilidad, tanto para la detección como para la cartografía y evaluación de incendios forestales, existen varios factores que dificultan la utilización operativa de estas imágenes. Por un lado, el propio tamaño del pixel (en torno a 1 km<sup>2</sup> en el nadir), que condiciona la superficie mínima que debe estar ardiendo para que el incendio pueda detectarse en la imagen (Malingreau, 1990). Ese umbral depende bastante de la temperatura de combustión del incendio, así como del contraste térmico que ofrezca la superficie quemada con las otras cubiertas que ocupan un determinado pixel y no se encuentren ardiendo. El método multispectral propuesto por Dozier (1981) y Matson y Dozier (1981), con los canales 3 y 4 del AVHRR, soluciona en parte este problema. Esta técnica permite determinar la temperatura y extensión del incendio para un pixel parcialmente afectado por el fuego, comparando las diferencias en las radiancias de los canales 3 y 4, para ese pixel, y para los inmediatos al incendio. Sin embargo, este método presenta algunas limitaciones, como es la existencia de nubes o humo con

extensiones menores que el área de un pixel, que modificará los valores de las temperaturas y los resultados obtenidos. Asimismo, conviene notar que este método sólo puede utilizarse, cuando los canales 3 y 4 no están saturados, lo cual ocurre frecuentemente, puesto que un pixel puede alcanzar la temperatura de saturación incluso si sólo una pequeña porción del mismo está ocupada por el fuego (Setzer y Pereira, 1991a; Percita et al, 1991).

Otro problema ligado a la baja sensibilidad del canal 3, que se satura a los 47° C (320 K), es la posible confusión entre incendios y otros rasgos del paisaje muy calientes en las imágenes de verano, como bordes de nubes o suelos desnudos (Belward, 1991). Esta confusión es especialmente clara en los espacios agrícolas o suelos desnudos. Una forma de resolver el problema es acudir a imágenes nocturnas, en donde pierda importancia la temperatura debida al calentamiento directo del Sol, y sólo queden en evidencia los focos de calor activos (Malingreau, 1990; Langaas, 1992).

Otras fuentes de error derivadas del uso del canal 3 para la detección de incendios hacen referencia a la presencia de nubes (Flannigan y Vonder Haar, 1986; Hougham, 1987; Setzer y Pereira, 1991a), la hora de adquisición de las imágenes y la geometría del sensor (Setzer y Pereira, 1991a).

A pesar de que la mayoría de los trabajos se han centrado en la utilización del infrarrojo térmico, hemos encontrado algunos estudios de gran interés que demuestran la utilidad del NDVI para realizar una estimación de los efectos del fuego, a partir de estudiar los decrementos de este índice para las imágenes anterior y posterior al incendio. (Malingreau, 1984). También se ha comprobado esta sensible reducción en perfiles espaciales (Matson y Holben, 1987).

En un estudio más reciente, llevado a cabo sobre una amplia zona de bosque boreal en el interior de Alaska (Kasischke et al, 1993), se han utilizado dos imágenes obtenidas a partir del máximo valor compuesto (MVC), para la evaluación de áreas quemadas. La resta de ambas permitió evidenciar la eficacia del análisis multitemporal de los NDVI para detectar grandes incendios (hasta el 89'5% de fiabilidad en los superiores a 2.000 has) aunque la precisión disminuye para los demás de 1.000 has, hasta llegar al 73,2%.

## OBJETIVOS

El principal objetivo de este proyecto es evaluar las posibilidades de la aplicación de imágenes NOAA-AVHRR a la cartografía e inventario de superficies afectadas por incendios forestales, así como al seguimiento de la evolución espacial de grandes incendios. Como acabamos de ver, la mayoría de los proyectos desarrollados hasta el momento en este campo se han basado en la utilización del canal 3. Nuestro propósito era comprobar la fiabilidad del análisis multitemporal de índi-













