



2025 | **16-20**
GIJÓN | **JUNIO**

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1969

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

Organiza





Las teleconexiones climáticas modulan la ocurrencia de incendios forestales

CARDIL, A. (1,2,3), RODRIGUES, M. (4), RAMIREZ, J., (2), MOHAN, M. (5), DEMIGUEL, S. (1,3)

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

(2) Technosylva Inc, La Jolla, CA, USA

(3) Department of Agricultural and Forest Sciences and Engineering, University of Lleida, Lleida, Spain

(4) Department of Geography and Land Management, University of Zaragoza, Spain

(5) Ecoresolve, San Francisco, USA

Resumen

Las teleconexiones climáticas (TC) influyen de manera remota en las condiciones meteorológicas de muchas regiones, lo que conlleva cambios en los factores principales que modulan la actividad de incendios forestales, como la acumulación de combustible o su humedad. Revelamos relaciones significativas entre las principales TC globales y el área quemada, que varían entre y dentro de los continentes y biomas, según señales sincrónicas y retardadas, y patrones regionales marcados. En general, las CT modulan el 52,9% del área quemada global, siendo el modo del TNA (Atlántico Norte Tropical) la TC más relevante, con relaciones particulares en España. En este trabajo, resumimos las relaciones entre TC e incendios en un conjunto de seis dominios globales de TC que se discuten por continente, considerando los mecanismos subyacentes que relacionan los patrones climáticos y los tipos de vegetación con el área quemada en los diferentes biomas del mundo. Se espera que nuestros hallazgos sean útiles para las agencias forestales y de incendios, particularmente en regiones emergentes donde las evaluaciones de peligro y riesgo a largo plazo aún no están disponibles. La comprensión de estas dinámicas de los sistemas naturales contribuye al desarrollo continuo de políticas y prácticas relacionadas con incendios y clima.

Palabras clave

El Niño, sequía, acumulación de combustible, actividad de incendios forestales, área quemada global

1. Introducción

Las teleconexiones climáticas (TC) son patrones atmosféricos y oceánicos a gran escala que vinculan condiciones meteorológicas de regiones distantes en el globo terrestre. Estos fenómenos, como el Niño (ENSO), la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) o el Dipolo del Océano Índico (IOD), tienen implicaciones significativas para el sistema climático global, afectando la temperatura, las precipitaciones y la sequía. FALTA REFERENCIA



En el contexto de los incendios forestales, las TC son factores clave que influyen en las condiciones subyacentes que favorecen o limitan la propagación del fuego. Estos incluyen la acumulación de biomasa, impulsada por variaciones en la precipitación, y la humedad de los combustibles muertos, que puede ser modulada por cambios en la temperatura, humedad relativa y patrones de viento. Los efectos de las TC sobre el área quemada a nivel global no son conocidos completamente, particularmente debido a las variaciones espaciales y temporales de sus impactos. FALTA REFERENCIA

El presente estudio se centra en cuantificar cómo las TC modulan el área quemada a escala global. Se parte de la hipótesis de que ciertos patrones climáticos globales influyen de manera significativa en la actividad de incendios en diversas regiones, pero que estas influencias varían dependiendo del continente y bioma. A través de análisis de correlaciones y la identificación de dominios de teleconexión climática (DTC), este trabajo busca proporcionar una visión integral y detallada de estas relaciones, un conocimiento que puede servir para mejorar la predicción y gestión de incendios forestales bajo un clima cambiante. FALTAN REFERENCIAS

2. Objetivos

El objetivo principal de este estudio es identificar y analizar las relaciones significativas entre las principales TC y el área quemada a nivel global, considerando tanto señales sincrónicas como retardadas, y cómo estas varían entre continentes y biomas. Además, se busca sintetizar estas relaciones en un conjunto de dominios de teleconexión climática (DTC) para facilitar su interpretación y aplicación en la gestión de los incendios forestales.

3. Metodología

Datos

El estudio se basa en un enfoque cuantitativo para analizar la relación entre teleconexiones climáticas (TC) y áreas quemadas globalmente. Se utilizaron datos de áreas quemadas provenientes del producto global FireCCI11, que abarca el período 1982-2018 con una resolución espacial de 0.5° x 0.5°. Este producto combina imágenes satelitales y algoritmos avanzados para proporcionar una estimación precisa de las áreas afectadas por incendios. Por otro lado, los índices de teleconexión climática se obtuvieron de diversas fuentes de reanálisis climáticos y bases de datos meteorológicas reconocidas internacionalmente, como NOAA y ECMWF. Estos índices incluyen el **ENSO** (El Niño-Oscilación del Sur), la **NAO** (Oscilación del Atlántico Norte), el **IOD** (Dipolo del Océano Índico), el **SAM** (Modo Anular del Sur), el **TNA** (Modo del Atlántico Norte Tropical), el **WP** (Pacífico Occidental), el **AMO** (Oscilación Multidecadal del Atlántico), el **PDO** (Oscilación Decadal del Pacífico), el **PNA** (Patrón de Oscilación del Pacífico-Norteamérica), el **AO** (Oscilación Ártica), el **EP** (Oscilación del Pacífico Ecuatorial) y el **TSA** (Oscilación Tropical Sur).



Análisis de correlación

El análisis principal se basó en la correlación entre las áreas quemadas y los índices de teleconexión, considerando desfases temporales de 0, 3, 6 y 9 meses. Esta metodología permitió identificar tanto las influencias inmediatas como las retardadas de las TC en la actividad de incendios. Por ejemplo, un aumento en las temperaturas del Pacífico ecuatorial debido a ENSO puede generar condiciones propicias para incendios meses después, tras el secado progresivo de la vegetación.

Los coeficientes de correlación de Pearson se calcularon para cada combinación de índice de TC y región geográfica (bioma y continente). Se generaron mapas espaciales para visualizar las áreas donde las relaciones TC-fuego eran estadísticamente significativas. Este enfoque permitió identificar patrones globales y regionales en las influencias climáticas.

Identificación de Dominios de Teleconexión Climática (DTC)

Para sintetizar los resultados y agrupar las relaciones observadas, se empleó un análisis de agregación jerárquico (cluster). Este método permite identificar regiones con patrones de correlación similares entre las TC y las áreas quemadas, lo que dio lugar a la definición de seis Dominios de Teleconexión Climática (DTC). Cada DTC representa un conjunto de relaciones predominantes entre ciertos índices de TC y áreas quemadas en regiones específicas. El análisis jerárquico se implementó utilizando el método de agrupamiento de enlace promedio y una métrica de distancia basada en los coeficientes de correlación.

4. Resultados

Los resultados del análisis indican que las TC desempeñan un papel destacado en la modulación de las áreas quemadas a nivel global. Se estima que las TC modularon el 52.9% del área quemada a nivel global, una proporción que varía significativamente entre regiones. En particular, el TNA (Modo del Atlántico Norte Tropical) demostró ser la teleconexión más influyente, seguido de ENSO y la NAO. Así, las TC derivan condiciones meteorológicas que pueden ser favorables o desfavorables para la ocurrencia de incendios.

En África, las áreas quemadas son altamente sensibles a AMO, TNA, SAM, PDO, PNA, ENSO e IOD, en diferentes tiempos de retardo (Figura 1), reflejando la dependencia de esta región en patrones climáticos que afectan las precipitaciones estacionales. En América, el AMO, TNA y la NAO son determinantes clave, influyendo en las dinámicas de humedad y la disponibilidad de biomasa forestal. En Asia, PDO, ENSO y el WP emergieron como los patrones dominantes, mientras que en Oceanía, las correlaciones más fuertes se observaron con el SAM, PNA, y

PDO. En Europa, las relaciones fueron menos claras, probablemente debido a la fragmentación del continente, a unos incendios de menor tamaño y a unos recursos de extinción que permiten la extinción temprana de la mayoría de los mismos. Sin embargo, investigación previa a escalas locales señaló la importancia de las TC sobre la ocurrencia de incendios (Rodriguez et al., 2021).

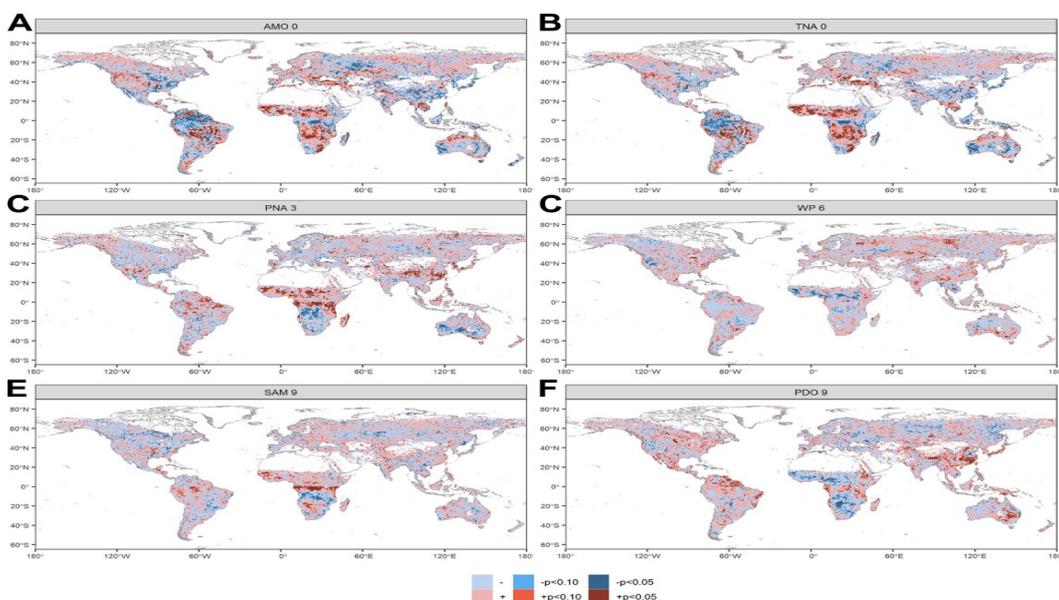


Figura 1. Correlación de Pearson sincronizada (desfase de 0 meses) y con desfase (3, 6 y 9 meses) entre las principales teleconexiones climáticas (TC) y el área quemada (AQ) durante el pico de la temporada de incendios de 1982 a 2018.

El análisis jerárquico de conglomerados permitió identificar seis Dominios de Teleconexión Climática (DTC) en los que las correlaciones entre las teleconexiones y las áreas quemadas eran consistentes y geográficamente coherentes (Figura 2). Estos dominios agruparon las regiones del mundo según sus respuestas similares a los cambios en los índices de teleconexión. Por ejemplo, un DTC incluía las regiones de África subsahariana y el sur de Asia, donde las áreas quemadas fueron más sensibles a las variaciones en el IOD y el ENSO. Otro DTC se centró en América del Sur, donde la NAO y el ENSO jugaron roles preponderantes en la modulación de los incendios.

Los DTC más definidos mostraron que los patrones climáticos regionales tienen un impacto directo y a menudo inmediato sobre las áreas quemadas. Las regiones tropicales y subtropicales tendieron a responder más rápidamente a los cambios en el ENSO y el IOD, mientras que las regiones templadas, como América del Norte y Europa, mostraron una mayor influencia de la NAO y el SAM.

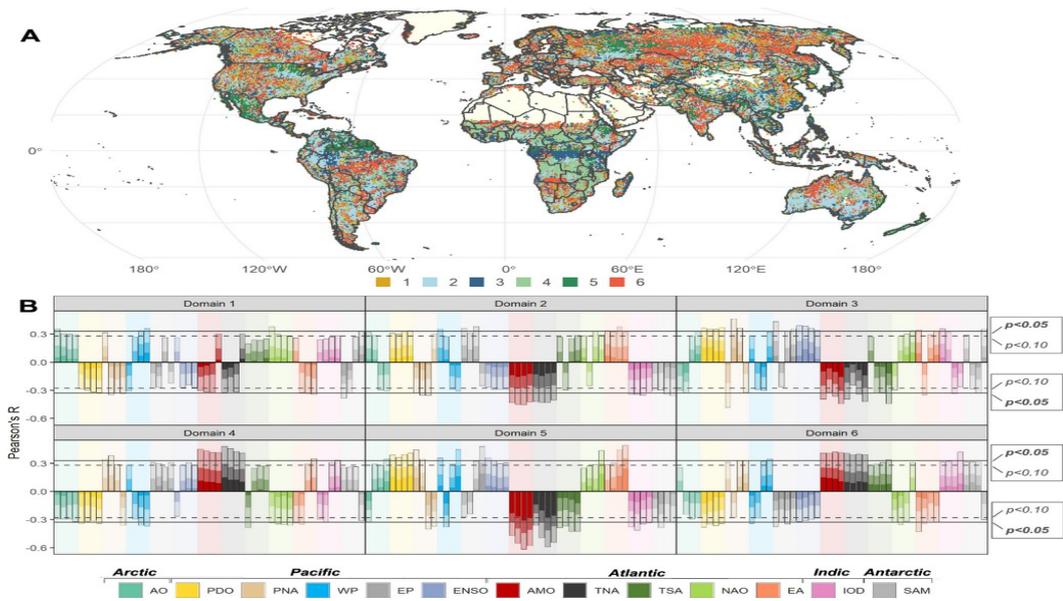


Figura 2. Dominios de teleconexión climática (DTC) que caracterizan las asociaciones entre las teleconexiones climáticas (TC) y los incendios a nivel mundial.

5. Discusión

Los hallazgos de este estudio destacan la importancia de las TC como moduladores claves de la actividad de incendios a escala global. La identificación de los DTC proporciona una nueva perspectiva para comprender y predecir incendios forestales, especialmente en regiones donde las influencias climáticas son complejas y multifactoriales. Uno de los hallazgos más relevantes es la variación de la influencia de las TC según el tipo de bioma. Por ejemplo, las sabanas y los bosques tropicales muestran una alta sensibilidad debido a su dependencia de patrones climáticos cíclicos para la acumulación de biomasa y la humedad del suelo. En contraste, los biomas más secos, como los desiertos, están menos influenciados por las TC debido a sus condiciones climáticas ya limitantes para la propagación del fuego.

El análisis regional subraya la importancia de adaptar las estrategias de manejo del fuego a las condiciones locales. Por ejemplo, en África, donde ENSO e IOD son dominantes, las políticas de gestión podrían centrarse en anticipar los períodos de mayor riesgo en función de las fases de estas teleconexiones. Del mismo modo, en América del Norte y Europa, las estrategias deberían considerar cómo el TNA y la NAO afectan los patrones de humedad y la disponibilidad de combustibles.

Bajo un escenario de cambio climático, se espera que las TC experimenten alteraciones en su frecuencia, intensidad y distribución espacial. Esto podría amplificar o atenuar sus impactos sobre las áreas quemadas, dependiendo de la región. Por lo tanto, una comprensión más profunda de estas relaciones es esencial para preparar estrategias de adaptación que consideren estos cambios proyectados.



Aunque este estudio proporciona una visión integral de las relaciones TC-incendios, existen limitaciones en la resolución temporal y espacial de los datos utilizados, así como en la capacidad de capturar interacciones complejas entre múltiples teleconexiones. Estudios futuros podrían explorar estas interacciones y emplear modelos de predicción más avanzados para mejorar la precisión de las proyecciones.

6. Conclusiones

Este estudio demuestra que las teleconexiones climáticas desempeñan un papel crucial en la modulación de las áreas quemadas a nivel global, con una influencia que varía según la región y el bioma. La identificación de seis dominios de teleconexión climática proporciona una herramienta valiosa para comprender y predecir la actividad de los incendios en diferentes partes del mundo. Estos hallazgos pueden mejorar las políticas de gestión del fuego y adaptarlas a las condiciones climáticas específicas de cada región.

7. Agradecimientos

Este proyecto recibió financiación del Ministerio de Ciencia e Innovación de España, proyecto FIREPATHS (PID2020-116556RA-I00) (autores que recibieron financiación: A.C. y M.R.) y del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea, MSCA-ITN-2019—Innovative Training Networks, bajo el acuerdo de subvención n.º 860787 (PyroLife) (autores que recibieron financiación: A.C.), así como del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea, bajo el acuerdo de subvención n.º 101037419 (FIRE-RES) (autores que recibieron financiación: A.C., J.R., y S.d.M.).

8. Bibliografía

- CARDIL, A.; RODRIGUES, M.; TAPIA, M.; BARBERO, R.; RAMÍREZ, J.; STOOF, C. R.; SILVA, C. A.; MOHAN, M.; DE-MIGUEL, S.; 2023. Climate teleconnections modulate global burned area. *NATURE COMMUNICATIONS* 14, 427.
- RODRIGUES, M.; PEÑA-ANGULO, D.; RUSSO, A.; ZÚÑIGA-ANTÓN, M.; CARDIL, A.; 2021. Do climate teleconnections modulate wildfire-prone conditions over the Iberian Peninsula? *Environ. Res. Lett.* 16 044050
- SAJI, N. H.; GOSWAMI, B. N.; VINAYACHANDRAN, P. N.; YAMAGATA, T.; 1999. A dipole mode in the tropical Indian ocean. *NATURE* 401(6751), 360-363.
- FOGT, R. L.; MARSHALL, G. J.; 2020. The southern annular mode: variability, trends, and climate impacts across the southern hemisphere. *WILEY INTERDISCIPLINARY REVIEWS: CLIMATE CHANGE*.