



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

**9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL**

# 9CFE-1980

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

Organiza





## La Fenología y sequía como principales factores que influyen en los incendios forestales

CARDIL, A. (1,2,3), HERNÁNDEZ-RODRIGUEZ D.J (1), QUIÑONES, T. (1), ORTEGA, M. (1), ERDOZAIN, M. (2), RAMÍREZ, J. (1) y DE-MIGUEL, S. (2,3)

(1) Technosylva Inc, La Jolla, California, Estados Unidos.

(2) Forest Science and Technology Centre of Catalonia (CTFC), Solsona, Spain

(3) Departamento de Agricultura y Ciencias e Ingeniería Forestal, Universidad de Lleida, España.

### Resumen

La fenología y la sequía son factores clave que influyen en la dinámica de los incendios forestales. La fenología, que describe el ciclo estacional de la vegetación, regula la disponibilidad de combustible, en especial la cantidad de combustible muerto, que varía según las etapas de crecimiento, maduración y latencia. Por su parte, la sequía reduce la humedad en el suelo y la vegetación, incrementando la inflamabilidad del combustible. Así, la interacción entre una fenología y condiciones de sequía desfavorables crean escenarios de alto riesgo de incendio, intensificando las temporadas de incendios y aumentando su frecuencia y severidad.

Este estudio analiza de forma global y, particularmente en la Península Ibérica, el efecto combinado de la fenología y la sequía en la actividad de incendios forestales. Para ello, se usan productos basados en imágenes espectrales que caracterizan el comienzo, pico y final del ciclo fenológico durante 20 años y cómo su interacción con la sequía determina la actividad de incendios. Nuestros hallazgos muestran efectos e interacciones significativas que permiten caracterizar y predecir mejor estacionalmente el riesgo de incendio a nivel regional, nacional y global.

### Palabras Clave

Incendios forestales, fenología, sequía, EDDI, ROS, FRP, área quemada, crecimiento, maduración, latencia, inicio de crecimiento, duración de crecimiento, final de crecimiento, humedad, vegetación, combustible, bioma y ecorregión.

### 1. Introducción

Aunque el área quemada por incendios forestales ha disminuido en las últimas décadas a nivel global (Andela et al., 2017), el comportamiento del fuego se está intensificando en diversos lugares del globo (Cunningham, et al (2024), impactando comunidades como ha ocurrido en Los Ángeles (USA) en 2025. Conocer y estimar el comportamiento del fuego es clave para poder mitigar las consecuencias e impactos negativos que los incendios generan, en la prevención y en la gestión de las emergencias. Investigación previa en distintas regiones sugiere que la fenología de la vegetación tiene un efecto claro modulando la actividad de incendios forestales (Tadas et al., 2024). Sin embargo, los efectos a nivel global de los ciclos fenológicos sobre la actividad de incendios forestales y su comportamiento no se



han estudiado previamente y, por tanto, se desconocen.

La fenología de la vegetación es el estudio de los eventos cíclicos en las plantas, como la brotación, la floración, la producción de frutos y la caída de hojas, y cómo estos eventos están influenciados por factores ambientales, especialmente los cambios estacionales y climáticos. Así, la fenología acaba influyendo en el estado y contenido de humedad del combustible, factores cruciales que modifican la propagación del fuego. Hay que considerar además, que en el hemisferio norte y particularmente en el centro de Rusia, el norte y suroeste de América del Norte (Shao et al., 2020), la tendencia general señala hacia un prolongamiento significativo de la temporada de crecimiento, con un adelanto del inicio de la temporada de crecimiento y retraso del final de la temporada de crecimiento. Este fenómeno puede aumentar la acumulación de combustible que, posteriormente, se transforma en combustible muerto, especialmente la vegetación herbácea. Esta acumulación de combustible, combinada con sequías intensificadas, contribuye significativamente al aumento del riesgo de incendios.

Este estudio analiza estas relaciones entre la fenología de las plantas, la sequía y los incendios forestales a escala global para comprender los cambios en los regímenes de incendio a nivel mundial y establecer una base sólida para futuras investigaciones sobre la interacción entre el cambio climático y la ocurrencia de incendios forestales.

## 2. Objetivos

Los objetivos de este estudio se centran en analizar la relación de la fenología y la sequía con la ocurrencia y comportamiento de incendios forestales. Estos factores influyen significativamente en la cantidad y estado del combustible disponible y generan condiciones propicias para escenarios de alto riesgo de incendios. Este tema resulta crucial a nivel global para entender la intensificación y extensión de las temporadas de incendios.

### Objetivo General

Determinar cómo la distribución y frecuencia de incendios forestales globalmente se ve afectada por el ciclo fenológico, el inicio del ciclo de crecimiento, el punto máximo fotosintético, y la duración del ciclo de crecimiento.

### Objetivos específicos

1. Analizar el número y tamaño de incendios estadísticamente por bioma y continente, durante el periodo de crecimiento y latencia.
2. Análisis estadístico de cómo el ciclo fenológico, el inicio, el punto máximo, y la duración del ciclo de crecimiento afecta al comportamiento del fuego



- (ROS, duración, FRP y área quemada).
- Determinar estadísticamente cómo los diferentes tipos de vegetación (pasto, matorral y árboles), la sequía y el ciclo fenológico, el inicio, el punto máximo, y la duración del ciclo de crecimiento, modulan aspectos importantes del régimen de los incendios forestales (ROS, duración, FRP y área quemada).

### 3. Metodología

#### Datos

- MCD12Q2 v061:** se han utilizado datos del producto Terra and Aqua Moderate Resolution imaging Spectroradiometer (MODIS) Land Cover Dynamics (MCD12Q2) version 6.1, que caracteriza anualmente la fenología, desde el año 2001 hasta el 2023. El producto es calculado usando datos anuales del índice vegetativo mejorado de dos bandas, “Enhanced Vegetation Index” (EVI2) calculado de “MODIS Nadir Bidirectional Reflectance Distribution Function (BRDF)-Adjusted Reflectance (NBAR)”. El producto es proporcionado a una resolución espacial de 500 metros y detecta hasta dos ciclos de crecimiento determinados por los ciclos con el NBAR-EVI2 con la amplitud más grande. En este estudio las variables del producto usadas son: el comienzo de crecimiento “onset greenness”, el punto máximo de crecimiento “peak greenness”, y la latencia “senescence” (Friedl, M. et al., 2020).
- Datos de sequía:** Para analizar el área y la severidad de las sequías, se utilizaron datos del “Evaporative Demand Drought Index (EDDI)”, un indicador que mide las anomalías en la demanda evaporativa atmosférica en un determinado lugar y periodo de tiempo, relativo a el clima histórico de 1979-2018. Es un producto multi-scalar, permitiendo capturar información durante un periodo de 1 semana hasta 12 meses. En este estudio, se empleó los datos de 2 semanas. Los valores de EDDI positivos indican condiciones de sequía, ya que reflejan una mayor demanda evaporativa respecto a los datos históricos, mientras que los datos negativos indican unas condiciones húmedas (McEvoy, D.J. et al., 2016).
- Datos de Biomás y ecorregiones:** El producto de Terrestrial Ecoregions of the World (TEOW) (Olson, D. M. et al., 2001), fue usado para extraer el bioma y ecorregión en el que cada incendio forestal originó. El producto es una regionalización biogeográfica de la biodiversidad terrestre. Las unidades biogeográficas son ecorregiones, que son áreas relativamente grandes conteniendo un ensamblaje distintivo de comunidades que comparten una gran mayoría de especies, dinámicas y condiciones ambientales. Hay 867 ecorregiones, que han sido clasificadas en 14 biomás.
- Incendios forestales globales:** 20 millones puntos de incendios fueron descargados de la base de datos global FRYv2.0, incluyendo atributos del régimen de incendios (tamaño (m<sup>2</sup>), Potencia radiativa de los incendios forestales (FRP), velocidad de propagación (FSR o ROS) y duración (días)). Las coordenadas (latitud/longitud) de la ignición del fuego fueron determinadas por el punto central del píxel que detectó área quemada



primero o las coordenadas del baricentro en el caso de múltiples igniciones. El ROS en Km/day-1 fue calculado como el ratio entre la distancia del eje más largo (km) de la elipse puesta sobre el área quemada.

### Análisis de datos

Los datos fueron procesados utilizando el software R-studio. Para el análisis, se emplearon diversas librerías de R. En particular, las herramientas del *tidiverse* se utilizaron para el procesamiento de datos, mientras que *ggplot2* facilitó la creación de gráficos. Para el procesamiento paralelizado, se utilizó la librería *furrr*. En el manejo de datos espaciales raster y vectoriales, *terra* fue empleada, y el formato de datos en hexágonos se procesó usando *h3*. Finalmente, la librería *broom* se utilizó para extraer, organizar y estructurar los resultados del modelo lineal generalizado para facilitar la visualización.

Para clasificar los incendios según su ciclo fenológico, los valores del producto MCD12Q2 v061, que indican el número de días transcurridos desde el 1 de enero de 1970, se convierten al formato de fecha yyyy-mm-dd. Con las fechas reclasificadas se hace una comparación con las de los incendios y se asigna cada evento al ciclo de crecimiento o de latencia correspondiente. El cálculo del día del año (DOY) en el que el ciclo de crecimiento comenzó, se generó un dataframe con la conversión de las fechas a días del año. Tras calcular el DOY del ciclo de crecimiento para todos los años, se calculó la media del DOY considerando los valores de manera circular, de forma que los valores altos y bajos de DOY no distorsionan la media. Usando los mismos datos, la duración del ciclo de crecimiento se computó la diferencia entre los valores de latencia y crecimiento.

Para analizar la diferencia entre las variables de los incendios (ROS, FRP, área quemada, número de incendios) y de sequía (EDDI\_w2) durante los incidentes en el ciclo de crecimiento y en el de latencia, los puntos de incendios fueron rasterizados, calculando la media de todos los valores de los incendios dentro de píxeles con una resolución de 0.5°. Con la media de cada valor en ambos ciclos, se calculó el porcentaje correspondiente al ciclo de crecimiento, con el objetivo de identificar las áreas más afectadas por cada variable de incendio y sequía durante este periodo.

Se utilizó modelo lineal generalizado no paramétrico para analizar cómo el ciclo fenológico influye en el área quemada por incendios forestales en cada bioma y continente. El modelo sigue esta fórmula:  $E(\log(\text{Área Quemada})) = \beta_0 + \beta_1 \times \text{ciclo}$ . El Área quemada es la variable dependiente transformada con logaritmo para estabilizar la varianza. El ciclo es la variable independiente, ciclo de crecimiento y latencia.  $\beta_0$  es el intercepto que representa la estimación del área quemada en la



temporada de latencia.  $\beta_1$  es el coeficiente de la temporada de crecimiento, que indica el cambio esperado en el área quemada cuando se pasa de la temporada de latencia a la de crecimiento. Estos coeficientes son estimados mediante la Máxima Verosimilitud, encontrando los valores  $\beta_0, \beta_1$  que maximizan la probabilidad de observar los datos bajo la distribución Gamma (Brunner, 2011). Cuando  $\beta_1$  es menor que 0 el área quemada es menor en la temporada de crecimiento, y cuando es mayor que 0 el área quemada es mayor en la temporada de crecimiento. La función `gml()` calcula automáticamente el valor P para cada coeficiente, permitiendo verificar si es estadísticamente significativo.

Para analizar si las variables de los incendios forestales eran significativamente diferentes durante el ciclo de crecimiento y latencia, se empleó el test no paramétrico “Wilcoxon Rank-Sum Test”, la función en R es `wilcox.test()`, tomando la variable de los incendios como dependiente, los ciclos fenológicos como variable independiente y los datos, de los cuales una muestra del mismo número de valores fue extraída aleatoriamente.

#### 4. Resultados

Los análisis realizados indican que el comienzo del ciclo fenológico comienza en diferentes meses (Figura 1A), variando principalmente en función de la latitud. Así en el hemisferio norte el ciclo fenológico comienza a principios de año y se extiende a lo largo del final de invierno y primavera. Por otro lado, la duración del ciclo fenológico cambia a lo largo del mundo (Figura 1B). En general, las zonas con latitudes mayores tienen un ciclo de crecimiento dado que este está limitado por la temperatura mínima diaria y el fotoperiodo.

La mayor parte de la superficie quemada se produjo en la fase fenológica de latencia (Figura 1C), con valores superiores al 90% en gran parte del globo terrestre. Sin embargo, en los biomas de tundra y bosque boreal y taiga, encontramos que los valores de porcentaje de área quemada en la fase de latencia disminuyen considerablemente. En el bosque tropical húmedo también hay valores más bajos comparados a otros biomas. Los incendios en estos biomas, en general, también tuvieron una duración mayor en el periodo de crecimiento (Figura 1D).

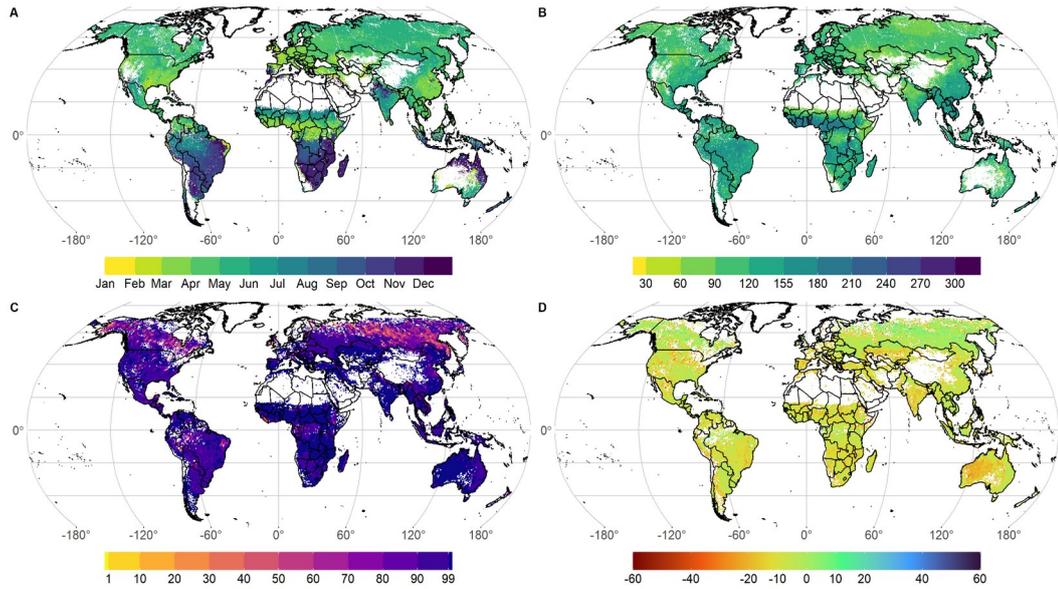


Figura 1. **A** La media de los meses del año en los que el ciclo de crecimiento comienza, de 2001 a 2023. **B** La media del número de días que dura el ciclo de crecimiento, de 2001 a 2023. **C** Porcentaje de área quemada durante el ciclo de latencia. **D** La diferencia en la duración (días) de los incendios forestales entre el ciclo de crecimiento y el de latencia, los valores negativos indican una duración en el ciclo de crecimiento menor y mayor con los valores positivos.

En la figura 2, mostramos resultados particularizados para la Península Ibérica y el norte de África. El ciclo fenológico comienza antes en el sur de la península, especialmente en Andalucía y Extremadura dónde el ciclo fenológico comienza en Diciembre. Sin embargo, en zonas con mayores latitudes como Galicia, Asturias o Aragón, el ciclo fenológico comienza en Febrero o incluso en Marzo. La duración media del periodo de crecimiento también varía y es en la fase de latencia cuando más área se quema, especialmente en el sur y en toda la costa mediterránea (Figura 2).

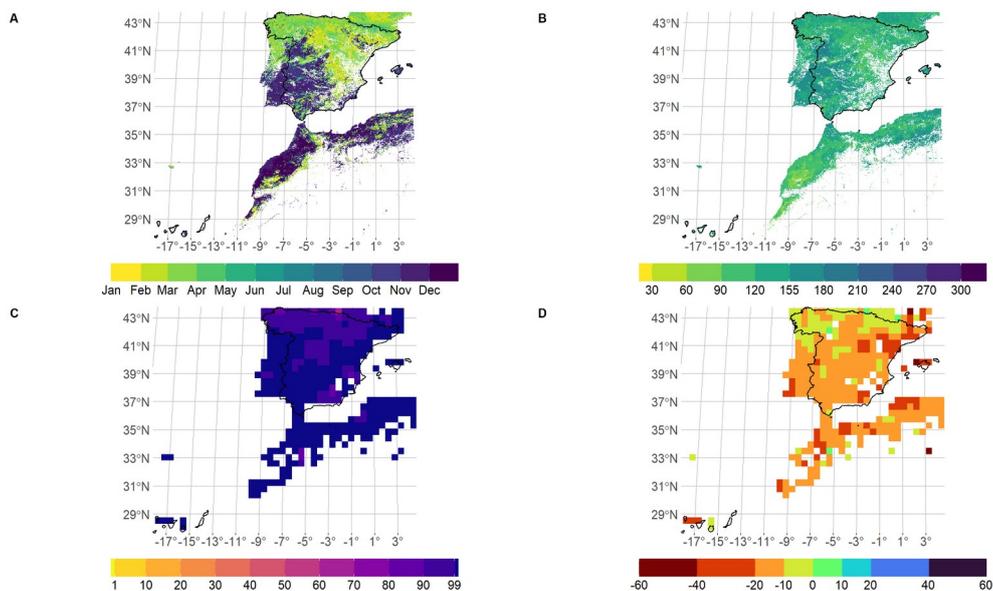




Figura 2. **A** La media de los meses del año en los que el ciclo de crecimiento comienza en España, de 2001 a 2023. **B** La media del número de días que dura el ciclo de crecimiento en España, de 2001 a 2023. **C** Porcentaje de área quemada durante el ciclo de latencia en España. **D** La diferencia en la duración (días) de los incendios forestales entre el ciclo de crecimiento y el de latencia en España, los valores negativos indican una duración en el ciclo de crecimiento menor y mayor con los valores positivos.

A partir de la Figura 3, en general, se concluye que el ciclo fenológico influye en el tamaño de los incendios significativamente ( $p < 0.05$ ) en todos los biomas. La FSR es generalmente mayor durante el periodo de latencia, mientras que el FSR de los fuegos durante el periodo de crecimiento es mayoritariamente menor que 50. El FRP parece mostrar un valor más elevado en los incendios durante la temporada de crecimiento. En cuanto a la duración de los incendios, en ambos ciclos, se observa que la mayoría tienden a durar menos de un día, pero los incendios que afectan vegetación durante la etapa de latencia, tienen mayor cantidad de incendios más duraderos.

En la mayor parte de los biomas, los incendios son más pequeños en la etapa de crecimiento que durante el periodo de latencia (Figura 4) debido a que tienen una velocidad de propagación y una duración menor. Solamente, en la tundra y el bosque boreal en Asia los incendios son más grandes durante el periodo de crecimiento (Figura 4).

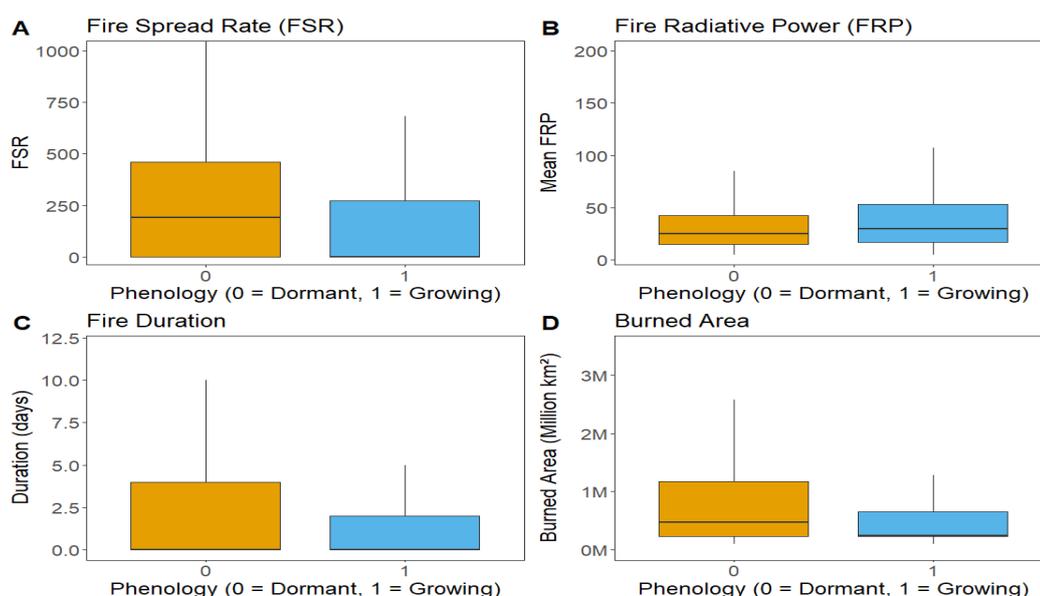


Figura 3. Comparación de las variables de incendios forestales entre los ciclos fenológicos de Latencia (0, Naranja) y de Crecimiento (1, Azul). **A** La velocidad de propagación del incendio forestal (FSR o ROS). **B** La Potencia radiativa de los incendios forestales (FPR). **C** La duración de cada incendio forestal en días, los

valores son de incendios que duraron menos de un día. **D** El área quemada en  $\text{km}^2$ .

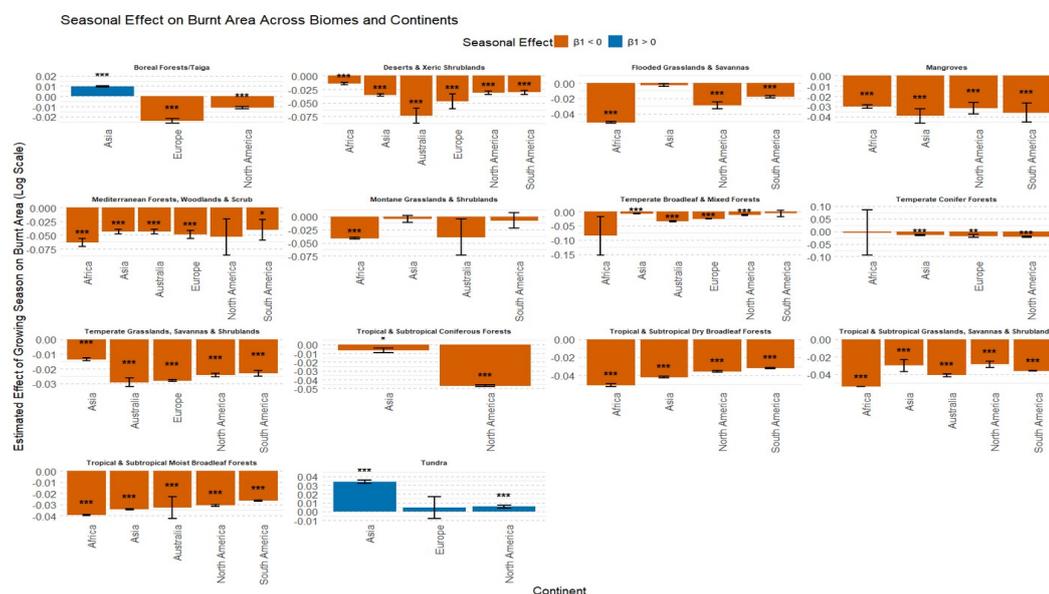


Figura 4. Diagrama de caja de el efecto estimado del ciclo de crecimiento en cada bioma y continente, usando un modelo lineal generalizado con una distribución Gamma y log link . Cada caja representa el efecto estimado ( $\beta_1$ ) del ciclo de crecimiento relativo al ciclo de latencia.  $\beta_1 < 0$  (naranja), el área quemada es menor en la temporada de crecimiento.  $\beta_1 > 0$  (azul), el área quemada es mayor en la temporada de crecimiento. Los asteriscos “\*\*\*”, “\*\*”, “\*” indican niveles de significancia estadística de  $p < 0.001$ ,  $p < 0.01$  y  $p < 0,05$ , respectivamente.

### 5. Discusión

Este estudio examina, a nivel global y en particular en la Península Ibérica, el impacto combinado de la fenología y la sequía en la actividad de incendios forestales. Para ello, se utilizan productos basados en imágenes espectrales que caracterizan el inicio, el pico y el final del ciclo fenológico durante un periodo de 20 años, y cómo su interacción con la sequía influye en la actividad de incendios. Nuestros resultados revelan interacciones y efectos significativos que permiten una mejor caracterización y predicción estacional del riesgo de incendio a nivel regional, nacional y global.

La mayor parte del área quemada se produjo durante el periodo de latencias. Investigación previa en los ambientes de turberas y brezales templados en Europa, similares hallazgos fueron reportados debido a que los combustibles muertos en este periodo del año están predominantemente más secos que durante el periodo de crecimiento (Little, K. et al., 2024), especialmente las zonas de pastos. Sin embargo, durante el verano cuando la vegetación alcanza el punto máximo de fotosíntesis, el comportamiento de fuego es menor y la actividad de incendio también debido a que los combustibles vivos tienen un contenido de humedad mayor (Nikonovas, T. et al., 2024), a pesar que normalmente los combustibles muertos tienden a estar más secos por temperaturas del aire más altas y



humedades relativas más bajas.

En España se ha observado que la ocurrencia de incendios está influenciada por los ciclos fenológicos, especialmente en zonas donde se adelantan y se prolongan los períodos de latencia durante los meses de verano, lo que incrementa el riesgo de incendios (Piñol, J. et al., 1998). El ciclo fenológico está ligado a la sequía y las olas de calor, dos fenómenos cada vez más recurrentes en la península Ibérica. Estos eventos, además, constituyen factores clave que favorecen climas de alto riesgo de incendio (Guion, A. et al., 2022). Además, se observan similitudes con otros países europeos con climas similares. Por ejemplo, en Cerdeña, los incendios están significativamente relacionados con la etapa de latencia de los combustibles herbáceos y matorrales, una fase caracterizada por una disminución significativa en la humedad vegetal (De Angelis, A. et al., 2012).

En Norteamérica, estudios como los de Madani et al. (2021) han documentado cómo los años de altas temperaturas adelantan el inicio de la temporada de crecimiento, lo que incrementa la cantidad de combustibles. Este aumento de la biomasa, combinado con las altas temperaturas, crea condiciones óptimas para la ignición y propagación del fuego. Por otro lado, Nathan et al. (2020) identificaron una relación significativa entre el ciclo reproductivo fenológico y la humedad del combustible vivo, sugiriendo que el riesgo de incendio disminuye durante este periodo, según un estudio realizado en el sur de California. Aunque en algunas áreas de Norteamérica se ha observado una prolongación del ciclo de crecimiento, Warter et al. (2023) indican que en el sureste de Arizona, el aumento de las temperaturas y la reducción en la disponibilidad de agua han adelantado la maduración y la etapa de latencia, lo que ha incrementado la cantidad de combustible inflamable durante las temporadas de mayor riesgo de incendios. De manera similar, en zonas subtropicales como el suroeste de Georgia, aunque la disponibilidad de agua influye significativamente, cuando hay suficiente agua, la vegetación en suelos saturados tiende a presentar ciclos de crecimiento más largos.

En Canadá, y especialmente en el bosque boreal, taiga y tundra, los incendios fueron más grandes durante el periodo de crecimiento y casi el 50% del área quemada se produce durante este periodo. Esto podría deberse a la cobertura de nieve que limita la propagación del fuego en gran parte del año. Sin embargo, investigación anterior señala que los combustibles están más propensos a arder en momentos previos al inicio de la etapa de crecimiento (Beverly & Schroeder, 2024).

Este trabajo identifica relaciones entre la actividad de incendios y la fenología para poder estimar mejor el riesgo de incendio a escalas mensuales o estacionales y poder analizar cambios en la cantidad de biomasa disponible para ardes y su humedad.

## 6. Bibliografía

LITTLE, K.; GRAHAM, L. J.; FLANNIGAN, M. et al.; 2024. Landscape controls on fuel



- moisture variability in fire-prone heathland and peatland landscapes. *FIRE ECOL* 20, 14. <https://doi.org/10.1186/s42408-024-00248-0>
- NIKONOVAS, T.; SANTÍN, C.; BELCHER, C. M.; CLAY, G. D.; KETTRIDGE, N.; SMITH, T. E. L.; DOERR, S. H.; 2024. Vegetation phenology as a key driver for fire occurrence in the UK and comparable humid temperate regions. *INT. J. WILDLAND FIRE* 33, WF23205. <https://doi.org/10.1071/WF23205>
- WRIGHT, H. A.; BAILEY, A. W.; 1982. Fire ecology: United States and southern Canada. JOHN WILEY & SONS.
- MADANI, N.; PARAZOO, N. C.; KIMBALL, J. S.; REICHLER, R. H.; CHATTERJEE, A.; WATTS, J. D.; SAATCHI, S.; LIU, Z.; ENDSLEY, A.; TAGESSON, T.; ROGERS, B. M.; XU, L.; WANG, J. A.; MAGNEY, T.; MILLER, C. E.; 2021. The Impacts of Climate and Wildfire on Ecosystem Gross Primary Productivity in Alaska. *J. GEOPHYS. RES. BIOGEOSCIENCES* 126(6), e2020JG006078. <https://doi.org/10.1029/2020JG006078>
- NATHAN, E.; ROTH, K.; PIVOVAROFF, A. L.; 2020. Flowering phenology indicates plant flammability in a dominant shrub species. *ECOL. INDICATORS* 109, 105745. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105745>
- WARTER, M. M.; SINGER, M. B.; CUTHBERT, M. O.; ROBERTS, D.; CAYLOR, K. K.; SABATHIER, R.; STELLA, J.; 2023. Modeling seasonal vegetation phenology from hydroclimatic drivers for contrasting plant functional groups within drylands of the Southwestern USA. *ENVIRON. RES.: ECOLOGY* 2(2), 025001. <https://doi.org/10.1088/2752-664X/acb9a0>
- DE ANGELIS, A.; BAJOCO, S.; RICOTTA, C.; 2012. Phenological variability drives the distribution of wildfires in Sardinia. *LANDSCAPE ECOLOGY* 27, 1535–1545.
- PIÑOL, J.; TERRADAS, J.; LLORET, F.; 1998. Climate warming, wildfire hazard, and wildfire occurrence in coastal eastern Spain. *CLIMATIC CHANGE* 38(3), 345–357.
- GUION, A.; TURQUETY, S.; POLCHER, J.; PENNEL, R.; BASTIN, S.; ARSOUZE, T.; 2022. Droughts and heatwaves in the Western Mediterranean: impact on vegetation and wildfires using the coupled WRF-ORCHIDEE regional model (RegIPSL). *CLIMATE DYNAMICS* 58(9), 2881–2903.
- 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.
- FRIEDL, M.; GRAY, J.; SULLA-MENASHE, D.; 2022. MODIS/Terra+Aqua Land Cover Dynamics Yearly L3 Global 500m SIN Grid V061 [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center. Accessed 2025-01-14 from <https://doi.org/10.5067/MODIS/MCD12Q2.061>
- OLSON, D. M.; DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E. D.; BURGESS, N. D.; POWELL, G. V. N.; UNDERWOOD, E. C.; D'AMICO, J. A.; ITOUA, I.; STRAND, H. E.; MORRISON, J. C.; LOUCKS, C. J.; ALLNUTT, T. F.; RICKETTS, T. H.; KURA, Y.; LAMOREUX, J. F.; WETTENGEL, W. W.; HEDAO, P.; KASSEM, K. R.; 2001. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth. *BIOSCIENCE* 51(11), 933–938.
- MCEVOY, D. J.; HUNTINGTON, J. L.; HOBBS, M. T.; WOOD, A.; MORTON, C.; VERDIN, J.; ANDERSON, M.; HAIN, C.; 2016. The Evaporative Demand Drought index: Part II – CONUS-wide Assessment Against Common Drought Indicators. *J. HYDROMETEOR.* 17(6), 1763–1779. doi:10.1175/JHM-D-15-0121.1