

ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE HAINES DURANTE LOS INCENDIOS DE XÀTIVA Y SIMAT (VALENCIA) Y MONITORIZACIÓN DE LA REGENERACIÓN NATURAL MEDIANTE EL USO DE IMÁGENES MODIS

M. J. Barberà (*), R. Niclòs (*), M. J. Estrela (**) y J. A. Valiente (*).

(*) *Unidad Mixta CEAM-UVEG. Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. Charles Darwin, 14. Parque Tecnológico. 46980 Paterna, Valencia. barbera@ceam.es*

(**) *Unidad Mixta CEAM-UVEG. Facultat de Geografia i Història de la Universitat de València. Blasco Ibáñez, 28. 46010 Valencia.*

RESUMEN

En el presente trabajo se calcula el Índice de Haines en dos áreas afectadas por incendios forestales de la provincia de Valencia (Xàtiva y Simat), y se estudia su evolución, desde el inicio del incendio hasta su conclusión, haciendo uso de una base de perfiles atmosféricos. Además, para comprobar el impacto del incendio, se analiza la dinámica de los índices de vegetación NDVI y EVI en cada zona de estudio, mediante el análisis del producto MOD13Q1 de EOSTerra-MODIS de 250 metros de resolución.

ABSTRACT

In this work the Haines Index is computed for two areas in the Valencia province (Xàtiva and Simat) when they were affected by wildland fires; and their evolution is being studied from the beginning to the end using a sounding data base. Moreover, the vegetation index dynamics, NDVI and EVI, is analyzed in order to check the fire impact in each target area by analysing the EOSTerra-MODIS MOD13Q1 250 m resolution product.

Palabras clave: índice de Haines, riesgo de incendio, índices de vegetación, meteorología, regeneración.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del Mediterráneo Occidental se caracteriza por ser un territorio especialmente castigado por los incendios forestales. Esto es debido a sus características climatológicas, su compleja orografía y a la acción antropogénica, siendo los incendios la principal causa de destrucción de los bosques. Aunque la mayoría de las causas de los incendios forestales están ligadas a la acción humana, es indudable el interés del estudio de las condiciones meteorológicas, ya que la incidencia y severidad de estos incendios es mayor cuando estas variables naturales son críticas (Aguado y Camia 1998).

En este trabajo se seleccionan dos áreas afectadas por un incendio forestal de la provincia de Valencia, se calcula el Índice de Haines (HI) y su evolución durante el incendio, además de estudiar el impacto de estos incendios en la vegetación y su posterior regeneración utilizando imágenes MODIS.

METODOLOGÍA

Existen diversos índices de riesgo de incendios forestales en los que, aunque se incluyen

algunos parámetros meteorológicos, no es habitual la implementación del índice de Haines. El Índice de Haines fue desarrollado por Donald A. Haines (Haines 1988) y muestra el impacto potencial de la humedad e inestabilidad atmosférica en el comportamiento de un incendio forestal. Este índice expresa la probabilidad de que en caso de declararse un incendio forestal dominado por columna, es decir, en el que el viento no es el motor del incendio, éste pueda tomar grandes proporciones y que su comportamiento pueda ser más o menos errático. Según el *Consorcio Provincial de Bomberos* se consideran incendios dominados por viento aquellos en los que la velocidad del viento es superior a 8,5 m/s. El cálculo del HI depende de la inestabilidad (término A) y humedad atmosférica (término B), resultando:

$$HI = A + B \quad (1)$$

donde $A = (Tp1 - Tp2)$ y $B = (Tp3 - Tdp3)$, siendo $Tp1$ y $Tdp1$ la temperatura y la temperatura de rocío al nivel de presión $p1$.

Aunque originariamente el índice de Haines en bajas altitudes se desarrolló para el nivel de presión $p1 = 950hPa$, debido a que este nivel atmosférico no es habitual en la base de datos de perfiles atmosféricos utilizada, se suele considerar

Tabla 1.- Variables y escalas para el cálculo del Índice de Haines de acuerdo con la elevación del terreno.

Altitud	Nivel de presión	Inestabilidad (Tp1 - Tp2)	A	Humedad (Tp3 - Tdp3)	B	HI = A + B
< 305m	p1 = 950 hPa (925 hPa)	< 4°C (2,7°C)	1	< 6°C	1	Potencial de grandes incendios 2-3: muy bajo 4: bajo 5: moderado 6: alto
	p2 = 850 hPa	≥ 4°C (2,7°C)	2	≥ 6°C	2	
	p3 = 850 hPa	< 8°C (6,7°C)	3	< 10°C	3	
305m – 914m	p1 = 850 hPa	< 6°C	1	< 6°C	1	
	p2 = 700 hPa	≥ 6°C	2	≥ 6 °C	2	
	p3 = 850 hPa	< 11 °C	3	< 13°C	3	
> 914m	p1 = 700 hPa	≥ 11°C	1	≥ 13°C	1	
	p2 = 500 hPa	< 18°C	2	< 15°C	2	
	p3 = 700 hPa	≥ 18 °C	3	≥ 15°C	3	

p1 = 925hPa y como umbrales para este nivel los valores mostrados entre paréntesis en la Tabla 1 (Gwangyong *et al* 2006). Además, dependiendo de la altitud del terreno, se consideran unos niveles atmosféricos u otros y se reescalán los términos A y B, resultando valores en un rango de 1 a 3 (ver Tabla 1). Cuanto mayor valor tome el término A la inestabilidad en la baja troposfera será mayor, con lo que se incrementará la posibilidad de crecimiento de los incendios forestales. Análogamente, los mayores valores del término B indican condiciones secas que son favorables para la extensión de los incendios forestales. Sumando ambos términos se obtiene el Índice de Haines, cuyo rango de valores varía entre 2 y 6, tomando valores iguales o superiores a 5 cuando las condiciones atmosféricas sean críticas para favorecer los incendios forestales.

Las áreas de estudio seleccionadas para llevar a cabo este trabajo se corresponden con Simat y Xátiva, ambas situadas en la provincia de Valencia. El 21 de Junio de 2005 se declaró un incendio forestal que arrasó 78 hectáreas en Xátiva. No obstante, el día siguiente se declaró un nuevo incendio en la misma zona quemando 400 hectáreas más, según datos procedentes de la *Conselleria de Territori i Habitatge de la Generalitat Valenciana* (Figura 1a). La altitud de la superficie incendiada varía entre 140 y 550 m y la velocidad del viento media diaria registrada fue de 2,8 m/s según datos de la red de estaciones meteorológicas de la Fundación CEAM. En esta zona la vegetación previa incendio estaba compuesta por un mosaico de pinar de *Pinus halepensis* y matorral calcícola termófilo con densidades heterogéneas. La otra zona de estudio seleccionada es Simat de la Valldigna (Figura 1b), donde se originó un incendio forestal el 12 de julio

de 2005 afectando 641,95 ha. La velocidad del viento media este día fue de 2,3 m/s. La mayor parte de la superficie afectada por el incendio se encuentra en un rango altitudinal de 250 a 550 m siendo la máxima altitud 606,1 m. Antes del incendio la vegetación en la zona era principalmente matorral aunque, al Norte del área afectada, existía una zona de pino carrasco (*Pinus halepensis*) con densidades variables. Además se podía apreciar una pequeña zona de alcornoques (*Quercus suber*).



Figura 1.- Zonas afectadas por los incendios: (a) Xátiva, (b) Simat.

Tras caracterizar las zonas y comprobar las condiciones en que se produjo el incendio, tales como la superficie quemada, vegetación, altitud y velocidad del viento se calculó el HI durante el período en que se produjeron los incendios en ambas ubicaciones (Tabla 1). Hacemos notar que las velocidades del viento eran bajas y, por tanto, los incendios no estaban dominados por viento. El cálculo del HI se realizó a partir de los perfiles atmosféricos proporcionados por ARL (Air Resources Laboratory) de NOAA, seleccionando el modelo GDAS1 (Global Data Assimilation System) cuyos datos tienen una resolución temporal de 3 horas (<http://www.arl.noaa.gov/READYamet.php>).

Una vez estudiada la evolución del HI durante los incendios, el siguiente paso fue la monitorización de la regeneración natural de las áreas afectadas por éstos, para lo que hicimos uso del producto MOD13Q1 del sensor EO Terra-MODIS. Este producto proporciona índices de vegetación, como el NDVI y el EVI, cada 16 días a 250 m de resolución. Recordamos que el NDVI (Índice de Vegetación Normalizado) se define como (Rousse *et al*, 1974):

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R} \quad (2)$$

donde ρ_{NIR} y ρ_R son la reflectividad en la banda del infrarrojo cercano y en la banda roja respectivamente, mientras que la ecuación para el cálculo del EVI (Índice de Vegetación Mejorado) es la que sigue (Huete *et al*, 2002):

$$EVI = G * \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + c_1 * \rho_R - c_2 * \rho_B + L} \quad (3)$$

siendo ρ la reflectividad en superficie de las bandas del infrarrojo cercano (NIR), roja (R) y azul (B), L el coeficiente de ajuste de entorno (suelo), c_1 y c_2 los coeficientes de corrección atmosférica para bandas R y B respectivamente y G el factor de ganancia.

Para realizar este estudio, se usaron imágenes desde la fecha de generación de los incendios hasta enero de 2009. Tomando como referencia los perímetros cartografiados por la *Conselleria de Territori i Habitatge de la Generalitat Valenciana*, creamos regiones de interés de referencia para cada uno de los incendios y analizamos las estadísticas de los píxeles contenidos en estas regiones para toda la serie temporal de imágenes MODIS.

ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

Los resultados de la evolución del HI y de los términos A y B durante los incendios se muestran en la Figura 2. El cálculo se realizó para elevaciones bajas y medias, dado el rango de altitudes de las zonas incendiadas. En la zona de Xátiva, el índice presenta valores moderados para ambas elevaciones durante la mayor parte de la jornada, llegando a ser altos en las horas centrales del día y durante la tarde en altitudes medias. En Simat para elevaciones bajas se puede observar que el valor del índice es bajo durante la noche y la madrugada, pero si toma valores moderados e incluso llegando a ser altos en las horas centrales del día y primeras horas de la tarde. Sin embargo, para altitudes medias, el índice se mantiene alto durante toda la jornada.

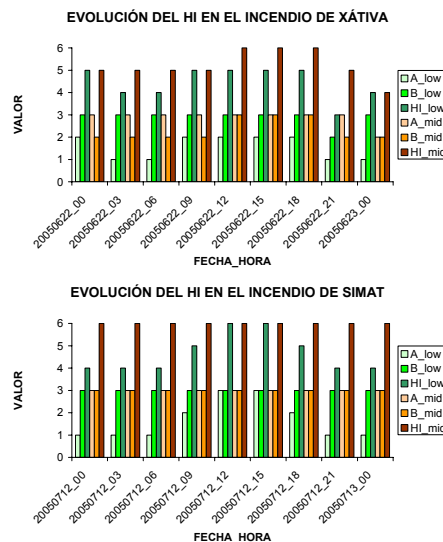


Figura 2.- Evolución del HI en los incendios de Xátiva y Simat

Las Figuras 3 y 4 muestran la dinámica del NDVI y del EVI en Xátiva y Simat. En ellas se representa la media (Mean), la desviación estándar (Stdev) y los valores máximos (Max) y mínimos (Min) obtenidos para los píxeles contenidos dentro de las regiones de interés creadas para cada incendio.

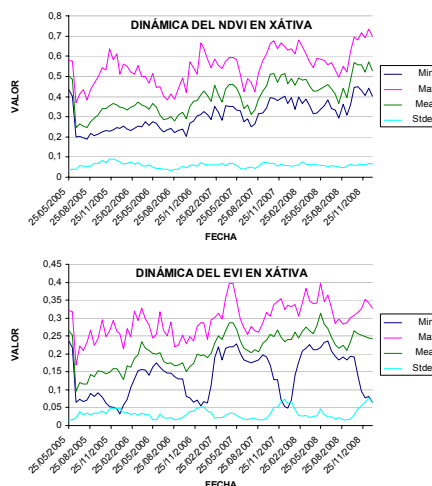


Figura 3.- Dinámica del NDVI y EVI en Xátiva.

Aunque el NDVI está más relacionado con la actividad fotosintética de las masas forestales y el EVI con la estructura del dosel, en ambos casos se puede observar como éstos índices sufren un acusado descenso en la fecha del incendio en ambas localizaciones, para ir recuperándose paulatinamente con el tiempo, y aproximadamente dos años después de los incendios los índices toman ya valores muy similares a los que tenían antes de los siniestros. La Figura 5 muestra, a modo de ejemplo, algunas de las imágenes MODIS procesadas en la zona de Xàtiva. En ella se puede observar la dinámica del EVI durante el período de estudio obteniéndose resultados similares para el NDVI.

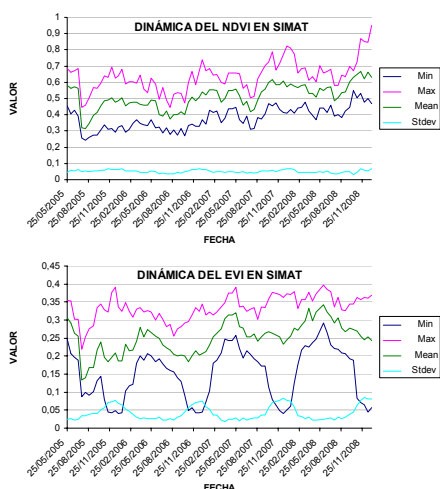


Figura 4.- Dinámica del NDVI y EVI en Simat.

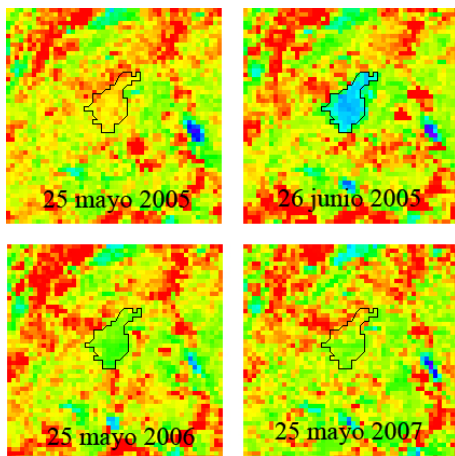


Figura 5.- Dinámica del EVI en Xàtiva.

CONCLUSIONES

Este estudio analiza el comportamiento del HI durante dos incendios dominados por columna, y no por viento, declarados en la Comunidad Valenciana, mostrando como éste índice proporciona valores relativamente elevados tanto antes como durante los incendios.

Además, el análisis de los índices de vegetación proporcionados por el producto MOD13Q1 de MODIS, muestra su utilidad como herramienta para evaluar el impacto de los incendios forestales sobre la vegetación y la dinámica de la regeneración posterior.

BIBLIOGRAFÍA

Aguado, I. y Camia, A., 1998. Fundamentos y utilización de índices meteorológicos de peligro de incendio. *Serie Geográfica*, Vol. 7 1998: 49-58.

Gwangyong, C., Junsu, K. and Myoung-Soo, W., 2006. Spatial Patterns and Temporal variability of the Haines Index related to the Wildland Fire Growth Potential over the Korean Peninsula. *Journal of the Korean Geographical Society*, Vol 41, nº 2.

Haines, D. A., 1988. A lower atmosphere severity index for wildlife fires. *Fire Weather*, Vol 13 nº 2.

Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E., Gao, X., and Ferreira, L., 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices, *Remote Sensing Environment* 83:195-213.

Rousse, J.W., Haas, R. H., Schell, J.A. y Deering, D.W., 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings, Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, Greenbelt: NASA SP-351*, 3010-317.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la apreciable colaboración del Departamento de Restauración Forestal de la Fundación CEAM. Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Innovación y Ciencia, y el Fondo Social Europeo, a través de los proyectos CGL2007-65774/CLI, CGL2008-04550/CLI, CONSOLIDER-INGENIO CSD2007-00067 y el contrato Juan de la Cierva de la Dra. Niclòs.