

# Evolución de los incendios de Portugal mediante el sensor MODIS y el índice de área quemada

J.M. Galve<sup>1</sup>, E. Montero<sup>2</sup>, V. Caselles<sup>1</sup> y F. Gómez<sup>2</sup>  
joan.galve@uv.es

<sup>1</sup> *Departament Termodinàmica. Facultat de Física. Universitat de València.  
C/ Doctor Moliner, 50; 46100-Burjassot*

<sup>2</sup> *Centro de Observación y Teledetección Espacial S.A. Parque Tecnológico de Boecillo,  
parc. 207, 47151 Boecillo*

## RESUMEN

El índice de área quemada (BAI) se usa normalmente para el cartografiado de áreas quemadas (Martín y Chuvieco, 1998). Su gradiente puede usarse para la predicción de la evolución de la propagación de un incendio, como mostraremos en este trabajo. Para ello, hemos utilizado datos del sensor MODIS de los incendios ocurridos en Portugal el verano del 2003.

**PALABRAS CLAVE:** BAI, MODIS, evolución de la propagación de un incendio.

## ABSTRACT

The Burned Area Index (BAI) is used for burned area cartography (Martín and Chuvieco, 1998). Its gradient can be used for the prediction of the propagation evolution of a forest fire, as is shown in this work. To do this we have used MODIS data of forest fires happened in Portugal during summer of 2003.

**KEY WORDS:** BAI, MODIS, propagation evolution of a forest fire.

## INTRODUCCIÓN

No cabe duda sobre el problema que representan en la actualidad los incendios forestales por el gran impacto medioambiental que éstos provocan, tanto por la pérdida de masa forestal, como por su efecto en los ecosistemas existentes en la zona, afectando también a la economía de los territorios cercanos a ellos.

Desde 1989 se han publicado en España índices de riesgo ; actualmente hay tres líneas destacadas de investigación: la determinación de parámetros que aumentan las posibilidades de propagación (Chuvieco et al, 2004), el estudio de los parámetros del fuego como temperatura y Fire Release Energy (FRE, Wooster et al, 2003) y finalmente, la cartografía de áreas afectadas (García y Chuvieco, 2004; Martín y Chuvieco, 1998). Por otra parte, una línea menos definida que las anteriores está basada en la fusión de conocimientos GIS y teledetección, para aplicar metodologías en la recuperación y regeneración posterior a los incendios (Palacios-Orueta et al, 2004).

El objetivo de este trabajo es muy modesto: pretendemos evaluar, de forma únicamente cualitativa,

la posibilidad de utilizar el gradiente del índice de área quemada (BAI) como una posible herramienta más a considerar a la hora de tomar decisiones para llevar a cabo la extinción de un incendio forestal.

Hasta el momento este índice ha sido utilizado siempre como un índice para la localización e identificación de zonas quemadas (Martín y Chuvieco, 1998). Pero su gradiente puede usarse como un indicador de propagación del incendio, como mostraremos en este trabajo.

Pero de cualquier manera, este trabajo no pretende poner en tela de juicio los resultados de los trabajos sobre incendios forestales realizados desde 1989 en España, más bien al contrario, pretende reforzarlos con la humilde aportación que aquí realizamos. Finalmente queremos señalar que el presente estudio se ha llevado a cabo en el marco de un convenio entre la Universidad de Valencia y el Centro de Observación y Teledetección Espacial S.A. (COTESA) y se ha realizado en su sede de Valladolid en el marco del proyecto: "Inventario y seguimiento de los daños producidos por incendios forestales en la península Ibérica con datos del sensor MODIS".

## MATERIAL

Para este trabajo tomamos como base los incendios producidos durante el verano del año 2003 en Portugal. Se trata de incendios, la mayoría provocados, en los cuales se arrasaron aproximadamente 360.000 hectáreas.

Estos incendios estaban caracterizados por su violencia y rapidez de propagación, debido a las condiciones extremas que se dieron durante ese año: una ola de calor proveniente de África elevó los termómetros a cotas no registradas en 40 años, alcanzando una media superior a los 35°C en el 95% de las estaciones meteorológicas de Portugal (Ministerio da Administração Interna, 2003), además se registraron unas humedades relativas muy bajas, no superiores al 15%.

Para realizar el estudio utilizamos los datos obtenidos mediante el sensor MODerate resolution Imaging Spec-trometer (MODIS) a bordo de los satélites EOS-TERRA y EOS-AQUA. Se trata de un sensor con 36 bandas repartidas entre los 0,4 y los 14 micrómetros proporcionando prácticamente un continuo (Toller y Isaacman, 2003), este sensor posee una resolución temporal muy buena (imágenes cada 1 ó 2 días). Su resolución espacial varía dependiendo de la banda espectral: 2 bandas (1 y 2) con una resolución espacial de 250 m situadas en el rojo e infrarrojo cercano, posee 5 bandas más, visible, infrarrojo cercano (IRC) e infrarrojo medio (IRM), con una resolución de 500 m y de 1000 m el resto.

Seleccionamos para nuestro estudio tres imágenes correspondientes a los días 4, 11 y 19 de Agosto del 2003, en los cuales se registro un incendio que empezó el 1 de Agosto.

## MÉTODO

Para realizar este estudio se pueden utilizar diferentes métodos, como la diferencia normalizada temporal de índices de vegetación, o la utilización de transformaciones lineales como el análisis en los componentes principales (Patterson y Yool, 1998; Huang y Siegert, 2004), pero todos estos métodos requieren de una serie multitemporal de datos de satélite.

La intención de este trabajo no es ésta, sino que lo que se pretende es que a partir de una única imagen podamos obtener, de forma únicamente cualitativa, la probabilidad de que un incendio se propa-

gue en una dirección determinada. Para ello vamos a estudiar el índice de área quemada (BAI) para localizar los incendios, y posteriormente buscar la relación entre su gradiente y la evolución de la propagación de un incendio.

Se trata de un índice cuyo propósito es resaltar las áreas quemadas, y cuyo cálculo es el siguiente (Martín y Chuvieco 1998):

$$BAI = \frac{1}{((\rho_{irc\ q} - \rho_{irc})^2 + (\rho_{rq} - \rho_r)^2)}$$

donde  $\rho_{irc\ q}$  y  $\rho_{rq}$  son reflectividades en el infrarrojo cercano y rojo de referencia en una zona conocida y que se encuentra quemada e  $\rho_{irc}$  y  $\rho_r$  son las reflectividades en el infrarrojo cercano y rojo de cualquier otro píxel.

Este índice tomará valores elevados para píxeles correspondientes a áreas quemadas o de similares características. Pero por este mismo hecho no es posible realizar un estudio multi-temporal, pues los valores cuantitativos pueden variar. Es decir, píxeles con las mismas características obtenidos en diferentes fechas o lugares pueden tomar valores muy dispares.

Las sombras de nubes y las masas de agua pueden producir errores y se deben eliminar (Saunders, 1988).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

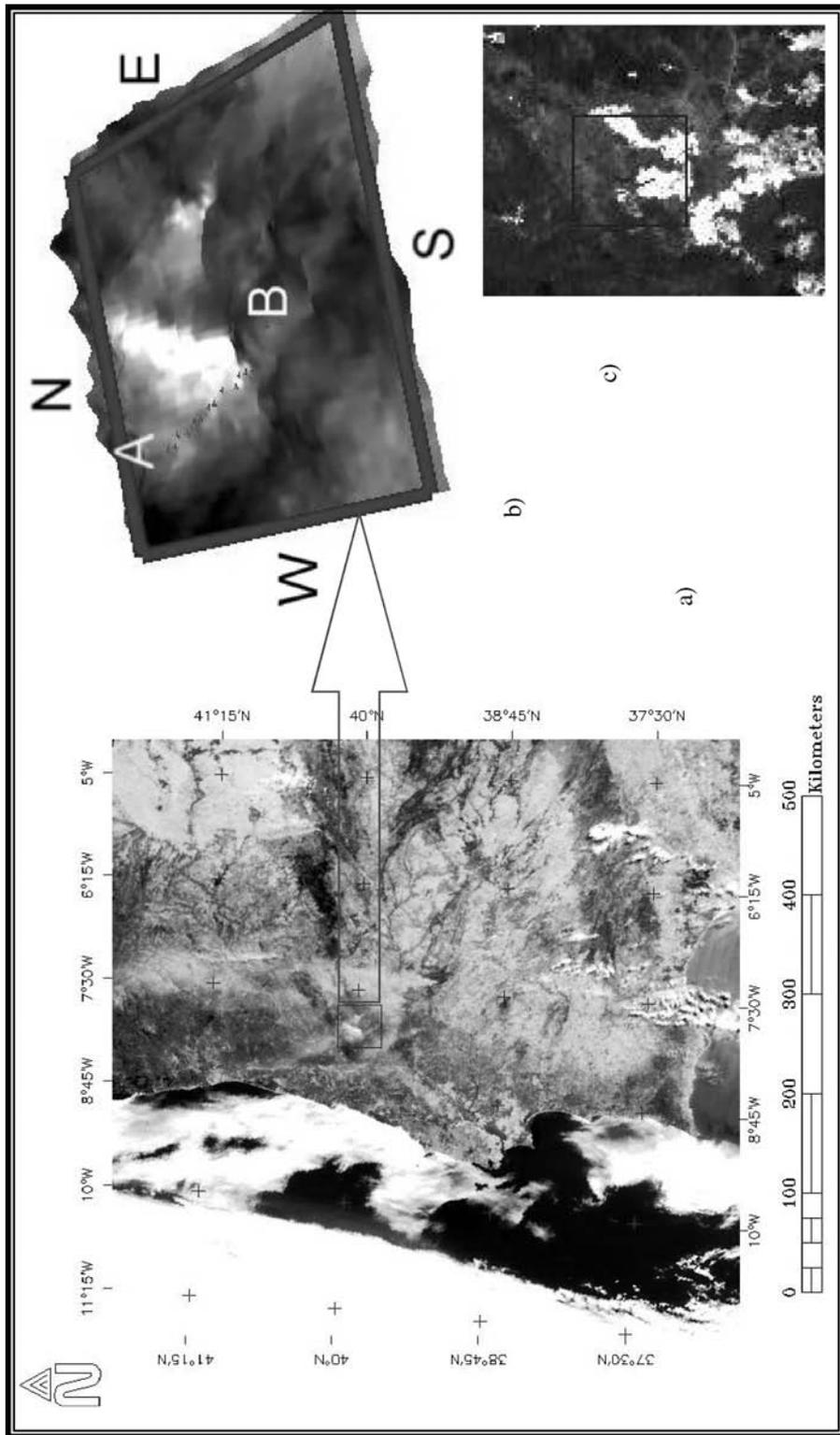
Realizamos el análisis de un incendio en un trayecto definido (Figura 1) donde estudiamos su orografía, su vegetación y el BAI.

El trayecto transcurre por los concellos de Gois, Pampilhosa da Serra y Oleiros. Las coordenadas de inicio y fin vienen dadas en la Tabla 1.

Encontramos una vegetación predominante compuesta por arbustos y coníferas con zonas de bosque mixto y vegetación xerofítica.

	INICIO	FIN
E	67924.205 m	75378.995 m
N	4445967.352 m	4427223.880 m

Tabla 1. Coordenadas de inicio y fin del trayecto.



**Figura 1.** a) Imagen en color verdadero de Portugal, el recuadro enmarca la zona de estudio, b) Modelo digital de elevación de la zona de estudio donde se indica el trayecto a estudio (AB 20 km), c) Mapa de BAI de la zona de estudio donde se señala en rojo el trayecto a estudio.

Tenemos un NDVI alto, para las fechas dadas y alrededor de la zona en que se realizó el estudio, el cual oscila entre 0,6 y 0,9. Las temperaturas de la superficie del píxel del 4 de Agosto rondaron en los incendios los 314 K (41°C), que son temperaturas relativa-mente altas, estas temperaturas han sido tomadas a partir del producto de temperatura de la superficie terrestre (MOD11; Wan, 1999).

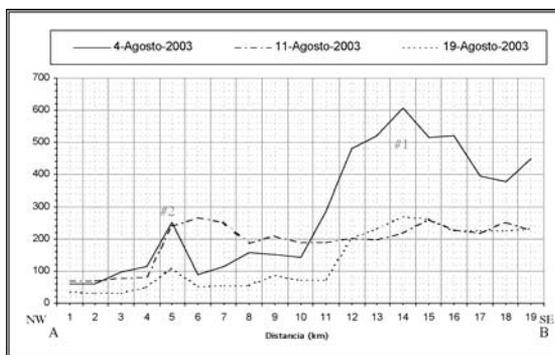
El 11 de Agosto la temperatura de la superficie del píxel alcanzó cotas de hasta 324 K (51°C), fue el día con mayor actividad del incendio, puesto que el 19 de Agosto la cota no superó los 315,5 K (42,5°C).

En la Figura 2 vemos la evolución del BAI; estudiamos las pendientes más significativas de cada perfil, pues éstas aparecen relacionadas con la evolución del incendio.

Analizamos el gradiente del BAI que muestra que el incendio posee dos focos: uno en la vertiente sur (#1), que consideraremos como principal, y otro (#2) en el primer valle, menos intenso, que lo consideraremos como secundario.

El 4 de Agosto las pendientes más características son para el foco principal 147 km<sup>-1</sup>, 135 km<sup>-1</sup> en el frente norte del secundario y 58 km<sup>-1</sup> en el frente sur del mismo. Según vemos la evolución de la propagación de un incendio venía pre-cedida por una gran pendiente en este índice, lo que nos muestra como la evolución del foco principal fué avanzar hasta alcanzar el foco secundario (ver la evolución en la Figura 2).

El 11 de Agosto, ya no había diferencia entre los focos y la única pendiente significativa que obtuvimos es la correspondiente al foco secundario, que ahora es la del frente del incendio, por lo que su evolución fué la correspondiente a la de su pendiente.

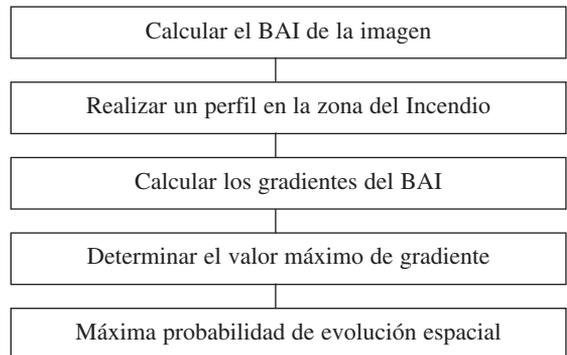


**Figura 2.** Perfiles de BAI del trayecto de estudio, para tres fechas distintas: 4, 11 y 19 de Agosto del 2003. (#1 foco principal del incendio, #2 foco secundario).

Pese a esto, la pendiente del frente secundario queda muy reducida, lo que indica que el incendio ya no avanzaría con la misma fuerza que al principio.

El 19 de Agosto, el perfil de BAI es mucho más bajo y plano que el resto de días, por lo que el incendio ya no evolucionó.

En la Figura 3 podemos observar un esquema sobre el método de análisis que se ha realizado.



**Figura 3.** Esquema sobre el método de análisis

Este procedimiento ha sido probado en otros transectos, obteniendo resultados coherentes con éstos.

## CONCLUSIONES

El gradiente de BAI se puede estudiar de forma cualitativa, junto con algunas variables como el relieve o las condiciones meteorológicas o de viento, o incluso, el tipo y estado de la vegetación, la evolución espacial o propagación de un incendio, con tan solo una imagen que requieren de los métodos actuales que requieren de una serie multitemporal de imágenes.

El cálculo del gradiente de BAI puede ser una herramienta más en la toma de decisiones a la hora de llevar a cabo la extinción de un incendio forestal, esta herramienta sólo está limitada por la frecuencia de paso de los satélites que contengan bandas diferenciadas en rojo y el infrarrojo cercano.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Ministerio de Ciencia y Tecnología (Proyecto REN2001-3116CLI) por la financiación recibida así como a los profesores E. Valor y C. Coll, y a los compañeros R. Niclós y J.M. Sánchez por su ayuda, apoyo y comentarios realizados.

Asimismo, damos las gracias al revisor de este trabajo por sus comentarios y críticas que han permitido mejorar sustancialmente la primera versión del mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

- CHUVIECO, E., COCERO, D., RIAÑO, D., MARTÍN P., MARTINEZ VEGA J., de la RIVA J. y PÉREZ F., 2004. Combining NDVI and surface temperature for the estimation of live fuel moisture content in forest FIRE danger rating. *Remote Sensing of Environment*. 92:322-331.
- GARCÍA, M. y CHUVIECO, E., 2004. Assessment of the potential of SAC-C/MMRS imagery for mapping burned areas in Spain. *Remote Sensing of Environment*. 92:414-423.
- HUANG, S. y SIEGERT, F., 2004. ENVISAT multisensor data for fire monitoring and impact assessment. *International Journal of Remote Sensing*. 20:4411-4416.
- MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO INTERNA 2003. Livro branco dos incêndios florestais ocorridos no verão de 2003.
- MARTÍN, M.P. y CHUVIECO, E. 1998. Cartografía de grandes incendios forestales en la Península Ibérica a partir de imágenes NOAA-AVHRR. *Serie Geográfica* 7:109-128.
- PATTERSON, M.W. y YOOL, S.R., 1998. Mapping fire-induced vegetation mortality using Landsat thematic mapper data: A comparison of linear transformation techniques. *Remote Sensing of Environment*. 65(2):132-142
- PALACIOS-ORUETA, A, PARRA, A, CHUVIECO, E, y CARMONA C., 2004. Remote sensing and geographic information systems methods for global spatiotemporal modeling of biomass burning emissions: Assessment in the African continent. *Journal of Geo-physical Research-Atmospheres* 109, Art. N° D14S09.
- TOLLER, G.N., e ISAACMAN, A., 2003. L1B Product User Guide, MODIS. [http://www.mcst.ssai.biz/L1B/L1B\\_docs/LATEST\\_L1B\\_DOCUMENTS/L1B\\_Product\\_Users\\_Guide.doc](http://www.mcst.ssai.biz/L1B/L1B_docs/LATEST_L1B_DOCUMENTS/L1B_Product_Users_Guide.doc).
- SAUNDERS, R.W. y KRIEBEL, K.T., 1988. An improved method for detecting clear sky and cloudy radiances from AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*. 9:123-150.
- WAN, Z., 1999. Modis Land Surface Temperature. Algorithm Theoretical Basis Document. Version 3.3. MODIS Land Team.
- WOOSTER, M.J., ZHUKOV, B. y OERTEL, D., 2003. Fire Radiative energy for quantitative study of biomass burning: derivation for the BIRD experimental satellite and comparison to MODIS fire products. *Remote Sensing of Environment*. 86:83-107.

**I<sup>er</sup>. PREMIO  
JOSÉ LUIS LABRANDERO  
PARA JÓVENES INVESTIGADORES  
NOVELES EN TELEDETECCIÓN  
2005**



**ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE  
TELEDETECCIÓN**

**La Asociación Española de Teledetección (AET) convoca a todos los jóvenes investigadores noveles en Teledetección al I<sup>er</sup> Premio “JOSÉ LUIS LABRANDERO” de mejor trabajo publicado en la Revista de Teledetección.**

**— BASES —**

- **Ser socio de la Asociación Española de Teledetección.**
- **Tener una edad máxima de 40 años.**
- **Premio bienal.**
- **Entrega de Diploma.**
- **Premio dotado con 600 euros.**
- **Entrega: Asamblea de la AET en el Congreso Nacional de Teledetección del año 2005.**