

CARTOGRAFÍA DE GRANDES INCENDIOS FORESTALES EN LA PENÍNSULA IBÉRICA A PARTIR DE IMÁGENES NOAA-AVHRR

M.P. Martín y E. Chuvieco

ggmpmi@geogra.alcala.es

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

RESUMEN

En este trabajo se evalúan las posibilidades de la aplicación de 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 a escala regional y tomando como área piloto la Península Ibérica. Se han utilizado una serie de imágenes AVHRR adquiridas entre los meses de junio y septiembre de los años 1991, 1994 y 1995. Destaca como aportación metodológica en este campo el diseño de un índice espectral optimizado para la discriminación de áreas afectadas por incendios a partir de la información que proporcionan los canales visible e infrarrojo cercano de las imágenes NOAA-AVHRR.

ABSTRACT

Global-scale burned-land mapping was approached from NOAA-AVHRR images, since they provide proper spatial and spectral resolution for such studies, and are very accessible. For the purposes of this research a series of AVHRR data were obtained for the Iberian Peninsula covering the summer season (June to September) in 1991, 1994 and 1995. A new index, specifically designed for burned area mapping was applied taking into account the spectral behaviour of those areas in the AVHRR red and near infrared bands.

Palabras clave: NOAA-AVHRR, grandes incendios forestales, índices espectrales, cartografía.

INTRODUCCIÓN

Resulta evidente la considerable importancia que el fenómeno de los grandes incendios tiene en nuestro país. Ello justifica la adopción de medidas especiales para su prevención y contención, sobre todo si tenemos en cuenta que las consecuencias que se derivan de este tipo de incendios pueden ser muy graves a corto y largo plazo. La falta de datos precisos (fundamentalmente de carácter espacial) sobre la incidencia histórica de este fenómeno dificulta la obtención de conclusiones sobre los factores variables y constantes que determinan su ocurrencia. El presente trabajo se inscribe en la búsqueda de una solución a esta carencia de información espacial sobre el fenómeno de los grandes incendios.

La observación de la Tierra que realizan los satélites de teledetección se ha demostrado muy valiosa para el estudio y la prevención de desastres naturales, como sequías, erupciones volcánicas o inundaciones. También para el caso concreto de los incendios forestales la teledetección ha demostrado ser sumamente útil, pues su componente multitemporal permite abordar un estudio de la zona siniestrada, antes y después de ocurrir el fenómeno, con lo que pueden seguirse los efectos del problema y la evolución ecológica del área afectada.

OBJETIVOS

En este trabajo se evalúan las posibilidades de la aplicación de 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 has) a escala regional (Martín, 1998). Para abordar este estudio se ha elegido como área piloto la Península Ibérica. La frecuencia y dimensión que los incendios forestales suelen alcanzar en esta región hacen que resulte idónea para ensayar la metodología que en este trabajo se propone, ya que las imágenes NOAA-AVHRR restringen su empleo a grandes incendios como consecuencia de su resolución espacial, al tiempo que su amplio radio de cobertura favorece su utilización en estudios a escala regional y/o global.

Hemos realizado el ensayo metodológico sobre ese ámbito mediterráneo, a partir de una serie multitemporal de imágenes NOAA-AVHRR adquiridas entre los meses de junio y septiembre de los años 1991, 1994 y 1995. El proceso metodológico consistió, básicamente, en la corrección geométrica de las imágenes, su análisis radiométrico, el cálculo de variables derivadas de la información contenida en las imágenes originales y su posterior tratamiento de cara a obtener, en primer lugar, una metodología que permita

aislar los *pixels* correspondientes a zonas afectadas por incendios del resto de los *pixels* de la imagen. La metodología desarrollada en esta primera fase del trabajo debe cumplir el doble objetivo de ser consistente en el espacio y en el tiempo, lo que hará posible su aplicación a escala nacional al finalizar la temporada de incendios. Una vez aislados en toda la Península los *pixels* afectados por un incendio, nuestra segunda fase de análisis se centra en la delimitación y cartografía de todo el área dañada, con objeto de realizar una estimación precisa de la superficie afectada por el fuego. En este caso, la solución metodológica se simplifica al reducirse el área de aplicación (de toda la Península a la zona próxima a cada incendio).

METODOLOGÍA

Antes de abordar cualquier intento de desarrollo metodológico, fue preciso realizar un análisis exhaustivo de los datos disponibles. El primer paso consistió en verificar visualmente cada una de las 144 imágenes con objeto de eliminar aquellas que no fueran válidas para el estudio. Fueron descartadas todas las imágenes con abundante cobertura nubosa, así como aquellas que no cubrían, al menos, el 50 % del área de estudio. Finalmente se retuvieron como válidas un total de 94 imágenes.

Sobre estas imágenes se realizó un exhaustivo análisis radiométrico y geométrico con objeto de comprobar la consistencia temporal de las series. Los problemas radiométricos se solucionaron en parte mediante la calibración de las bandas originales, transformando los valores digitales en valores de albedo y temperaturas de brillo. Los problemas geométricos observados tras la corrección de las imágenes mediante modelos orbitales se solucionaron con la utilización de un método semi-automático de ajuste basado en puntos de control.

Una vez depurados los datos originales se procedió a generar las variables derivadas que consideramos útiles para su aplicación a la cartografía de incendios. Se comenzó con el cálculo de varios índices de vegetación, tradicionalmente empleados en este tipo de aplicaciones. Los IV calculados fueron el NDVI, SAVI y GEMI. Consideramos igualmente apropiado estudiar la posibilidad de generar un índice optimizado para la discriminación de áreas quemadas, teniendo en cuenta el comportamiento que suelen presentar estas zonas en las bandas espectrales disponibles para nuestro estudio (aquellas en las que recoge información el sensor AVHRR). Para la formulación del índice tomamos como referencia el trabajo de Verstraete y Pinty (1996) sobre diseño de índices espectrales óptimos. De acuerdo a estos autores el

comportamiento radiativo representativo de una cubierta tiende a converger en el espacio espectral hacia un punto común que difiere en función del tipo de cubierta o incluso de sus características peculiares. Asumimos, por tanto, que un índice idóneo para discriminar áreas quemadas podría ser definido por una función de su proximidad espectral a los valores de referencia que se consideran característicos de las zonas quemadas. Esa proximidad podría definirse como la distancia euclidiana entre el valor de albedo que representa a cada *pixel* de la imagen y el valor del punto de convergencia antes aludido, en el espacio espectral considerado.

La cartografía de incendios se realizó, como ya mencionamos, en dos fases una centrada en la discriminación de los *pixels* probablemente afectados por incendios y otra encaminada a delimitar con mayor precisión el área afectada en cada uno de ellos. Para la fase de discriminación se aplicaron distintas técnicas basadas en el establecimiento de umbrales sobre los índices de vegetación y el índice de área quemada tomando como referencia imágenes diarias y compuestos multitemporales. En esta ocasión no se utilizó el tradicional método de compuestos del máximo valor del NDVI (MVC) sino que se optó por una solución distinta, más apropiada al objeto de nuestro estudio (las áreas quemadas). Así, en este caso, los valores de los compuestos multitemporales se obtuvieron tomando como referencia el día con la máxima temperatura de brillo en el Canal 4 de la serie de imágenes analizada.

Para la segunda fase del proceso se aplicó un método basado en las distancias a un punto ideal definido en función de las características espectrales de las áreas quemadas y en la distancia a los *pixels* discriminados como incendios en la etapa anterior. Para la definición de la distancia necesitábamos generar una variable que midiera la distancia espectral a las áreas discriminadas como quemadas, ya que la distancia geográfica puede calcularse fácilmente a partir de algoritmos de proximidad incluidos en cualquier SIG. Esa variable espectral debería cumplir dos propiedades: por un lado, que realizara la señal de la vegetación quemada, especialmente de la procedente de cubiertas no afectadas por el fuego; por otro, que fuera suficientemente estable radiométricamente, de cara a garantizar su aplicación automática a los tres años de nuestro estudio. Estas condiciones se cumplían, teóricamente al menos, con la técnica del Análisis Lineal de Mezclas Espectrales (ALME), que permitía deducir un componente puro de áreas quemadas, de sentido físico, y por tanto extrapolable

a otros años. Con este método se generaron los mapas de los grandes incendios ocurridos en la Península Ibérica en los 3 años de estudio (figura 1).

RESULTADOS

La verificación de los distintos procedimientos se realizó tomando como referencia las estadísticas oficiales sobre grandes incendios obtenidas de la DGCN (Tabla 1). Se comprobaron tanto los errores de comisión como los de omisión, llegando a la conclusión de que los umbrales simples basados en los valores de media y desviación típica y aplicados a los compuestos multitemporales del índice de área quemada, ofrecían los mejores resultados (más del 80 % de los incendios correctamente detectados y el 100 % para los incendios mayores de 1.000 has).

Los sectores más vulnerables a los grandes incendios resultaron ser, a la vista de estos mapas, la franja levantina y el centro-norte de Portugal.

Gracias a la creación de una base de datos auxiliar fue posible interpretar la cartografía resultante en función de algunos factores que pueden determinar la ocurrencia de grandes incendios en la Península Ibérica (topografía, clima y vegetación). Se observaron relaciones de gran interés, que apuntan a un claro efecto de control de esas variables medioambientales sobre la incidencia de este fenómeno, especialmente en lo que hace referencia al tipo de vegetación (Tabla 2) y las características climáticas del área.

BIBLIOGRAFÍA

Verstraete, M. M. y B. Pinty (1996): Designing optimal spectral indexes for remote sensing applications. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **34**: 1254-1265.

Martín, M.P. 1998. Cartografía e inventario de incendios forestales en la Península Ibérica a partir de imágenes NOAA-AVHRR. Tesis doctoral. Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación forma parte de una tesis doctoral realizada con el apoyo económico del Ministerio de Educación y Cultura a través del programa de becas de formación de personal investigador. Parte del desarrollo metodológico se realizó en el ámbito del proyecto MegaFiRES (ENV-CT96-0256) financiado por la Unión Europea. Nuestro agradecimiento a los organismos e instituciones que

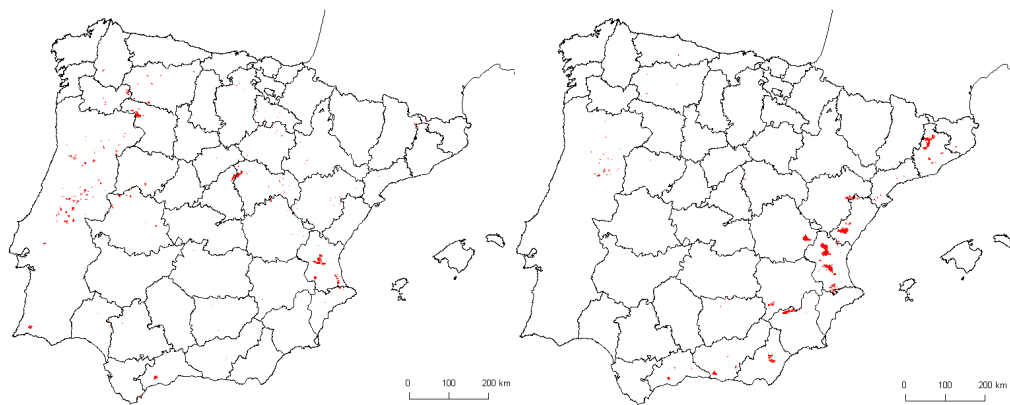
Tabla 1.- Verificación de los resultados obtenidos con las distintas técnicas de discriminación de áreas quemadas para el año 1994. Porcentaje de acuerdo con las estadísticas oficiales

	COMPUESTOS IAQ-MAXTb4			IMÁGENES
	Umbrales simples	Comparación de compuestos	Umbrales multitemporales	DIARIAS
				ISODATA
Nº Total incendios	74,2	68,6	88,5	54,2
500 - 1.000 has	28,6	14,2	42,8	14,2
1.000 - 2.000 has	75	75	100	50
2.000 - 3.000 has	100	75	100	25
3.000 - 4.000 has	100	100	100	100
> 4.000 has	85,7	85,7	100	78,5
Errores de comisión	32	30	31	15
(% pixels discriminados sobre incendios sobre áreas no afectadas)				

Tabla 2.- Distribución de las áreas quemadas según tipo de vegetación

Tipo de cobertura	No Quemado		Quemado		Total	
	Pixels	%	Pixels	%	Pixels	%
Agrícola	77186	26,07	225	7,10	77411	25,87
Pastos y prados	64573	21,81	61	1,92	64634	21,60
Matorrales	81679	27,59	1665	52,54	83344	27,85
Frondosas	27835	9,40	62	1,96	27897	9,32
Coníferas	36146	12,21	1131	35,69	37277	12,46
Bosque mixto	8628	2,91	25	0,79	8653	2,89
Total	296047	100,00	3169	100,00	299216	100,00

nos facilitaron la información necesaria para la elaboración del trabajo: la Dirección General para la Conservación de la Naturaleza, la Dirección General del Medio Natural de la Generalitat de Cataluña y el Centro Nacional de Información Geográfica de Portugal, que nos facilitaron la información necesaria para abordar el proceso de verificación de resultados; y el Centro Común de Investigación de la Unión Europea que puso a nuestra disposición las imágenes utilizadas en este estudio.



a) Año 1991

b) Año 1994



c) Año 1995

Figura 1.- Cartografía de los incendios ocurridos en la Península Ibérica en los años 1991, 1994 y 1995