



CASO PRÁCTICO

Estudio de Severidad en el incendio de Albinyana (Catalunya) a partir de datos SENTINEL-2

Guerrero, A., Pineda, L., Palà, V., Corbera, J.

Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Parc de Montjuïc s/n, 08008 Barcelona, España.

Resumen: Se ha analizado la severidad del fuego en el incendio de fecha 06/01/2016 en el macizo de Bonastre (que ha sido afectado por incendios forestales en más de una ocasión), situado en el municipio de Albinyana, comarca del Baix Penedès, en Catalunya. Se considera un punto de partida para la evaluación y seguimiento de dinámicas de regeneración de la superficie quemada. Se obtiene el índice dNBR (*Delta Normalized Burn Ratio*) a partir de imágenes del satélite SENTINEL-2, y se comparan los resultados obtenidos con trabajo de campo analizado según el modelo CBI (*Composite Burned Index*).

Este estudio es resultado del Trabajo de Final de Máster "Màster en Tecnologies de la Informació Geogràfica, 18ª edició", de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) en codirección con el Instituto Cartográfico y Geológico de Catalunya.

Palabras clave: dNBR, SENTINEL-2, Severidad, incendio forestal, teledetección.

Severity study in Albinyana (Catalunya) forest fire, using SENTINEL-2 data

Abstract: The forest fire in Bonastre mountains (an area that has been several times affected by fires) on 06/01/2016, has been studied in order to obtain a Severity index. It is in the municipality of Albinyana, in the Baix Penedès region in Catalonia. The study is considered a starting point for the assessment and monitoring of the dynamics of regeneration of the burned surface. The dNBR index (Delta Normalized Burn Ratio) is obtained from SENTINEL-2 images, and the results are compared with CBI index (Composite Burned Index) obtained from ground survey.

This study is a result of the final work of "Màster en Tecnologies de la Informació Geogràfica, 18ª edició", by the Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) codirected by Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

Key words: dNBR, SENTINEL-2, Severity, forest fire, remote sensing.

1. Introducción

Actualmente, según el anuario estadístico de Cataluña, en la región mediterránea los incendios forestales superiores a 50 ha representan más

del 75% de la superficie quemada, aunque solo equivalen al 2,6% del total (Web de la estadística oficial de Catalunya). Las consecuencias de dichos incendios representan daños económicos y ambientales de gran magnitud, incluyendo la

To cite this article: Guerrero, A., Pineda, L., Palà, V., Corbera, J. 2017. Severity study in Albinyana (Catalunya) forest fire, using SENTINEL-2 data. *Revista de Teledetección*, 49, 115-121. https://doi.org/10.4995/raet.2017.RAET_49_7105

* Corresponding author: aitor.soliva@gmail.com

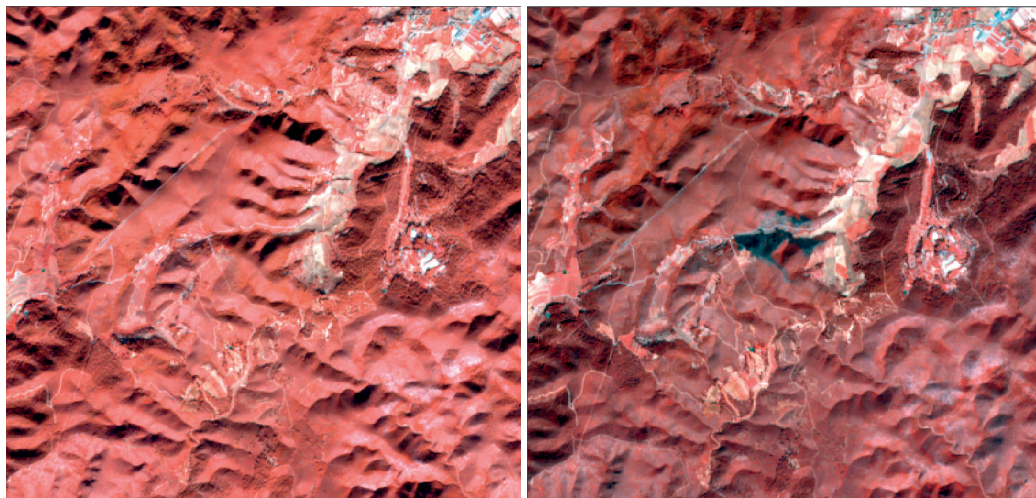


Figura 1. Imágenes Sentinel-2 de la zona de estudio (Albinyana) en falso color, GSD (*Ground Sampling Distance*): 10 m. Subescena anterior al incendio, de 02/12/2015 (derecha) y subescena posterior, de 12/03/2016 (izquierda): área quemada aproximadamente en el centro (en gris-negro).

pérdida de servicios ambientales, como la captura de carbono y el aprovisionamiento de materias primas, así como la pérdida de vidas humanas, con una media aproximada de 4500 km² quemados cada año (Turco *et al.*, 2014). La teledetección se muestra como una herramienta efectiva en la cartografía y en los estudios posteriores a la afectación y evolución del territorio.

El comportamiento de un incendio puede variar según los factores que intervengan. Factores climáticos como la humedad/llovía o la temperatura, biológicos como la inflamabilidad, o topográficos como la pendiente y la orientación, hacen que la severidad sea muy variable (Mataix-Solera y Cerdà, 2009).

La severidad de un área quemada se puede definir como el grado de cambio ambiental debido al fuego. En los mapas de severidad se muestran categorías amplias, del tipo: afectación baja, moderada y alta. El índice de severidad NBR (*Normalized Burn Ratio*) es un índice normalizado que remarca la respuesta espectral del territorio afectado por el fuego a partir del infrarrojo cercano y medio, que corresponden a las bandas 8 y 12 en las imágenes del satélite SENTINEL-2.

2. Material y Métodos

2.1. Materiales

En este trabajo se evalúa la severidad de un área quemada a partir de imágenes SENTINEL-2 (S2). La zona de estudio elegida para calcular el índice dNBR (*delta Normalized Burn Ratio*) viene determinada por la disponibilidad de imágenes S2, tanto anteriores como posteriores a un incendio en dicha zona. Esto nos llevó a elegir la zona afectada por el incendio de 06/01/2016 en el Macizo de Bonastre, de unas 15 ha, entre los municipios de Albinyana y de Bonastre (Comarca del Baix Penedès, Tarragona). Las coordenadas de inicio del incendio son 41.228279; 1.470911.

Se han analizado dos imágenes S2, una anterior al incendio (02/12/2015) y otra posterior a él (12/03/2016) (Figura 1).

2.2. Métodos

Un primer paso necesario en el procesado de los datos es la corrección atmosférica de las imágenes, que se ha realizado mediante el software *sen2cor* de la ESA (*European Space Agency*). Además de éste, se utilizan otros programas de la ESA, programas propios del ICGC y otros *Open Source* para el tratamiento de las subescenas.

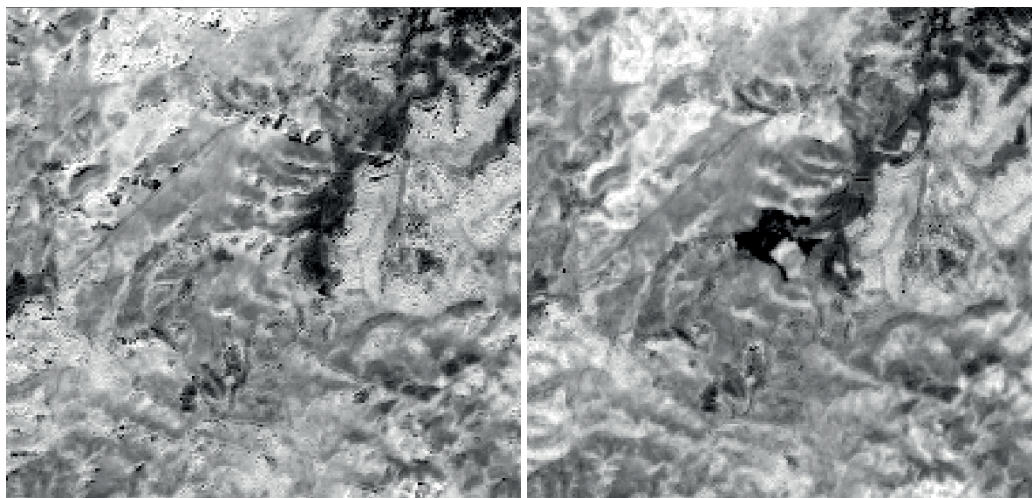


Figura 2. Obtención del índice NBR. GSD (*Ground Sampling Distance*): 20 m. Resultado para la imagen anterior al incendio (izquierda) y NBR de la imagen posterior al incendio (derecha).

En primer lugar se determina el límite de la superficie quemada gracias a la obtención de los índices NDVI de las dos fechas y se procede a una posterior clasificación. El índice de vegetación quemada, NBR, se calcula a partir de las bandas del infrarrojo próximo (NIR) y el infrarrojo medio (SWIR) que, en el caso de SENTINEL-2, corresponden a las bandas 8 (865 nm) y 12 (2190 nm) respectivamente. Se define como:

$$\text{NBR} = \frac{(\text{NIR} - \text{SWIR})}{(\text{NIR} + \text{SWIR})} \times 1000$$

por tanto para S2 tenemos

$$\text{NBR} = \frac{(B8 - B12)}{(B8 + B12)} \times 1000$$

Se calcula el NBR para las dos imágenes (Figura 2) y el dNBR (Miller *et al.*, 2007):

$$\text{dNBR} = \text{NBR}_{\text{pre}} - \text{NBR}_{\text{post}}$$

El índice resultante se clasifica en cuatro clases de afectación: sin afectación, afectación baja, afectación media y afectación alta. Tras la obtención del dNBR, se lleva a cabo un trabajo de campo para analizar la correspondencia entre los resultados y la verdad-terreno. La evaluación de la zona quemada en el campo se efectúa mediante el *Composite Burned Index* (CBI). Este índice fue desarrollado por el *U.S. Geological Survey* y el *National Park Service* en el año 2002 para cuantificar sobre el terreno los efectos causados por el fuego en los estratos de la comunidad vegetal, a través de la

valoración de *plots* de diámetro relacionado con el tamaño del píxel de la imagen.

Según las indicaciones para obtener el CBI se generaron y seleccionaron tres áreas (*plots*) a visitar, atendiendo al distinto grado de severidad obtenido de las imágenes de SENTINEL-2 y según criterios de accesibilidad. La metodología CBI (Danko III *et al.*, 2014) se basa en un diseño jerárquico, donde cada uno de los estratos de vegetación se evalúa de forma independiente. El resultado final es un valor numérico comprendido entre 0 (que corresponde a zonas no quemadas) y 3, en áreas de severidad máxima. En este estudio la dimensión establecida para los *plots* (relacionada con la resolución espacial de la imagen) es de 400 m², y los resultados se agrupan en sotobosque y dosel. El valor del CBI para cada estrato es igual al de la suma de los diferentes niveles que constituyen los estratos.

2.3. Resultados y discusión

El territorio analizado presentaba, antes del incendio, vegetación típica de la baja montaña mediterránea, la propia de una zona sometida a incendios de manera recurrente, poblada con matorral calcícola de romero (*Rosmarinus officinalis*) y matorral con pinos (*Pinus halepensis*). Tras la obtención de los índices NBR y dNBR se clasifican y representan los resultados. En la figura 3 se muestra la representación del dNBR clasificado

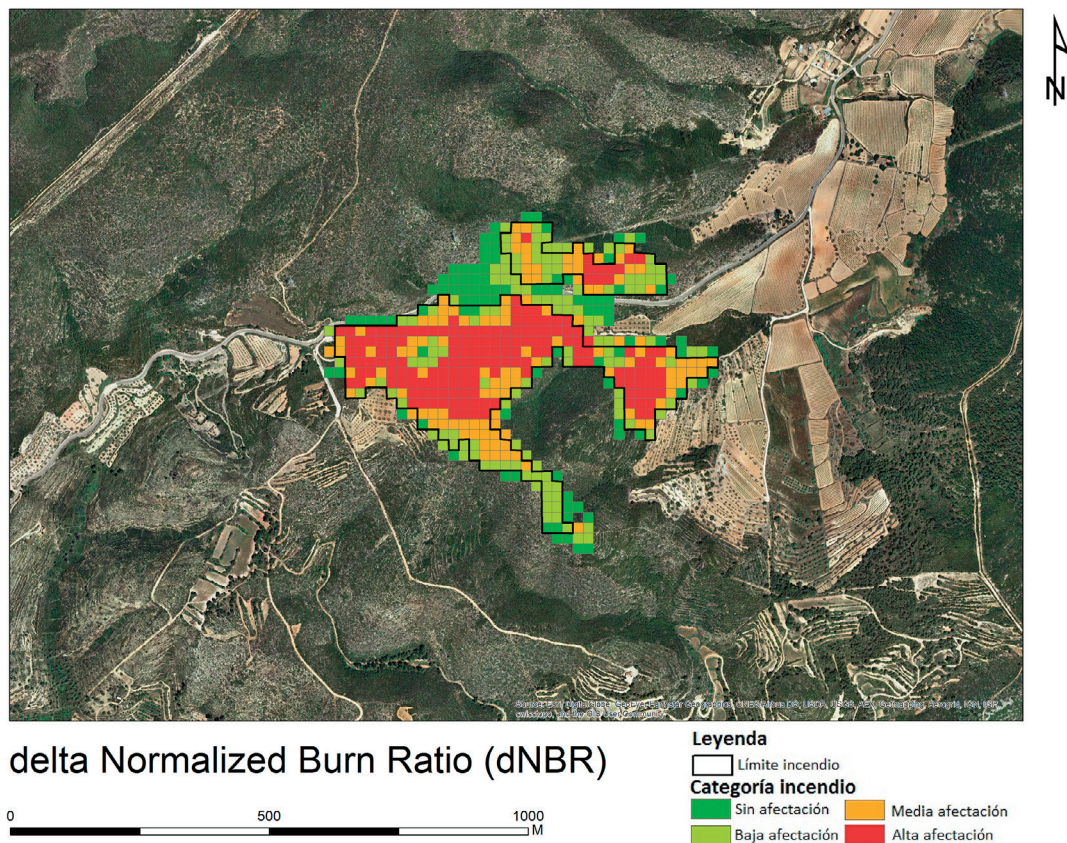


Figura 3. Representación del índice dNBR en el incendio de Albiyana, superpuesto a la ortofoto de Catalunya.

para el incendio de Albiyana, donde las zonas simbolizadas de color verde oscuro pertenecen a las áreas sin afectación, las zonas de color verde claro son las zonas que han sufrido una afectación baja, los polígonos de color naranja son aquellas zonas que han tenido una afectación media, mientras que las zonas simbolizadas de color rojo son aquellas que han tenido un grado de afectación máximo.

Después del trabajo de gabinete se llevó a cabo un trabajo de campo en la zona de estudio, en tres áreas (*plots*) de control diferentes, cada una con un grado de afectación distinta (máxima, media y baja).

En el *Plot 1* (Figuras 4 y 5), predominaba antes del incendio una masa arbórea compuesta por pinos, con presencia de arbustos (determinada por la comparación de la vegetación vecina no quemada y por los restos existentes). El CBI fue analizado

para estos dos estratos de vegetación, además del sustrato. Los resultados nos indican que la severidad del incendio en este *plot* fue máxima: los restos de vegetación están completamente carbonizados y el suelo está cubierto de restos de pinaza, que forma una capa muy ennegrecida. Cabe destacar que a consecuencia de haber pasado cinco meses entre el trabajo de campo y la fecha en la que se produjo el incendio, el área había sido colonizada y/o rebrotada por especies arbustivas y herbáceas como el durillo (*Viburnum tinus*), lentisco (*Pistacea lentiscus*), coscoja (*Quercus coccifera*), rubia (*Rubia peregrina*), además de por diferentes especies de gramíneas. El recubrimiento sobre el total del sustrato se estimó en un 35%. Estos inventarios pueden ser útiles en un futuro para monitorizar la evolución de la revegetación, para localizar diferentes especies invasoras que puedan colonizar la zona afectada y poder hacer una gestión más óptima de los recursos.

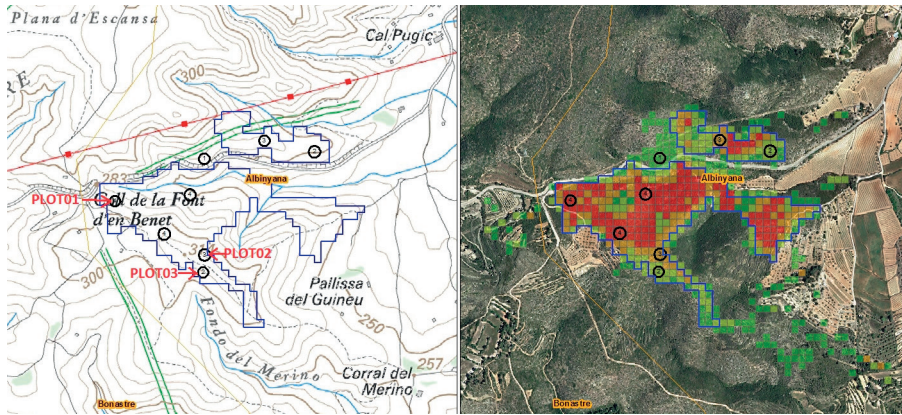


Figura 4. Situación de los plots visitados (Plot 1, Plot 2, Plot 3) sobre el MTC25 (izquierda) y sobre ortofoto (derecha); seleccionados entre los posibles según accesibilidad

En el Plot 2 (Figuras 4 y 6), antes del incendio predominaba únicamente la vegetación arbustiva. Por tanto, el CBI fue analizado para este tipo de vegetación además del sustrato. También, en este plot 2, los restos vegetales estaban totalmente carbonizados. Cabe destacar que en este punto de control el sustrato era más rocoso que en punto anterior. En el momento del trabajo de campo, esta área (plot 2) también estaba recubierta de vegetación en un 45%. Las especies con mayor

presencia eran la coscoja (*Quercus coccifera*), lentisco (*Pistacea lentiscus*), brezo blanco (*Erica arborea*), jara blanca (*Cistus albidus*), travalera (*Centaurea aspera*), bocha (*Dorycnium pentaphyllum*) y hierba pincel (*Coris monspeliensis*). Entre las gramíneas cabe destacar el fenazo (*Brachypodium retusum*). Según el análisis del índice dNBR, esta área fue afectada con severidad media. Sobre el terreno se observó que la afectación real fue máxima. La diferente asignación de



Figura 5. Plot 1: situación-dNBR (círculo sobre índice de severidad alto, en rojo) y fotografía tomada en el terreno el 08/06/2016.



Figura 6. *Plot 2:* situación-dNBR (círculo grueso sobre índice de severidad medio, en naranja) y fotografía tomada en el terreno el 08/06/2016.

severidad que encontramos entre el análisis de las imágenes y el trabajo de campo puede ser debido a: 1) El sustrato es predominantemente rocoso, por tanto, la radiometría difiere del *Plot 1*, donde el sotobosque proporcionaba una radiometría más oscura debido a la pinaza quemada. 2) La imagen posterior al incendio no fue captada justo después

del incendio, sino meses después, cuando ya se había regenerado parte de la vegetación, proporcionando una radiometría distinta a la esperada.

Por último, las observaciones sobre el terreno en el *Plot 3* (Figuras 4 y 7) fueron muy parecidas a las del *Plot 2*, ambos muy afectados por el incendio.



Figura 7. *Plot 3:* situación-dNBR (círculo grueso sobre índice de severidad mínima, en verde claro) y fotografía tomada en el terreno el 08/06/2016.

En cambio, según el análisis del índice dNBR a partir de las imágenes de satélite, la severidad había sido mínima en el *Plot 3* y media en el *Plot 2*. La única diferencia visible fue que la cobertura vegetal en el *Plot 3* era menor que en el *Plot 2*. Las especies colonizadoras y/o de rebrote eran las mismas. La no coincidencia entre la observación directa y el índice dNBR puede ser debida, como también ocurre en el *Plot 2*, a la participación del suelo desnudo y de la vegetación en la radiometría de los datos obtenidos por el satélite.

2.4. Conclusiones

El uso de imágenes del satélite SENTINEL-2 supone una importante contribución y avance en el ámbito de la observación de la tierra, al proporcionar datos de libre distribución, así como por el significativo incremento en resolución espacial, espectral y temporal. La mejora de la resolución espacial del SENTINEL-2, en comparación a la resolución espacial de los satélites LANDSAT, nos proporciona una mejor calidad de análisis. Esta mejora es importante, sobre todo en aquellos incendios de pequeña envergadura, ya que la información obtenida a escala detallada es más precisa. La mayor finura en la resolución espectral y radiométrica también supone un gran avance para reducir las posibles confusiones entre categorías en el momento de la clasificación. La resolución temporal del SENTINEL-2 proporciona mayor número de imágenes en un plazo de tiempo más corto (5 días considerando los satélites SENTINEL-2A y 2B) a diferencia del LANDSAT (16 días). Esto posibilita obtener información más próxima en el tiempo a la monitorización ambiental que queremos analizar.

El trabajo de campo realizado ha constatado la importancia de poder trabajar con imágenes lo más cercanas posibles en el tiempo a la alteración producida. Por ejemplo en el *Plot 3*, la información que nos proporcionaba el análisis no se correspondía con la información extraída del trabajo de campo. Esto fue debido probablemente a que las imágenes utilizadas de después de la alteración (12/03/2016) eran demasiado tardías (por no existir mayor disponibilidad) respecto a la fecha del incendio (06/01/2016). También hay que considerar que el área de estudio no tiene una superficie suficientemente representativa para

valorar, de una forma completa y concluyente, la bondad del índice de severidad.

Hemos podido comprobar que el análisis de incendios mediante imágenes SENTINEL-2 se ha podido realizar con éxito. Es más, se ha mejorado la calidad de la información (temporalidad, espacialidad y temporalidad), pudiendo afirmar que el análisis de los incendios es factible y recomendable como caso de uso y utilidad de las imágenes del satélite SENTINEL-2, pudiendo ser complementado con imágenes LANDSAT.

Referencias

- Danko III, J., Rogan, J., Kulakowski, D., McConnell, M. 2014. Mapping Burn Severity using the Composite Burn Index in an Oak Savannah in Central Massachusetts. *The Geographical Bulletin*, 55(1), 36.
- Key, C.H., Benson, N.C. 2006. Landscape assessment (LA) sampling and analysis methods. *USDA For. Serv. Rocky Mt. Res. Stn. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164*. Recuperado el 15/07/2016 de http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_gtr164/rmrs_gtr164_13_land_assess.pdf
- Mataix-Solera, J., Cerdà, A. 2009. Efectos de los incendios forestales sobre los suelos en España. Valencia, Spain: FUEGORED, Cátedra de Divulgació de la Ciència, Universitat de València.
- Miller, J. D., Thode, A. E. 2007. Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta Normalized Burn Ratio (dNBR). *Remote Sensing of Environment*, 109(1), 66-80. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.12.006>
- Turco, M., Llasat, M. C., von Hardenberg, J., Porvenzale, A. 2014. Climate change impacts on wildfires in a Mediterranean environment. *Climate change*, 125(3-4), 369-380. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1183-3>
- Web de la estadística oficial de Catalunya. Recuperado el 15/07/2016 de www.idescat.cat