


**FUEGORED**

 Red temática nacional  
 Efectos de los Incendios  
 Forestales sobre los Suelos

 Seguimiento y evaluación de zonas afectadas por  
 incendios

 Ficha técnica  
 FGR2013/12

# CARTOGRAFÍA DE LA SEVERIDAD DEL FUEGO MEDIANTE TELEDETECCIÓN

## Autor

- Raquel Montorio Llovería  
E-mail: montorio@unizar.es
- Fernando Pérez Cabello

Dpto. de Geografía y Ordenación  
 del Territorio-Instituto  
 Universitario de Ciencias  
 Ambientales de Aragón  
 (Universidad de Zaragoza),

Pedro Cerbuna, 12. 50009,  
 Zaragoza, España.

## Coordinadores

- David Badía Villas  
Universidad de Zaragoza
- Antonio Jordán  
Universidad de Sevilla
- Jorge Mataix-Solera  
Universidad Miguel Hernández
- Lorena M. Zavala  
Universidad de Sevilla
- José A. González-Pérez  
Instituto de Recursos Naturales  
y Agrobiología de Sevilla (CSIC)

■ La severidad hace referencia a los efectos de los incendios forestales sobre los ecosistemas naturales, siendo comúnmente definida como la magnitud del cambio ecológico causado por el fuego. Por su relación directa con la cantidad de biomasa consumida, está muy ligada a la recuperación vegetal y a la dinámica hidrogeomorfológica post-incendio. De esta manera, en el contexto de la gestión de las áreas quemadas, la evaluación y cartografía de los niveles de severidad resulta de gran importancia en la aplicación de tratamientos y medidas destinadas a la reducción de los efectos negativos del fuego.

La evaluación de la severidad puede realizarse a partir de índices de campo basados en la observación directa de parámetros como el grado de pérdida o descomposición de la materia orgánica, la estimación de la proporción de copas consumida, la medición del diámetro de las ramas supervivientes, la identificación del cambio en el color del suelo o el color de las cenizas.

Frente a esta estimación visual en campo, altamente costosa en tiempo y dinero, la observación remota proporciona información con una gran cobertura espacial, de forma rápida y continuada. De este modo, los mapas de severidad obtenidos mediante teledetección facilitan la identificación de áreas problemáticas y apoyan las labores de gestión en relación con localización de recursos y esfuerzos de restauración, disminuyendo el tiempo y costes económicos al reducir la necesidad de un trabajo de campo a gran escala.

La validez de la teledetección en el estudio de la severidad del fuego se sustenta en su capacidad para detectar los cambios en la reflectividad superficial asociados a los cambios que experimentan las áreas quemadas durante el proceso de combustión: eliminación de la vegetación, exposición del suelo, variaciones en el contenido de humedad o aparición de nuevas cubiertas, entre otros.



Licencia Creative Commons:  
 Reconocimiento-NoComercial-  
 SinObraDerivada

El máximo exponente de estos cambios se concreta en el descenso de la reflectividad en las regiones del visible (VIS) e infrarrojo cercano (near infrared, NIR) y el incremento del infrarrojo medio de onda corta (short wave infrared, SWIR) (White et al., 1996; Key y Benson, 2006). Este diferente comportamiento entre las regiones del espectro es la base de los índices espectrales que, obtenidos por combinación de bandas reflectivas, son capaces de sintetizar los cambios en la reflectividad de las áreas quemadas y evaluar así la severidad del fuego.

El Normalized Difference Vegetation Index, NDVI (Rouse et al., 1973), en el que se contrasta el comportamiento espectral de las regiones del rojo (R) e infrarrojo cercano (NIR) (Tabla 1), ha sido utilizado frecuentemente en la delimitación de áreas quemadas y evaluación de su severidad, obteniendo buenas relaciones debido a la fuerte relación existente entre la severidad del fuego y la cantidad de vegetación consumida. Pero, sin duda, el Normalized Burn Ratio (NBR) es el índice espectral más utilizado ya que comparativamente mejora los resultados obtenidos por otras ratios de bandas o bandas transformadas (Epting et al., 2005). Aplicado en origen para la distinción entre áreas quemadas y no quemadas (López y Caselles, 1991), este índice combina las dos bandas espectrales que responden al fuego de manera más acusada y contrastada: el infrarrojo cercano (NIR), cuya reflectividad desciende debido a la desaparición de la

vegetación activa, y el infrarrojo medio de onda corta (SWIR), cuya reflectividad incrementa por la pérdida de humedad, la mayor exposición del suelo y las menores sombras proyectadas por la vegetación (van Wagtenonk et al., 2004; Key y Benson, 2006).

El índice NBR es comúnmente usado en una aproximación bi-temporal con datos pre- y post-fuego, con los índices delta Normalized Burn Ratio (dNBR) (Key y Benson, 2006) y Relative delta Normalized Burn Ratio (RdNBR) (Miller y Thode, 2007), en valores absolutos y relativos respectivamente (Tabla 1). Ambos índices bi-temporales pueden ser calculados para realizar una evaluación inicial de la severidad del fuego (Figura 1), utilizando una imagen post-fuego muy próxima al final del incendio, o una evaluación extendida, retrasando la captura de la imagen post-fuego al paso de la primera estación de crecimiento de la vegetación. En ambos casos los valores resultantes son agrupados en intervalos de severidad que en el caso del dNBR son flexibles y específicos de cada incendio y en el RdNBR, al eliminar el sesgo asociado a las condiciones de vegetación pre-fuego, pueden ser establecidos de forma general.

Aunque las relaciones arrojan valores bastante diversos ( $r^2$  entre 0.01-0.96), muchos de los estudios han mostrado coeficientes de determinación medio-altos muy frecuentemente superiores a 0.7 (Epting et al., 2005) en la aplicación del índice NBR y derivados para la estimación

Tabla 1. Índices espectrales aplicados en la evaluación de la severidad del fuego.

Índice	Ecuación	
Normalized Difference Vegetation Index (Rouse et al., 1973)	$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_R}{R_{NIR} + R_R}$	donde $R_{NIR}$ y $R_R$ son la reflectividad en las regiones del infrarrojo cercano y rojo.
Normalized Burn Ratio (López y Caselles, 1991)	$NBR = \frac{R_{NIR} - R_{SWIR}}{R_{NIR} + R_{SWIR}}$	donde $R_{NIR}$ y $R_{SWIR}$ son la reflectividad en las regiones del infrarrojo cercano e infrarrojo medio de onda corta.
delta Normalized Burn Ratio (Key & Benson, 2006)	$dNBR = NBR_{pre} - NBR_{post}$	donde $NBR_{pre}$ y $NBR_{post}$ son el valor del índice Normalized Burn Ratio en las situaciones pre- y post-fuego.
Relative delta Normalized Burn Ratio (Miller & Thode, 2007)	$RdNBR = \frac{NBR_{pre} - NBR_{post}}{\sqrt{(ABS(NBR_{pre}/1000))}}$	donde $NBR_{pre}$ y $NBR_{post}$ son el valor del índice Normalized Burn Ratio en las situaciones pre- y post-fuego.

1 La notación *años cal BP* corresponde a años calibrados *Before Present*, donde los últimos términos hacen referencia al año 1950 que se acepta convencionalmente como el año que representa el presente debido al cambio atmosférico isotópico tras las pruebas nucleares y las bombas de la II Guerra Mundial.

del Composite Burn Index (CBI) (Key y Benson, 1999), un índice diseñado específicamente como método de validación del NBR. Sin embargo, los modelos empíricos muestran valores de precisión bajos o medios que no superan el 60% cuando se utilizan métricas individuales o índices descriptivos distintos al CBI (Keeley, 2009).

Esta y otras razones son la base de diferentes trabajos que describen la existencia de limitaciones y desventajas en el uso de la aproximación a la severidad del fuego mediante modelos empíricos basados en la relación entre los índices CBI y NBR (Lentile et al., 2006; Keeley, 2009). En este sentido, existen una serie de estudios centrados en la evaluación de la severidad del fuego a través de la identificación directa de las cubiertas presentes en las superficies quemadas que son resultado directo e inmediato del proceso de combustión. En términos generales se destaca la importancia de seis productos de combustión considerados indicativos de los distintos de niveles de severidad del fuego y con marcada influencia sobre la respuesta ambiental de las áreas quemadas: vegetación, suelo, vegetación quemada, suelo quemado, carbón y ceniza (Smith et al., 2005; Robichaud et al., 2007; Lewis et al., 2011).

El análisis de mezclas espectrales (Lentile et al., 2006;

Lewis et al., 2011) y el análisis de los rasgos de absorción (Kokaly et al. (2007)) son las dos técnicas más aplicadas en esta aproximación a la severidad del fuego que, para aprovechar todo su potencial, precisa de la disponibilidad de datos de reflectividad hiperespectrales.

1. La evaluación de los niveles de severidad es clave en la gestión integrada de los ecosistemas afectados por el fuego.
2. La teledetección proporciona información y herramientas adecuadas para el análisis espacial de severidad del fuego.
3. Tras el fuego se producen cambios en la reflectividad superficial asociados a la eliminación de la vegetación, variaciones en los niveles de humedad y a la aparición de nuevas cubiertas.
4. El máximo exponente de estos cambios se concreta en el descenso de la reflectividad en las regiones del visible (VIS) e infrarrojo cercano (near infrared, NIR) y el incremento del infrarrojo medio de onda corta (short wave infrared, SWIR).
5. El Normalized Burn Ratio (NBR) es un índice espectral sintético utilizado en una aproximación bi-temporal, con datos pre- y post-fuego, para la evaluación de la severidad de fuego.

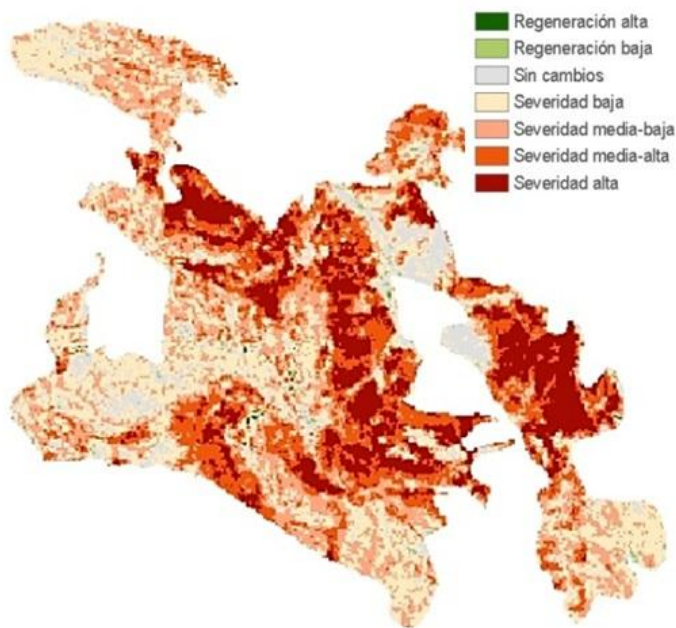
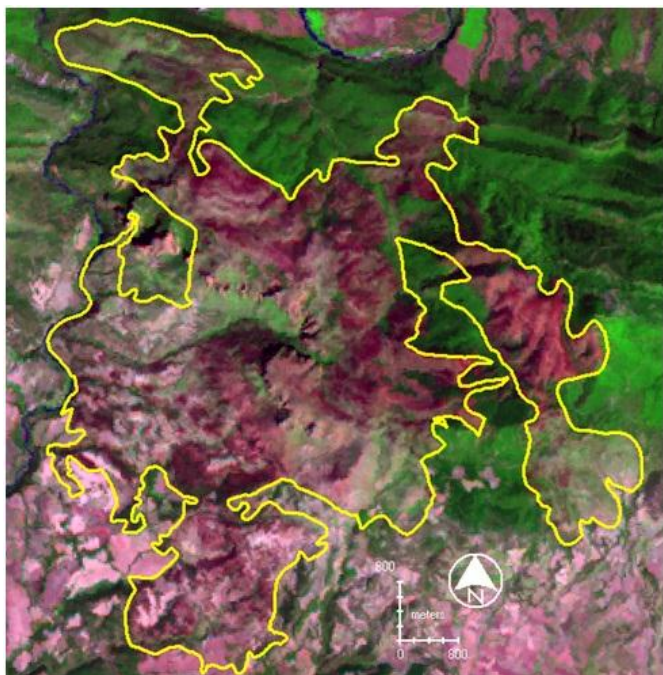


Figura 1. Izquierda: Composición RGB (7/4/3) correspondiente a la imagen Landsat 5-TM (2002). Derecha: cartografía de los niveles de severidad (dnBR) de la superficie quemada del incendio de Los Mallos de Riglos (Huesca).

## REFERENCIAS

- Epting J, Verbyla D, Sorbel B.** 2005. Evaluation of remotely sensed indices for assessing burn severity in interior Alaska using Landsat TM and ETM+. *Remote Sensing of Environment* 96, 328-339.
- Keeley JE.** 2009. Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire* 18, 116-126.
- Key CH, Benson N.** 1999. The Composite Burn Index (CBI): Field rating of burn severity, U.S. Geological Survey, Denver, CO.
- Key CH, Benson NC.** 2006. Landscape Assessment LA. En: Lutes DC, Keane RE, Caratti JF, Key CH, Benson NC, Sutherland S, Gangi LJ (Eds.), FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164-CD, Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO, pp. 1-55.
- Kokaly RF, Rockwell BW, Haire SL, King TVV.** 2007. Characterization of post-fire surface cover, soils, and burn severity at the Cerro Grande Fire, New Mexico, using hyperspectral and multispectral remote sensing. *Remote Sensing of Environment* 106, 305-325.
- Lentile LB, Holden ZA, Smith AMS, Falkowski MJ, Hudak AT, Morgan P, Lewis SA, Gessler PE, Benson NC.** 2006. Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects. *International Journal of Wildland Fire*, 15, 319-345.
- Lewis SA, Hudak AT, Ottmar RD, Robichaud PR, Lentile LB, Hood SM, Cronan JB, Morgan P.** 2011. Using hyperspectral imagery to estimate forest floor consumption from wildfire in boreal forests of Alaska, USA. *International Journal of Wildland Fire* 20, 255-271.
- López MJ, Caselles V.** 1991. Mapping burns and natural reforestation using thematic Mapper data. *Geocarto International* 6, 31-37.
- Miller JD, Thode AE.** 2007. Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta Normalized Burn Ratio dNBR. *Remote Sensing of Environment* 109, 66-80.
- Robichaud PR, Lewis SA, Laes DYM, Hudak AT, Kokaly RF, Zamudio JA.** 2007. Postfire soil burn severity mapping with hyperspectral image unmixing. *Remote Sensing of Environment* 108, 467-480.
- Rouse JW, Haas RH, Schell JA, Deering DW.** 1973. Monitoring the vernal advancement and retrogradation green wave effect) of natural vegetation. Progress Report RSC 1978-2. Remote Sensing Center, Texas A&M University, College Station, TX.
- Smith AMS, Wooster MJ, Drake NA, Dipotso FM, Falkowski MJ, Hudak AT.** 2005. Testing the potential of multi-spectral remote sensing for retrospectively estimating fire severity in African Savannahs. *Remote Sensing of Environment* 97, 92-115.
- van Wagtenonk JW, Root RR, Key CH.** 2004. Comparison of AVIRIS and Landsat ETM+ detection capabilities for burn severity. *Remote Sensing of Environment* 92, 397-408.
- White J, Ryan K, Key C, Running S.** 1996. Remote sensing of forest fire severity and vegetation recovery. *International Journal of Wildland Fire* 6, 125-136.

### *Cita recomendada:*

Montorio Llovería R, Pérez Cabello F. 2013. Cartografía de la severidad del fuego mediante teledetección. Red Temática Nacional Efectos de los Incendios Forestales sobre los Suelos (FUEGORED). Ficha técnica FGR2013/12.