

DETERMINACION DEL RIESGO DE APARICION DE INCENDIOS FORESTALES A PARTIR DE IMAGENES NOAA - AVHRR. APLICACION AL CASO DE LOS GRANDES INCENDIOS FORESTALES OCURRIDOS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA DURANTE 1994

F. González - Alonso y J.M. Cuevas Gozalo
Laboratorio de Teledetección. CIT-INIA
Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
Crta. de la Coruña km 7. 28.040 Madrid
Telf. 3476828, Fax 3572283, Email alonso@ccm.inia.es

J.L. Casanova Roque, A. Calle Montes y P. Illera Gutiérrez
Laboratorio de Teledetección
Departamento de Física Aplicada I. Universidad de Valladolid
Prado de la Magdalena s/n, Valladolid
Telf. y Fax 983-423130

RESUMEN.- La determinación del riesgo de aparición de grandes incendios forestales a partir de la información suministrada por el sensor AVHRR de los satélites de la serie NOAA es una técnica interesante, tal y como se ha demostrado en el caso de los grandes incendios forestales acaecidos en la Comunidad de Valencia en el verano de 1.994.

ABSTRACT.- The determination of the risk of great forest fires from the information supplied by the sensor AVHRR of the NOAA satellites seems to be an interesting technique as it has been demonstrated in the case of the great forest fires happened in the Community of Valencia (Spain) in the summer of 1.994.

1.- INTRODUCCION

Los incendios forestales son una de las mayores causas de la destrucción del medio ambiente a nivel mundial e influyen en el cambio climático global debido a las enormes cantidades de CO₂, CH₄, COS, NH₃, NOX, CO, hidrocarburos y partículas que se liberan a la atmósfera durante el proceso de combustión de la biomasa. Además el CO₂ y el CH₄ residen durante mucho tiempo en la troposfera y en consecuencia influyen de forma muy importante en el calentamiento de la atmósfera a nivel global debido al efecto invernadero (Matson et al., 1987).

En el área mediterránea los incendios forestales son uno de los mayores problemas ecológicos debido a que con su elevada frecuencia e intensidad se ven afectados todos los años grandes extensiones de territorio.

En España el problema es especialmente dramático pues el número de incendios ha pasado de 64.452 (periodo 1975 - 1984) a 132.333 (periodo 1985 - 1994), es decir, entre ambos

periodos el incremento ha sido del 205 %. En lo que respecta a superficies arboladas las hectáreas afectadas han pasado de 899.711 (periodo 1985 - 1994) a 1.065.465 (periodo 1985 - 1994), es decir, se han incrementado en un 18,42 %.

Si nos referimos a superficies totales las hectáreas afectadas han pasado de 2.120.591 (periodo 1975 - 1984) a 2.533.482 (periodo 1985 - 1994) con un incremento del 19,47 %. El año 1994 ha sido especialmente negativo en España en materia de incendios forestales pues la superficie total afectada fue de 432.997 ha, de las cuales 250.231 correspondieron a superficies arboladas. Esta última cifra es especialmente grave pues es la primera vez que en España se alcanzan las 200.000 ha arboladas destruidas por el fuego, superándose en un 37 % el anterior récord histórico del año 1989 con 182.369 ha incendiadas.

En el año 1994 la Comunidad Autónoma más afectada ha sido la Comunidad Valenciana con una superficie total afectada de 138.775 ha, de las cuales 87.229 corresponden a superficies arboladas, lo cual supone que aproximadamente el 14 % de la superficie arbolada de dicha Comunidad se ha destruido durante el verano de 1994.

En la Figura 1 aparece reflejada el área estudiada en el presente trabajo donde se aprecian claramente cuatro grandes incendios forestales con multitud de focos activos en la mañana del 6 de julio de 1994. En el momento de obtenerse la imagen se encontraban ardiendo simultáneamente 23.500 ha aproximadamente.

Las causas de estas catástrofes pueden deberse a la sequía que se viene padeciendo desde el año 1992 y al importante déficit pluviométrico que se ha producido en el año 1994 en el sur y este de la Península Ibérica incluyendo Cataluña, Aragón, Valencia, Murcia, Castilla La Mancha y algunas zonas de Andalucía. En muchas de estas regiones las precipitaciones no han alcanzado el 50 % del valor normal.

En lo que respecta a las temperaturas hay que señalar que los valores de julio y agosto han sido extremadamente cálidos y muy especialmente los primeros días del mes de julio cuando se alcanzaron los 46°C en Córdoba y Sevilla.

La utilización de las imágenes procedentes del sensor AVHRR de los satélites de la serie NOAA en la lucha contra los incendios forestales se viene realizando en España desde el año 1990 con diversos objetivos tales como: identificación y cartografía de áreas quemadas (Chuvieco y Martín, 1994; González - Alonso, 1994), detección de focos de incendios activos (Casanova et al., 1993; González - Alonso, 1993; Illera et al., 1995), así como la estimación del peligro de incendio (López et al., 1991; González - Alonso y Casanova, 1994; Martín et al., 1995).

El objetivo del presente trabajo ha sido tratar de identificar las áreas más propensas a la aparición y desarrollo de grandes incendios forestales mediante el seguimiento de la evolución experimentada por la actividad fotosintética de las cubiertas vegetales a partir de la evolución en el tiempo del Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) deducido de las imágenes procedentes de los canales 1 (rojo) y 2 (infrarrojo próximo) del sensor AVHRR de los satélites de la serie NOAA.

2.- METODOLOGIA Y RESULTADOS

El área estudiada en este trabajo cubre un territorio de aproximadamente 2.420.000 ha correspondientes a la Comunidad Autónoma de Valencia y a una parte de la provincia de Cuenca. En esta zona se han producido el verano de 1994 varios grandes incendios forestales que han arrasado más de 100.000 ha, tal y como puede apreciarse en la Figura 2.

Las imágenes procedentes del sensor AVHRR de los satélites NOAA se reciben diariamente en la antena instalada en el Laboratorio de Teledetección del Departamento de Física Aplicada I de la Universidad de Valladolid con una resolución espacial de 1 km².

A partir de dichas imágenes la metodología empleada en la realización del presente trabajo ha conestado fundamentalmente de los siguientes pasos:

- a) Corrección geométrica y radiométrica de las imágenes NOAA - AVHRR.
- b) Cálculo diario del Índice de Vegetación Normalizado, NDVI.
- c) Determinación de la imagen compuesta semanal correspondiente al valor máximo del NDVI.
- d) Generación de la imagen multitemporal correspondiente a la cuarta semana de mayo y a la cuarta semana de junio de 1994 previas a la aparición de los grandes incendios en la zona en estudio en la primera semana de julio de 1994.
- e) Aplicación a la imagen multitemporal de la máscara correspondiente a las superficies forestales.
- f) Clasificación automática de la imagen multitemporal de las superficies forestales.
- g) Interpretación de la clasificación resultante en base a la evolución experimentada por el NDVI medio de cada clase a lo largo del tiempo.
- h) Identificación de los píxeles con una mayor concentración en el nivel de riesgo como resultado de la realización de un análisis de diversidad espacial basado en una ventana de 3 x 3 píxeles.

Se han considerado píxeles de alto riesgo aquellos en que en su ventana de 3 x 3 hay siete, ocho o nueve píxeles de riesgo.

Como resultado de la aplicación de esta metodología el 21,87 % del área en estudio se ha considerado que se encuentra con un alto grado de riesgo de aparición de incendio forestal.

Estas áreas se encuentran representadas en color amarillo en la Figura 3.

La incidencia del fuego en el conjunto del área en estudio fue del 4,14 %, mientras que en las superficies calificadas como de alto riesgo fue del 9,17 %. Es decir, la incidencia del fuego en las áreas de alto riesgo ha sido 2,21 veces mayor que en el conjunto del área estudiada.

Para analizar la dependencia estadística del fenómeno incendio con respecto a las áreas calificadas como en alto riesgo se ha realizado una prueba chi-cuadrado sobre la tabla de contingencia que aparece en la Tabla I. La realización de la prueba chi-cuadrado correspondiente a la Tabla I indica que existe una dependencia significativa estadísticamente al nivel de probabilidad 0,001 entre el fenómeno incendio y el fenómeno riesgo. O lo que es lo mismo, expresado en otras palabras, que los incendios ocurren con mayor frecuencia de una forma significativa en las áreas que están calificadas como en alto riesgo.

En la Tabla I aparecen entre paréntesis las frecuencias esperadas si existiera independencia entre el fenómeno incendio y el fenómeno riesgo. Así pues, vemos que la frecuencia esperada de los incendios para el área en riesgo era de 219,64 km², mientras que la frecuencia real observada para dicho fenómeno ha sido de 486 km², 2,21 veces superior, tal y como se indicaba antes, debido a la asociación que existe entre los incendios y las áreas en riesgo determinadas en base a la metodología expuesta previamente.

En la Figura 3 aparecen representadas en color amarillo las áreas de riesgo, en blanco las áreas incendiadas coincidentes con áreas de riesgo, y en color azul claro se representan las áreas incendiadas que no coinciden con áreas en riesgo.

	Riesgo (km ²)	No Riesgo (km ²)	Total (km ²)
Incendio (km ²)	486 (219,64)	518 (784,35)	1.004
No incendio (km ²)	4.809 (5.075,35)	18.390 (18.123,64)	23.199
Total (ha)	5.295	18.908	24.203

Tabla I.- Tabla de contingencia entre las áreas de riesgo de incendio forestal y las áreas incendiadas. Frecuencias observadas y esperadas (entre paréntesis)

3.- CONCLUSIONES

Como conclusión de la realización del presente trabajo se desprende que las zonas de riesgo de incendio forestal identificadas en base a la información proporcionada por las imágenes NOAA-AVHRR están estadísticamente asociadas de forma significativa a los incendios forestales ocurridos en la Comunidad Valenciana durante la primera semana de julio de 1994. Así pues, la utilización operacional de las imágenes NOAA-AVHRR en la determinación del riesgo de aparición de grandes incendios forestales en el área mediterránea parece ser una técnica que puede presentar un gran interés en la mitigación de dicho tipo de desastres ecológicos.

4.- REFERENCIAS

- Casanova, J. L., Illera, P., Delgado, J. A. y Rodríguez, P. 1993. Análisis de incendios mediante imágenes NOAA. En *IV Reunión Científica de la Asociación Española de Teledetección*. Sevilla. pp 53-57.
- Chuvieco, E. and Martín, P. 1994. A simple method for fire growth mapping using AVHRR channel 3 data. *International Journal of Remote Sensing*. **16**: 3141-3146.
- González - Alonso, F. 1993. Aplicaciones de la Teledetección espacial al estudio de los incendios forestales. Detección de incendios en Galicia. En *Congreso Forestal Español*. Lourizán. pp 53-57.
- González - Alonso, F. 1994. Identificación rápida de superficies afectadas por grandes incendios forestales en España a partir de imágenes NOAA-AVHRR. *Revista Montes*. **35**:24-26.
- González - Alonso, F. and Casanova, J. L. 1994. Application of NOAA - AVHRR images to the study of forest fires in Spain. En *International Workshop on Satellite Technology and GIS for Mediterranean Forest Mapping and Fire Management*. Thessaloniki. pp 53-57.
- Illera, P. and Delgado, J. A. 1995. Fire monitoring in Spain using NOAA thermal data. En *14th EARsEL Symposium on Sensors and Environmental Applications*. Goteborg. pp 377-384.
- López, S., González - Alonso, F., Llop R. and Cuevas, J. M. 1991. An evaluation of the utility of NOAA-AVHRR images for monitoring forest fire risk in Spain. *International Journal of Remote Sensing*. **12**:1841-1851.
- Martín, M. P., Domínguez, L. and Chuvieco, E. 1995. Estimating forest fire danger from AVHRR data. En *14th EARsEL Symposium on Sensors and Environmental Applications*. Goteborg. pp 375-376.
- Matson, M., Stephens G. and Robinson, J. 1987. Fire detection using data from NOAA-N satellites. *International Journal of Remote Sensing*. **8**(7):961-970



Figura 1.- Imagen AVHRR-NOAA del área en estudio captada el 6 de julio de 1994

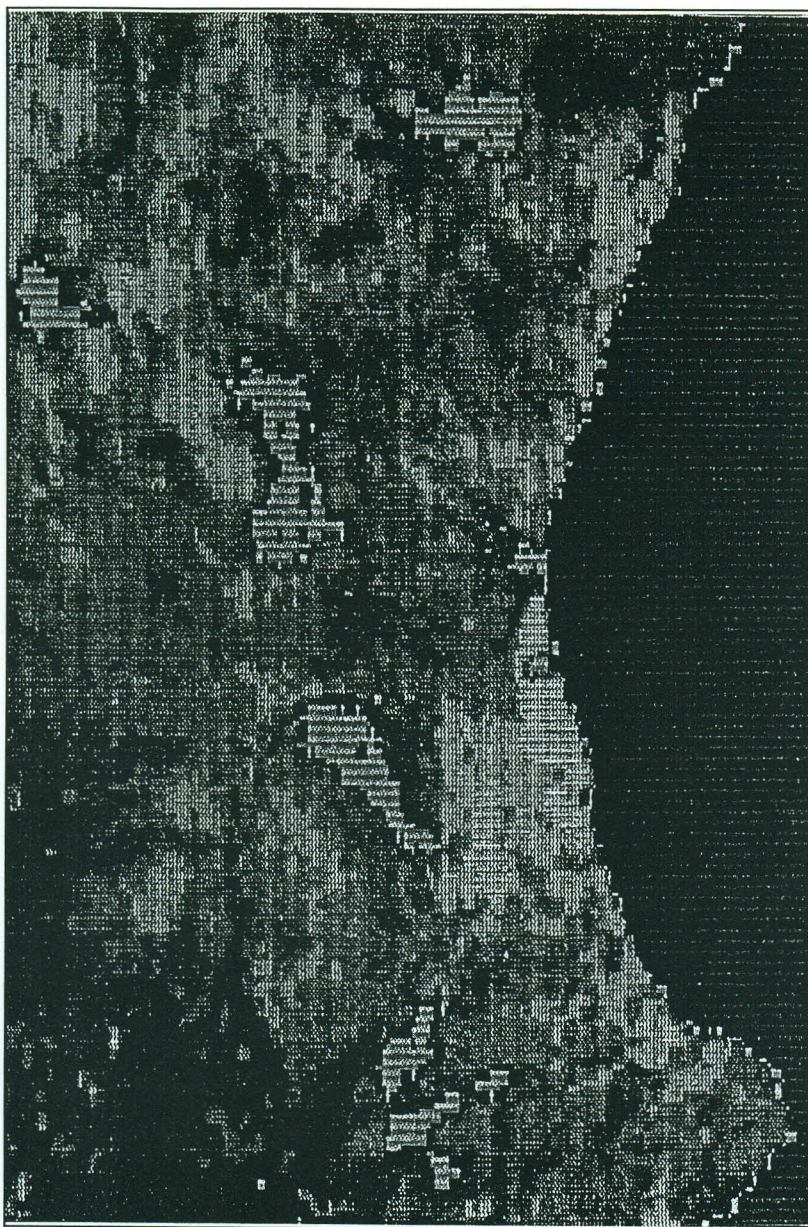


Figura 2.- Grandes incendios forestales en el área en estudio (C. 34)

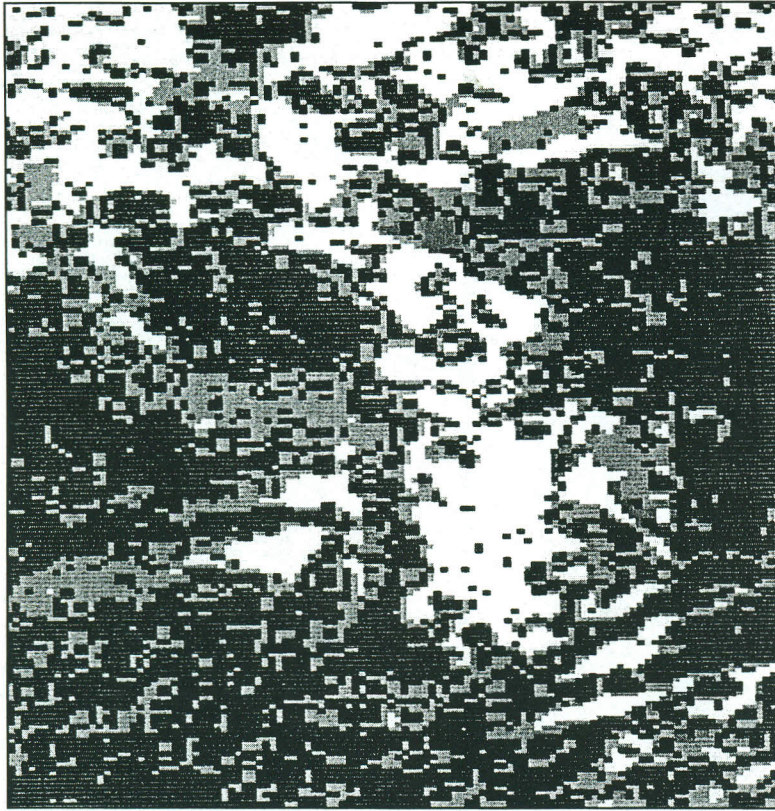


Figura 3.- Riesgo de incendio forestal e incendios ocurridos en el área en estudio. En amarillo áreas de riesgo, en blanco áreas coincidentes de riesgo e incendios, en azul áreas incendiadas no de riesgo (C. 35)