

Incendios en paisajes patrimoniales naturales: análisis y evaluación de riesgos en fortificaciones mediante el uso del Global Wildfire Information System

Mónica Moreno Falcón, Rocío Ortiz Calderón, Pilar Ortiz Calderón | Dpto. de Sistemas Físicos, Químicos y Naturales, Universidad Pablo de Olavide

URL de la contribución <www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/4976>

Introducción

Si bien los incendios forman parte de las dinámicas naturales de los ecosistemas, desgraciadamente los grandes incendios incontrolados generan daños irreversibles. La frecuencia, extensión y duración que presenta un incendio está estrechamente ligada con la variabilidad climática y la distribución de la cobertura vegetal (Cardil et ál. 2021; Fasullo, Otto-Bliesner y Stevenson 2018; Rodrigues et ál. 2021).

Esto hace que en un contexto de cambio climático y antrópico que incluye aumentos en las temperaturas, largas sequías e intensas tormentas, son muchos los investigadores que han establecido una estrecha relación entre los cambios ocurridos recientemente y el incremento de los grandes incendios incontrolados a nivel mundial (Abatzoglou, Williams y Barbero 2019; Rigo et ál. 2017).

Los grandes incendios plantean riesgos de salud para las poblaciones que habitan estos espacios, provocan la erosión del suelo y la contaminación del aire y el agua (Gill, Stephens y Cary 2013). En paisajes históricos implican además la pérdida de las estructuras e inmuebles patrimoniales allí conservados. A su vez, los grandes incendios aumentan la emisión de dióxido de carbono y otros gases invernadero a la atmósfera lo cual contribuye al cambio climático, favorece el aumento de la temperatura y promueve el desarrollo de nuevos incendios.

Ante la problemática descrita, registrar y efectuar un seguimiento de los niveles de riesgo de incendio permite

a las instituciones encargadas de la gestión de paisajes patrimoniales diagnosticar zonas de riesgo, definir áreas prioritarias de actuación y plantear políticas de preservación respetuosas no solo con los bienes patrimoniales sino también con la diversidad de ecosistemas y recursos naturales.

En los últimos años la aparición de visores satelitales ha posibilitado a usuarios no especializados emplear la teledetección y las imágenes satelitales como fuente de información para muy diversas disciplinas. Un ejemplo aplicado a la evaluación del riesgo de incendios es la herramienta Global Wildfire Information System (GWIS) (Geo, NASA y Copernicus, 2021; Ambrosia et ál. 2019; Artés et ál. 2019). El uso de estos recursos en la gestión del patrimonio puede promover el diseño de políticas de conservación preventivas sostenibles y adaptadas a las necesidades de entornos cambiantes.

Partiendo de esta línea conceptual, se presenta un breve análisis de la dinámica de los eventos de incendio ocurridos en España actualmente y se testea la aplicabilidad de GWIS en la gestión sostenible de las fortificaciones en tapia ubicadas en Andalucía.

Las murallas de Niebla y Marchena, la Alcazaba de Almería o el Real Alcázar de Sevilla son solo algunos ejemplos de las más de 200 fortificaciones en tapia conservadas en Andalucía (IAPH 2021). La abundancia de este tipo de construcciones, características del paisaje histórico medieval peninsular, implica implementar planes de diagnosis capaces de analizar grandes territorios conjuntamente. Atendiendo a esta necesidad, los

datos levantados permiten identificar la temporada del año y los usos de suelo que presentan un mayor índice de riesgo; evaluar la tendencia 2002-2020; y obtener el índice de peligrosidad existente actualmente.

Metodología

GWIS es un visor geográfico que permite analizar a escala mundial escenarios de riesgo de incendio a partir de datos obtenidos principalmente de imágenes satelitales. GWIS presenta 3 módulos de trabajo: herramienta de análisis, evaluación rápida y pronóstico.

La estacionalidad de los fuegos, la relación entre el número de hectáreas y tipos de coberturas terrestres quemadas y la tendencia registrada desde 2002 hasta 2021 han sido información obtenida del módulo de análisis de GWIS.

Las zonas quemadas entre 2002 y 2020 y los incendios acontecidos en 2020 han sido obtenidos del módulo de evaluación. Esta información se obtiene a partir de los datos de los sensores satelitales VIIRS (Schroeder et ál. 2014) y MODIS (Artés et ál. 2019; Giglio et ál. 2018) y presenta una resolución espacial de 350 m y 1 km respectivamente.

El módulo de pronóstico ha sido empleado para obtener el riesgo de incendio actual en España a partir del índice Forest Fire Weather Index System (FWI).

Este índice calcula el riesgo en función de la temperatura, la humedad, la velocidad del viento, las precipitaciones pasadas-presentes y los contenidos de humedad de los distintos combustibles vegetales (Wagner y Pickett 1985). Su uso está generalizado a nivel mundial (Di Giuseppe et ál. 2020). En función de los pronósticos medioambientales del ECMWF, GWIS arroja una previsión del riesgo de incendio hasta con 10 días de anticipación y una resolución espacial de 8 km.

Para interrelacionar los datos arrojados por GWIS con las fortificaciones conservadas en Andalucía, los datos

del sensor MODIS sobre áreas quemadas han sido descargados del Fire Information for Resource Management System (FIRMS) (NASA, 2021) y trabajados mediante el uso de QGIS® (QGIS Development Team 2012), sistema de información geográfica de uso libre.

La georreferenciación de las fortificaciones ha sido obtenida del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (IAPH 2021) e introducida como una capa vectorial.

Resultados y discusión

Análisis por país

Para el caso de España, la figura 1 (p. 415) muestra la relación existente entre el número de incendios y hectáreas quemadas mensualmente durante el 2020. Febrero y marzo fueron los meses en los que acontecieron un mayor número de incendios (>35/mes).

A pesar de ello la pequeña magnitud de estos eventos y la facilidad para controlarlos hizo que el número de hectáreas quemadas no fuese elevado durante estos meses (<6.000 ha). Por el contrario, los meses de junio y agosto presentan una gran cantidad de hectáreas quemadas (10.000-12.000 ha) con un número mucho menor de incendios(>15/mes). Las elevadas temperaturas de estos meses, la escasez de precipitaciones y las condiciones de sequía aumentaron la intensidad de los fuegos, dificultando el control y su extinción durante el verano.

La figura 2 (p. 415) muestra la tendencia en la ocurrencia de incendios en España desde 2002 hasta 2020. Respecto al número de hectáreas quemadas anualmente, los datos señalan una tendencia decreciente con bruscos aumentos en 2012 y 2017, picos que coinciden con años de fuertes sequías en España (Beguería et ál. 2021).

Respecto al tipo de coberturas quemadas, bosques, campos de cultivos y zonas de matorrales son las más tendentes a sufrir incendios en el territorio español. Los incendios en zonas de cultivo han decrecido considera-

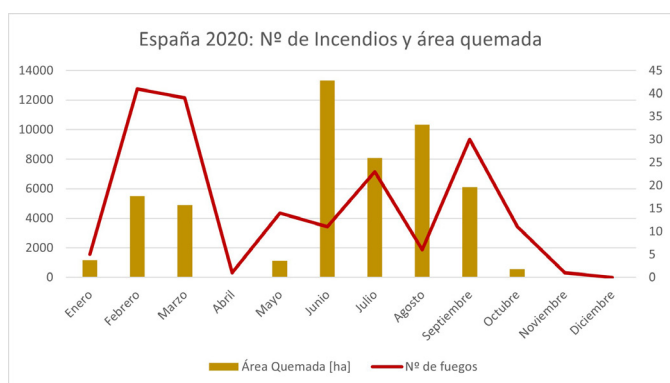


Figura 1. Número total de incendios y áreas quemadas en España durante el 2020 | fuente datos disponibles en GWIS

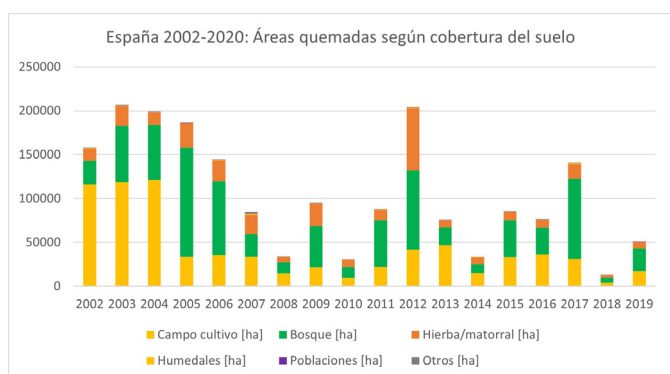


Figura 2. Áreas quemadas por cobertura del suelo en España desde 2002 hasta 2020 | fuente datos disponibles en GWIS

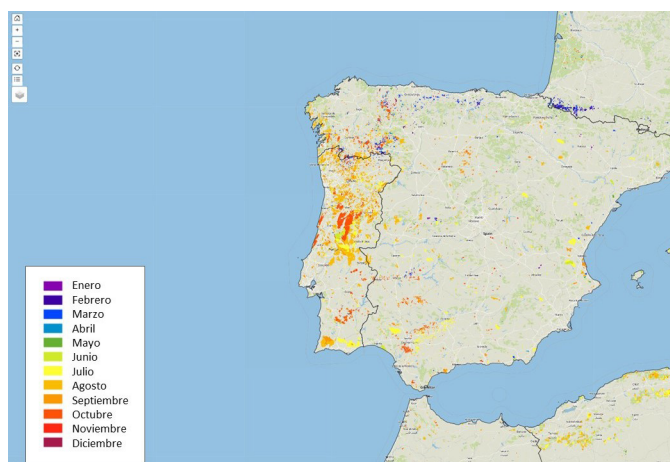


Figura 3. Áreas quemadas y meses de ocurrencia en España durante el 2020 | fuente visor GWIS

blemente desde 2005 y los incendios en años de fuertes sequías (2012 y 2017) afectan sobre todo a zonas boscosas y matorrales.

La figura 3 permite conocer la ubicación geográfica de las áreas quemadas entre 2002 y 2020.

En Andalucía, las provincias que presentan más zonas afectadas por el fuego son Sevilla y Córdoba que han sufrido grandes incendios durante los meses de julio, agosto y septiembre. Por el contrario, el norte de España, registra áreas quemadas de menor magnitud asociados a incendios ocurridos en febrero y marzo.

El análisis efectuado permite identificar los meses de junio-agosto como la estación en la que ocurren los incendios de mayor peligrosidad en el territorio español; un aumento del riesgo en zonas boscosas y de matorral durante los años de sequía y una identificación del suroeste de España como zona especialmente afectada por los grandes incendios ocurridos entre 2002 y 2020.

Evaluación de la temporada 2020

La figura 4 (p. 416) permite identificar los fuegos ocurridos durante la temporada 2020 y comparar la tendencia nacional con la dinámica del entorno mediterráneo. La figura 4a muestra los datos recogidos por el sensor satelital MODIS y arroja incendios que afectaron a áreas de más de 1 km. La figura 4b muestra los incendios recogidos por el sensor VIIRS y permite identificar eventos de fuego afectan a áreas con más de 350 m.

La diferencia entre ambas imágenes permite identificar aquellos eventos de fuego que acaban convirtiéndose en grandes incendios, así como los puntos más propensos a sufrir incendios incontrolados. Para el caso español, se observan 4 zonas de mayor peligrosidad: Barcelona; Alicante, Sevilla-Córdoba y Extremadura.

La figura 5 (p. 416) permite identificar los puntos que se han visto afectados por incendios de más de 350 m en los últimos 7 días y registra incendios en 3 de esas zonas: Sevilla, Barcelona y Alicante.

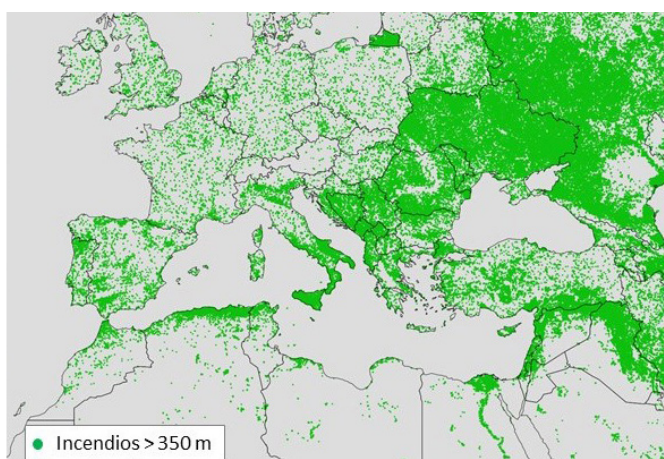
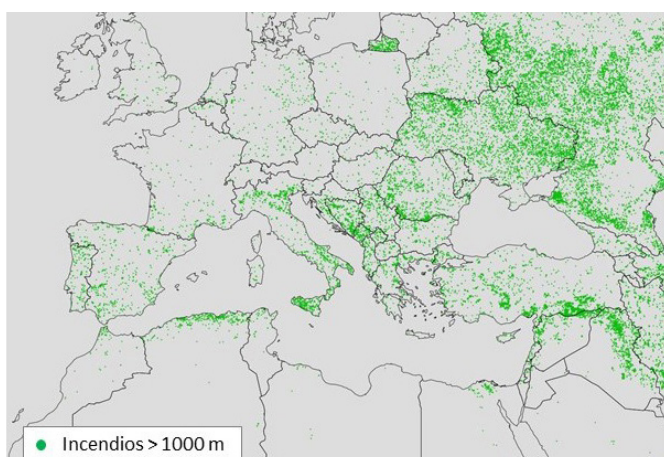


Figura 4a y b. Incendios de más de 1 km ocurridos en 2020; Incendios de más de 350 m ocurridos en 2020 | fuente visor GWIS

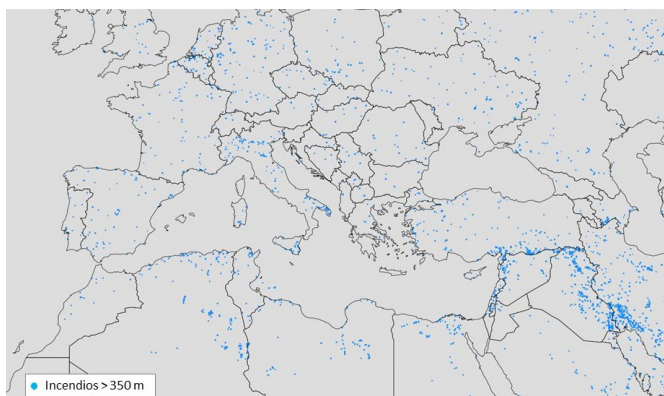


Figura 5. Incendios de más de 350 m ocurridos entre 07/06/2021 y el 13/06/2021 | fuente visor GWIS

Aplicación al estudio de las fortificaciones en tapia del sur peninsular

La presencia de fortificaciones medievales es uno de los atributos característicos del paisaje histórico del sur de Europa y el norte de África. Para el territorio andaluz se conservan más de 200 tramos de murallas, torres y fortificaciones medievales (IAPH 2021). Al tratarse de estructuras expuestas al aire libre, la presencia de amenazas medioambientales influye considerablemente en su preservación.

La figura 6 (p. 417) permite identificar aquellas estructuras cercanas a zonas que han sufrido incendios de más de 1 km entre 2002 y 2020. En estos espacios, las áreas quemadas implican una pérdida de los entornos ambientales y las identidades asociadas a los paisajes culturales (Butler et ál. 2018). A su vez, pueden provocar en las estructuras fortificadas cambios cromáticos, fracturaciones, pérdida de resistencia mecánica y aparición de manchas negras debido al *shock* térmico y a los gases producidos en los procesos de combustión (Gómez-Heras et ál. 2009; Martinho y Dionísio 2020).

Desde el punto de vista de la diagnosis, el uso de imágenes satelitales, a través de visores como GWIS permite identificar qué estructuras pueden haberse visto afectadas por eventos de fuego. Los resultados obtenidos evidencian un mayor riesgo para las estructuras ubicadas fuera de entornos urbanos y el desarrollo de incendios entre 2002-2020 en las inmediaciones de Turre Teresa y Turre Cabrera en Almería. La cercanía de muchas de las estructuras fortificadas a áreas quemadas también señala como posibles fortificaciones dañadas el Cerro Torrón en Marbella (Málaga) o el Cerro Castillejita (de Calañas, Huelva).

Desde el punto de vista de la conservación preventiva, conocer el grado de peligrosidad por incendio que presenta un entorno permite planificar las acciones necesarias para la conservación de los paisajes y bienes patrimoniales y se convierte en una herramienta que permite trabajar en la reducción de los niveles de riesgo.

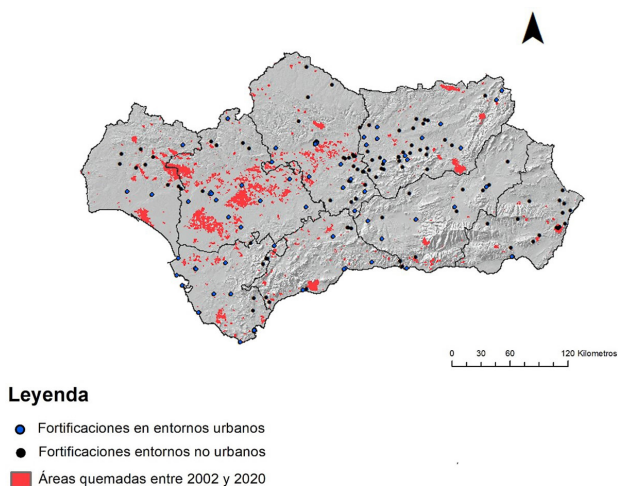


Figura 6. Fortificaciones conservadas en Andalucía y áreas quemadas entre 2002 y 2020 | fuente propia a partir de los datos de áreas quemadas obtenidas de FIRMS (NASA 2021) y la georreferenciación de fortificaciones obtenidas de la Guía Digital del Patrimonio Cultural de Andalucía (IAPH 2021)

Para facilitar el monitoreo de los niveles de peligrosidad, el índice FWI permite diagnosticar el nivel de amenaza (Rodríguez et al. 2021) que existe en un contexto cultural. La herramienta disponible en GWIS pronostica la peligrosidad según FWI con 9 días de antelación. Solo a modo de ejemplo, la figura 7 muestra el FWI existente el 13 de julio de 2021 y el pronóstico a 9 días efectuado. La comparación de ambas imágenes permite identificar rápidamente condiciones de aumento de peligrosidad en casi toda la Península Ibérica y tomar las medidas preventivas necesarias para minimizar el riesgo. Su uso continuado por parte de conservadores y especialistas encargados de la gestión patrimonial posibilita anticiparse a una emergencia y dar una rápida respuesta a un evento de fuego.

Para el caso de estudio analizado, los datos recogidos señalan la necesidad de incluir: (1) acciones preventivas que reduzcan la carga de combustible y aseguren el mantenimiento de las áreas cortafuegos durante los meses de marzo y abril; (2) y extremar la vigilancia-control durante los meses de junio a agosto. Fortificaciones ubicadas en paisajes culturales con coberturas vegetales boscosas y pastizales presentarían un riesgo extra y deberían vigilarse especialmente en años de extrema sequía. Estos paisajes son entornos especialmente vulnerables en contextos de cambio climático en los que se esperan eventos prolongados de fuertes sequías, altas temperaturas e intensas lluvias (Olcina 2020; Sesana et al. 2021).

Así mismo, la posibilidad de afecciones en zonas contiguas a la frontera luso-española (figura 7b) conlleva la necesidad de trabajar de forma internacional coordinada para prevenir y controlar los eventos de incendio acontecidos.

Conclusiones

Identificar la tendencia y estacionalidad de los fuegos en entornos patrimoniales permite diagnosticar zonas de mayor peligrosidad y definir áreas prioritarias de actuación. Para el caso de estudio de las fortificaciones en tapia del sur de España, los datos levantados muestran

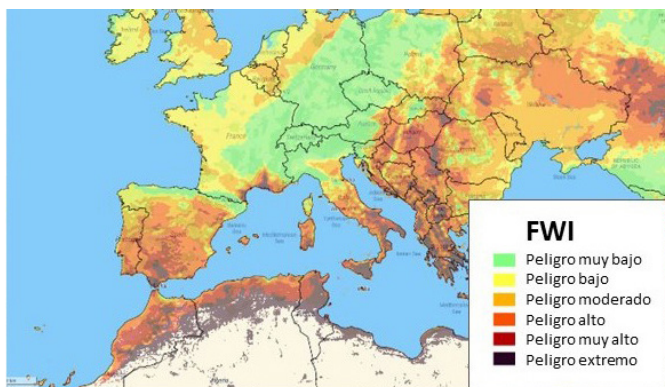
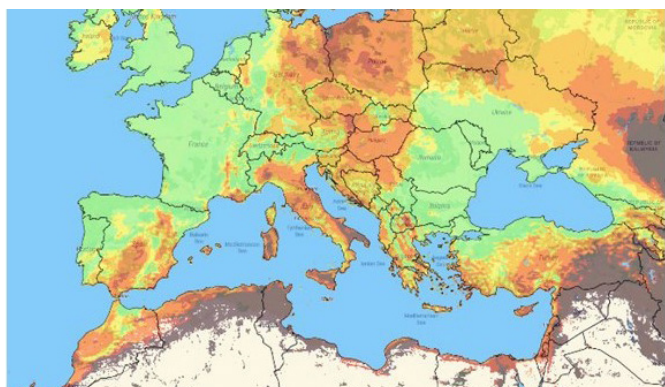


Figura 7a y b. A) Riesgo de Incendio en los países del área mediterránea, FWI del 13 de junio de 2021; B) pronóstico a 9 días | fuente visor GWIS

una alta peligrosidad durante los meses de junio-agosto. Si bien la frecuencia de los incendios ocurridos en estos meses no es alta, la intensidad de los fuegos y la dificultad para controlarlos aumenta bruscamente el número de hectáreas quemadas en estos meses. Estos datos concuerdan con los altos niveles de FWI registrados en todo el sur peninsular durante los meses de verano e indican la necesidad de extremar el monitoreo de paisajes culturales naturales en estas épocas.

El seguimiento de la tendencia 2002-2020 muestra una disminución del número de hectáreas quemadas en los últimos años. Este decrecimiento refleja el cese de los eventos de quema de campos de cultivo y un mantenimiento de los incendios registrados en zonas boscosas y de matorral. Se observa una fuerte relación entre los años de mayor sequía y los aumentos drásticos en el número de hectáreas quemadas en este tipo de coberturas vegetales.

Ante la situación descrita, incluir actividades como la eliminación de carga de combustible en bosques y pastizales antes de la época de incendios y potenciar el desarrollo de áreas cortafuego resulta esencial para minimizar las pérdidas provocadas por grandes incendios incontrolados.

Agradecimientos

Este estudio ha sido apoyado por el proyecto FENIX (proyecto de Programas Estatales de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema de I+D+i, código: PID2019-107257RB-I00), el equipo de investigación TEP-199 y el laboratorio Sanit-ARTE. M. Moreno agradece al Programa Estatal de Promoción del Talento y su Empleabilidad en I + D + i del Ministerio de Ciencia e Innovación de España por su beca técnica (PTA2019-016882).

BIBLIOGRAFÍA

- Abatzoglou, J.T., Williams, A.P. y Barbero, R. (2019) Global Emergence of Anthropogenic Climate Change in Fire Weather Indices. *Geophysical Research Letters*, vol. 46, n.º 1, 326-336. Disponible en: <https://doi.org/10.1029/2018GL080959> [Consulta: 05/07/2021]
- Ambrosia, V. G., San Miguel-Ayanz, J., Boschetti, L., Giglio, L. y Field, R.D. (2019) The Group on Earth Observation (GEO) Global Wildfire Information System (GEO-GWIS). *American Geophysical Union, Fall Meeting 2019*, abstract #NH12A-02. Disponible en: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019AGUFMNH12A..02A/abstract> [Consulta: 05/07/2021]
- Artés, T., Oom, D., de Rigo, D., Durrant, T. H., Maianti, P., Libertà, G. y San-Miguel-Ayanz, J. (2019) A global wildfire dataset for the analysis of fire regimes and fire behaviour. *Scientific Data*, 6, article n.º 296. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0312-2> [Consulta: 05/07/2021]
- Beguería, S., Latorre, B., Reig F., Vicente-Serrano, S. (2021) SPEI Global Drought Monitor. Disponible en: <https://spei.csic.es/index.html> [Consulta: 5/07/2021]
- Butler, A., Sarlöv-Herlin, I., Knez, I., Ångman, E., Ode Sang, Å. y Åkerskog, A. (2018) Landscape identity, before and after a forest fire. *Landscape Research*, vol. 43, n.º, 6, pp. 878-889. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/01426397.2017.1344205> [Consulta: 05/07/2021]
- Cardil, A., Rodrigues, M., Ramírez, J., de-Miguel, S., Silva, C.A., Mariani, M. y Ascoli, D. (2021) Coupled effects of climate teleconnections on drought, Santa Ana winds and wildfires in southern California. *Science of the Total Environment*, vol. 765, 142788. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142788> [Consulta: 5/07/2021]
- Di Giuseppe, F., Vitolo, C., Krzeminski, B., Barnard, C., Maclel, P. y San-Miguel, J. (2020) Fire Weather Index: The skill provided by the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts ensemble prediction system. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 20, n.º 8, pp. 2365-2378. Disponible en: <https://doi.org/10.5194/nhess-20-2365-2020> [Consulta: 05/07/2021]
- Fasullo, J.T., Otto-Bliesner, B.L. y Stevenson, S. (2018) ENSO's Changing Influence on Temperature, Precipitation, and Wildfire in a Warming Climate. *Geophysical Research Letters*, vol. 45, n.º 17, pp. 9216-9225. Disponible en: <https://doi.org/10.1029/2018GL079022> [Consulta: 05/07/2021]
- Geo, NASA y Copernicus (2021) *Global Wildfire Information System (GWIS)*. Disponible en: <https://gwis.jrc.ec.europa.eu/> [Consulta: 05/07/2021]
- Giglio, L., Schroeder, W., Hall, J.V. y Justice, C.O. (2018) *MODIS Collection 6 Active Fire Product User's Guide Revision B*. NASA

- Gill, A.M., Stephens, S.L. y Cary, G.J. (2013) The worldwide “wildfire” problem. *Ecological Applications*, vol. 23, n.º 2, 438-454. Disponible en: <https://doi.org/10.1890/10-2213.1> [Consulta: 05/07/2021]
- Gómez-Heras, M., McCabe, S., Smith, B.J. y Fort, R. (2009) Impacts of fire on stone-built Heritage: An overview. *Journal of Architectural Conservation*, vol. 15, issue 2, pp. 47-58. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/13556207.2009.10785047> [Consulta: 5/07/2021]
- IAPH [Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico] (2021) *Guía digital del Patrimonio Cultural de Andalucía*. Disponible en: <https://guiadigital.iaph.es/> [Consulta: 5/07/2021]
- Martinho, E. y Dionísio, A. (2020) Assessment Techniques for Studying the Effects of Fire on Stone Materials: A Literature Review. *International Journal of Architectural Heritage*, vol. 14, n.º 2, pp. 275-299. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15583058.2018.1535008> [Consulta: 05/07/2021]
- NASA (2021) FIRMS: *Fire Information for Resource Management System*. Disponible en: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/> [Consulta: 05/07/2021]
- Olcina, J. (2020) Clima, cambio climático y riesgos climáticos en el litoral mediterráneo. Oportunidades para la geografía. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, vol. 66, n.º 1. Disponible en: <https://doi.org/10.5565/rev/dag.629> [Consulta: 05/07/2021]
- QGIS Development Team (2012) *QGIS Geographic Information System*, Open Source Geospatial Foundation. Disponible en: <http://qgis.osgeo.org> [Consulta: 05/07/2021]
- Rigo, D., Libertà, G., Houston Durrant, T., Artés Vivancos, T., San-Miguel-Ayanz, J. (2017) *Forest fire danger extremes in Europe under climate change: variability and uncertainty*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union. Disponible en: <https://doi.org/10.2760/13180> [Consulta: 5/07/2021]
- Rodrigues, M., Pena-Angulo, D., Russo, A., Zúniga-Antón, M., y Cardil, A. (2021) Do climate teleconnections modulate wildfire-prone conditions over the Iberian Peninsula? *Environmental Research Letters*, vol. 16, n.º 4, 44050. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abe25d> [Consulta: 5/07/2021]
- Schroeder, W., Oliva, P., Giglio, L., y Csiszar, I.A. (2014) The New VIIRS 375m active fire detection data product: Algorithm description and initial assessment. *Remote Sensing of Environment*, vol. 143, pp. 85-96. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.12.008> [Consulta: 05/07/2021]
- Sesana, E., Gagnon, A.S., Ciantelli, C., Cassar, J.A. y Hughes, J.J. (2021) Climate change impacts on cultural heritage: A literature review. En: *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, vol. 12, n.º 4 (p. e710). Disponible en: <https://doi.org/10.1002/wcc.710> [Consulta: 05/07/2021]
- Van Wagner, C.E. y Pickett, T.L. (1985) *Equations and FORTRAN program for the Canadian forest fire weather index system*. Disponible en: https://scf.rncan.gc.ca/publications?id=19973&lang=fr_CA [Consulta: 16/09/2021]