

INCENDIOS DETECTADOS EN EL VERANO DE 2000 Y ANOMALÍAS EN EL NDVI: ANÁLISIS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS

A. VÁZQUEZ⁽¹⁾, F. GONZÁLEZ-ALONSO⁽¹⁾,
A. CALLE⁽²⁾, J.L. CASANOVA⁽²⁾ y J.M. CUEVAS⁽¹⁾

vazquez@inia.es

⁽¹⁾ Laboratorio de Teledetección, CIFOR-INIA, Cta. A Coruña km 7, 28040 Madrid, España

⁽²⁾ LATUV, Universidad de Valladolid, Prado de la Magdalena s/n, 47071 Valladolid, España

RESUMEN: En esta comunicación se combinan datos procedentes del sensor AVHRR con la finalidad de evaluar las relaciones entre las anomalías en el NDVI en España peninsular y Baleares en los cuatro meses del verano de 2000 y los focos activos de incendio detectados en el mismo periodo. El análisis se ha realizado por medio de las proporciones relativas de píxeles afectados por el fuego en las distintas clases de anomalía establecidas para todo el territorio y para las distintas Comunidades Autónomas por separado. Nuestra hipótesis inicial es que los incendios se registraron preferentemente en zonas con anomalía negativa, esto es con valores del NDVI inferiores a la media del periodo de referencia. Los resultados obtenidos confirman en gran medida la hipótesis planteada aunque el patrón de relaciones obtenido varía en las distintas Comunidades Autónomas.

ABSTRACT: In this communication we combine data from the AVHRR sensor in order to evaluate the relationships between the anomalies in the NDVI in peninsular Spain and Baleares during the four summer months of the year 2000 and the active "hot spots" detected in the same period. The analysis was performed using the relative proportions of pixels affected and non affected by fire in the several anomaly classes for the whole territory and for each of the "Comunidades Autónomas". Our starting hypothesis is that forest fires are registered in higher proportions in the negative anomaly classes, that is, with NDVI values lower than the normal in the reference period. The results obtained supported the hypothesis although the relationship pattern is not the same in the different "Comunidades Autónomas".

Palabras clave: NDVI, incendios forestales, AVHRR

INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales son una perturbación de carácter recurrente que condiciona, en ocasiones de manera determinante, la vegetación de numerosas regiones (Moreno *et al.*, 1998). La incidencia de los incendios forestales sobre un territorio concreto depende de numerosos factores. El vigor de la vegetación y el estado hídrico de los combustibles pueden determinar la probabilidad de ignición y condicionar la propagación del fuego. El estado de la vegetación puede ser evaluado, por medio de las desviaciones en el valor del Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) en un periodo concreto con respecto al valor medio en un periodo de referencia, lo que denominamos anomalías en el NDVI (López-Soria *et al.*, 1991; González-Alonso *et al.*, 1998). Por otra parte, hay distintas iniciativas internacionales

como la World Fire Web (WFW) que proporcionan la localización diaria de los focos de calor, generalmente incendios forestales activos, a nivel global a partir de las bandas del infrarrojo y del visible del sensor AVHRR.

El objetivo de esta comunicación es combinar estas dos fuentes de información y evaluar las relaciones entre las anomalías en el NDVI en España peninsular y Baleares en los cuatro meses del verano de 2000 y los focos activos detectados en el mismo periodo. Este análisis se ha llevado a cabo por medio de las proporciones relativas de píxeles afectados por el fuego en las distintas clases de anomalía establecidas para todo el territorio y para las distintas comunidades autónomas. La hipótesis inicial es que los incendios se registraron preferentemente en zonas con anomalía negativa, esto es con valores del NDVI inferiores a la media del periodo de

referencia. Además, esta relación sería más clara en aquellas comunidades en las que la incidencia del fuego estuviese más relacionada con las precipitaciones que con las temperaturas.

MATERIAL Y MÉTODOS

La zona de estudio ha sido España peninsular y Baleares. La superficie forestal se ha obtenido por medio del remuestreo a 1 km de los datos del proyecto CORINE Land Cover (NATLAN, 2000) con una resolución inicial de 250 metros. De las 49 categorías presentes, se han eliminado las consideradas como no forestales. Los píxeles con cursos de agua o embalses se han excluido también. A partir de los ficheros vectoriales correspondientes a la hidrología 1:1.000.000 proporcionada por el Instituto Geográfico Nacional y rasterizados a píxeles de 1 km. La superficie final ha estado próxima a los 24 millones de ha.

Comunidad Autónoma	Píxeles con incendios	
	Número	%
Todas las CCAA	2.809	1,2%
Galicia	408	2,2%
Asturias	82	1,3%
País vasco	15	0,4%
Navarra	27	0,5%
Castilla-León	444	1,0%
Aragón	76	0,4%
Madrid	59	1,5%
Castilla-La Mancha	182	0,5%
Extremadura	432	1,7%
Cataluña	79	0,5%
Valencia	91	0,8%
Baleares	23	1,5%
Murcia	61	1,7%
Andalucía	826	2,1%

Tabla 1. Píxeles en los que se han detectado incendios de junio a septiembre de 2000 en las distintas comunidades autónomas y porcentaje respecto a la superficie de referencia en cada Comunidad Autónoma. Las CCAA con menos de 15 píxeles afectados están excluidas.

Focos de incendios detectados en la WFW

La WFW es un sistema para localizar globalmente los incendios de vegetación desarrollado por el Space Applications Institute (SAI) del Joint Research Center. Las imágenes del satélite NOAA AVHRR son adquiridas por una red de estaciones receptoras que procesan los datos en cadena para detectar los incendios registra-

dos diariamente y proporcionar en cada nodo las coordenadas de los incendios detectados. Esta detección se realiza a partir de los cinco canales visibles e infrarrojos y se basa en algoritmos contextuales. En este trabajo se han empleado los datos diarios disponibles en el nodo de Maspalomas de junio a septiembre de 2000. La WFW se encuentra en estos momentos en desarrollo y algunos de los focos detectados pueden no corresponder a incendios reales (Dwyer *et al.*, 2000). Los focos detectados se han rasterizado sobre imágenes con un tamaño de píxel de 1 km. El procedimiento empleado en la rasterización recodifica como afectado por el fuego cada píxel con uno o más focos detectados.

Anomalías en el NDVI para el periodo 1995-98

Las imágenes del NDVI empleadas están también basadas en datos NOAA-AVHRR elaboradas por el Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum (DLR) y recuperadas gracias al sistema ISIS (Intelligent Satellite Data Information System). Las imágenes empleadas corresponden a compuestos mensuales de los valores máximos diarios del NDVI para los meses de junio a septiembre de 1995-98 y 2000. Una de las imágenes se corrigió geométricamente por medio de 39 puntos de control (RMSE= 0,89) y remuestreo del vecino más próximo mientras que las restantes se han corregido a ésta. El tamaño de píxel se ha establecido en 1 km. A partir de estas imágenes mensuales del NDVI se han calculado las anomalías para el periodo junio a septiembre de 2000, tomando como periodo de referencia los mismos meses de los años 1995-98. El cálculo consiste en efectuar un ratio para cada píxel, una vez excluidos los correspondientes a nubes, entre el periodo de interés y el periodo de referencia.

Estos ratios se reclasificaron en cinco intervalos de anomalía. La clase "Normal" agrupa a píxeles con una variación máxima de un $\pm 2.5\%$ entre el valor del NDVI en el periodo de interés y la media en el periodo de referencia. Las anomalías negativas se han agrupado en "Muy mal" ($<82.5\%$) y "Mal" ($82,5\%$ y $<97,5\%$). Las anomalías positivas se han agrupado en las clases "Muy bien" ($\geq 117.5\%$) y "Bien" (102.5% y $<117.5\%$). Estas clases de anomalía, una vez enmascaradas, se cruzaron con la capa temática derivada de los focos de incendios registrados a partir de WFW.

RESULTADOS

El número de píxeles en los que se ha registrado algún incendio en los meses del verano de 2000 se muestra desglosado por CCAA en la Tabla 1. La mayor incidencia ha correspondido a Galicia y Andalucía, con un porcentaje de píxeles afectados superior al 2%.

Considerando el periodo de referencia 1995-98 y para los cuatro meses de junio a septiembre, la mayor parte de los píxeles situados dentro del área de interés (superficie forestal una vez excluidos los cursos de agua) se encuentran con valores del NDVI inferiores al pro-

medio (Figura 1). En esta figura se aprecia que las clases con valor de anomalía negativa, en tonos rojos en la figura en color, dominan en todo el norte, este y numerosas áreas del oeste peninsular.

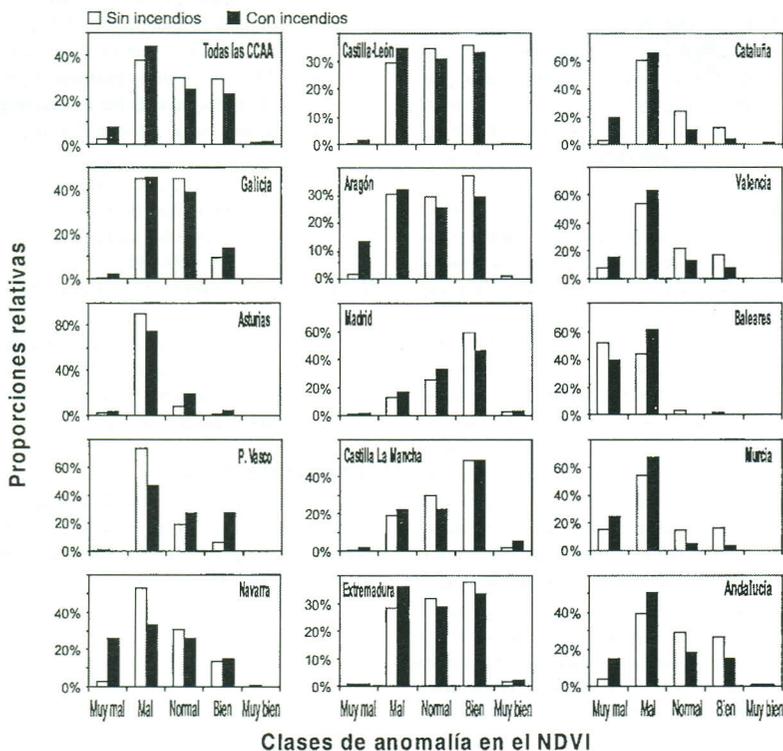


Figura 1. Proporciones relativas de píxeles con incendios y sin incendios en función de las clases de anomalía definidas tomando como referencia el periodo 1995-98 para los cuatro meses del verano de 2000 en las distintas comunidades autónomas. En esta figuras cada una de las dos categorías suma 100%.

La comparación de las proporciones relativas, en función de las clases de anomalía, de los píxeles en los que se han detectado incendios frente a los que no se han visto afectados por el fuego, se muestra en la Figura 2. El primer gráfico de esta figura, rotulado como “Todas las CCAA”, muestra para toda España que, en términos relativos, los píxeles afectados por el fuego han sido más numerosos que los no afectados en las clases “Mal” y “Muy mal” y al contrario en las demás clases.

Los patrones obtenidos en las distintas CCAA se muestran también en la Figura 2. Si nos fijamos en la clase “Mal”, la de mayor extensión territorial, se aprecia cómo en la mayor parte de las CCAA la proporción

relativa de píxeles con incendios es mayor que la de píxeles sin incendios. En estas mismas CCAA las proporciones suelen ser al contrario en las clases de anomalía “Bien” y “Muy bien”. Por otra parte hay algunas CCAA, como Galicia, Asturias, País Vasco y Navarra, en las que el patrón es otro, y en la clase “Mal” la proporción de píxeles con incendios es menor (o no muy distinta) a la de píxeles sin incendios. Tanto para toda España como para las distintas CCAA se han efectuado test de independencia (χ^2) entre las dos variables (clases de anomalía e incendios). Los resultados obtenidos permiten (con $P \leq 0,05$) decir que, excepto en Madrid y Baleares, estas dos variables no son estadísticamente independientes.

DISCUSIÓN

Hay diversas limitaciones en la detección de incendios empleando únicamente el sensor AVHRR (Dwyer *et al.* 2000). Las imágenes AVHRR representan una visión instantánea del número total de incendios que están activos en un periodo dado de 24 horas. Además, los incendios detectados pueden estar sobreestimados o infraestimados debido a la confusión con superficies calientes y reflejos de superficies tales como agua y nubes. En los análisis efectuados se ha intentado limitar en lo posible estos errores empleando únicamente superficies forestales y eliminando los píxeles correspondientes a cursos o láminas de agua.

Nuestra hipótesis inicial es que los incendios se registraron preferentemente en zonas con anomalía negativa, esto es, con valores del NDVI inferiores a la media del periodo de referencia. Los resultados obtenidos confirman en gran medida la hipótesis planteada, de manera que la proporción relativa de píxeles afectados por el fuego frente a los no afectados es mayor en las clases de anomalía negativa. No obstante, este patrón no se obtiene en las CCAA del norte de España. La evolución del NDVI depende en zonas templadas tanto de la temperatura como de las precipitaciones, aunque en zonas cálidas está más relacionado con las precipitaciones y en zonas frías está más relacionado con las temperaturas (Cihlar *et al.*, 1991). Vázquez y Moreno (1993) obtuvieron al analizar la incidencia anual de los incendios en tres zonas de España en función de distintas variables climáticas que el poder predictivo de las variables relativas a las precipitaciones era muy bajo en la zona más fría y húmeda. En ésta misma zona las variables relativas a las temperaturas presentaron un alto poder predictivo. El patrón inverso se obtuvo en la zona cálida y seca. Si asumimos que en España son las precipitaciones las que determinan las anomalías en el NDVI, este hecho podría explicar porqué en las CCAA del norte de España la incidencia de los incendios no ha estado relacionada de la manera esperada con las anomalías en el NDVI. En cualquier caso, y a pesar de las limitaciones expuestas, la validación realizada en estos análisis corrobora la importancia que las anomalías en el NDVI tienen en la distribución espacial de los incendios y su importancia como herramienta en la lucha contra el fuego.

BIBLIOGRAFÍA

- CIHLAR, J., ST.-LAURENT, L. y DYER, J. A. 1991. Relation between the normalized difference vegetation index and ecological variables. *Remote Sens. Environ.* 35: 279-298.
- DWYER, E., PINNOCK, S., GRÉGOIRE, J. M. y PEREIRA, J. M. C. 2000. Global spatial and temporal distribution

of vegetation fire as determined from satellite observations. *Int. J. Remote Sensing* 21: 1289-1302.

- GONZÁLEZ-ALONSO, F., CALLE, A., CASANOVA, J. L., CUEVAS, J. M. y VÁZQUEZ, A. 1998. Drought monitoring in Spain using NOAA-AVHRR multitemporal images. Proceedings de ECO BP'98 ISPRS VII Symposium. Budapest, Sep. 1998, pp. 709-719.
- LÓPEZ-SORIA, S., GONZÁLEZ-ALONSO, F., LLOP, R. y CUEVAS, J. M. 1991. An evaluation of the utility of NOAA AVHRR images for monitoring forest fire risk in Spain. *Int. J. Remote Sensing* 12(9): 1841-1851.
- MORENO, J. M., VÁZQUEZ, A. y VÉLEZ, R. 1998. Recent history of forest fires in Spain. En: *Large Forest Fires*, editado por J.M. Moreno (Leiden: Backhuys Publishers), pp. 159-185.
- NATLAN, 2000. CORINE Land Cover 250 m. European Environment Agency.
- VÁZQUEZ, A. y MORENO, J. M. 1993. Sensitivity of fire occurrence to meteorological variables in Mediterranean and Atlantic areas of Spain. *Landscape and Urban Planning* 24: 129-142.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación de los proyectos SC96_96 y SC50_00 por parte del INIA-MAPA. Agradecemos al SAI y al DLR la disponibilidad en el uso de los datos.



Figura 2. Mapa de las anomalías en el NDVI del verano de 2000 respecto al valor medio del periodo 1995-98 (junio a septiembre) a partir de datos NOAA-AVHRR distribuidos por el DLR. Los tonos rojos indican anomalías negativas y los verdes positivas. Los puntos azules representan los píxeles con focos activos de incendios a partir de la WFW.