

## Estimación de daños causados por el incendio del 20 de septiembre de 2017 en Gran Canaria, y análisis de la recuperación de la cubierta vegetal mediante el procesado de imágenes de satélite de alta resolución

Rodríguez-Esparragón, D.<sup>(1)</sup>, Marcello-Ruiz, J.<sup>(1)</sup>, Guedes-Sánchez, J.A.<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto de Oceanografía y Cambio Global, Campus Universitario de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria, España. dionisio.rodriguez@ulpgc.es

<sup>(2)</sup> Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus Universitario de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria, España.

**Resumen:** La estimación de los daños producidos por el fuego es un tema de interés ecológico, social y económico. La disponibilidad de datos de teledetección de alta resolución permite abordar este problema, en especial en los denominados “fuegos pequeños”. En septiembre de 2017 un incendio arrasó una zona de las cumbres de la isla de Gran Canaria, causando la muerte de una persona, y arrasando una cubierta mayoritariamente de pinos y matorral bajo. En este trabajo, se presenta una estimación del área quemada y un análisis de la severidad del incendio en esa superficie. Adicionalmente, se realizó un estudio de la evolución de la recuperación de la cubierta vegetal en los meses siguientes. Para todo ello, se utilizaron imágenes de la misión Sentinel-2, lo que permite analizar el desempeño de este sensor para el análisis de pequeños fuegos en el hábitat insular descrito.

**Palabras clave:** Sentinel-2, NBR, dBNR, NDVI.

### *Estimation of damage caused by the fire on September 20, 2017 in Gran Canaria, and analysis of the recovery of the vegetation cover through the processing of high resolution satellite images*

**Abstract:** The estimation of damage caused by fire is a topic of ecological, social and economic interest. The availability of high-resolution remote sensing data allows us to address this problem, especially in so-called “small fires”. In September of 2017, a fire devastated an area of the summits of the island of Gran Canaria, causing the death of a person, and destroying a cover mainly of pines and low scrub. In this work, an estimate of the burned area is presented, and an analysis of the severity of the fire on that surface. Additionally, a study was made of the evolution of the recovery of the vegetation cover in the ensuing months. For all this, images of the Sentinel-2 mission were used, which allows analysing the performance of this sensor for the analysis of small fires in the insular habitat described.

**Keywords:** Sentinel-2, NBR, dBNR, NDVI.

### 1. INTRODUCCIÓN

Las Islas Canarias se encuentran al norte de África. Constituyen un archipiélago próximo a las costas del sur de Marruecos, y al norte del Sáhara. Geográficamente, queda delimitado entre las coordenadas 27°37' y 29°25' de latitud norte y 13°20' y 18°10' de longitud oeste (Hernández-Hernández, 1977).

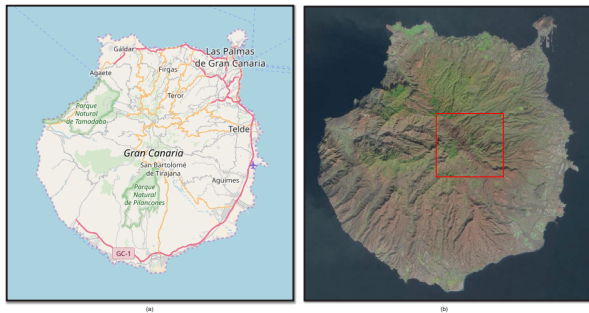
Gran Canaria es la tercera isla del archipiélago canario en extensión y altitud (Figura 1). Ocupa una superficie de 1560,1 km<sup>2</sup>, y se eleva hasta un máximo de 1956 metros (Morro de la Agujereada). Consecuentemente, presenta una orografía escarpada y singular asociada a una amplia diversidad paisajista y de ecosistemas naturales (Morales-Matos y Pérez-González, 2000). Por ello, cuenta con 33 espacios naturales que protegen aproximadamente el 42,8% de su superficie.

Los incendios forestales causados por el ser humano representan un grave problema medioambiental (Dale et al., 2001; Flannigan et al., 2000; Mataix-Solera et al., 2011). El 20 de septiembre de 2017 se declaró un incendio localizado en las medianías y cumbres de la isla de Gran Canaria (Figura 1). El fuego pudo ser controlado tres días después. Como consecuencia, se quemó, con rapidez e

intensidad, una amplia superficie de pino y monte de gran valor ecológico. Lamentablemente, causó la muerte de una persona.

Las técnicas de teledetección se emplean asiduamente como herramientas en gestión de riesgos medioambientales (Chuvieco et al., 2010; Tralli et al., 2005). En este sentido, la utilización de datos de alta resolución facilitan la cartografía de áreas afectadas por los fuegos (Chuvieco y Congalton, 1989; Lentile et al., 2006), y, por consiguiente, la valoración de los daños sociales y económicos que se han producido (Bella y Posse, 2008; Jakubauskas et al., 1990). Posteriormente, permiten el seguimiento de la recuperación de las zonas quemadas. En especial, la gran disponibilidad de datos ópticos de alta resolución de libre uso, posibilita la obtención de índices espectrales que ejecuten un análisis del fuego, su severidad y su evolución post-incendio.

El objeto de este trabajo fue realizar un estudio de la zona afectada por el fuego y de su grado de severidad (calcínación), así como la monitorización posterior de la cubierta vegetal para estimar la recuperación a medio plazo de la superficie dañada.



**Figura 1.** (a) Mapa de la Isla de Gran Canaria. (b) Composición RGB post-incendio de la isla de Gran Canaria capturada por el sensor MSI del Sentinel-2 el 28 de septiembre de 2017. El rectángulo rojo señala el área aproximada afectada por el incendio.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Como datos de análisis se utilizaron las imágenes capturadas con el *Multispectral Instrument* (MSI) a bordo de los satélites Sentinel-2A y 2B. En la tabla 1, se detalla la resolución espacial y espectral para dicho sensor. Como se puede ver, captura hasta 13 bandas cubriendo desde el aerosol costero hasta el infrarrojo de onda corta, con resoluciones espaciales de 10, 20 y 60 metros dependiendo de la longitud de onda.

**Tabla 1.** Distribución de bandas espectrales y su resolución espacial para el MSI a bordo del Sentinel 2.

Banda	Denominación	Longitud de onda central (nm)	Ancho de banda (nm)	Resolución Espacial (m)
1	Costal Aerosol	443,9	27	60
2	Blue	496,6	98	10
3	Green	560	45	10
4	Red	664,5	38	10
5	Vegetation red edge	703,9	19	20
6	Vegetation red edge	740,2	18	20
7	Vegetation red edge	782,5	28	20
8	NIR	835,1	145	10
8a	Narrow NIR	864,8	33	20
9	Water vapour	945	26	60
10	SWIR-Cirrus	1373,5	75	60
11	SWIR	1613,7	143	20
12	SWIR	2202,4	242	20

Al objeto de evaluar la superficie quemada se descargaron dos imágenes Sentinel-2A (Figura 2.): Una correspondiente al área afectada pre-incendio del 18 de septiembre (2 días antes del fuego); la otra del 28 de septiembre, pocos días después de que se extinguiese el incendio (post-incendio). Ambas imágenes corresponden a un producto de reflectividad en superficie nivel 2A, que se remuestrea a 20 m.

El cálculo de la superficie quemada (dNBR) se obtuvo a partir de la diferencia del *Normalized Burn Ratio* (NBR) de cada una de las imágenes pre-incendio y pos-incendio (Miller y Thode, 2007). El dNBR se define como:

$$dNBR = NBR_{pre} - NBR_{post}$$

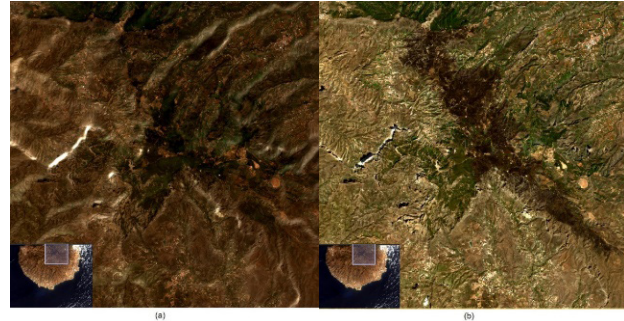
donde,

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

Para el MSI del Sentinel-2, la expresión anterior se computa como una operación entre las bandas 8 y 12 (Guerrero *et al.*, 2017):

$$NBR_{MSI, Sentinel-2} = \frac{B8 - B12}{B8 + B12}$$

La información del dNBR se clasificó aplicando umbrales. Como resultado se obtuvo la superficie calcinada, atendiendo a su grado de severidad. Para ello se emplearon los criterios detallados en la tabla 2.



**Figura 2.** Composición RGB (B4, B3, B2) de la zona afectada por el incendio: (a) Imagen pre-incendio y (b) imagen post-incendio.

**Tabla 2.** Estimación del índice de severidad a partir de los valores de dNBR.

Umbral (Valor de píxel)	Clasificación
dNBR < 0,10	No quemado
0,10 ≤ dNBR < 0,27	Baja
0,27 ≤ dNBR < 0,44	Moderada Baja
0,44 ≤ dNBR < 0,66	Moderada Alta
dNBR ≥ 0,66	Alta

Por último, para conocer la recuperación o no de la zona afectada, se descargaron dos imágenes de la zona por cada mes, desde la fecha del incendio hasta mayo del siguiente año (2018). La tabla 3 detalla las imágenes en la base de datos: En los meses de enero, y mayo, sólo se pudo obtener una imagen libre de nubes; en el mes de febrero, no se encontró ninguna útil para el estudio por las mismas circunstancias.

**Tabla 3.** Datos seleccionados para el estudio post-incendio.

Mes Día	Año 2017			Año 2018								
	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.				
	3	23	2	22	7	27	21	12	22	16	26	1

Con todos estos datos se generó una base de datos a la que se le computó el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). Como es bien sabido, el NDVI permite discriminar con bastante eficiencia entre suelo desnudo y vegetación (Carlson y Ripley, 1997), constituyendo uno de los índices más extensamente aplicados para esta tarea. La tabla 4 muestra los umbrales aplicados para discriminar entre suelo desnudo o vegetación a partir del valor del NDVI, calculado según la expresión:

$$NDVI = \frac{NIR - Rojo}{NIR + Rojo}$$

que se computa para Sentinel-2 como una operación entre las bandas 8 y 4:

$$NDVI_{MSI, Sentinel-2} = \frac{B8 - B4}{B8 + B4}$$

**Tabla 4.** Criterio de clasificación de la superficie del suelo en función del valor del NDVI.

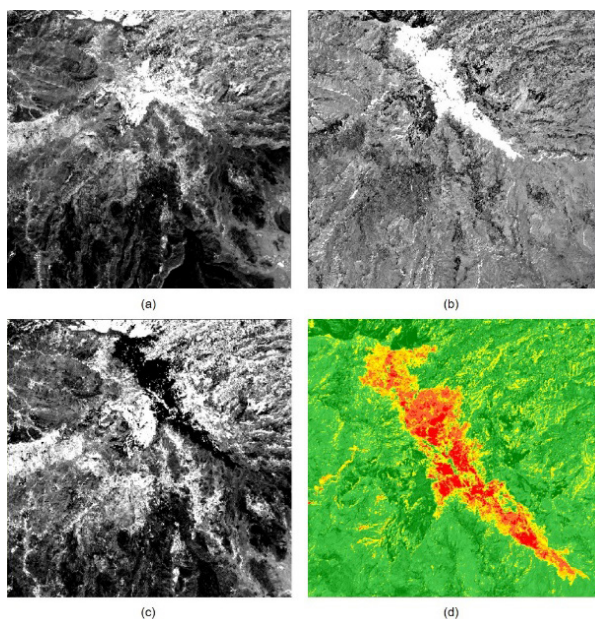
Umbral (Valor de píxel)	Clasificación
NDVI < 0	Agua
0 ≤ NDVI < 0,2	Suelo desnudo
0,2 ≤ NDVI < 0,9	Vegetación

### 3. RESULTADOS

En la figura 3, se presentan los resultados de evaluar el NBR sobre la imagen pre-incendio (figura 3.(A)), y post-incendio (Figura 3.B). El índice de calcinación (dNBR corresponde a la figura 3.C. Por último, en la figura 3.D, se observa la clasificación de la zona afectada según severidad del fuego. Correspondiendo los píxeles en verde a áreas no quemadas, y el mayor daño a la zona coloreada en rojo.

La superficie total afectada por el fuego se estimó en aproximadamente 2224 hectáreas. La tabla 5 incluye un cuadro de distribución de superficies según severidad, así como la representación porcentual sobre el total de la superficie quemada.

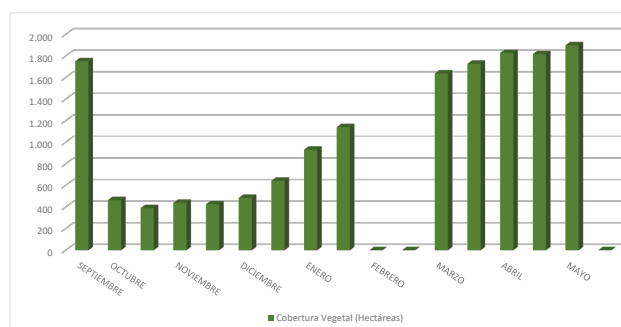
Por último, en la figura 4, se describe, a partir de cálculo del NDVI, la evolución de la cobertura vegetal en la zona afectada por el incendio. Como se observa, hay una rápida recuperación de la cobertura vegetal, sobre todo, a partir de los meses más lluviosos (enero y febrero).



**Figura 3.** Resultados: (a) NBR pre-incendio; (b) NBR post-incendio; (c) Índice de calcinación (dNBR); (d) índice de severidad.

**Tabla 5.** Cuadro de superficies afectadas y grado de calcinación.

Grado de Calcinación	No quemado	Bajo	Moderado Bajo	Moderado Alto	Alta
Superficie (Km <sup>2</sup> )	3,942	4,712	5,148	5,677	3,006
Porcentaje sobre el área total (%)	17,7	20,1	23,1	25,5	13,5



**Figura 4.** Evolución post-incendio de la cubierta vegetal en la zona afectada.

### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha explorado el uso de imágenes capturadas por el sensor MSI a bordo de los satélites de la serie Sentinel-2 para dos tareas. En primer lugar, la estimación de la superficie afectada por fuego y el grado de severidad. En segundo lugar, para evaluar la recuperación de la cubierta vegetal en los meses siguientes a la extinción del fuego.

Se estimó una superficie afectada en unas 2224 hectáreas, dato que coincide con las informaciones aportadas por las administraciones públicas a medios de difusión que incluyen un área de alrededor de 2780 hectáreas.

Del mismo modo, se constata una vigorosa recuperación de la cubierta vegetal. Este resultado concuerda con lo esperado. En efecto, el área quemada constituía una superficie diversa, pero con amplias zonas de matorral y monte bajo. Este tipo de vegetación se suele recuperar con relativa rapidez tras un fuego.

### 5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Consejería de Economía, Industria, Comercio y Conocimiento del Gobierno de Canarias, y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), a través del proyecto PASTOR (ProID2017010072).

### 6. BIBLIOGRAFÍA

Bella, C. Di, Posse, G. 2008. La teledetección como herramienta para la prevención, seguimiento y evaluación de incendios e inundaciones. Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente. <https://doi.org/10.7818/re.2014.17-3.00>

Carlson, T.N., Ripley, D.A. 1997. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. Remote Sensing of Environment. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(97\)00104-1](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00104-1)

Chuvieco, E., Congalton, R.G. 1989. Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping. Remote Sensing of Environment. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(89\)90023-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(89)90023-0)

Dale, V.H., Joyce, L.A., McNulty, S., Neilson, R.P., Ayres, M.P., Flannigan, M.D., ... Wotton, B.M. 2001. Climate change and forest disturbances. BioScience. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0723:CCAFD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0723:CCAFD]2.0.CO;2)



- Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., ... Bargellini, P. 2012. Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. *Remote Sensing of Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026>
- Flannigan, M.D., Stocks, B.J., Wotton, B.M. 2000. Climate change and forest fires. *The Science of the Total Environment*. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00524-6](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00524-6)
- Guerrero, A., Pineda, L., Palà, V., Corbera, J. 2017. Estudio de Severidad en el incendio de Albinyana (Catalunya) a partir de datos SENTINEL-2. *Revista de Teledeteccion*. <https://doi.org/10.4995/raet.2017.7105>
- Hernández, P.H. 1977. *Natura y cultura de las Islas Canarias*. (P. H. Hernández, Ed.).
- Jakubauskas, M.E., Lulla, K.P., Mausel, P.W. 1990. Assessment of vegetation change in a fire-altered forest landscape. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*.
- Lentile, L.B., Holden, Z.A., Smith, A.M.S., Falkowski, M.J., Hudak, A.T., Morgan, P., ... Benson, N.C. 2006. Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects. *International Journal of Wildland Fire*. <https://doi.org/10.1071/WF05097>
- Mataix-Solera, J., Cerdà, A., Arcenegui, V., Jordán, A., & Zavala, L. M. 2011. Fire effects on soil aggregation: A review. *Earth-Science Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2011.08.002>
- 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*. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.12.006>
- Morales-Matos, G., Pérez-González, R. 2000. *Gran atlas temático de Canarias*. Editorial Interinsular Canaria. (Editorial Interinsular Canaria, Ed.).
- Navarro, G., Caballero, I., Silva, G., Parra, P.C., Vázquez, Á., Caldeira, R. 2017. Evaluation of forest fire on Madeira Island using Sentinel-2A MSI imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.02.003>