

TÉCNICAS PARA LA CREACIÓN DE COMPUESTOS MULTITEMPORALES APLICADOS A CARTOGRAFÍA DE ÁREAS QUEMADAS

Gemma Ventura(*), Emilio Chuvieco(*) y M. Pilar Martín(**)

emilio.chuvieco@uah.es

(*)Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá
Colegios, 2. 28801 Alcalá de Henares. Madrid

(**)Instituto de Economía y Geografía (C.S.I.C.)
Pinar 25, 28006 Madrid

El trabajo que presentamos trata de evaluar diferentes técnicas para elaborar compuestos multitemporales mediante imágenes NOAA-AVHRR con el fin de cartografiar áreas quemadas en la Península Ibérica.

The work we present here tries to evaluate different techniques for multitemporal compositing of NOAA-AVHRR images for burned land mapping.

Palabras clave: incendios forestales, AVHRR, compuestos

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se han publicado numerosos artículos sobre el empleo de la teledetección en cartografía de áreas quemadas (Ahern *et al.*, 2001; Chuvieco, 1999), incluyendo tanto sensores aéreos (Ambrosia y Brass, 1988) como adquisiciones de satélite, utilizando muy diversos sensores: NOAA AVHRR (Chuvieco y Martín, 1994; Pereira, 1999), Landsat-TM (Koutsias *et al.*, 1999) y más recientemente Terra-Modis (Justice *et al.*, 2002), Spot-Vegetation (Eastwood *et al.*, 2000), e IRS-WIFS (Vázquez *et al.*, 2001).

La cartografía de áreas quemadas a partir de sensores de baja resolución suele basarse en compuestos multitemporales, ya que las imágenes diarias frecuentemente presentan artefactos, tales como nubes, sombras de nubes, geometría deficiente, etc. La técnica más usada hasta el momento en la elaboración de compuestos multitemporales es el *Maximum Value Composite* (MVC) (Holben, 1986), que se basa en seleccionar el píxel con el máximo valor de NDVI para la serie

temporal de imágenes que forman el compuesto. De acuerdo al autor, este criterio debería seleccionar los píxeles menos contaminados por nubes, y con una observación más cercana a la vertical. Sin embargo, diversos estudios han puesto en entredicho estas hipótesis, sugiriendo otras alternativas (Cihlar, 1996; Qi *et al.*, 1993; Van Leeuwen *et al.*, 1999). Para el caso concreto del área quemada, el MVC no parece teóricamente una buena elección, ya que las áreas quemadas poseen valores muy bajos de NDVI, por lo que el compuesto puede retener la señal de la vegetación limítrofe, e incluso nubes, en lugar del área quemada. Por esta razón, algunos autores han propuesto usar otras técnicas que optimizan la discriminación de zonas quemadas (Pereira *et al.*, 1999). Un estudio previo propuso el uso del mínimo albedo o el mínimo de reflectividad del canal 2 en imágenes AVHRR-GAC sobre el continente africano (Barbosa *et al.*, 1998). Este criterio es adecuado para datos de GAC (8*8km), pero no es conveniente para imágenes HRPT (1.1*1.1km), ya que las sombras de nubes pueden retenerse como píxeles buenos.

MÉTODOS

Las técnicas aplicadas en este análisis de compuestos multitemporales han sido seleccionadas en el marco de un proyecto para la cartografía de áreas quemadas en la Península Ibérica desde el año 2000 hasta el 2002. El período escogido para este análisis ha sido la segunda quincena de Agosto de 2001. Las imágenes AVHRR HRPT proceden de la estación receptora instalada en el Departamento de Geografía de la

Universidad de Alcalá. El preprocesamiento de dichas imágenes incluye georreferenciación a proyección UTM y ajuste multitemporal usando una ventana de correlación automática, así como la calibración de los datos de reflectividad y temperatura de brillo. Además de los 5 canales calibrados, se generan 5 canales adicionales en cada una de las imágenes: ángulo cenital y ángulo acimutal solar, ángulo cenital del sensor, NDVI y temperatura de superficie.

Los métodos para generar composiciones multitemporales que hemos ensayado en este trabajo son los siguientes:

1. Mínimo del canal 1 (MinC1).
2. Mínimo del canal 2 (MinC2).
3. Máximo de la temperatura de brillo del canal 4 (MaxTb4).
4. Mínimo del ángulo cenital solar (MinACS).
5. Máximo del NDVI (MaxNDVI).
6. Valor mínimo del ángulo cenital del sensor para los tres máximos de temperatura de brillo (MinAZMaxTb4).
7. Valor mínimo del canal 2 para los tres máximos de temperatura de brillo (MinC2MaxTb4).
8. Valores máximo de temperatura de brillo para los tres mínimos del canal 2 (MaxTb4MinC2).

La idoneidad de cada uno de estos métodos de composición para la cartografía de áreas quemadas, se ha evaluado aplicando cuatro tests:

Test A: Capacidad para discriminar entre áreas quemadas y no quemadas. Con el fin de evaluar qué compuesto presenta el mayor valor de separabilidad de las áreas quemadas respecto a otras coberturas, en cada uno de los compuestos se han escogido aleatoriamente 700 puntos que incluían tanto áreas recientemente quemadas como diversos tipos de ocupación del suelo. Para seleccionar píxeles quemados se usaron imágenes Landsat-ETM del mismo período, identificándolos visualmente. La discriminación se basó en el análisis de las distancias normalizadas:

$$D = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{s_1 + s_2} \quad (1)$$

donde x_1 y x_2 son las medias de las clases quemado y no quemado respectivamente, y s_1 y s_2 son las desviaciones típicas de las mismas clases. La distancia D se ha calculado para los tres canales reflectivos del sensor AVHRR (1, 2 y 3), así como para la temperatura de brillo del canal 4. Según este criterio, el compuesto más óptimo será aquel que presenta el máximo valor de D .

RESULTADOS

La tabla 1 resume los resultados obtenidos en los cuatro tests realizados sobre los distintos compuestos. Para simplificar los resultados, tan sólo hemos incluido los valores normalizados de cada uno de los criterios. Puesto que el rango de

Test B: Presencia de artefactos. Para cada imagen de la serie diaria que componen los compuestos, fueron detectados varios artefactos: nubes, sombras de nubes, problemas de recepción de la antena, píxeles sin datos, etc. Previamente a la realización del compuesto, no se había aplicado ningún filtro, de cara a evaluar cuál de los métodos para realizar compuestos minimizaba el número de píxeles con problemas o, dicho de otra forma, aquél que retenía los píxeles más convenientes.

Test C: Coherencia espacial. Uno de los problemas encontrados en la elaboración de compuestos multitemporales es el efecto del mosaico producido por la heterogeneidad de los píxeles vecinos, que pueden haber sido recogidos en diferentes fechas y ángulos de observación. Esto supone problemas a la hora de cartografiar un área quemada como un continuo. De acuerdo a este test, el compuesto más idóneo sería aquél que minimice la heterogeneidad espacial, preservando una mayor consistencia en la vecindad inmediata de los píxeles seleccionados. Para aplicar este test, hemos calculado la textura de cada compuesto a partir de la desviación típica móvil en una ventana de 3*3 píxeles, siendo el mejor compuesto el que cuente con la media más baja en esa imagen de texturas.

Test D: Verticalidad. Como parece lógico, cuanto más cercana sea la adquisición al cenit, menores los efectos angulares y atmosféricos (Van Leeuwen *et al.*, 1999). Por lo tanto, de acuerdo a este test, el mejor compuesto sería aquél que seleccione píxeles con ángulos cenitales del sensor más bajos.

En resumen, el mejor compuesto para cartografía de áreas quemadas sería aquel que presentara mayores valores de discriminabilidad (test A), menores artefactos (B), mayor coherencia espacial (C) y observaciones más verticales (D). El más importante para áreas quemadas sería el primer test, mientras los restantes criterios informan sobre la calidad radiométrica, y en algunos casos geométrica, del producto final. Además, el criterio de coherencia espacial nos informa sobre la capacidad del compuesto para delimitar con mayor precisión el área quemada, una vez identificada como tal.

valores es diferente en cada uno de los tests, se han estandarizado éstos en una escala de 0 a 100, de cara a compararlos entre sí. En todos los casos, hemos transformado la escala original para que los valores más idóneos sean más próximos a 100.

Los tests A y D han sido calculados para las bandas 1, 2, 3 y 4 de AVHRR. En la tabla aparece el valor normalizado medio para todas ellas, con el fin de simplificar los resultados. Por la misma razón, los artefactos considerados son tan sólo las nubes y sombras de nubes. Por último, para obtener un valor síntesis final, hemos aplicado a

cada uno de los test una ponderación, según la importancia que nos merecen en la cartografía de áreas quemadas. Como ya hemos indicado, el test A (discriminación entre áreas quemadas y no quemadas) tiene una mayor importancia, por lo que le hemos concedido un peso doble al resto.

	Tests aplicados					Suma ponderada
	A Discriminación	B Nubes	B sombras de nubes	C Textura	D Verticalidad	
MinC1	31.25	100.00	83.64	71.59	25.87	251.78
MinC2	35.33	100.00	80.00	34.94	40.87	236.47
MaxTb4	76.61	100.00	100.00	51.28	81.37	385.87
MinACS	60.12	96.36	100.00	61.69	0.00	280.12
MaxNDVI	24.61	98.18	100.00	18.67	32.40	199.39
MinAZMaxTb4	79.66	98.18	100.00	24.36	100.00	382.77
MinC2MaxTb4	58.28	100.00	98.18	45.66	66.70	328.01
MaxTb4MinC2	35.58	100.00	96.36	58.13	42.03	269.50
Pesos	2.00	0.50	0.50	1.00	1.00	

Tabla 1. Valores normalizados de los diferentes criterios en los 8 compuestos realizados.

Los resultados de los 4 tests muestran que el compuesto de máximo de NDVI, aunque sea el más utilizado en la creación de compuestos multitemporales, ofrece los valores peores entre todos los criterios utilizados, ya que posee el menor valor de separabilidad, retiene más nubes, ofrece una pobre coherencia espacial y ángulos de observación oblicuos. Esto concuerda con resultados de otros autores (Barbosa *et al.*, 1998; Pereira, 1999). En cuanto a los compuestos de mínimo del canal 1 y mínimo del canal 2 no ofrecen buena separabilidad entre píxeles quemados y no quemados, además de retener ambos sombras de nubes; aunque el primer compuesto mencionado presenta alta coherencia espacial.

Sin duda, los mejores resultados los ofrecen los compuestos que maximizan la

temperatura de brillo, ya sea como criterio exclusivo o combinándolo con los tres mínimos ángulos nadirales o los mínimos albedos, especialmente el primero. Así, tanto MaxTb4, como MinAZMaxTb4 presentan los mayores valores de separabilidad, y ángulos más verticales, si bien el segundo criterio ofrece peores valores de textura. Por esta razón, el valor ponderado resulta más alto para MaxTb4. Si a ello, añadimos su mayor simplicidad para el cálculo, recomendamos su utilización para la cartografía de áreas quemadas, al menos para la primera fase orientada a la discriminación de las mismas. Tal vez la delimitación más precisa del perímetro quemado podría abordarse con otros compuestos, que mejoran la coherencia espacial.

REFERENCIAS

Ahern, F. J., J. G. Goldammer y C. O. Justice (Eds.) (2001): *Global and Regional Vegetation Fire Monitoring from Space: Planning a coordinated*

international effort, The Haghe, The Netherlands, SPB Academic Publishing.

Ambrosia, V. G. y J. A. Brass (1988): *Thermal analysis of wildfires and effects on global*

ecosystem cycling. *Geocarto International*, 1: 29-39.

Barbosa, P. M., J. M. C. Pereira y J. M. Grégoire (1998): Compositing criteria for burned area assessment using multitemporal low resolution satellite data. *Remote Sensing of Environment*, 65: 38-49.

Chuvieco, E. y M. P. Martín (1994): Global fire mapping and fire danger estimation using AVHRR images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 60: 563-570.

Chuvieco, E. (Ed.) (1999): *Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin*, Berlin, Springer-Verlag.

Cihlar, J. (1996): Identification of contaminated pixels in AVHRR composite images for studies of land biosphere. *Remote Sensing of Environment*, 56: 149-163.

Eastwood, J. A., B. K. Plummer y B. K. Wyatt (2000): The potential of SPOT-Vegetation data for fire scar detection in boreal forests. *International Journal of Remote Sensing*, 19: 3681-3687.

Holben, B. N. (1986): Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 7: 1417-1434.

Justice, C. O., L. Giglio, S. Korontzi, J. Owens, J. T. Morisette, D. Roy, J. Descloitres, S. Alleaume, F. Petitcolin y Y. J. Kaufman (2002): The MODIS fire products. *Remote Sensing of Environment*, 83: 244-262.

Koutsias, N., M. Karteris, A. Fernández, C. Navarro, J. Jurado, R. Navarro y A. Lobo (1999): Burnt land mapping at local scale, en *Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin* (editado por E. Chuvieco), Berlin, Springer-Verlag: 123-138.

Pereira, J. M., A. C. L. Sa, A. M. O. Sousa, M. P. Martín y E. Chuvieco (1999): Regional-scale burnt area mapping in Southern Europe using NOAA-AVHRR 1 km data, en *Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin* (editado por E. Chuvieco), Berlin, Springer-Verlag: 139-155.

Pereira, J. M. C. (1999): A Comparative Evaluation of NOAA/AVHRR Vegetation Indexes for Burned Surface Detection and Mapping. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 37: 217-226.

Qi, J., A. R. Huete, J. Hood y Y. Kerr (1993): Compositing multi-temporal remote sensing data sets, *Pecora 12* Sioux Falls, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing: 206-213.

Van Leeuwen, W. J. D., A. R. Huete y T. W. Laing (1999): MODIS Vegetation Index Compositing approach: a prototype with AVHRR data. *Remote Sensing of Environment*, 69: 264-280.

Vázquez, A., J. M. Cuevas y F. González-Alonso (2001): Comparison of the use of WiFS and LISS images to estimate the area burned in a large forest fire. *International Journal of Remote Sensing*, 22: 901-907.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación es parte del proyecto SPREAD (EVG1-CT-2001-0043), fundado por la Comisión Europea. También se

incluye en el proyecto de “Grandes Incendios Forestales en la Península Ibérica” de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza (DGCN).