

CONFIGURACIONES SINÓPTICAS ASOCIADAS A GRANDES INCENDIOS FORESTALES EN CHILE CENTRO-SUR

Natalia Ruiz^{1,2}, Martín Jacques-Coper^{1,2,3}, Francisco de la Barrera^{4,5}
naruz2019@udec.cl. Autor/a correspondiente.

¹Departamento de Geofísica, Universidad de Concepción, Chile

²Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, Universidad de Concepción, Chile

³Centro de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sur-Oriental COPAS Coastal, Chile

⁴Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Chile

⁵ Centro de Desarrollo Urbano Sustentable, CEDEUS, Chile

Palabras clave: Eventos extremos, Meteorología extrema, Predictibilidad.

1) INTRODUCCIÓN

El aumento en la frecuencia e intensidad de incendios forestales a nivel global, en el contexto del cambio climático, ha motivado una creciente investigación sobre sus causas e impactos (Bowman et al., 2009; Sayedi et al., 2024), especialmente en regiones como la centro-sur de Chile, donde ecosistemas mediterráneos reconocidos como hotspots de biodiversidad se ven particularmente afectados (Miranda et al., 2017). La ignición de los incendios en Chile es principalmente debida a la actividad humana. Por otra parte, las condiciones meteorológicas juegan un rol clave en su propagación (González et al., 2018, 2020).

En la última década, los megaincendios (>10.000 ha) han aumentado significativamente en su frecuencia, destacando casos como Las Máquinas (Maule, 2017) y Santa Ana (Biobío, 2023). Ambos estuvieron marcados por condiciones sinópticas dominadas por una dorsal de gran extensión frente a las costas de Chile y un anticiclón migratorio en el sur del continente, lo que favoreció viento subsidente desde el este (Puelche), generando condiciones cálidas y secas que incrementaron la propagación del fuego. Además, la presencia de vaguadas costeras intensificó las temperaturas máximas durante los días críticos (Carrasco-Escaff et al., 2024). En este contexto, los índices meteorológicos —que integran variables como temperatura, humedad, viento y precipitación— pueden resultar útiles para estimar el nivel de peligrosidad de las condiciones atmosféricas frente a la ocurrencia y expansión de incendios (Lawson & Armitage, 2008). Evaluar estos índices y desarrollar nuevos indicadores permite anticipar escenarios de riesgo y fortalecer la toma de decisiones en prevención y preparación. Esta investigación busca establecer relaciones entre categorías de incendios de distinta magnitud y las configuraciones sinópticas asociadas, considerando el uso de suelo y la ubicación geográfica de los eventos. Para ello, se identifican configuraciones características asociadas a señales meteorológicas destacadas durante incendios históricos ocurridos en la temporada de verano extendido (octubre–abril) en la región centro-sur de Chile.

2) METODOLOGÍA

La zona de estudio abarca el centro-sur de Chile, desde la Región de Valparaíso hasta Los Lagos, y se enfoca en el periodo de verano extendido (octubre-abril). Se utilizaron datos diarios de incendios forestales registrados por CONAF entre 1984 y 2021 (Rapanague, 2022), considerando información sobre ubicación, fecha de inicio, duración y superficie quemada. Se seleccionaron incendios mayores a 520 ha (P75 de los incendios mayores a 100 ha) y menores a 10.000 ha (megaincendios), lo que dejó un total de 600 eventos para el análisis. Se clasificaron los incendios según su magnitud, zona geográfica y uso de suelo, utilizando

coberturas vegetales anuales entre 2000 y 2022 del proyecto MapBiomás Chile (2024). Se descargaron datos atmosféricos diarios del reanálisis ERA5 (Hersbach et al., 2023), tanto en superficie como en niveles de presión, para un rango de 7 días previos y 7 posteriores a la fecha de inicio. El análisis incluyó temperatura máxima, presión promedio, humedad relativa mínima y magnitud del viento máximo, cuyas series fueron estandarizadas y agrupadas mediante el algoritmo k-means.

Dado que la fecha de inicio no siempre coincide con las condiciones meteorológicas más críticas, se identificó el día de mayor propagación del fuego por evento, usando una base shapefile de resolución de 1 km construida con datos MODIS/TERRA (Fondecyt 11190530 GINSEC). Esto permitió construir series de área quemada diaria y evitar errores en el agrupamiento por desfases temporales.

Finalmente, se caracterizaron configuraciones sinópticas predominantes por categoría de incendio mediante análisis de compuestos de anomalías con respecto a la climatología DEF (1991–2020), y se realizó un análisis de sensibilidad que determinó como óptimo el rango de 7 días previos y 4 posteriores al evento.

3) RESULTADOS

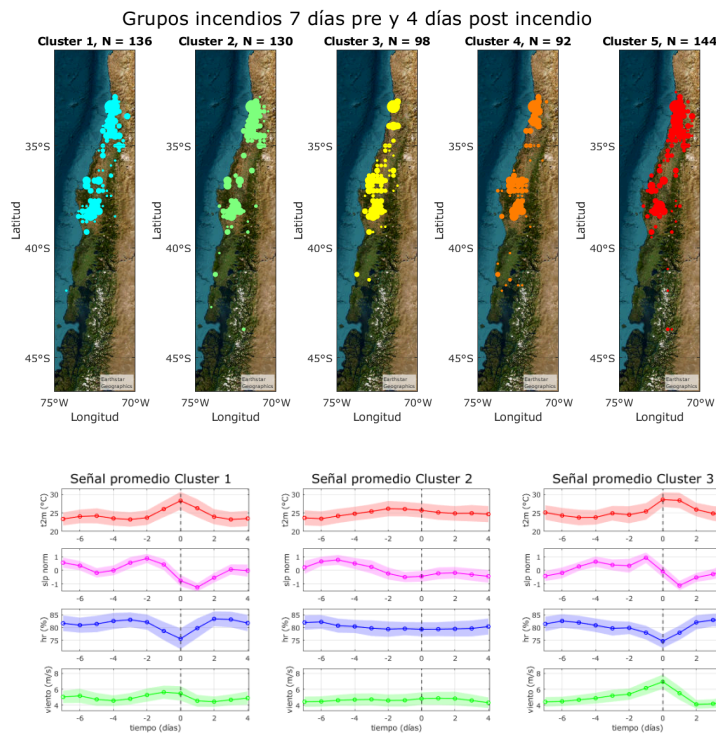


Figura 1: Ubicación de los incendios para cada clúster obtenido utilizando k-means. El tamaño de los puntos es proporcional al número de incendios por grilla.

Figura 2: Evolución temporal de la señal meteorológica promedio de cada clúster, considerando 7 días antes y 4 días después de la fecha de inicio (día 0) de los incendios asociados. Los valores diarios promediados fueron el máximo de temperatura, la presión promedio diaria (normalizada), el mínimo de humedad relativa y el máximo de velocidad del viento. El intervalo sombreado corresponde a 0.5 desviaciones estándares.

El agrupamiento por señal meteorológica muestra algunos grupos con preferencias ubicacionales (Fig. 1) y diferencias en la intensidad de las perturbaciones de las señales promedio (Fig. 2). En el clúster 1, muestra una clara perturbación en el día 0, similar a lo que ocurre en el clúster 3 pero con menor intensidad del viento. Mientras que en el clúster 4 las fluctuaciones de las variables son más suaves, tardías y permanecen por más de un día. En el caso del clúster 2 y 5, las variables se mantienen relativamente constantes, por lo que se descarta que exista un rol significativo de la meteorología en la propagación de estos eventos.

AGRADECIMIENTOS

Centro de Ciencias del Clima y la Resiliencia (CR)2 (ANID/FONDAP/1523A0002), Center for Oceanographic Research COPAS COASTAL (ANID/FB210021), wildfires and weather variability in South-central Chile (INTENSE) (ANID/FONDECYT/1251907)

REFERENCIAS

Bowman, D. M. J. S., Balch, J. K., Artaxo, P., Bond, W. J., Carlson, J. M., Cochrane, M. A., D'Antonio, C. M., DeFries, R. S., Doyle, J. C., Harrison, S. P., Johnston, F. H., Keeley, J. E., Krawchuk, M. A., Kull, C. A., Marston, J. B., Moritz, M. A., Prentice, I. C., Roos, C. I., Scott, A. C. y Pyne, S. J., 2009: Fire in the earth system. *Science*, 324(5926).

Carrasco-Escaff, T., Garreaud, R., Bozkurt, D., Jacques-Coper, M. y Pauchard, A., 2024: The key role of extreme weather and climate change in the occurrence of exceptional fire seasons in south-central Chile. *Weather and Climate Extremes*, 45.

González, M. E., Gómez-González, S., Lara, A., Garreaud, R. y Díaz-Hormazábal, I., 2018: The 2010–2015 Megadrought and its influence on the fire regime in central and south-central Chile. *Ecosphere*, 9(8).

González, M. E., Sapiains, R., Gómez-González, S., Garreaud, R., Miranda, A., Galleguillos, M., Jacques, M., Pauchard, A., Hoyos, J., Cordero, L., Vásquez, F., Lara, A., Aldunce, P., Delgado, V., Arriagada, Ugarte, A. M., Sepúlveda, A., Farías, L. y García, I., 2020: Informe a las naciones. Incendios forestales en Chile: causas, impactos y resiliencia. *Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, Universidad de Chile, Universidad de Concepción y Universidad Austral de Chile*.

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Rozum, I., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Dee, D. y Thépaut, J.-N., 2023: ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present. *Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS)*.

Lawson, B. D. y Armitage, O. B., 2008: Weather Guide for the Canadian System of Forest Fire Danger Rating. *Weather*, July.

Miranda, A., Altamirano, A., Cayuela, L., Lara, A. y González, M., 2017: Native forest loss in the Chilean biodiversity hotspot: revealing the evidence. *Regional Environmental Change*, 17(1).

Proyecto MapBiomás Chile, 2025: Colección 1.0 de la Serie Anual de Mapas de Cobertura y Uso del Suelo de Chile, consultada el 05 de enero de 2025 en: <https://chile.mapbiomas.org>

Rapanague, M. J., 2022: Proyecciones del riesgo de incendios forestales en Chile centro-sur bajo distintos escenarios de cambio climático. *Tesis de pregrado*, Universidad de Chile.