



**2025** | **16-20**  
**GIJÓN** | **JUNIO**

**9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL**

**9CFE-1869**

Actas del Noveno Congreso Forestal Español  
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**  
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





## Variación de la severidad del fuego en zonas de alta recurrencia de incendios en Galicia en el período 1993-2023

FERNÁNDEZ FILGUEIRA, C. (1), SUÁREZ VIDAL, E. (2) y NOVO GÓMEZ, A. (1)

1. Misión Biológica de Galicia. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.  
A Carballeira, 8, 36143 Salcedo, Pontevedra. cfernandez@mbg.csic.es

(2) Centro de Investigación Forestal de Lourizán

### Resumen

Galicia es una de las regiones más afectadas por incendios forestales en Europa. Las estadísticas más recientes muestran una reducción en el número de incendios con una variación interanual grande en términos de superficie. Sin embargo, no existe apenas información relativa a la variación de la severidad del fuego pese a ser un factor clave en la evaluación del posible impacto ecológico de los incendios forestales. Los índices espectrales permiten comparar los cambios de severidad a lo largo del tiempo, particularmente el dNBR que ha sido ampliamente utilizado en diferentes ecosistemas y contrastado en parcelas de campo. En este trabajo, se han seleccionado dos zonas de Galicia de alta recurrencia de incendios en las que se ha cartografiado la superficie y el dNBR de todos los incendios mayores de 500 ha entre 1993-2023. La variación de la superficie afectada por alta severidad según el dNBR a lo largo del tiempo fue analizada utilizando el test de Mann-Kendall. Los resultados no evidencian un cambio significativo de este parámetro a lo largo del tiempo.

### Palabras clave

Incendios, recurrencia, dNBR, Mann-Kendall

### 1. Introducción

Los incendios forestales en la principal amenaza para los ecosistemas forestales en las últimas décadas (SAN-MIGUEL-AYANZ et al., 2023). El fuego puede afectar a diferentes componentes de los ecosistemas, desde la alteración de la estructura y composición de la vegetación (HOLDEN et al., 2006), el ciclo del carbono (GIRONA-GARCÍA et al., 2024) y diferentes propiedades del suelo hasta la pérdida de suelo por erosión (MOODY et al., 2013). Sin embargo, el clima, la cobertura del suelo y además de otras variables pueden variar sustancialmente en distancias cortas en algunas regiones, por lo que los efectos del fuego en el paisaje distan mucho de ser homogéneos (Turner, 2010). En consecuencia, el tamaño y el número de incendios forestales no son las únicas variables a tener en cuenta. La severidad del fuego es clave a la hora de evaluar el impacto de los incendios forestales en los ecosistemas (KEELEY, 2009). La severidad del fuego indica la magnitud del cambio ecológico asociado a los incendios forestales y determina el éxito de la regeneración post-incendio (por ejemplo, KEELEY et al., 2005; VEGA et al., 2010) y la magnitud de los cambios que se producen en el suelo (VEGA et al. 2013; FERNÁNDEZ et al., 2021). También es un factor decisivo en la escorrentía post-incendio y en la pérdida de suelo (FERNÁNDEZ y VEGA, 2016; VIEIRA et al., 2015).



Diferentes estudios han cuantificado un aumento del número de incendios y de la superficie quemada con alta severidad en la mayor parte del oeste de Estados Unidos (por ejemplo, STEVENS et al., 2017; REILLY et al., 2017; SINGLETON et al., 2019; PARKS y ABATZOGLOU 2020; HUANG et al., 2020; MUELLER et al., 2020;). En algunos países de Europa se ha detectado una tendencia a la reducción del número de incendios y de la superficie quemada, que se ha relacionado con un aumento de los recursos de extinción de incendios en las últimas décadas (TURCO et al., 2016) y aunque en algunos casos se ha evidenciado un aumento en la severidad de los incendios, existen enormes diferencias entre regiones (NOLE et al., 2022; ÁLVAREZ et al., 2024). Entender los regímenes de incendios es un reto importante, especialmente en el contexto del cambio climático, en el que se espera que aumente la actividad de los incendios en muchas partes del mundo. Galicia es una de las regiones de Europa más afectadas por los incendios forestales (SAN MIGUEL et al., 2023) debido a una combinación única de factores climáticos, topográficos y socioeconómicos. Sin embargo, muy pocos estudios han considerado el efecto de los cambios temporales en la extensión y severidad de los incendios en la región (RODRÍGUEZ-JIMÉNEZ et al., 2023; ALVAREZ et al., 2024)

## 2. Objetivos

El principal objetivo del presente estudio fue analizar la variación temporal (periodo 1993-2023) del número de grandes incendios (> 500 ha), y la superficie quemada con alta severidad en una zona afectada por incendios recurrentes en la provincia de Ourense.

## 3. Metodología

Este estudio se llevó a cabo en el SO de Ourense el área de mayor recurrencia de grandes incendios en Galicia (PLADIGA 2024). La zona de estudio se caracteriza por una orografía accidentada. El clima es templado oceánico submediterráneo, marcado por precipitaciones moderadas y periodos de sequía estacional. La temperatura media es de 14,5 °C, y las precipitaciones rondan los 912 mm anuales, siendo julio el mes más cálido y seco, y diciembre y enero los meses más fríos y lluviosos.

El estudio se centró en los grandes incendios forestales (> 500ha) y sólo tuvo en cuenta los incendios con fecha de inicio conocida (<https://mapas.xunta.gal> y <https://www.miteco.gob.es/>). El periodo evaluado cada año fue el de alto riesgo (julio-septiembre) y los meses anterior y posterior (junio y octubre). Se identificaron 65 incendios que afectaron a una superficie de más de 500 ha durante el periodo 1993-2023.

### 2.2.1 Análisis de la severidad de los incendios

Para el análisis de la severidad de los incendios se utilizaron imágenes de Landsat-5 Thematic Mapper (TM) para el período 1996 a 1999, mientras que las imágenes de Landsat-7 se utilizaron de 1999 a 2013 y las de Landsat-8 para el periodo 2013 a 2023. Las imágenes Operational Land Imager (OLI) se utilizaron en función de su disponibilidad por zona. Las imágenes se descargaron del sitio web del USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). El proceso de selección garantizó una nubosidad limitada (<10%) a partir de imágenes de la Colección 2 y del Nivel 2. El periodo considerado fue de septiembre a octubre para el año anterior (-pre) y el mismo año del incendio (-post). Las imágenes se preprocesaron para eliminar la



dispersión radiométrica y atmosférica, y las lagunas de las imágenes Landsat-7 de 2003 se corrigieron mediante análisis raster.

El primer paso consistió en cartografiar la extensión y severidad de los incendios forestales utilizando el índice dNBR, propuesto por KEY y BENSON (2006). El índice NBR (Ecuación 1) se calculó en primer lugar utilizando imágenes previas y posteriores al incendio para evaluar el cambio en las condiciones previas y posteriores al incendio. En todos los casos, se utilizaron las imágenes disponibles dos semanas después del inicio del incendio. El índice NBR utiliza las bandas NIR y SWIR, donde NIR es la banda 5 (30 m de resolución) y SWIR2 es la banda 7 (30 m de resolución) del satélite Landsat-8. El índice dNBR (Ecuación 2) se calcula a partir de las imágenes de antes y después del incendio. Para evaluar las clases de severidad se utilizó el índice dNBR (Ecuación 2), según la definición del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, 2023):

$$\text{NBR} = (\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR}) \quad (1)$$

$$\text{dNBR} = [\text{NBR}]_{\text{pre}} - [\text{NBR}]_{\text{post}} \quad (2)$$

donde NIR es la banda 4 y SWIR es la banda 7 de los satélites Landsat 4 y Landsat 7 y NIR es la banda 5 y SWIR es la banda 7 del satélite Landsat 8.

El área quemada, y el área quemada de alta severidad se calcularon a partir del análisis espectral y para cada incendio forestal considerado. Se consideró alta severidad de quemado cuando el valor de dNBR era  $> 0,66$ , siguiendo a KEY Y BENSON (2006).

Se utilizó la prueba no paramétrica de Mann-Kendall para comprobar la presencia de tendencias monotónicas significativas de aumento o disminución en el número y de incendios y la proporción de superficie quemada con alta severidad en el periodo 1993-2023.

#### 4. Resultados

En la Figura 1 se muestra la variación del número de incendios  $> 500$  ha durante el periodo 1993-2023. El número medio de incendios anuales fue de 2, oscilando entre 0 (en 15 de los 31 años) y 11 en 2005.

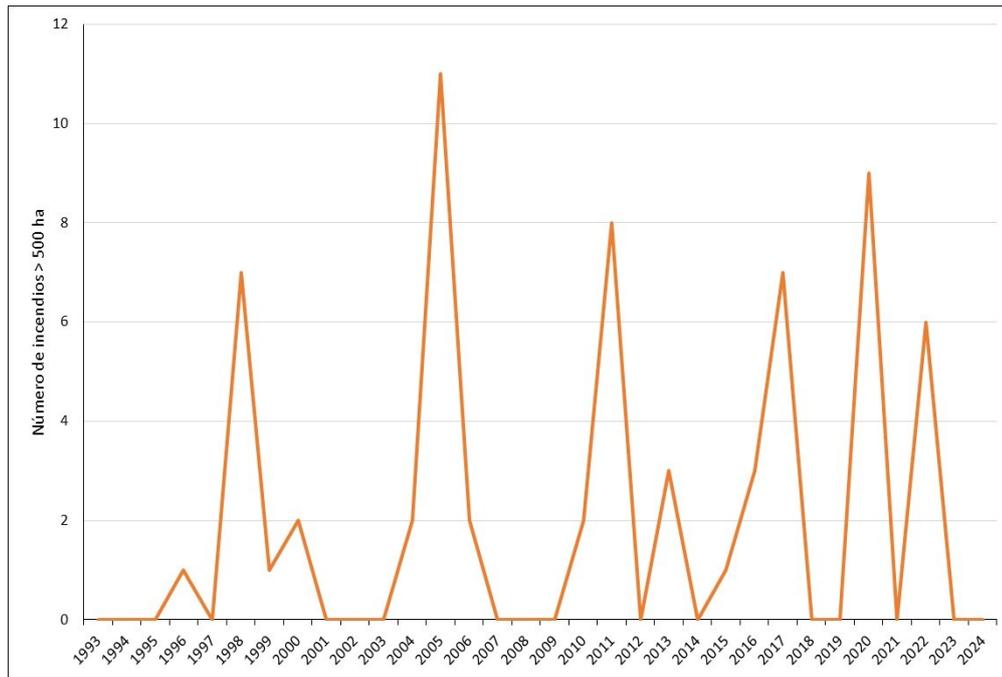


Figura 1. Variación del número de incendios >500 ha entre 1993 y 2023

El porcentaje de superficie quemada de alta severidad ( $dnbr > 0,66$ ) fue del 28%, con un máximo del 42% en 1998 (Figura 2). La prueba de Mann-Kendall no reveló ninguna tendencia significativa en el número de incendios ( $Z = 1,05$ ;  $p > 0,05$ ) ni en la superficie quemada ( $Z = 0,13$ ;  $p > 0,05$ ) durante el periodo de estudio.

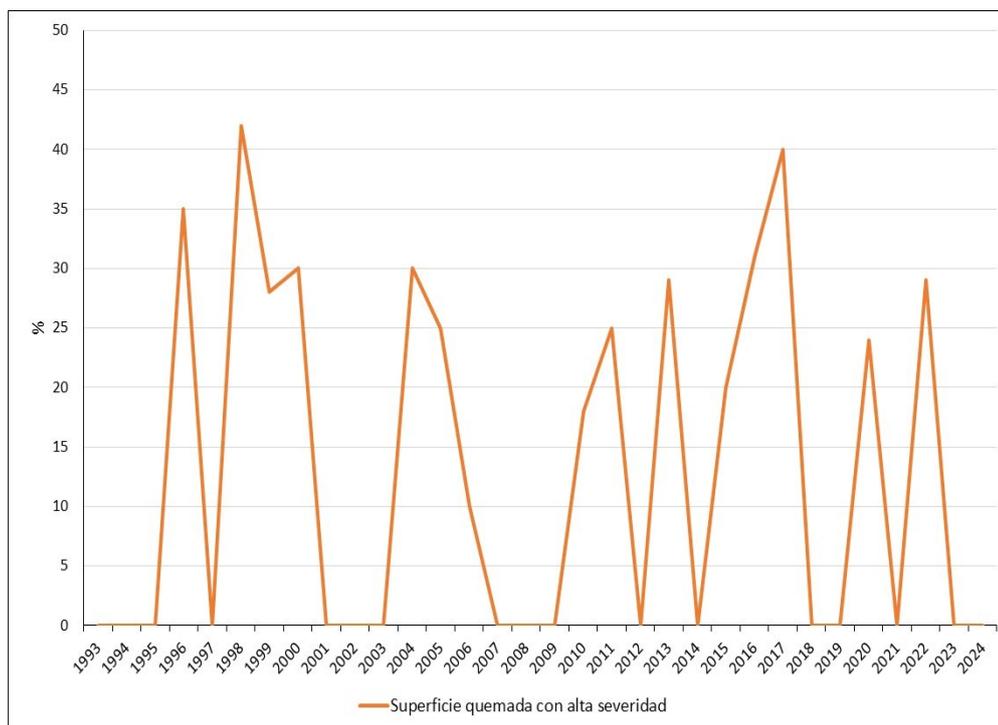


Figura 1. Media de la proporción de superficie quemada con alta severidad en los incendios > 500 ha entre 1993 y 2023

## 5. Discusión

Antes de 2017, los años en los que se producían más de 3 grandes incendios forestales ocurrían cada 6-7 años, con algunos años, como 1998, especialmente graves. Entre 2017 y 2024, el intervalo pareció acortarse, aunque la tendencia general no fue significativa. La ausencia de una tendencia significativa en el número de incendios, o la proporción de superficie quemada de alta severidad es coherente con la situación de estancamiento detectada para el conjunto del continente europeo (GRÜNING et al., 2023). Al igual que en el presente estudio, RODRÍGUEZ-JIMÉNEZ et al. (2023) no observaron ningún incremento en el número de incendios, superficie quemada o severidad del fuego en el NO de España en el periodo 2015-2022. En consonancia, ÁLVAREZ et al. (2024) también informaron de una situación estable en términos de severidad extrema de los incendios en el NO de España para el periodo 2001-2017. Los datos utilizados en el presente estudio amplían el período analizado (1993-2023) en cuanto al número de grandes incendios y superficie quemada de alta severidad en una de las regiones más afectadas por los incendios forestales en el sur de Europa.

## 6. Conclusiones

En el presente estudio no se encontraron indicios de cambios significativos en el



número de incendios o en la superficie quemada de alta severidad, para el periodo considerado. La estimación de la severidad de los incendios mediante el índice dNBR puede ser útil para predecir el nivel de daños causados por los incendios en la vegetación, pero es necesario seguir investigando en la cuantificación de los efectos ecológicos asociados a al cambio en los índices espectrales.

## 7. Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por la Agencia Española de Investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación a través del proyecto ENFIRES-NW, PID2020-116494RR-C42. A. Novo agradece al Ministerio de Ciencia e Innovación español la recepción de una beca (JDC2022-049758-I. H.D).

8. **Bibliografía** ABATZOGLOU, J.T., KOLDEN, C.A., WILLIAMS, A.P., LUTZ, J.A.; SMITH, A.M.S. 2017. Climatic influences on interannual variability in regional burn severity across western US forests. In. *J. Wild. Fire*, 26 (4), 269–275. <https://doi.org/10.1071/WF16165> ALVAREZ, A., LECINA-DIAZ, J., BATLLORI, E., DUANE, A., BROTONS, L., RETANA, J. 2024. Spatiotemporal patterns and drivers of extreme fire severity in Spain for the period 1985–2018. *Agri. For. Met.*, 358, 110185. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2024.110185> FERNÁNDEZ, C.; VEGA, J.A. 2016. Modelling the effect of soil burn severity on soil erosion at hillslope scale in the first year following wildfire in NW Spain. *Earth Surf. Proc. Landforms*, 41, 928-935. <https://doi.org/10.1002/esp.3876> FERNÁNDEZ, C., FERNÁNDEZ-ALONSO, J.M., VEGA, J.A., FONTÚRBEL, T., LLORENS, R.; SOBRINO, J.A. 2021. Exploring the use of spectral indices to assess alterations in soil properties in pine stands affected by crown fire in Spain. *Fire Ecol.*, 17, 2. <https://doi.org/10.1186/s42408-020-00089-7> GRÜNIG, M., SEIDL, R.; SENF, C. 2023. Increasing aridity causes larger and more severe forest fires across Europe. *Global Change Biol.*, 29, 1648–1659. <https://doi.org/10.1111/gcb.16547> GIRONA-GARCÍA, A., VIEIRA, D., DOERR, S., PANAGOS, P.; SANTÍN, C. 2024. Into the unknown: The role of post-fire soil erosion in the carbon cycle. *Global Change Biol.*, 30, e17354. <https://doi.org/10.1111/gcb.17354> HOLDEN, Z. A.; MORGAN, P.; ROLLINS, M.G.; WRIGHT, R. G. 2006. Ponderosa pine snag densities following multiple fires in the Gila Wilderness, New Mexico. *For. Eco. Manage.*, 221, 140–146. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.09.014> HUANG, Y., JIN, Y., SCHWARTZ, M.W.; THORNE, J.H. (2020). Intensified burn severity in California's northern coastal mountains by drier climatic condition. *Environ. Res. Letters*, 15, 104033. DOI 10.1088/1748-9326/aba6af KEELEY, J.E. 2009. Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. *Int. J. Wild. Fire*, 18(1), 116-126. <https://doi.org/10.1071/WF07049> KEELEY, J.E., FOTHERINGHAM, C.J.; BAER-KEELEY, M. (2005). Determinants of post-fire recovery and succession in Mediterranean-climate shrublands of California, *Ecol. Appl.* 15,1515-1534. <https://doi.org/10.1890/04-1005> KEY, C.H.; BENSON, N.C. 2006. Landscape assessment: Sampling and analysis methods: Firemon: Fire effects monitoring and inventory system. General Technical Report. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins CO., RMRS-GTR-164-CD. MANN, H.B. 1945. Non-Parametric Test against Trend. *Econometrica*, 13, 245-259. <http://dx.doi.org/10.2307/1907187> MOODY, J. A., SHAKESBY, R. A.,



ROBICHAUD, P. R., CANNON, S. H., & MARTIN, D. A. 2013. Current research issues related to post-wildfire runoff and erosion processes. *Earth-Sci. Rev.*, 122, 10-37. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.03.004>MUELLER, S.E.; THODE, A.E.; MARGOLIS, E.Q.; YOCOM, L.L.; YOUNG, J.D. ; INIGUEZ, J.M. 2020. Climate relationships with increasing wildfire in the southwestern US from 1984 to 2015. *For. Eco. Manage.* 460. 117861. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117861>NOLE, A., RITA, A., SPATOLA, M.F.; BORGHETTI, M. 2022. Biogeographic variability in wildfire severity and post-fire vegetation recovery across the European forests via remote sensing-derived spectral metrics. *Sci.Tot. Env.* 823, 153807. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153807>.PARKS, S. A., ; ABATZOGLOU, J. T. 2020. Warmer and drier fire seasons contribute to increases in area burned at high severity in western US forests from 1985 to 2017. *Geo. Res. Letters*, 47, e2020GL089858. <https://doi.org/10.1029/2020GL089858>PLADIGA, (2024). Plan de prevención y defensa contra los incendios forestales de Galicia. Dirección Xeral de Defensa do Monte. Consellería do Medio Rural. Xunta de Galicia. 281 p.p.R Core Team. (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, 2024; Available online: <https://www.R-project.org/>REILLY, M.J., DUNN, C.J., MEIGS, G.W., SPIES, T.A., KENNEDY, R.E., BAILEY, J.D., & BRIGGS, K. 2017. Contemporary patterns of fire extent and severity in forests of the Pacific Northwest, USA (1985–2010). *Ecosphere*, 8, e01695. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1695>.RODRIGUEZ-JIMENEZ, F.; FERNANDES, P.M.; FERNÁNDEZ-GUISURAGA, J.M.; ALVAREZ, X.; LORENZO, H. 2023. Drivers and Trends in the Size and Severity of Forest Fires Endangering WUI Areas: A Regional Case Study. *Forests*, 14(12),2366. <https://doi.org/10.3390/f14122366>SAN-MIGUEL-AYANZ, J., DURRANT, T., BOCA, R., MAIANTI, P., LIBERTÀ, G., JACOME FELIX OOM, D., BRANCO, A., DE RIGO, D., SUAREZ-MORENO, M., FERRARI, D., ROGLIA, E., SCIONTI, N., BROGLIA, M., ONIDA, M., TISTAN, A., LOFFLER, P. 2023. Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2022, Publications Office of the European Union, Luxembourg, doi:10.2760/871593, JRC135226.SINGLETON, M. P.; THODE, A. R.; SÁNCHEZ MEADOR, A.J.,; INIGUEZ, J.M. 2019. Increasing trends in high-severity fire in the southwestern USA from 1984 to 2015. *For. Eco. Manage.*,433: 709-719. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.039>STEVENS, J.T.,; COLLINS, B.M. ; MILLER, J.D. ; NORTH, M.P. ; STEPHENS, S.L. 2017. Changing spatial patterns of stand-replacing fire in California conifer forests. *For. Eco. Manage.* 406: 28–36. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.08.051>.TURCO, M.; BEDIA, J.; DI LIBERTO, F.; FIORUCCI, P.; VON HARDENBERG, J.,; KOUTSIAS, N.; LLASAT, M.C.; XYSTRAKIS, F.; PROVENZALE, A. 2016. Decreasing Fires in Mediterranean Europe. *PLoS ONE* 11(3) , e0150663. doi:10.1371/journal.pone.0150663TURNER, M.G. 2010. Disturbance and landscape dynamics in a changing world. *Ecology*, 91, 2833–49USGS 2023. USGS (United States Geologic Survey) [WWW Document]. URL. <http://glovis.usgs.gov>VEGA, J.A.; FERNÁNDEZ, C.; PÉREZ-GOROSTIAGA, P.; FONTÚRBEL, T. 2010. Response of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) recruitment to fire severity and post-fire management in a coastal burned area in Galicia (NW Spain). *Plant Ecol.*, 206, 297–308. <https://doi.org/10.1007/s11258-009-9643-y>VIEIRA, D.C.S.; FERNÁNDEZ, C.; VEGA, J.A.; KEIZER, J.J. 2015. Does soil burn severity affect the post-fire



runoff and interrill erosion response? A review based on meta-analysis of field rainfall simulation data. *J. Hydrol.*, 523: 452-464.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.01.071>