

# TIEMPO, CLIMA Y GRANDES INCENDIOS FORESTALES EN LAS ISLAS CANARIAS

Domingo F. RASILLA ÁLVAREZ<sup>1</sup>, Virginia CARRACEDO MARTÍN<sup>1</sup> y Álvaro CUERO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Geografía, Urbanismo y OT. Universidad de Cantabria.*

**domingo.rasilla@unican.es, virginia.carracedo@unican.es**

**alvaro.cuero@alumnos.unican.es**

## RESUMEN

En la evolución reciente de los incendios forestales en las Islas Canarias destaca la importancia de los grandes incendios (GIF). El objetivo de este trabajo es evaluar el papel de las condiciones atmosféricas asociadas a estos eventos, siguiendo dos escalas temporales: por un lado, las situaciones atmosféricas simultáneas a su génesis, y por otro lado, las condiciones climáticas en los meses previos.

En su mayoría, estos grandes incendios ocurren bajo unas condiciones atmosféricas críticas, derivadas del típico tiempo del Sur o advección sahariana, afectando mayoritariamente a zonas abruptas, con altitudes entre los 700 y 1300 m, en laderas orientadas al W y SW. Una vegetación bajo estrés fisiológico, derivado de una situación de sequía, los favorece. No obstante, el episodio más grave (año 2007) parecen haber sido producto de unas condiciones previas menos rigurosas.

**Palabras clave:** incendios forestales, islas Canarias.

## ABSTRACT

The recent evolution of forest fires in the Canary Islands emphasizes the relevance of large fires. The objective of this contribution is to highlight the atmospheric conditions associated with these events, following a two-temporal scale procedure: by one hand, the atmospheric situations simultaneous to the genesis of the fires; on the other hand, the meteorological conditions influencing with months in advance

These events coincide with a situation of very high fire risk, derived from a well-known weather type (“tiempo del sur”), spreading through abrupt slopes, between 700 and 1300 m, oriented from W and SW. A vegetation under physiological stress, derived from a drought situation, favors them. However, the most remarkable event (2007) seems to result from less rigorous antecedent conditions.

**Key words:** forest fires, Canary Islands.

## 1. INTRODUCCIÓN

El mundo mediterráneo es uno de los ámbitos afectados más seriamente por los incendios forestales, aunque la evolución de la superficie quemada en los últimos

decenios muestra comportamientos dispares según los países. Mientras en España la mayor parte de la superficie quemada se concentró en las décadas de los años 80 y 90, en Portugal y en Grecia la mayor incidencia ha ocurrido en los últimos 15 años, destacando en este sentido los años 2003, 2007 y 2018 (Rodríguez et al. 2013; Spano et al. 2014; Turco et al. 2016).

En el caso de las Islas Canarias, y aunque existen testimonios arqueológicos y documentales de la utilización del fuego dentro de las economías tradicionales (Fernández Palacios et al, 2007), los incendios no parecen constituir un problema de la misma envergadura que en otras regiones españolas. Por ejemplo, durante el periodo 2001-2014, la superficie quemada en Canarias, 57636 has, sólo representó el 3,68 % del total nacional. Igualmente, si utilizamos el índice de riesgo de incendios, que relaciona el número de incendios por cada 10.000 ha de superficie forestal, Canarias se sitúa por debajo del riesgo medio del resto del país (Carracedo Martín, 2015). La evolución de la superficie quemada muestra una alternancia de años con escasa actividad (1971, 1977, 1986 ó 1991), frente a otros con mayor actividad (1975, 1978 y 1983). Sin embargo, esos últimos palidecen en comparación con 2007, en el que se alcanzaron máximos históricos (el 40% del total quemado desde 1968) y 2012.

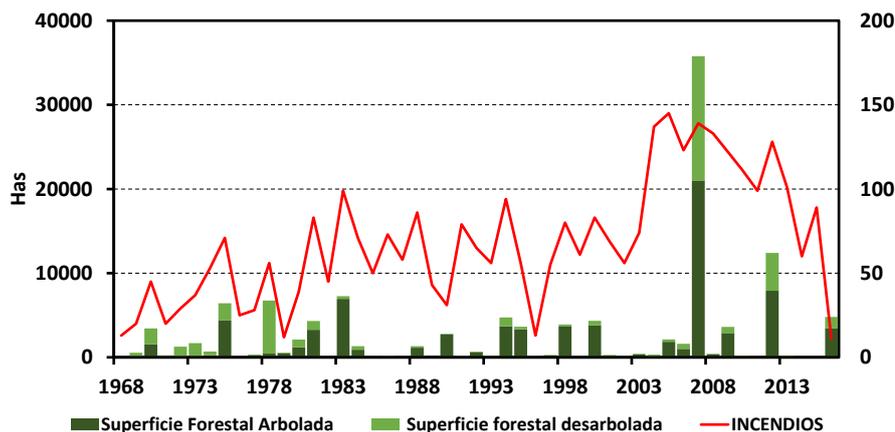


Fig. 1: Gráfico evolución incendios y superficie quemada en las Islas Canarias entre 1968 y 2015. Fuente: Magrama.

Otra singularidad es el extraordinario peso de los grandes incendios forestales (> 500 has, GIF). Desde 1968 se han producido 34, que supusieron aproximadamente el 94 % de la superficie regional quemada, una de las ratios más elevadas de España. Por lo tanto, parece conveniente, en el contexto de las previsiones de cambio climático, un análisis de estos eventos, en particular los más recientes, que formarían parte de la nueva generación de incendios de alta intensidad (Castellnou, 2016). El objetivo de este trabajo es el análisis de las condiciones atmosféricas que propician su génesis, desde dos ópticas temporales complementarias (Liberato et al, 2017):

1. Las situaciones atmosféricas simultáneas a la génesis de los incendios.
2. Las condiciones atmosféricas previas, que condicionan el estado de la vegetación susceptible de arder.

## 2. FUENTES DE INFORMACIÓN Y METODOLOGÍA

La información sobre incendios forestales procede de dos fuentes diferentes. Por un lado, de la Estadística Nacional (MAGRAMA) se extrajo, para cada incendio forestal, la superficie quemada desde 1968 hasta 2015. Para el periodo 2000-2015 se obtuvieron los focos de incendios registrados por el sensor MODIS (satélite Terra, <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>). Esta base de datos incluye, con una resolución de 1 km<sup>2</sup>, variables como su latitud, longitud, intensidad etc... que fue implementada en un Sistema de Información Geográfica, en combinación con un Modelo Digital del Terreno y otras capas de información espacial georreferenciada. La temperatura máxima y mínima diaria y la precipitación se obtuvieron de ECAD (<http://www.ecad.eu>). Las retrotrayectorias para una altitud de 2000 m, finalizando en Izaña, provienen de <https://www.nilu.no/projects/ccc/trajectories/>. Por último, se han utilizado los datos del índice de sequía SPEI (versión 2.5) extraído de <http://spei.csic.es/index.html> (Vicente-Serrano et al, 2010)

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Caracterización de los grandes incendios forestales en Canarias

La mayoría de los GIF en Canarias son estivales (11 en julio y agosto, 8 en septiembre). Durante las décadas de los 70, 80 y 90 se registraron más GIF que desde el año 2000 (24 frente a 10), pero sus dimensiones fueron menores (42382,13 has frente a 60943,05 has). A partir de su combinación con información topográfica obtenida a partir de un MDT, se determinó que sus focos se ubican a altitudes desde 300 a los 2100 m, sobre pendientes fuertes (la mayoría por encima de los 10°) y laderas orientadas sobre el 3<sup>er</sup> cuadrante.

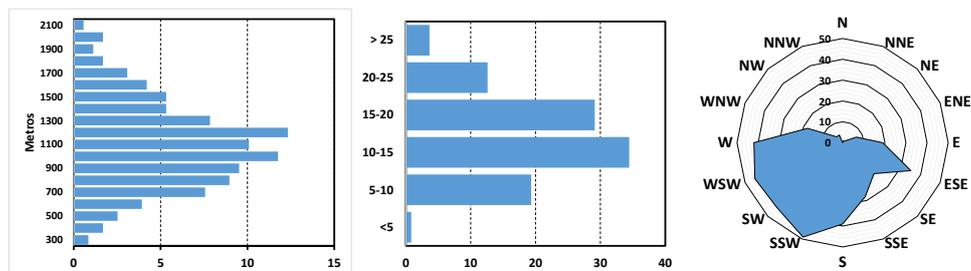


Fig. 2: Altitud, pendiente media y orientación de los focos durante los grandes incendios forestales (2000-2016). Fuente: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>

Un análisis de la evolución diaria de los focos de esos grandes incendios ofrece algún aspecto llamativo. Por ejemplo, los de Tenerife y Las Palmas evolucionaron ladera abajo, mientras que los ocurridos en las islas más pequeñas, o bien en algún caso evolucionaron ladera arriba (pe. el de La Palma en 2016) o bien no es posible determinar progresión alguna. Cabría señalar como posibles responsables de estos comportamientos las circulaciones locales (brisas marinas, vientos descendentes), resultado de la interacción entre el relieve, el mar y la dinámica atmosférica regional.

### 3.2 Condiciones atmosféricas simultáneas

Estudios previos destacan que la situación atmosférica más característica durante los incendios en Canarias es el “tiempo del sur” (Dorta et al, 1991; Dorta 2001). Está caracterizado por la llegada de masas de aire cálido y seco, de procedencia sahariana, en sustitución del régimen de alisios dominante. La figura 3 muestra la trayectoria seguida por las masas de aire correspondiente al día de inicio de los GIF entre 1997 y 2016: la mayoría nace o recorre el NW de África, si bien su velocidad y trayectoria es diversa. De hecho, en algunos casos se hablaría de masas envejecidas, dado que, antes de su llegada a Canarias, realizan un bucle que les lleva a recorrer parte del Mediterráneo.

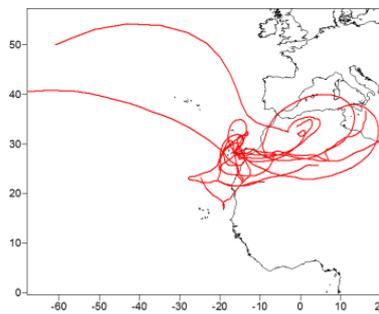


Fig. 3: Trayectorias de las masas de aire correspondientes al día de inicio de los grandes incendios forestales (1997-2016). Fuente: <https://www.nilu.no/projects/ccc/trajectories/>

Los mapas de anomalías de la circulación atmosférica señala que las configuraciones isobáricas más propicias implican la retirada del Anticiclón de las Azores y una circulación del E. En la topografía de 850 hPa se observa un máximo al NE de las Islas Canarias, que corresponde con una anomalía térmica positiva de unos 6°C. Al sur de este máximo de presión le corresponde geostroficamente un máximo de vientos (aproximadamente 11 m/s) con dirección E.

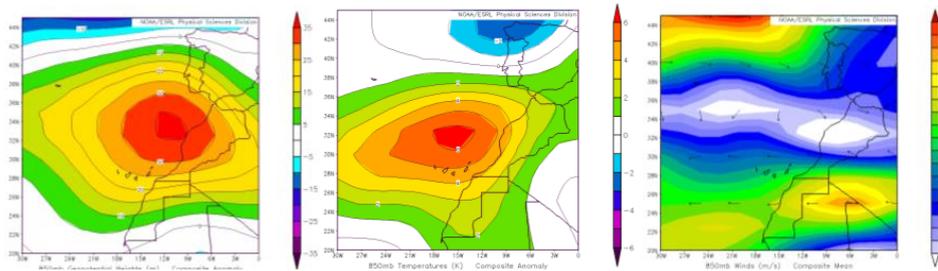
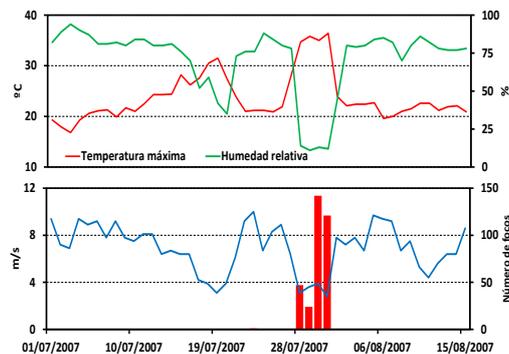


Fig. 4: Anomalías de la topografía, temperatura del aire y viento a 850 hPa. Imagen proporcionada por NOAA/ESRL Physical Sciences Division en <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>.

En superficie, esta situación se caracteriza por un considerable aumento de la temperatura, y un descenso muy acusado de la humedad relativa, además de vientos del SE. La figura 5, correspondiente al aeropuerto de Los Rodeos durante el verano de 2007, señala la coincidencia entre los días de máxima virulencia de los incendios forestales y unas condiciones atmosféricas muy rigurosas.



*Fig 5: Evolución de las condiciones atmosféricas en Los Rodeos entre el 1 de julio y el 15 de agosto de 2007 y número de focos activos. Fuente: European Climate Assessment & Dataset*

### 3.3 Condiciones atmosféricas a largo plazo

Para determinar qué condiciones previas favorecen los grandes incendios forestales, se separaron los valores anuales de superficie quemada, desde 1968 hasta 2015, en tres categorías (elevada, normal, escasa). Posteriormente, los valores mensuales de temperatura y precipitación correspondientes a cada una de esas categorías fueron comparados entre sí en los observatorios principales de la red sinóptica. Los resultados muestran un comportamiento complejo desde el punto de vista temporal, acompañada de una clara señal en términos de variabilidad espacial. Por ejemplo, los inviernos secos y cálidos contribuyen al incremento de la frecuencia de grandes incendios el verano siguiente. Igualmente relevante son las anomalías positivas de la temperatura durante los meses de julio que preceden a esos grandes episodios, confirmando el papel del tiempo del sur. Más aún, se intuye que las precipitaciones al comienzo del otoño podrían influir favoreciendo el crecimiento rápido de la vegetación herbácea antes del parón vegetativo invernal. Cabe señalar que la señal climática es evidente en los observatorios de mayor altitud (Los Rodeos e Izaña), particularmente en el caso de la precipitación, mientras que es débil a nivel del mar. No obstante, sometidas estas anomalías al test de Kruskal-Wallis, que analiza las diferencias de los rangos de los terciles extremos, los resultados son poco significativos: en el caso de las precipitaciones, sólo las de marzo superan el umbral de significación del 5 % en Los Rodeos e Izaña, mientras que para las temperaturas sólo ocurre en julio.

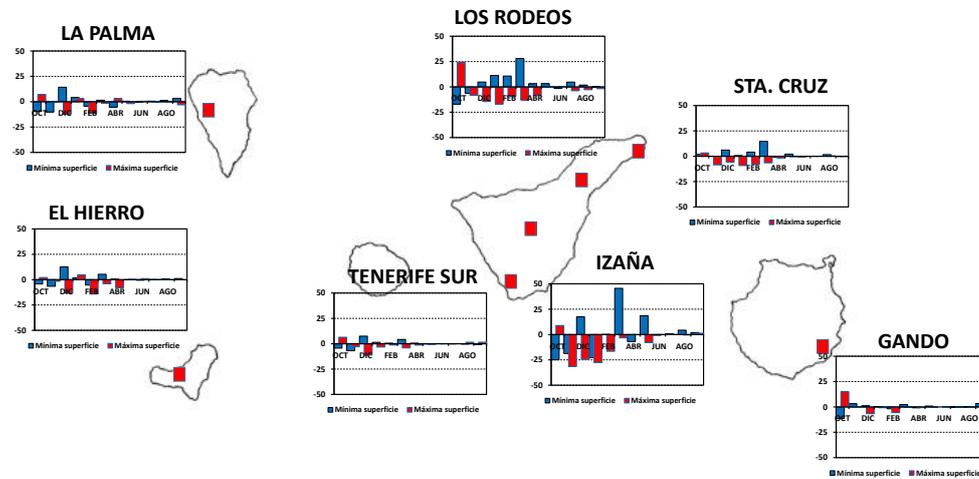


Fig. 6: Anomalías mensuales de la precipitación durante años con abundante actividad incendios (barras rojas) y escasa actividad (barras azules). Fuente: European Climate Assessment & Dataset

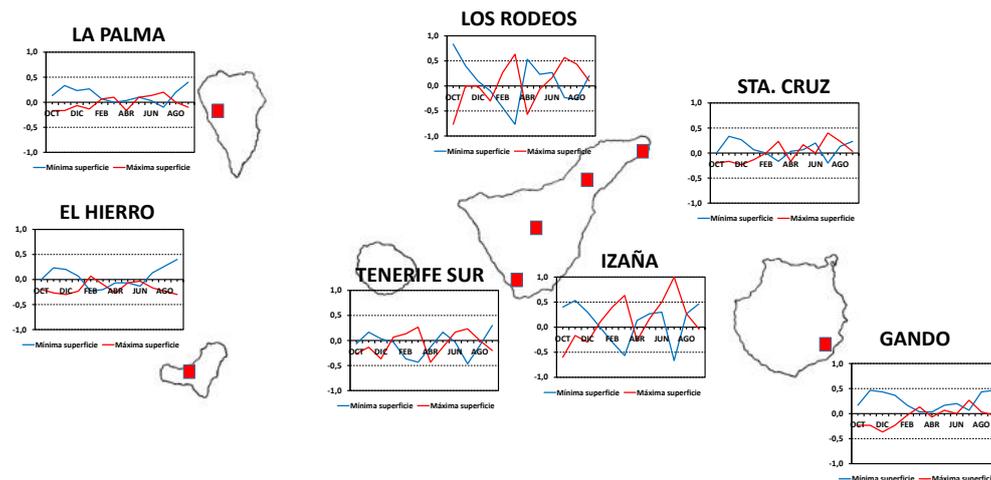


Fig. 7: Anomalías mensuales de la temperatura durante años con abundante actividad incendios (barras rojas) y escasa actividad (barras azules) en las Islas Canarias. Fuente: European Climate Assessment & Dataset

Con el fin de confirmar una posible relación entre incendios forestales y sequía, se procedió a comparar la superficie quemada anualmente y el índice SPEI correspondiente al mes de agosto, empleándose una ventana temporal de 9 meses (la que ofrece mejores resultados: correlación de Spearman,  $-0.38$ ). Tanto el signo del citado coeficiente de correlación como el gráfico 9 confirman que los incendios coinciden con valores negativos del índice y, por lo tanto, con condiciones de sequía, circunstancia puesta de manifiesto en diferentes trabajos alrededor del Mediterráneo (Urbietta et al., 2015; Russo et al., 2017). Así, en 2012 se quemaron 7906,7 has, con un SPEI de  $-2,183$ ; igualmente, en 1983 las cifras fueron 6958,7 has mientras que el

SPEI alcanzó -1,161. Algunos episodios notables no han requerido, sin embargo, estas condiciones. Este es el caso de 2016, en el que el incendio de La Palma quemó 3481,9 has, con un índice de -0,34, o por supuesto, 2007, con un SPEI de 0,62.

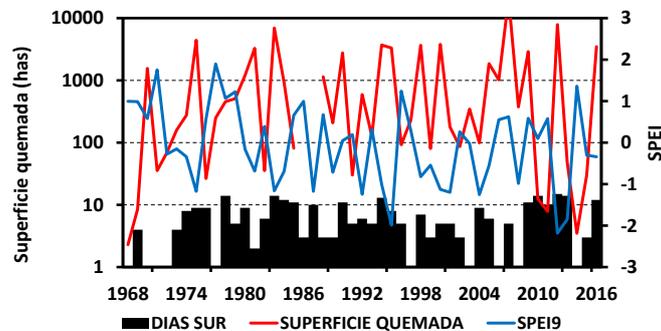


Fig. 8: Evolución del índice de sequía SPEI-9 meses correspondiente al mes de agosto (línea azul), y superficie quemada en Canaria (línea roja, escala logarítmica) y número de días con tiempo del sur en verano (junio a septiembre). Fuente: <http://spei.csic.es/index.html>, ECAD y Magrama.

### 3.4 Incendios y stress fisiológico en las plantas

En los últimos años se ha incrementado la disponibilidad de información climática proporcionada por sensores remotos, particularmente válida en áreas que por su aislamiento, carecen de los datos proporcionados por fuentes tradicionales. Este es el caso de índices que, como el NVDI (Normalized Vegetation Difference Index), evalúan la salud de la vegetación, su dinámica y su relación con el clima, ya que ofrece una estrecha relación con el estrés hídrico (e.g. Nicholson et al., 1990), y por lo tanto, el peligro de incendio (López et al, 1991; Burgan y Hartford, 1993). En el caso que nos ocupa, se han utilizado las anomalías de dicho índice, obtenidas como diferencias respecto al valor medio del periodo 2000-2016, a dos escalas diferentes; en la temporal se representan los valores correspondientes a los 12 meses previos al mes de dos episodios señalados, el de 2007 y el de 2012. Al mismo tiempo, se ha representado el mapa de anomalías correspondiente a la semana anterior al comienzo de ambos episodios de incendios.

En el caso del verano de 2012, 5 grandes incendios afectaron a las islas occidentales: 2 en La Palma, 2 en La Gomera y uno en Tenerife, aproximándose a las 8000 has quemadas (figura 10). Las anomalías del índice NVDI mostraron valores negativos (condiciones de estrés fisiológico), tanto en Tenerife como en La Gomera, desde finales del verano de 2011, con un máximo entre de febrero y abril de 2012. Estos valores negativos se extendían por gran parte de la vertiente SW de ambas islas, que fueron las afectadas por los incendios forestales.

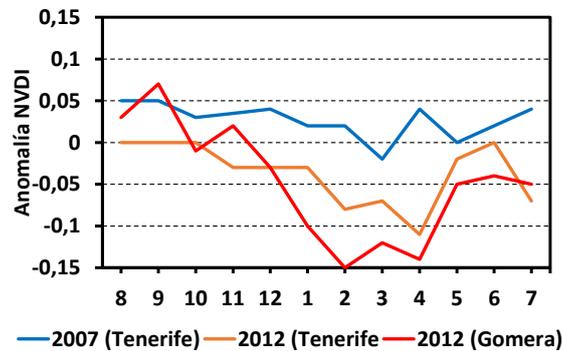


Fig. 9: Evolución mensual de las anomalías de NVDI correspondientes a los 12 meses previos a los años 2007 y 2012 (Fuente <https://glam1.gsfc.nasa.gov/>; derecha)



Fig. 10: Focos de incendios durante los meses de Julio de 2007 (Fuente: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/>; izquierda). Anomalía NVDI correspondientes a la semana 19/27-07-2007 (Fuente <https://glam1.gsfc.nasa.gov/>; derecha)



Fig. 11: Focos de incendios durante los meses de Julio y Agosto de 2012 (Fuente: [https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/#z:9.0;c:-16.186,28.116](https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/#z:9.0;c:-16.186,28.116;); izquierda). Anomalía NVDI correspondientes a la semana 19/27-07-2007 (Fuente <https://glam1.gsfc.nasa.gov/>; derecha)

En 2007 la situación fue diferente desde el punto de vista climático, y la ausencia de estrés hídrico supuso valores positivos de NVDI a lo largo de todo el invierno y la primavera, con desviaciones negativas en marzo y mayo. En el mapa de la figura 11 se observa que las zonas afectadas por los incendios forestales, el NW de Tenerife y el SW de Gran Canaria, mostraban a comienzos del verano valores positivos, es decir, una ausencia de estrés hídrico.

#### 4. CONCLUSIONES.

La cuantía de la superficie quemada en Canarias está estrechamente unida a la génesis de un número reducido de grandes incendios forestales, cuya progresión está facilitada por unas condiciones atmosféricas que combinan un elevado riesgo de incendio a corto plazo (tiempo del sur) y una situación de estrés hídrico en la vegetación, ligado a la sequía, y unas condiciones topográficas que dificultan su extinción. Claramente, esta combinación de condiciones atmosféricas favorece la predicción de estos eventos, tanto a escala estacional como semanal, lo que puede redundar en una mejora de las medidas de prevención. No obstante, los dos mayores incendios ocurridos en las islas (2007) no siguieron plenamente ese patrón climático habitual. Cabe preguntarse si, la ausencia de estrés hídrico podría haber favorecido la inflamabilidad del pinar mediante una mayor producción de combustible fino.

La evolución climática reciente en las islas Canarias (Cropper, 2013; Cropper et al, 2014) invita a pensar en una intensificación del riesgo de incendios a largo plazo, pero es necesario conocer mejor la naturaleza de eventos como los del año 2007, cuya singularidad hace difícil anticipar si se repetirán en un futuro próximo con la misma intensidad.

#### AGRADECIMIENTOS

Esta contribución se inspira en el TFG “*Evaluación del impacto del medio físico en los incendios forestales de Canarias en 2007*”, defendido por Álvaro Cuero Aparicio en el Departamento de Geografía, Urbanismo y OT (Universidad de Cantabria), el 11-09-2017.

#### REFERENCIAS.

- BURGAN, R. E. & HARTFORD, R. A. (1993). Monitoring vegetation greenness with satellite data. USDA Forest Service. INT-297. Ogden.
- CARRACEDO MARTÍN, Virginia (2015). Incendios forestales y gestión del fuego en Cantabria. Tesis doctoral, Universidad de Cantabria, 574 pp.
- CASTELLNOU M. (2016): De los pequeños a los grandes incendios; del incendio continuo al complejo de grandes incendios convectivos. En Decálogo de los incendios forestales, Fundación Pau Costa. En <http://www.paucostafoundation.org/decalogoiiff.php> [Consultado en junio de 2018]
- CROPPER, T. (2013): The weather and climate of Macaronesia: past, present and future. *Weather* 68, 11.

- CROPPER, T.E., HANNA, E. (2014): An analysis of the climate of Macaronesia, 1865–2012. *Int. J. Climatol.* 34: 604–622, <http://dx.doi.org/10.1002/joc.3710>.
- DORTA ANTEQUERA, P. Aproximación a la influencia de las advecciones de aire sahariano en la propagación de los incendios forestales en la provincia de Santa Cruz de Tenerife, *Actas del XVII Congreso de Geógrafos Españoles* (págs. 158-162) Oviedo, 2001.
- DORTA, P.; MARZOL, M<sup>a</sup>.V. y SANCHEZ J.L. Los incendios en el Archipiélago Canario y su relación con la situación atmosférica. Causas y efectos. *Actas del XII Congreso Nacional de Geografía*. (págs 151-158) Asociación de Geógrafos Españoles, Valencia. 1991.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M., ARÉVALO, J.R., DELGADO, J.D., OTTO, R., MORALES, G. y MÉNDEZ J. (2007): Incendios forestales y humanos en Canarias. *Makaronesia*, 9: 106-115.
- HUESCA M, GONZÁLEZ-ALONSO F, CUEVAS JM Y MERINO-DE-MIGUEL S (2008): Estimación de la superficie quemada en los incendios forestales de Canarias en 2007 utilizando sinérgicamente imágenes MODIS y anomalías térmicas. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 17(3): 308-316
- LIBERATO, M.; RAMOS, A.; GOUVEIA, C.; SOUSA, P.; RUSSO, A.; TRIGO, R. y SANTO, F. (2017): Exceptionally extreme drought in Madeira Archipelago in 2012: vegetation impacts and driving conditions. *Agricultural and Forest Meteorology* 232: 195–209.
- LOPEZ, S.; GONZALEZ, F.; LLOP, R & CUEVAS, J. M. (1991). An evaluation of the utility of NOAA-AVHRR images for monitoring forest fire risk in Spain. *Int. J. Remote Sens.* 12: 1841-1851.
- NICHOLSON, S.E., DAVENPORT, M.L., MALO, A.R. (1990): A comparison of the vegetation response to rainfall in the Sahel and East Africa: using normalized difference vegetation index from NOAA AVHRR. *Clim. Change* 17, 209–241.
- RODRIGUES M, SAN MIGUEL J, OLIVEIRA S, MOREIRA F, CAMIA A. (2013): An Insight into Spatial- Temporal Trends of Fire Ignitions and Burned Areas in the European Mediterranean Countries. *Journal of Earth Science and Engineering*, 3:497–505.
- RUSSO, A.; GOUVEIA, C.M.; PÁSCOA, P.; DACAMARA, C.C.; SOUSA, P.M. y TRIGO, R.M. (2017). Assessing the role of drought events on wildfires in the Iberian Peninsula. *Agricultural and forest meteorology*, 237, 50-59.
- SPANO D, CAMIA A, BACCIU V, MASALA F, DUGUY B, TRIGO R (2014): Recent trends in forest fires in Mediterranean areas and associated changes in fire regimes. In: Moreno J, editor. *Forest fires under climate, social and economic changes in Europe, the Mediterranean and other fire-affected areas of the world*. FUME. Lesson learned and outlook: 6–7.
- TURCO, M.; BEDIA, J.; DI LIBERTO, F.; FIORUCCI, P.; VON HARDENBERG, J.; KOUTSIAS, N. y PROVENZALE, A. (2016): Decreasing fires in Mediterranean Europe. *PLoS one*, 11(3), e0150663.

- URBIETA, I. R.; ZAVALA, G.; BEDIA, J.; GUTIÉRREZ, J.M.; SAN MIGUEL-AYANZ, J.; CAMIA, A. y MORENO, J. M. (2015). Fire activity as a function of fire–weather seasonal severity and antecedent climate across spatial scales in southern Europe and Pacific western USA. *Environmental Research Letters*, 10(11), 114013.
- VICENTE-SERRANO, S.M.; BEGUERÍA, S. y LÓPEZ-MORENO, J. (2010): A multi-scalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index—SPEI. *J. Clim.* 23, 1696–1718.