

Solano-Romero, E.; Segura-García, C.; Pettinari, M.; Khairoun, A.; Torres-Vázquez, M.; Chuvieco, E. Creación de una base de datos de incendios extremos a escala global (2003-2022)

Creación de una base de datos de incendios extremos a escala global (2003-2022)

Solano-Romero, Erika¹ Segura-García, Carlota¹ Pettinari, M. Lucrecia¹ Khairoun, Amin¹ Torres-Vázquez, Miguel Ángel¹ Chuvieco, Emilio¹

¹ Universidad de Alcalá, España

ORCID: Solano-Romero 0009-0009-7040-1161 Segura-García 0009-0001-8749-8360 Pettinari 0000-0002-7472-4373
Khairoun 0000-0002-5757-5126 Torres-Vázquez 0000-0001-8897-9337 Chuvieco 0000-0001-5618-4759

Correspondencia: erika.solano@uah.es carlota.segurag@uah.es mlucrecia.pettinari@uah.es amin.khairoun@uah.es
miguela.torres@uah.es emilio.chuvieco@uah.es

RESUMEN

Los incendios extremos representan una amenaza significativa debido a sus impactos ambientales y sociales; sin embargo, su definición sigue siendo controversial en la literatura científica. En este estudio, desarrollado en el marco del proyecto X-Fires de la Agencia Espacial Europea (ESA), se generó una base de datos global de eventos de fuego extremo (EFEs) para el período 2003-2022. Para ello, se analizaron el área quemada (Burned Area, BA), obtenida del producto mensual FireCCI51, y la intensidad del fuego, estimada mediante el Fire Radiative Power (FRP) a partir del producto MCD14ML, ambos agregados mensualmente en una cuadrícula regular de 0.25° de resolución espacial. Los EFEs se definieron como aquellas celdas-mes que superaron simultáneamente dos desviaciones estándar en ambas variables dentro de regiones ecológicamente comparables basadas en biomas continentales. Se identificaron 19,951 EFEs, destacando 2010 como el año de mayor incidencia y 2013 como el de menor.







Palabras clave: Incendios extremos, Área quemada, Intensidad del fuego, Eventos de Fuego Extremo

Fecha de recepción: 18 febrero 2026 · Fecha de aceptación: 18 febrero 2026

Creación de una base de datos de incendios extremos a escala global (2003-2022)

Solano-Romero, Erika ⁽¹⁾, Segura-Garcia, Carlota ⁽¹⁾, Pettinari, M. Lucrecia ⁽¹⁾, Khairoun, Amin ⁽¹⁾, Torres-Vázquez, Miguel Ángel ⁽¹⁾, Chuvieco, Emilio ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidad de Alcalá, España.

 0009-0009-7040-1161, erika.solano@uah.es ;  0009-0001-8749-8360, carlota.segurag@uah.es
 0000-0002-7472-4373, mlucrecia.pettinari@uah.es ;  0000-0002-5757-5126, amin.khairoun@uah.es
 0000-0001-8897-9337, miguela.torres@uah.es ;  0000-0001-5618-4759, emilio.chuvieco@uah.es

Resumen: Los incendios extremos representan una amenaza significativa debido a sus impactos ambientales y sociales; sin embargo, su definición sigue siendo controversial en la literatura científica. En este estudio, desarrollado en el marco del proyecto X-Fires de la Agencia Espacial Europea (ESA), se generó una base de datos global de eventos de fuego extremo (EFEs) para el período 2003-2022. Para ello, se analizaron el área quemada (Burned Area, BA), obtenida del producto mensual FireCCI51, y la intensidad del fuego, estimada mediante el Fire Radiative Power (FRP) a partir del producto MCD14ML, ambos agregados mensualmente en una cuadrícula regular de 0.25° de resolución espacial. Los EFEs se definieron como aquellas celdas-mes que superaron simultáneamente dos desviaciones estándar en ambas variables dentro de regiones ecológicamente comparables basadas en biomas continentales. Se identificaron 19,951 EFEs, destacando 2010 como el año de mayor incidencia y 2013 como el de menor.

Palabras clave: Incendios extremos, Área quemada, Intensidad del fuego, Eventos de Fuego Extremo.

Creation of a global database of extreme fires (2003-2022)

Abstract: *Extreme wildfires represent a significant threat due to their environmental and social impacts; however, their definition remains controversial in the scientific literature. In this study, developed within the framework of the X-Fires project of the European Space Agency (ESA), a global database of extreme fire events (EFEs) was generated for the period 2003-2022. For this purpose, burned area (BA), obtained from the monthly FireCCI51 product, and fire intensity, estimated through Fire Radiative Power (FRP) from the MCD14ML product, were analyzed, both aggregated monthly on a regular grid with a spatial resolution of 0.25°. EFEs were defined as those month-cells that simultaneously exceeded two standard deviations in both variables within ecologically comparable regions based on continental biomes. A total of 19,951 EFEs were identified, with 2010 being the year of highest incidence and 2013 as the year with the lowest.*

Keywords: *Extreme fires, Burned Area, Fire intensity, Extreme Fire Events*

1. INTRODUCCIÓN

Los incendios extremos representan una amenaza creciente para los ecosistemas y la sociedad debido a sus efectos sobre la vegetación, los recursos hídricos, la criosfera y la salud humana (Bell *et al.*, 2018; Bowman *et al.*, 2020), además de su contribución al cambio climático mediante la emisión de gases de efecto invernadero y partículas (Bowman *et al.*, 2020; Kelley *et al.*, 2025; Peterson *et al.*, 2021).

Aunque la superficie global quemada ha disminuido en las últimas décadas por cambios en el uso del suelo y la gestión humana (Andela *et al.*, 2017), algunos autores han estimado un aumento en la frecuencia de incendios denominados extremos (Abatzoglou *et al.*, 2025; Cunningham *et al.*, 2024). Sin embargo, la ambigüedad en la definición de “incendio extremo”, basada en criterios como tamaño, intensidad, comportamiento del

fuego o resistencia al control (Bowman *et al.*, 2017; Cunningham *et al.*, 2024; Linley *et al.*, 2022; Tedim *et al.*, 2018), dificulta la comparación y la aplicación de criterios globales para su caracterización.

En este contexto, en el presente estudio se desarrolló una base de datos global de incendios extremos para el período 2003-2022, basada en observaciones satelitales de área quemada (BA) y potencia radiativa del fuego (FRP). Los eventos extremos se identificaron mediante anomalías estandarizadas de ambas variables (Balik *et al.*, 2024; McFarland *et al.*, 2025), calculadas a partir de datos MODIS agregados mensualmente a una resolución espacial de 0.25° y analizados en una escala regional correspondiente a biomas continentales.

Además, las celdas se complementaron con información cualitativa de perímetros de incendio, extraídos de la base de datos FRY Versión 2.0. Este enfoque permitió

una caracterización coherente y comparable de los incendios extremos a escala global.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología se estructuró en cuatro etapas:

2.1. Unidad de análisis

Se definieron las celdas de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ como unidad principal de análisis, utilizando dos variables: BA, derivada del producto FireCCI51 (Lizundia-Loiola *et al.*, 2020) y la suma de FRP, derivada del producto MCD14ML (Giglio *et al.*, 2016) para el mismo periodo temporal. Además de estas variables de la cuadrícula, se incorporó información sobre perímetros de incendio, a partir del algoritmo FRY versión 2.0 (Chen, 2025). Este código identifica perímetros de incendio considerando píxeles quemados vecinos, calculando luego algunos parámetros de cada incendio (tamaño, duración en días, FRP medio, velocidad de propagación y severidad). En conjunto, las celdas de la cuadrícula y los perímetros de incendio individuales constituyen las unidades espaciales de análisis.

2.2. Referencia geográfica

Para establecer el carácter extremo de un evento, cada celda-mes y cada perímetro de incendio se comparó únicamente con otras unidades del mismo bioma continental, de manera que la extremidad se definiera dentro del contexto ecológico de la región. Para ello, se asignó cada celda y perímetro al bioma continental correspondiente, utilizando los biomas de Dinerstein *et al.* (2017) y modificándolos según el hemisferio en el caso de los trópicos. Finalmente, se delimitaron 55 regiones de referencia, denominadas Biomas Continentales Modificados (BCM), lo que permitió contextualizar los incendios dentro de entornos ecológicamente similares a nivel global.

2.3. Análisis de anomalías

Para identificar valores extremos, a las variables de las celdas (BA y FRP) se les aplicó una transformación logarítmica, para aproximarlas a una distribución normal, y posteriormente fueron estandarizadas de acuerdo a su media y desviación típica según cada región de referencia. Se aplicó la misma transformación y métricas a las cinco variables de los perímetros FRY.

2.4. Definición e integración de Eventos de Fuego Extremo (EFEs)

Se definió como Evento de Fuego Extremo (EFE) toda celda-mes que superaba el umbral de *media* + 2 *desviaciones estándar* simultáneamente en BA y FRP. En el caso de los perímetros quemados, las cinco variables derivadas de la base de datos FRY se analizaron de forma individual, considerando un perímetro como extremo cuando superaba este mismo umbral en al menos una de estas variables. Posteriormente, se realizó un solapamiento espacial, asignando de manera binaria (0: No extremo, 1: Extremo) las variables de cada perímetro quemado a las celdas extremas correspondientes. De este modo, cada EFE combina los valores cuantitativos de BA y FRP de la celda con

información cualitativa sobre los perímetros quemados en cada celda.

3. RESULTADOS

La base de datos contiene 240 archivos NetCDF, correspondientes a cada mes del periodo 2003-2022. Cada archivo incluye 11 capas con información sobre incendios extremos (Tabla 1). La capa principal (*efes_id*) clasifica cada celda-mes según la presencia o no de incendios extremos. Las capas *efes_gBA* y *efes_gsumFRP* indican si las variables de área quemada y el FRP fueron extremas (0 si no fue extrema, 1 si lo fue) y las capas con el prefijo *efes_FRY* indican si la celda se superpone con alguna variable de los perímetros de incendio considerados también como extremos. Además, se incluyen capas con el área quemada total, el FRP acumulada y el identificador regional de cada BCM para cada celda.

Tabla 1. Descripción de las capas incluidas en la base de datos de incendios extremos (EFE).

Nombre de la capa	Valores
<i>efes_id</i>	0 (BA = 0 & sumFRP = 0)
	1 (EFE por criterio BA+sumFRP)
	2 (no es EFE por criterio, pero hubo actividad de incendios)
<i>efes_gBA</i> <i>efes_gsumFRP</i> <i>efes_FRYsize</i> <i>efes_FRYmedfrp</i> <i>efes_FRYros</i> <i>efes_FRYseverity</i> <i>efes_FRYduration</i>	Indican si la celda-mes se identificó como extremo por la variable FRY específica (0 si no fue extrema, 1 si lo fue).
<i>burned_area</i> y <i>sum_frp</i>	BA (directamente de FireCCI51 producto grid) y sumFRP (después de filtrar FRP y sumarlo)
Región_ID	0-55 (ID para el bioma continental modificado)

Durante el periodo de análisis (2003-2022) se identificaron 19,951 celdas-mes como EFEs a nivel global (Fig. 1), de las cuales 96% se asocia con al menos una variable de los perímetros extremos FRY. De las 55 regiones, 52 evidenciaron al menos un EFE en el periodo de estudio. Aproximadamente el 50 % de todos los EFEs se concentraron en solo seis regiones, destacando especialmente los bosques tropicales y subtropicales húmedos de hoja ancha y las sabanas tropicales y subtropicales del hemisferio sur en Sudamérica, con 2,591 y 2,331 EFEs, respectivamente. En contraste, 30 regiones aportaron menos del 10 % del total de EFEs; entre ellas se encuentran los desiertos y matorrales xéricos del hemisferio norte en África y los bosques tropicales y subtropicales secos de hoja ancha en Australia, con 4 EFEs cada una.

Los EFEs identificados en la base de datos mostraron una marcada variabilidad temporal. La Figura 2 muestra que el recuento interanual varió considerablemente durante el periodo 2003-2022, con una media de 997.5

eventos al año y sin una tendencia temporal clara. El valor máximo se registró en 2010, con 1,572 EFes, mientras que el mínimo se observó en 2013, con 448 EFes.

Entre los eventos más destacados, se encuentran el incendio de Portugal del año 2017 en el municipio de

Pedrogão Grande, el “Verano Negro” en Australia que ocurrió entre noviembre de 2019 y enero de 2020, registrado como uno de los peores incendios de la historia del país, y los incendios de Siberia en el año 2021.

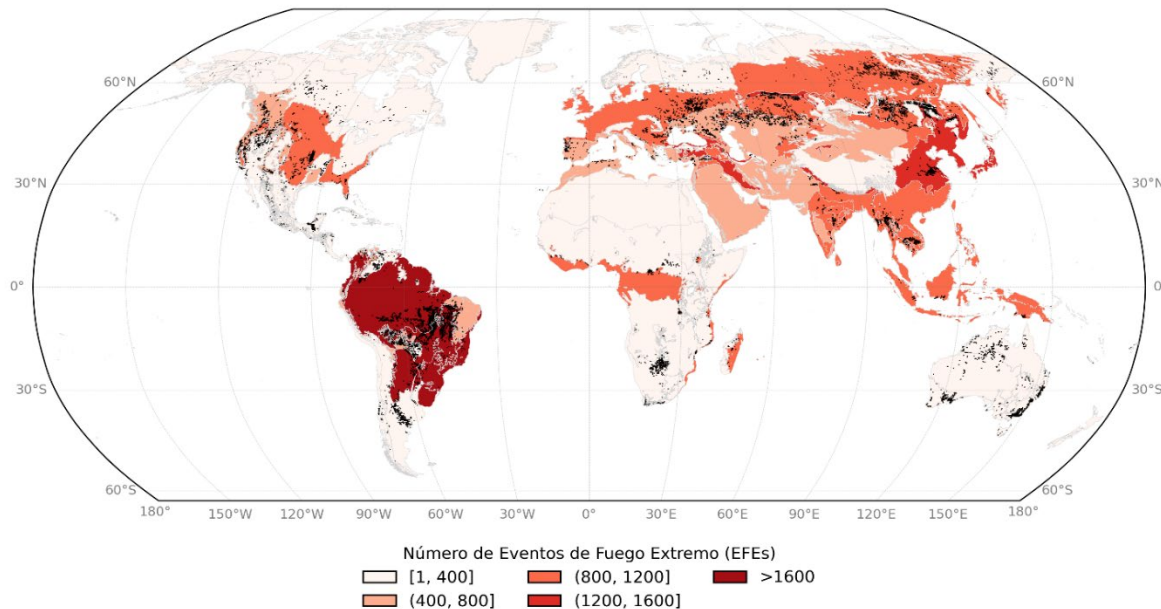


Figura 1. Distribución espacial del número total de eventos de fuego extremo (EFes) acumulados por Bioma Continental Modificado (BCM) a escala global entre 2003-2022. El color de cada BCM representa el número total de EFes registrados dentro de esa región, agrupado en intervalos de frecuencia creciente. Los puntos negros indican la localización de las celdas en las que se identificaron EFes dentro de cada BCM.

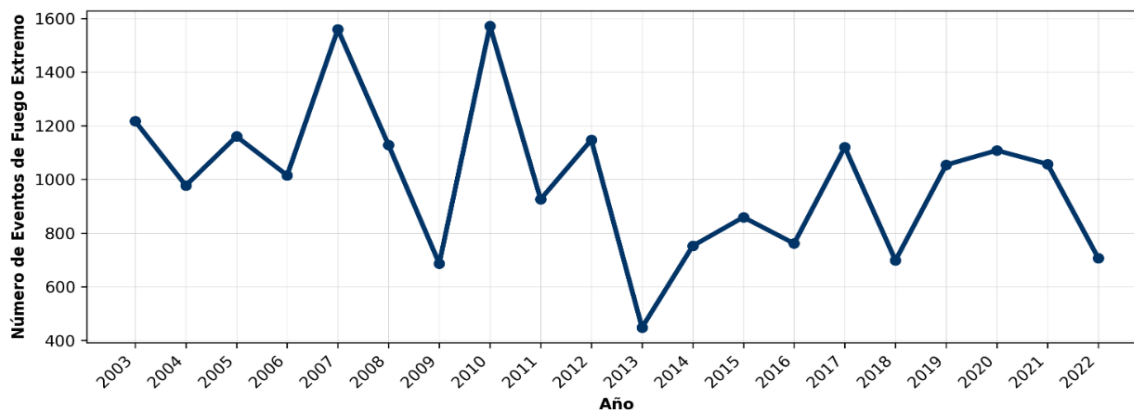


Figura 2. Número de Eventos de Fuego Extremo (EFes) identificados anualmente a nivel global en la base de datos.

4. CONCLUSIONES

La base de datos EFes es el primer conjunto global creado para caracterizar los incendios extremos de forma integral. A diferencia de estudios anteriores, que han analizado estos eventos a escala global utilizando una única variable y sin generar un dataset específico para ello, la base de datos EFes integra dos métricas clave (como el BA y el FRP), junto con información adicional derivada de perímetros de incendio y

considerando las diferencias entre biomas. Esto permite describir mejor los patrones, la variabilidad y la recurrencia de los incendios extremos, y abre la posibilidad de analizar sus causas al integrarse con factores climáticos, de vegetación o socioeconómicos. En conjunto, es una herramienta más robusta para el análisis y la modelización de incendios a escala global.

5. AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el proyecto XFires de la Agencia Espacial Europea (ESA), contrato N° 4000145352/24/IL-R.

6. REFERENCIAS

- Abatzoglou, J. T., Kolden, C. A., Cullen, A. C., Sadegh, M., Williams, E. L., Turco, M., & Jones, M. W. (2025). Climate change has increased the odds of extreme regional forest fire years globally. *Nature communications*, 16(1), 6390. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-61608-1>
- Andela, N., Morton, D. C., Giglio, L., Chen, Y., van der Werf, G. R., Kasibhatla, P. S., DeFries, R. S., Collatz, G., Hantson, S., & Kloster, S. (2017). A human-driven decline in global burned area. *science*, 356(6345), 1356-1362. <https://doi.org/10.1126/science.aal4108>
- Balik, J. A., Coop, J. D., Krawchuk, M. A., Naficy, C. E., Parisien, M.-A., Parks, S. A., Stevens-Rumann, C. S., & Whitman, E. (2024). Biogeographic patterns of daily wildfire spread and extremes across North America. *Frontiers in Forests and Global Change*, 7, 1355361. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2024.1355361>
- Bell, J. E., Brown, C. L., Conlon, K., Herring, S., Kunkel, K. E., Lawrimore, J., Luber, G., Schreck, C., Smith, A., & Uejio, C. (2018). Changes in extreme events and the potential impacts on human health. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 68(4), 265-287. <https://doi.org/10.1080/10962247.2017.1401017>
- Bowman, D. M., Kolden, C. A., Abatzoglou, J. T., Johnston, F. H., van der Werf, G. R., & Flannigan, M. (2020). Vegetation fires in the Anthropocene. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(10), 500-515. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0085-3>
- Bowman, D. M., Williamson, G. J., Abatzoglou, J. T., Kolden, C. A., Cochrane, M. A., & Smith, A. M. (2017). Human exposure and sensitivity to globally extreme wildfire events. *Nature ecology & evolution*, 1(3), 0058. <https://doi.org/10.1038/s41559-016-0058>
- Chen, W. (2025). FRY version 2.0 provisional. [OSF data project]. OSF. <https://osf.io/rjvz5/>
- Cunningham, C. X., Williamson, G. J., & Bowman, D. M. (2024). Increasing frequency and intensity of the most extreme wildfires on Earth. *Nature ecology & evolution*, 8(8), 1420-1425. <https://doi.org/10.1038/s41559-024-02452-2>
- Dinerstein, E., Olson, D., Joshi, A., Vynne, C., Burgess, N. D., Wikramanayake, E., Hahn, N., Palminteri, S., Hedao, P., & Noss, R. (2017). An ecoregion-based approach to protecting half the terrestrial realm. *BioScience*, 67(6), 534-545. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix014>
- Giglio, L., Schroeder, W., & Justice, C. O. (2016). The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products. *Remote Sensing of Environment*, 178, 31-41. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.054>
- Kelley, D. I., Burton, C., Di Giuseppe, F., Jones, M. W., Barbosa, M. L., Brambleby, E., McNorton, J. R., Liu, Z., Bradley, A. S., & Blackford, K. (2025). State of Wildfires 2024–2025. *Earth System Science Data*, 17(10), 5377-5488. <https://doi.org/10.5194/essd-17-5377-2025>
- Linley, G. D., Jolly, C. J., Doherty, T. S., Geary, W. L., Armenteras, D., Belcher, C. M., Bliege Bird, R., Duane, A., Fletcher, M. S., & Giorgis, M. A. (2022). What do you mean, 'megafire'? *Global Ecology and Biogeography*, 31(10), 1906-1922. <https://doi.org/10.1111/geb.13499>
- Lizundia-Loiola, J., Otón, G., Ramo, R., & Chuvieco, E. (2020). A spatio-temporal active-fire clustering approach for global burned area mapping at 250 m from MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, 236, 111493. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111493>
- McFarland, J. R., Coop, J. D., Balik, J. A., Rodman, K. C., Parks, S. A., & Stevens-Rumann, C. S. (2025). Extreme fire spread events burn more severely and homogenize postfire landscapes in the southwestern United States. *Global change biology*, 31(2), e70106. <https://doi.org/10.1111/gcb.70106>
- Peterson, D. A., Fromm, M. D., McRae, R. H., Campbell, J. R., Hyer, E. J., Taha, G., Camacho, C. P., Kablick III, G. P., Schmidt, C. C., & DeLand, M. T. (2021). Australia's Black Summer pyrocumulonimbus super outbreak reveals potential for increasingly extreme stratospheric smoke events. *NPJ climate and atmospheric science*, 4(1), 38. <https://doi.org/10.1038/s41612-021-00192-9>
- Tedim, F., Leone, V., Amraoui, M., Bouillon, C., Coughlan, M. R., Delogu, G. M., Fernandes, P. M., Ferreira, C., McCaffrey, S., & McGee, T. K. (2018). Defining extreme wildfire events: Difficulties, challenges, and impacts. *Fire*, 1(1), 9. <https://doi.org/10.3390/fire1010009>