

ESTIMACIÓN DEL ÁREA QUEMADA POR INCENDIOS FORESTALES EMPLEANDO MODELOS DE MEZCLAS LINEALES

C. QUINTANO(*), J. A. DELGADO(**), Y. SHIMABUKURO (***) y A. FERNÁNDEZ (****)

menchu@tele.uva.es

(*) *Departamento de Tecnología Electrónica. C/ Francisco Mendizabal s/n
47014 Valladolid*

(**) *Departamento de Física Aplicada I. Av. Madrid s/n
Palencia*

(***) *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais Av. dos Astronautas, 1758 CP 515
12. 227-010 São José dos Campos - SP - Brasil*

(****) *Departamento de Ingeniería Agraria. Av. Astorga s/n
Ponferrada (León)*

RESUMEN: Los satélites utilizados en teledetección se están revelando como una herramienta más para la prevención y estudio de desastres naturales, entre los que se podrían incluir los incendios forestales. Este trabajo es una primera aproximación metodológica para determinar la validez del modelo de mezclas aplicado a una única imagen del satélite NOAA posterior al fuego, en la estimación del área quemada por grandes incendios. La zona de trabajo elegida ha sido el Levante español, dada la frecuencia y dimensión de los incendios forestales en esta región. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se puede afirmar que la metodología presentada es válida para estimar de forma general el área quemada por grandes incendios.

ABSTRACT: Remote sensing satellites are revealing like another tool for the prevention and study of natural disasters, among those ones the forest fires could be included. This work is a first methodological approach to determine the validity of the Spectral Mixture Analysis, SMA, applied to an only NOAA-AVHRR image (later to the fire), to estimate the burned area by large scale forest fires. The chosen work area has been Levante (Spain), given the frequency and dimension of the forest fires in this region. Keeping in mind the obtained results, it's possible to affirm that the presented methodology is valid to estimate in a general way the burned area.

Palabras clave: teledetección, mezclas lineales, incendios forestales, imágenes AVHRR.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Es innegable el número de grandes incendios que tienen lugar en España cada año, y es también incuestionable la utilidad de los satélites de teledetección para la prevención y estudio de los incendios forestales. Considerando estas dos ideas el Laboratorio de Teledetección de la Universidad de Valladolid (LATUV) ha llevado a cabo diversos estudios basados en imágenes de satélite para prevenir incendios, detectar focos y evaluar los daños ocasionados por el fuego. El presente estudio sigue la línea de trabajo anterior, siendo uno de sus objetivos generales evaluar las posibilidades de la aplicación de las imágenes adquiridas por el sensor AVHRR a bordo de los satélites de la serie NOAA a la cartografía e inventario de superficies afectadas por grandes incendios forestales (mayores de 500 ha).

La mayor parte de las aplicaciones de las imágenes NOAA a la cartografía de incendios realizan un análisis multitemporal basado en el brusco cambio producido en la cubierta vegetal por el incendio. Sin embargo, existen algunos factores externos que pueden provocar cambios en la cubierta similares a los producidos por los incendios (cosecha de algunos cultivos de secano, por ejemplo), lo cual dificulta enormemente la interpretación de la imagen de cambios obtenida. El enfoque contrapuesto al multitemporal es el estudio unitemporal. En este caso se tomará como punto de partida una imagen, o una composición temporal de varias, a partir de la cuál se discriminarán las áreas afectadas por el fuego.

En este trabajo se siguió un enfoque unitemporal, y se aplicó el modelo de mezclas lineales para determinar su validez en la estimación del área quemada por un

incendio. La zona de trabajo elegida para el ensayo metodológico ha sido el Levante español, debido a la frecuencia y dimensión de los incendios forestales en esta región.

MATERIAL Y MÉTODOS

Zona de estudio

La zona de trabajo considerada se localiza en la Comunidad Valenciana (España), concretamente se estudiarán dos zonas afectadas por el fuego: Millares en Valencia y Alto Mijares en Castellón. Los incendios estuvieron activos entre los días 4 y 12 de julio de 1994, y 3 y 10 de julio de 1994, respectivamente y la superficie afectada por el fuego fue 25 930 ha y 19310 ha, según los datos proporcionados por el antiguo Instituto para la Conservación de la Naturaleza, ICONA, hoy Ministerio de Medio Ambiente, MMA, (ICONA, 1994).

Imágenes empleadas

Se han empleado la serie de imágenes adquiridas por el sensor AVHRR del satélite NOAA desde el 14 de julio hasta el 31 de agosto de 1994.

También han sido utilizadas dos imágenes vectoriales del perímetro de los incendios considerados, según los datos proporcionados por el MMA. Estas últimas se emplearán en la última fase del estudio en la que se valorarán los resultados obtenidos.

Métodos de análisis

En cuanto a la metodología empleada, las imágenes originales AVHRR han atravesado las siguientes etapas de trabajo:

1. Preprocesamiento de las imágenes.

Como paso previo a cualquier intento de desarrollo metodológico fue preciso someter a dichas imágenes a diferentes tratamientos: corrección geométrica o georreferencia, calibración, para obtener los albedos y temperaturas de brillo, y detección de zonas contaminadas por nubes. Todos estos procedimientos constituyen lo que se denomina el preprocesamiento de las imágenes y se ha llevado a cabo mediante software desarrollado por el grupo de trabajo del LATUV. (Illera *et alii*, 1995, Delgado, 1991) En esta etapa inicial se calculó también la imagen NDVI para cada una de las fechas consideradas.

2. Modelo de mezclas.

El modelo lineal de mezclas estima las proporciones de los componentes básicos o puros existentes en cada píxel de la imagen a partir de la respuesta espectral en las diferentes bandas de la imagen de satélite. En este caso, se considerarán tres componentes básicos: suelo,

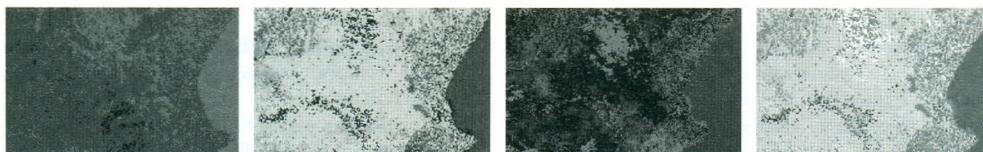
vegetación y sombra. (Shimabukuro y Smith, 1991). Una vez planteado el sistema de ecuaciones, se obtienen tres imágenes de bandas sintéticas que representan la proporción de vegetación, suelo y sombra existente en cada píxel.

Pero antes de aplicar propiamente el modelo habrá que identificar la firma espectral de los componentes puros considerados. En este trabajo dicha firma espectral se ha extraído de las propias imágenes a las que se aplicará el modelo de mezclas. Son muchos los autores que defienden la extracción de estas firmas de la propia imagen en lugar de emplear librerías. Kerdiles, (1995) afirma que no es aconsejable utilizar librerías para cubiertas vegetales ya que las propiedades espectrales de éstas varían con factores tales como la climatología, la atmósfera, y el paso del tiempo; factores no considerados habitualmente en las librerías de espectros. Gong (1994) tras aplicar el modelo de mezclas a una imagen utilizando dos conjuntos de firmas espectrales, una obtenida de librerías y otra obtenida de la propia imagen, concluyó que el error cuadrático medio de la solución empleando firmas obtenidas a partir de una librería presentaba cierta polaridad en su distribución, mientras que el obtenido empleando firmas extraídas de la imagen estaba uniformemente distribuido, por lo que las imágenes fracción obtenidas en el segundo caso presentaban el mismo grado de exactitud en todos los píxeles.

En este trabajo, para el componente sombra se ha tomado una muestra en una zona de agua, y para los componentes vegetación y suelo se tomaron muestras en zonas en las que se conocía la existencia de estos tipos de cubierta. Una vez definidos espectralmente los tres componentes básicos se aplicó el modelo de mezclas lineales a las bandas 1 y 2 y se obtuvieron las imágenes fracción (figura 1).

3. Postprocesamiento.

Se ha realizado una composición de imágenes de valor NDVI máximo para las fracciones obtenidas en el proceso anterior. De forma se ha podido trabajar con una sola imagen fracción para cada componente puro después del incendio y se han minimizado los errores debidos a la posible existencia de nubes.



a) Fracción sombra.

b) Fracción vegetación.

c) Fracción suelo.

d) Composición de color.

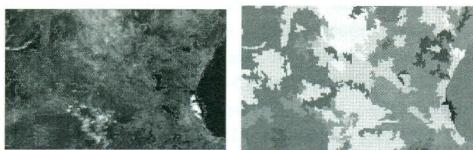
Figura 1. Imágenes fracción, zoom levante.

(Ver figura en color en la página 673)

4. Segmentación y clasificación.

La clasificación estadística, que es el procedimiento convencional de análisis digital de imágenes, constituye un proceso de análisis de píxeles de forma aislada. Esta perspectiva presenta la limitación de que el análisis puntual se base únicamente en atributos espectrales. Para superar estas limitaciones, se propone el uso de la segmentación de imágenes, como una fase previa a la fase de clasificación (INPE, 1996). En el proceso de segmentación, se divide la imagen en regiones que deben corresponder a las áreas de interés de la aplicación.

Para efectuar la clasificación de las imágenes segmentadas, se empleó un algoritmo de agrupamiento de datos no supervisado, para agrupar las regiones anteriormente obtenidas partir de una medida de similitud entre las mismas. (Figura 2)



a) Segmentación (15, 20)

b) Clasificación (75%)

Figura 2. Segmentación y clasificación de las imágenes fracción sombra y NDVI.

(Ver figura en color en la página 673)

5. Identificación de la clase 'QUEMADO'.

El objetivo de esta etapa es la identificación de la clase 'Queimado' dentro de todas las clases definidas por el clasificador en la etapa anterior, para aislar los píxeles correspondientes a zonas afectadas por incendios del resto de los píxeles de la imagen. Para ello, se consideró la información procedente de la imagen de la banda 3 (térmica), y se etiquetaron como clase 'Queimado', las clases cuyos píxeles presentaban unos valores en la banda 3 superiores al número digital 250.

6. Verificación de resultados.

Una vez aislados en toda la península los píxeles teóricamente afectados por un incendio, se calcularon las matrices de error, relacionando la imagen verdadero-terreno de cada incendio considerado (obtenida mediante la rasterización de la imagen vectorial del perímetro del incendio proporcionado por el MMA) con las diferentes imágenes de las áreas estimadas en cada combinación segmentación-clasificación realizada en la etapa anterior. (IDRISI) A partir de estas matrices de error, se seleccionaron las mejores imágenes clasificadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A la vista de los resultados obtenidos en las matrices de confusión, se pudo observar que la metodología presentada es válida para estimar de forma general el área quemada por grandes incendios empleando una imagen AVHRR de fecha posterior al fuego. Los índices Kappa obtenidos son siempre superiores a 0,7. La gran ventaja del método de trabajo presentado es que la única fuente de información realmente imprescindible es una imagen posterior al incendio. También se observa que los resultados son más precisos para el incendio de mayor superficie quemada: Millares en Valencia (25 930 ha).

Respecto a las imágenes que han de formar parte en el proceso de segmentación, se observa que la imagen fracción suelo no aporta información. Asimismo, se ha comprobado que los mejores resultados corresponden a la segmentación conjunta de la imagen fracción sombra y la imagen NDVI. Esta selección de imágenes que han de tomar parte en el proceso de segmentación posterior se debe a que la componente suelo no se ve afectada en gran medida por el fuego: antes del incendio la gran mayoría de los píxeles incendiados presentaban valores elevados en la componentes vegetación, medios en la sombra (se trataba de un bosque) y bajos en la componente suelo; y tras el incendio estos valores se trastocan disminuyendo la componente vegetación y aumentando la componente sombra, pero la componente suelo apenas se ve influenciada. Este comportamiento ya ha sido

observado por otros autores: el equipo de dos Santos (1998) indica que una determinada componente forestal al sufrir la acción del fuego sufre una dislocación espectro-textural de la región situada próxima al vértice de la componente vegetación para el de la componente sombra, dependiendo de la magnitud e intensidad de la quema.

El empleo de la imagen NDVI en lugar de la imagen fracción vegetación proporciona mejores resultados. Esto es así porque no hay que olvidar que la imagen fracción vegetación, debido a la escasez de bandas en el modelo de mezclas acumula todos los errores de este proceso, además teóricamente la imagen fracción vegetación debe presentar una alta correlación con la imagen NDVI por lo que se ha decidido emplear esta última en lugar de la primera.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados anteriores se puede afirmar que la metodología propuesta es válida para calcular áreas de zonas quemadas en grandes incendios de forma general, aunque no permite obtener una precisión elevada. La contrapartida es que al emplear esta forma de trabajo sólo es necesario disponer de una imagen posterior a la fecha del incendio. Por lo tanto, si se analiza la relación precisión en la detección del área dañada vs. información necesaria para estimarla, la metodología propuesta es una buena alternativa frente a otros métodos de trabajo existentes.

BIBLIOGRAFÍA

CAVES, R. G. and S. QUEGAN. 1995. "Land Cover Classification Using SAR: a comparison of the segmentation and filtering approaches." IGARRS'95, Firenze-Italy, 10-14 July, Vol. II, pp 907-909.

DELGADO, J. A. 1991. "Clasificación y análisis de nubes mediante imágenes Meteosat." Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid. Valladolid.

DOS SANTOS, J. R., M. S.PARDI, L. SPINELLI y H.A. MAGALHAES. 1998. "El proceso de quema de biomasa de bosque tropical y de sabanas en la Amazonia Brasileira: experiencias de monitoreo con datos ópticos y de microondas." Serie Geográfica. Incendios forestales. Universidad de Alcalá de Henares. España. Vol. 7, pp 97-108.

GONG, P., J. MILLER y M. SPANNER. 1994. "Forest Canopy Closure from Classification and Spectral Unmixing

of Scene Components - Multisensor Evaluation of an Open Canopy." IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. Vol. 32, núm. 5. pp. 1067-1079.

ICONA (Instituto para la Conservación de la Naturaleza). 1994. "Los incendios forestales en España durante 1994. Avance Informativo." Subdirección General de Protección de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (En la actualidad Ministerio de Medio Ambiente)

INPE-DPI (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Departamento do processamento de Imagens.). 1999. "Manual do usuario do SPRING: versao 3.4." Sao Jose dos Campos, SP

ILLERA, P., DELGADO, J. A., and CALLE, A. 1995. "A navigation algorithm for satellite images." International Journal of Remote Sensing. Vol.15. pp. 577-588.

KERDILES, H. y M. GRONDONA. 1995. "NOAA-AVHRR NDVI Decomposition and Subpixel Classification Using Linear Mixing in the Argentinean Pampa". International Journal of Remote Sensing. Vol. 16, núm. 7. pp. 1303-1325.

MARTIN, M. P., E. CHUVIECO, 1999. "Cartografía de grandes incendios forestales en la península Ibérica a partir de imágenes NOAA-AVHRR." Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Albacete.

SHIMABUKURO, Y. y J. SMITH. 1991. "The least squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data." IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. Vol 29, pp 16-20.

SHIMABUKURO, Y., G. T. BATISTA, E. M. K. MELLO, J. C. MOREIRA y V. DUARTE. 1998. "Using shade fraction image segmentation to evaluate deforestation in Landsat TM images of the Amazon Region." International Journal of Remote Sensing. Vol. 19, núm. 3. pp. 535-541.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado durante una estancia del primer autor en el Instituto nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), financiada por la Universidad de Valladolid, y es parte del estudio que está realizando para concluir la Tesis Doctoral.