

CARTOGRAFIADO DE ÁREAS QUEMADAS CON IMÁGENES MODIS Y ASTER

A. Alonso-Benito, P. Hernández-Leal, A. González-Calvo, M. Arbelo, L. Núñez-Casillas y A. Barreto.

Grupo de Observación de la Tierra y la Atmósfera (GOTA). Avda. Astrofísico Francisco Sánchez s/n.
Facultad de Físicas. Universidad de la Laguna. S/C de Tenerife. Islas Canarias. 38202 (España).
asaloben@gmail.com

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un análisis comparativo de algunos índices espectrales propuestos para la cartografía de áreas quemadas. Se analizan los índices BAIM y NBR para el sensor Terra-MODIS y los índices SVI, NDVI, TVI y SAVI para el sensor Terra-ASTER. Para ello se ha utilizado como zona test la Isla de Tenerife (Islas Canarias-España) afectada por un gran incendio forestal en el verano de 2007. Se ha observado la capacidad de cada índice en la discriminación espectral de las zonas quemadas respecto a las no quemadas. El resultado se ha comparado con el perímetro obtenido mediante cartografiado de la superficie afectada con GPS en vuelo sobre el perímetro, realizado por el Servicio Forestal del Cabildo Insular de Tenerife.

ABSTRACT

The aim of this paper is to show the results of a comparative analysis of some of the most commonly used spectral indexes in burnt land mapping applications. The main objective is to verify its operative consistency between ASTER and MODIS data, though out one test. The analyzed indexes were the SVI, NDVI, TVI and SAVI to ASTER and BAIM and NBR to MODIS. This test has been focused on establishing the discrimination ability of each index between the recently burned zones and other land covers using a single post fire image. The results have been compared with the burnt area perimeter, obtained using ground truth GPS data provided by the regional forest service in Tenerife island.

Palabras clave: área quemada, índices espectrales, MODIS, ASTER, Isla de Tenerife.

INTRODUCCIÓN

La utilización de datos de satélite permite realizar una evaluación rápida de la zona afectada por un incendio forestal así como del grado de incidencia en la misma. Durante el verano de 2007, se produjo en la isla de Tenerife un incendio que afectó a casi 20.000 ha, gran parte de ellas, incluidas dentro de la interfaz urbano-forestal.

Muchas han sido las aportaciones realizadas por diversos autores acerca de la idoneidad de diferentes sensores de satélites en el cartografiado de áreas quemadas. Muestra de ello son los trabajos basados en los datos AVHRR y MODIS (Chuvieco *et al.* 2005), SPOT VEGETATION (Fraser *et al.* 2000), HYPERION (Yoon y Kim 2007) y ASTER (Nikolakopoulos 2003).

ÁREA DE ESTUDIO

El área objeto del presente trabajo se encuentra en el noroeste de la isla de Tenerife (Figura 1). La mayor parte de la vegetación afectada fue pinar canario (*Pinus canariensis* L.), formando parte del llamado **pinar húmedo** (*Myrica fayae-*

Pino canariensis sigmetum typicum), formación endémica de la isla.

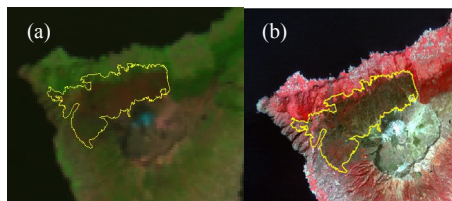


Figura 1.- (a) imagen MODIS RGB 721. (b) imagen ASTER RGB 321. En ambos casos la línea amarilla es el levantamiento GPS mediante helicóptero.

DATOS Y METODOLOGÍA

Con el fin de evaluar los índices propuestos se ha usado una imagen ASTER Level 1B del 8 de marzo de 2008. Todos los índices se basan en las bandas VNIR y SWIR del sensor, los cuales han sido corregidos para obtener valores de reflectancia R_{TOA} , tal como se describe en (ERSDAC 2007).

Por otro lado se ha utilizado una imagen MODIS TERRA de nivel 1B del 15 de marzo de 2008 para obtener los índices BAIM y NBR.

La imagen ha sido previamente corregida de acuerdo a lo descrito en (Salomonson *et al.* 2006).

ÍNDICES UTILIZADOS PARA ASTER

El índice simple de vegetación (*Simple Vegetation Index*, SVI) resulta del cociente entre las bandas NIR y R. Es útil para discernir entre zonas con vegetación y sin vegetación, siendo uno de los ratios entre bandas más usados.

Otro de los índices más empleados en estudios post incendios, es el índice de vegetación de diferencia normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index*, NDVI), cuya simplicidad y adecuación a diferentes condiciones de contorno ha sido ampliamente referenciada (Rouse *et al.* 1973).

El índice de vegetación transformada (*Transformed Vegetation Index*, TVI) resulta de la raíz cuadrada del cociente entre las bandas NIR y R (Deering *et al.* 1975).

El índice de vegetación adaptado al suelo (*Soil Adjusted Vegetation Index*, SAVI), con el objetivo de evitar la influencia de los diferentes suelos que puedan existir en la zona afectada.

ÍNDICES UTILIZADOS PARA MODIS

El índice de área quemada para datos MODIS (*Burnt Area Index for Modis*, BAIM) es una adaptación del original BAI diseñado para ser usado con el sensor AVHRR, ha sido descrito en Martín *et al.* 2005.

Como valores de convergencia se han utilizado los percentiles 5 y 95 de los valores de reflectancia en la bandas NIR y SWIR respectivamente (González-Alonso *et al.* 2007), siendo $pc_{IRC} = 0,032$ y $pc_{SWIR} = 0,215$. El ratio normalizado de zona quemada (*Normalized Burnt Ratio*, NBR) es un cociente normalizado del mismo tipo que el NDVI, pero usando las bandas del infrarrojo cercano y del infrarrojo de onda corta (Key y Benson 1999).

MÉTODO DE CLASIFICACIÓN

Para el análisis de la imagen ASTER, se ha usado el algoritmo SVM (*Support Vector Machines*) o máquinas de soporte vectorial, encuadrado dentro de la clasificación supervisada (Vapnik 1995). Pertenece a la familia de los clasificadores lineales, puesto que inducen separadores lineales o hiperplanos en espacios de características de muy

alta dimensionalidad (introducidos por funciones núcleo o *kernel*) con un sesgo inductivo muy particular (maximización del margen).

Existen diferentes funciones *kernel* (Mercier y Lennon 2003), de tipo local o global. Los *kernels locales* sólo consideran los datos más próximos, en general se basan en funciones de distancia. Los *kernels globales* están basados en puntos, de manera que muestras más alejadas tienen aún influencia en el valor del *kernel*. Tras analizar todos los *kernels*, se ha optado por utilizar el modelo RBF (*Radial Basis Function*). El factor γ es el parámetro que tiene influencia en la clasificación resultante. Según Huang *et al.* (2002), puede tomar valores de 1 a 20, aunque valores mayores a 7,5 no dan mejoras significativas. En el presente trabajo se ha tomado $\gamma = 2,5$.

Se eligen tres zonas clasificadas como quemado, no quemado y colada volcánica. A estas áreas de entrenamiento se les ha aplicado el algoritmo SVM para discernir que índice ofrece mejores resultados. En el caso de las imágenes de MODIS, también ha sido aplicado el algoritmo SVM, con las mismas características que ASTER en cuanto a *kernel*. No obstante, para los índices derivados de MODIS, sólo se han elegido dos clases, quemado y no quemado, debido a la menor resolución espacial de los datos usados (500 m). De acuerdo a (Chuvieco 2002), con los valores obtenidos de errores por omisión y comisión, se obtiene la fiabilidad global y el intervalo de confianza de la fiabilidad real. Del mismo modo, fijando una fiabilidad del 95% se obtiene el grado de fiabilidad del cartografiado, el error de muestreo y el intervalo de confianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los índices de ASTER (resolución de 30 m) se obtiene para la composición RGB (composición de bandas 321) un porcentaje de acierto de 94,7% y un coeficiente Kappa de 0,92 (Tabla 1) (Figura 2). De los índices estudiados en ASTER el que aporta un mayor porcentaje de acierto es el TVI (*Transformed Vegetation Index*), mientras que el que peor nivel de acierto tiene es el SVI (*Soil Vegetation Index*). Siguiendo con el análisis de la imagen ASTER, también se observa (Tabla 2) que el índice SVI es el que da mayor error de comisión y omisión, siendo el TVI el que ofrece mejores resultados (Tabla 3).

Sobre la imagen MODIS, el índice NBR presenta peor porcentaje de acierto (Tabla 1) que el BAIM. No obstante, los resultados de comisión y

omisión (Tabla 2), son peores para estos índices, debido, con toda probabilidad, al tamaño del píxel.

Tabla 1.- Resultados del clasificador SVM aplicado a los datos ASTER y MODIS.

	ACIERTO	COEF. KAPPA
NDVI	92,71 %	0,8512
SAVI	92,82 %	0,8568
SVI	86,91 %	0,7411
TVI	93,06 %	0,8576
NBR	84,30 %	0,5790
BAIM	85,17 %	0,5988

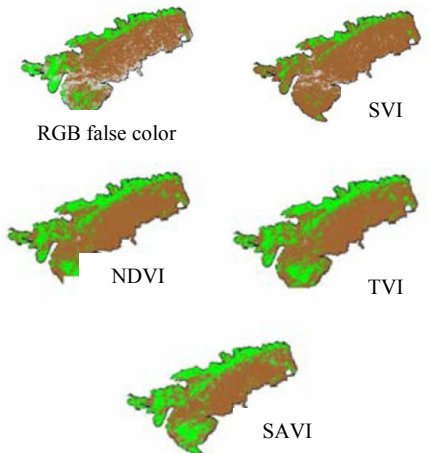


Figura 2.- Resultados del algoritmo SVM en la isla de Tenerife sobre imagen ASTER. En verde la zona no quemada, en marrón la zona quemada y gris la zona de colada volcánica.



Figura 3.- Resultado del algoritmo SVM sobre imagen MODIS para índice NBR post incendio. En verde la zona no quemada y en marrón la zona quemada.

Los errores de muestreo e intervalos de confianza para los índices MODIS son mucho peores que los obtenidos para índices sobre datos ASTER, debido fundamentalmente a la naturaleza del área quemada y la componente orográfica de un entorno insular en el que una resolución espacial de 500 m puede resultar insuficiente.



Figura 4.- Resultado del algoritmo SVM sobre imagen MODIS para índice BAIM. En verde la zona no quemada y en marrón la zona quemada.

Tabla 2.- Errores de comisión y omisión para los diferentes índices, sobre imagen ASTER y MODIS.

ASTER	NDVI		SAVI	
	Comis.	Omis.	Comis.	Omis.
Quemado	16,14	4,76	16,08	4,65
Colada volcánica	4,60	9,70	5,12	16,94
No quemado	8,65	27,16	10,05	27,51

ASTER	SVI		TVI	
	Comis.	Omis.	Comis.	Omis.
Quemado	17,01	5,41	15,98	4,82
Colada volcánica	4,66	9,76	4,65	9,68
No quemado	9,64	25,75	8,84	26,87

MODIS	NBR		BAIM	
	Comis.	Omis.	Comis.	Omis.
Quemado	17,83	1,26	17,65	0,00
No quemado	5,17	48,11	0,00	48,11

Tabla 3.- Errores de muestreo e intervalos de confianza para los diferentes índices estudiados.

	SAMPLING ERROR	CONFIDENCE INTERVAL (F)
RGB	9,93%	94,7 ± 0,1948
NDVI	15,65%	92,7 ± 0,3067
SAVI	15,39%	93,0 ± 0,3016
SVI	20,45%	86,9 ± 0,4008
TVI	15,29%	93,1 ± 0,2997
NBR	196,14%	85,3 ± 3,8442
BAIM	191,59%	85,2 ± 3,7552

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha obtenido una estimación del área quemada en el incendio de 2007 en la isla de Tenerife, sin considerar la influencia orográfica y limitando el número de clases a las mínimas posibles, con el fin de comprobar si puede hacerse una evaluación rápida de la superficie quemada con tan solo una imagen post incendio. Se

aprecia además que para entornos insulares, orográficamente complejos se obtienen mejores resultados con los índices derivados de datos ASTER que con los MODIS, debido fundamentalmente a la mejor resolución espacial de los primeros. No obstante, en todos los casos se detectan errores de comisión y omisión diferentes en función del índice estudiado, entendido como que zonas quemadas no han sido seleccionadas como tal, o zonas seleccionadas como quemadas que no lo son. Un trabajo paralelo, todavía en desarrollo permitirá analizar con mayor precisión el grado de error debido a la resolución del píxel en entornos de reducida superficie como son las islas, así como la generación de mapas de combustibles detallados, para poder incorporar clasificadores orientados a objetos o redes neuronales.

BIBLIOGRAFÍA

- Chuvieco, E. 2002. *Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio*. Ed. Ariel, Barcelona, 1ª Edición, 592 pp.
- Chuvieco, E., Ventura, G., Martín, M.P. & Gómez, I. 2005. Assessment of multitemporal compositing techniques of MODIS and AVHRR images for burned land mapping. *Remote Sensing of Environment*, 94: 450-462.
- Deering, D.W., Rouse, J.W., Haas, R.H. & Schell, J.A. 1975. Measuring Forage Production of Grazing Units from Landsat MSS Data. *Proceedings 10th International Symposium on Remote Sensing of Environment*, 2: 1169-1178.
- ERSDAC 2007. ASTER User's Guide. *Earth Remote Sensing Data Analysis Center*.
- Fraser, R.H., Li, Z. & Latifovic, R. 2000. Boreal Forst Fire Mapping Using SPOT VEGETATION. *22nd Canadian Symposium on Remote Sensing*. British Columbia, August 20-25.
- González-Alonso, F., Merino de Miguel, S. y Cuevas Gonzalo, J.M. 2007. Un nuevo algoritmo para la cartografía de áreas quemadas a partir de información NIR, SWIR y TIR. *Revista de Teledetección*. ISSN: 1133-0953. (28): 97-105.
- Huang, C., Davis, L.S. & Townshend, J.R.G. 2002. An assessment of support vector machines for land cover classification. *International Journal Remote Sensing*, Vol. 23, No 4, 725-749.
- Key, C. and Benson, M. 1999. The Normalized Burned Ratio, a Landsat TM radiometric index of burn severity incorporating multi-temporal differencing. *U.S. Department of the Interior Northern Rocky Mountain Science Center*.
- Martín, M. P., Gómez, I. y Chuvieco, E. 2005. Performance of a burned-area index (BAIM) for mapping Mediterranean burned scars from MODIS data. *Proceedings of the 5th International Workshop on Remote Sensing and GIS applications to Forest Fire Management: Fire Effects Assessment*. (Zaragoza), GOFC-GOLD, EARSeL: 193-198.
- Mercier, G. & Lennon, M. 2003: Support vector machines for hyperspectral image classification with spectral-based kernels. *Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS03*. Proceedings. 2003 IEEE International. Volume 1, Issue, 21-25 Page(s): 288-290.
- Nikolakopoulos, K.G. 2003. Use of Vegetation Indexes with ASTER VNIR data for burned areas detection in Western Peloponnese, Greece. *Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 03*. Proceedings. 2003 IEEE International Volume 5, Issue, Page(s): 3287-3289.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. & Deering, D.W. 1973. Monitoring Vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings 3rd ERTS Symposium*. Vol 1 pp. 48-62.
- Salomonson, V., Kuyper, J., Isaacman, A. & Toller, G.N. 2006. *MODIS Level 1B Product User's Guide for Level 1B Version 5.0.6 (Terra) and Version 5.0.7 (Aqua)*. MODIS Support Team for NASA/G SFC.
- Vapnik, V. 1995. *The nature of statistical learning theory*. New York, NY: Springer-Verlag.
- Yoon, Y. & Kim, Y. 2007. Application of Hyperion Hyperspectral Remote Sensing Data for Wildfire Fuel Mapping. *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol 23, No 1, pp. 21-32.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado el Ministerio de Educación, Política Social y Deportes y Ministerio de Ciencias e Innovación (Proyecto de Investigación CGL2007-66888-C02-01/CLI).