

# Análisis (CR)2 | Megaincendios forestales en un clima cambiante

8 marzo, 2023

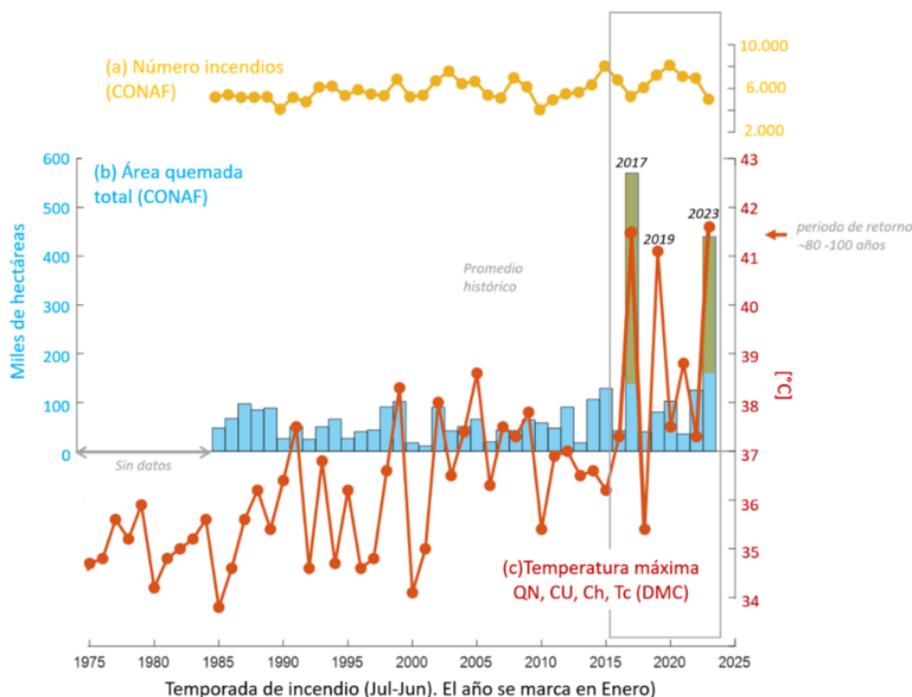
Por René Garreaud, director (CR)2 y académico DGF-U.Chile; Martín Jacques, investigador (CR)2 y académico DGEO-UdeC; y Aníbal Pauchard, investigador IEB y académico Forestal-UdeC

- Los veranos de los años 2017 y 2023 han revelado un nuevo y desolador régimen de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile, en que unos pocos eventos experimentan una rápida e intensa propagación quemando cientos de miles de hectáreas (ha) en los primeros días desde su ignición. El área quemada total en cada una de las temporadas superó las 450 mil ha -cerca de 10 veces el promedio histórico- causando la lamentable muerte de decenas de personas, la destrucción de residencias e infraestructura, el deterioro de la biodiversidad y grandes pérdidas en diversos sectores productivos. En este Análisis mostramos que estos megaincendios han sido coincidentes con días extremadamente cálidos (temperaturas del aire sobre los 40 °C) y vientos muy intensos en la zona de ocurrencia que, unidos a un abundante y continuo combustible de vegetación y múltiples focos de ignición, son una receta perfecta para generar graves catástrofes socioambientales. Estas condiciones meteorológicas tampoco tienen precedente en el registro histórico y su recurrencia en los últimos años sugiere una contribución del cambio climático al establecimiento de este nuevo régimen de incendios forestales.

## Así era antes...

La historia reciente (1985-2015) de los incendios forestales en Chile, sintetizada en la Figura 1, está caracterizada por la ocurrencia de varios miles de eventos (5000 en promedio) por temporada (concentrados entre noviembre y marzo) y con ocurrencia mayoritaria entre las regiones de Valparaíso y Los Ríos. El área quemada cubre un amplio rango, abarcando desde incendios menores a una hectárea (ha), pasando por eventos de magnitud (sobre las 200 ha) y llegando hasta miles y decenas de miles de hectáreas (González et al., 2020). Por temporada, el área quemada fluctúa entre 10.000 y 100.000 ha, con un promedio en torno a las 50.000.

La distribución espacial de los incendios está determinada por el foco inicial de ignición y la dirección y extensión de la propagación. Ambos elementos están condicionados, en buena parte, por el uso del suelo, que determina la cantidad y tipo de combustible, que puede ser bosques, plantaciones forestales, entre otros. Es importante considerar que el origen de los incendios forestales se puede dar fuera del bosque, como en la orilla de los caminos, predios rurales o, incluso, en zonas urbanas adyacentes a territorios forestales, pero que rápidamente pueden tomar un carácter forestal al propagarse hacia los bosques y plantaciones forestales donde existe gran cantidad de combustible. Por otra parte, las variaciones del área quemada entre una temporada y otra son moduladas por las condiciones climáticas que se dan antes y durante la temporada de incendios, en especial la temperatura, la humedad y la precipitación (Urrutia-Jalabert et al., 2018).



**Figura 1.** El régimen de incendios forestales en Chile: (a) el número total de eventos (línea amarilla), y (b) área total quemada por temporada (barras celestes). La temporada se extiende desde julio a junio y el año indica el mes de enero de cada temporada. Por ejemplo, la temporada indicada como 2017 se extiende desde julio del 2016 a junio del 2017. Fuente: CONAF. Para las temporadas 2017 y 2023, la parte verde de la barra indica el área quemada en los megaincendios. La línea roja (panel c) corresponde al valor máximo de la temperatura registrada durante la temporada de incendios en las estaciones meteorológicas de Quinta Normal, Curicó, Chillán y Temuco. Fuente: Dirección Meteorológica de Chile (DMC).

### Un nuevo régimen

La megasequía de Chile central –que corresponde al periodo ininterrumpido de precipitaciones deficitarias que comenzó el 2010 y que se extiende hasta la actualidad– ha alterado el régimen histórico de incendios, aumentando el área quemada, el número de eventos fuera del verano y la simultaneidad de los eventos (González et al., 2018). Dentro de este periodo de cambio, la temporada 2016-2017 no tiene precedentes: aunque el número de

incendios fue relativamente inferior al promedio, el área quemada total alcanzó las 560.000 ha, lo que equivale a diez veces el promedio histórico. En efecto, tal récord de superficie afectada se debió mayormente a la ocurrencia de cuatro megaincendios (más de 50.000 ha quemadas en cada uno de ellos) en las regiones del Maule y O'Higgins durante la segunda mitad de enero de 2017. Entre ellos, el evento que comenzó en Las Máquinas (Región del Maule) corresponde al mayor registrado en Chile, con más de 160.000 ha quemadas (Figura 2). Además de afectar áreas muy extensas, estos megaincendios se caracterizaron por su extrema intensidad calórica y rápida propagación, valiéndoles el término de "tormentas de fuego" (Bowman et al., 2018) o "incendios de sexta generación" (CONAF 2018).

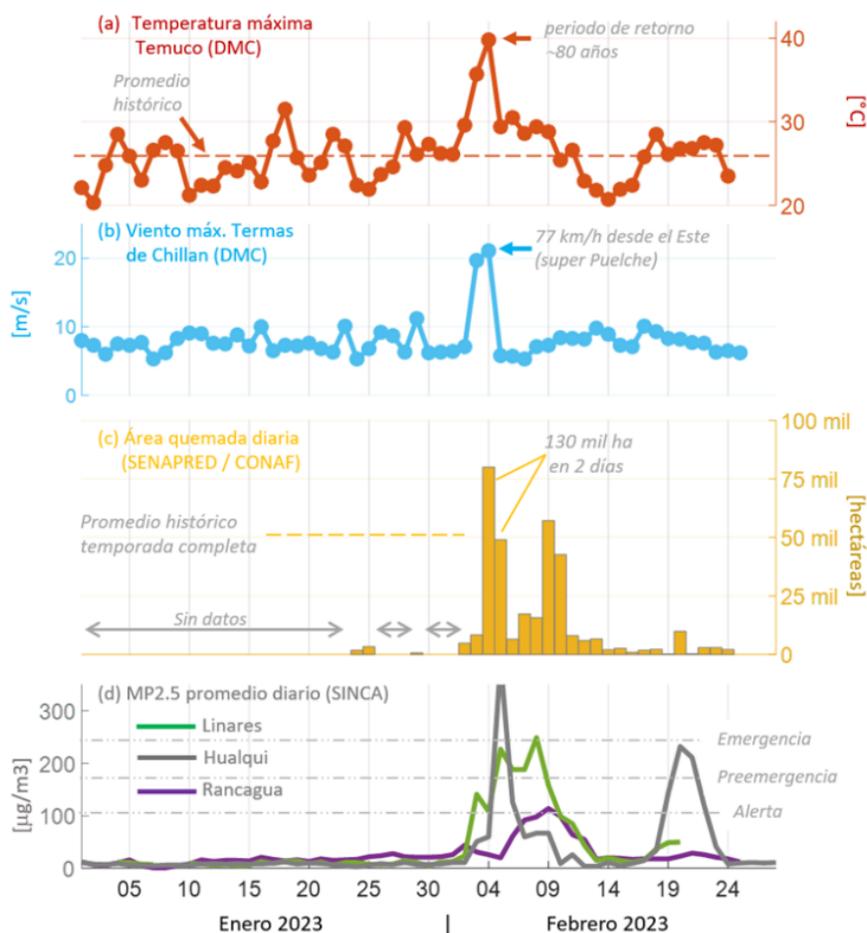


*Figura 2. Imágenes del satélite Terra-MODIS (NASA) en la banda 7-2-1, que destaca la vegetación (color verde) y las cicatrices de incendios (tonos rojizos). Las imágenes muestran zonas distintas, pero tienen la misma escala. Como una manera de evidenciar la extensión del incendio, se añadió un círculo blanco que tiene el área de la ciudad de Santiago. El panel (a) es del 2 de febrero de 2017 y exhibe la cicatriz del megaincendio Las Máquinas, entre Constitución y Talca. El panel (b) es del 21 de febrero de 2023 y muestra la cicatriz del megaincendio Santa Ana, entre Concepción y Los Ángeles.*

Luego del 2016-2017, las siguientes temporadas de incendios estuvieron dentro de los rangos históricos en cuanto a número de evento y área quemada. Hasta que llegó la actual temporada (2022-2023). Varios incendios de magnitud en diciembre y enero, incluyendo un evento dramático en la periferia de Viña del Mar el día antes de Navidad, elevaron el área quemada total a unas 100.000 ha. Luego, a comienzos de febrero, se generaron varios incendios en las regiones del Ñuble, del Biobío y la Araucanía, los que alcanzaron la categoría de megaincendios debido a su extensa duración, intensidad y área quemada. Dentro de estos eventos destaca el de Santa Ana, comuna de Santa Juana, que consumió más de 120.000 ha (Figura 2); una porción importante del total fue quemada en los primeros tres días de desarrollo y recién se pudo controlar varias semanas después (Figura 3).

El impacto más dramático de esta temporada, en especial de los incendios de febrero de 2023, son las 25 víctimas fatales. A esto se suman las más de 450.000 ha consumidas (ocho

veces el promedio histórico), lo que ha producido un costo socioambiental y económico, particularmente en los sectores forestal, agrícola y de turismo, aún por cuantificar, pero que, sin duda, será enorme. También habrá que evaluar las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera y su impacto en la salud humana producto de la pésima calidad del aire. En efecto, los niveles de material particulado se mantuvieron en el rango de emergencia por varios días, en localidades cercanas y apartadas de los incendios (Figura 3).

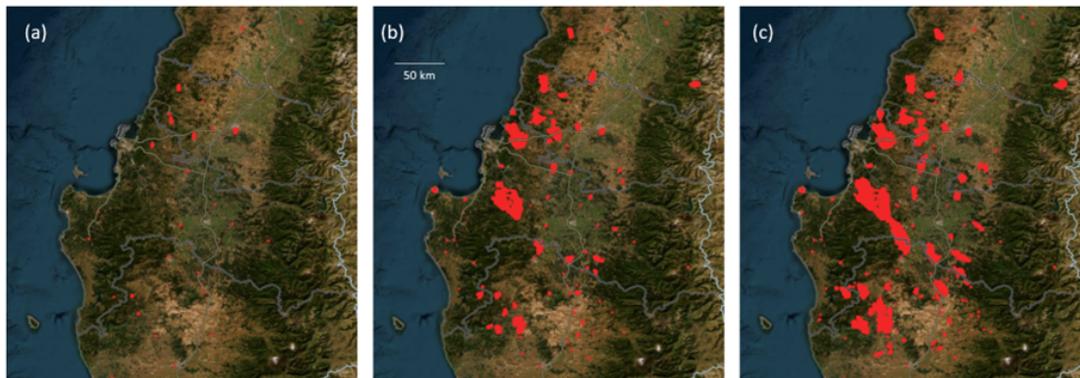


**Figura 3.** El verano de 2023. Series diarias de (a) temperatura máxima en Temuco y (b) máxima magnitud del viento registrada en la estación Termas de Chillán (DMC). (c) Área quemada diaria (preliminar, CONAF) en todo Chile, mayormente debido a los incendios en las regiones del Ñuble y del Biobío. (d) Promedio diario del material particulado fino ( $MP_{2,5}$ ) en las estaciones Linares, Hualqui y Rancagua (SINCA-MMA).

### Meteorología extrema

En un [análisis previo](#), publicado al comienzo de los megaincendios de febrero de 2023, se presentaron detalles de las condiciones meteorológicas que sirvieron de telón de fondo a estos eventos catastróficos, las que se sintetizan en los paneles superiores de la Figura 3 y que incluyen: un evento cálido extremo en la zona centro sur, fuerte viento Puelche (del Este) en la zona precordillerana e intenso viento del sur en la zona costera. Los patrones de viento son claves para determinar el avance de los incendios. Por ejemplo, la explosiva propagación de los incendios del 3 y 4 de febrero de 2023 se produjo en dirección al norponiente,

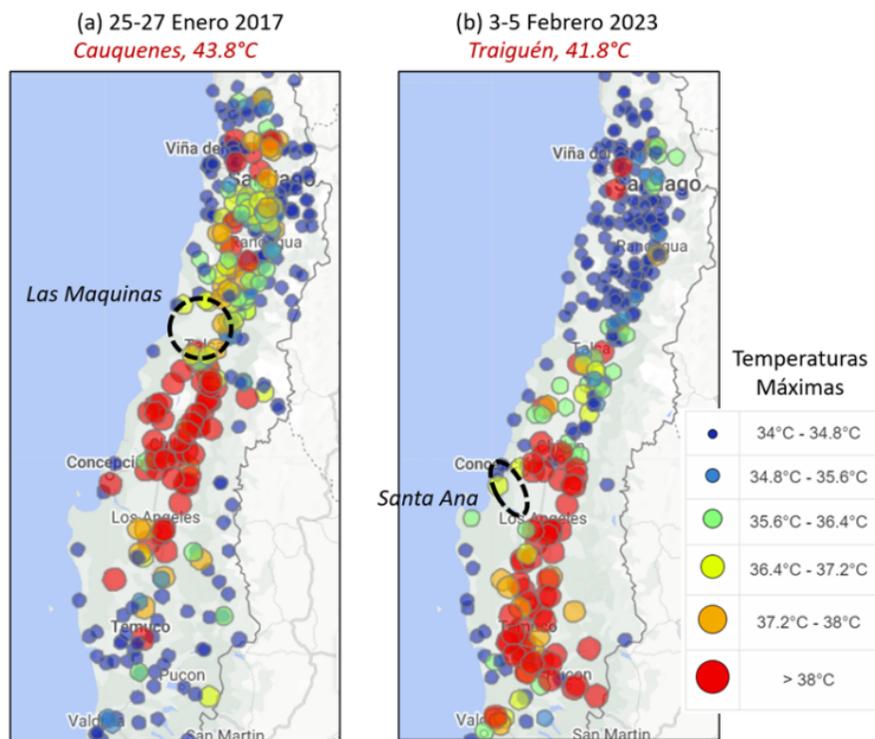
justamente, debido a los intensos vientos predominantes en la zona durante esos días (Figura 4).



**Figura 4.** (a) Extensión de los incendios el día 2 de febrero, (b) acumulado del 2 y 3 febrero, y (c) acumulado del 2,3 y 4 de febrero. Se puede apreciar que los incendios avanzaron en dirección noroeste a velocidades muy altas durante el 3 y 4 de febrero, en congruencia con los fuertes vientos provenientes desde el sureste que imperaron en la zona durante esos días. Fuente: NASA FIRMS, sensores VIIRS 375 de los satélites NOAA-20 y Suomi NPP.

Es importante destacar que, durante los primeros días de febrero del 2023, las temperaturas (y probablemente el viento) fueron extremas, con valores por encima de los 40 °C en varias estaciones de Ñuble, Biobío y la Araucanía, como lo muestra el mapa de la Figura 5. Empleando la estadística histórica, estos valores ocurren –en promedio– una vez por siglo, aunque ya veremos que la estadística está cambiando. Una situación similar, con temperaturas máximas sobre los 40 °C en una amplia zona del Maule coincidió con la etapa más agresiva del megaincendio de Las Máquinas entre el 25 y 26 de enero del 2017 (Figura 5).

Así, aunque la muestra es limitada, podemos sugerir que los megaincendios que están ocurriendo en este nuevo régimen de fuego en Chile central se asocian a condiciones meteorológicas extremas. Sin embargo, en el caso de Chile, prácticamente todos los incendios comienzan con una ignición producto de una acción humana, ya sea accidental o intencional. Bajo condiciones medias o incluso durante una ola de calor “ordinaria” (ver [este análisis](#); digamos un evento de temperaturas máximas en torno a los 35 °C en Chile central), es esperable que los incendios se propaguen e incluso que algunos se conviertan en eventos de magnitud. No obstante, los eventos de enero de 2017 y febrero de 2023 sugieren que aquellas igniciones que ocurren en días con temperaturas sobre los 40 °C pueden convertirse en megaincendios que consumen cientos de miles de hectáreas en unos pocos días, de muy difícil control y que gatillan una catástrofe socioambiental. En términos simples, las olas de calor extremas y los vientos intensos permiten que la propagación de los incendios sea explosiva, pasando de incendios forestales “normales” a verdaderas “tormentas de fuego”.



**Figura 5.** Temperaturas máximas registradas en los días previos y durante el inicio de dos megaincendios en Chile central. El panel (a) muestra el periodo entre el 25 y el 27 enero de 2017 en relación con el incendio de Las Máquinas. El panel (b) muestra el periodo entre el 3 y 5 de febrero de 2023 en relación con el incendio de Santa Ana. El área quemada en cada caso se indica, aproximadamente, por el óvalo de color negro. Fuente: DMC, AgroMet, Meteored, CEAZA.

### Mirando hacia adelante

Las series anuales en la Figura 1 ofrecen una perspectiva temporal de la ocurrencia de los megaincendios en Chile. En ella se puede apreciar que en los últimos siete años se han concentrado las dos temporadas récord en cuanto a área quemada y tres veranos con eventos de temperaturas extremas en el centro-sur de Chile. Llama la atención que en el verano de 2019, cuando también ocurrió un evento extremo (mayor a 40 °C) en la zona centro-sur, no se registró un megaincendio. Lo anterior enfatiza que en Chile la meteorología extrema provee las condiciones propicias para la violenta propagación de un incendio, pero no su ignición. Sin la ignición humana y un paisaje propicio los incendios no ocurrirían.

Por otro lado, la ocurrencia de eventos extremos de temperatura en la zona central no tiene precedentes en la historia reciente. De hecho, la probabilidad de observar tres de ellos en siete años consecutivos por mera coincidencia es bajísima, lo que sugiere una alteración en su distribución de frecuencia debido al cambio climático en curso. Es decir, la tendencia positiva de la temperatura máxima en el Valle Central del centro-sur de Chile juega un rol importante en este fenómeno. Una atribución estadística formal y una explicación física de cómo estos eventos se asocian al cambio climático está en desarrollo.

En suma, estamos viviendo un nuevo régimen de incendios forestales en el centro-sur de Chile y las proyecciones de un clima más seco y cálido en las próximas décadas lo continuarán asentando. El estudio de los factores que inciden en estos eventos contribuye a tomar decisiones bien informadas que propendan a su mitigación en el futuro. La comprensión de aspectos asociados a la meteorología extrema podrá mejorar la predicción de las condiciones que favorecen el desarrollo de los megaincendios, sobre todo tomando en cuenta que la capacidad de combate del fuego en la fase inicial de cada evento es fundamental. Si bien es imposible modificar el clima, sí es posible generar mecanismos para mitigar su impacto. En principio, estos debieran abordar, al menos: (a) sistemas de alerta temprana ante eventos meteorológicos altamente riesgosos, (b) manejo adecuado de la vegetación y el combustible vegetal en el territorio, no solo alrededor de centros poblados, sino en toda el paisaje rural-forestal, y (c) reducción de las fuentes de ignición humana en el paisaje, ya sea por motivos accidentales o intencionales.

## Referencias

Bowman, D. M., Moreira-Muñoz, A., Kolden, C. A., Chávez, R. O., Muñoz, A. A., Salinas, F., González-Reyes, Á., Rocco, R., De La Barrera, F., Williamson, G., Borchers, N., Cifuentes, L., Abatzoglou, J., & Johnston, F. H. (2019). Human–environmental drivers and impacts of the globally extreme 2017 Chilean fires. *Ambio*, *48*, 350-362.

CONAF. (2018). *Tormenta de fuego en Chile*. Ministerio de Agricultura.  
<https://www.conaf.cl/incendios-forestales/tormenta-de-fuego-en-chile/>

González, M. E., Gómez-González, S., Lara, A., Garreaud, R., & Díaz-Hormazábal, I. (2018). The 2010–2015 Megadrought and its influence on the fire regime in central and south-central Chile. *Ecosphere*, *9*(8), e02300.

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., García, R., Rondanelli, R.J., Ponce, R., Vargas, F., Rojas, M., Boisier, J.P., C., Carrasco, Little, C., Osses, M., Zamorano, C., Díaz-Hormazábal, I., Ceballos, A., Guerra, E., Moncada, M., Castillo, I. (2020). *Incendios forestales en Chile: causas, impactos y resiliencia*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, (ANID/FONDAP/15110009), 84 pp. Disponible en <https://www.cr2.cl/incendios/>

Urrutia-Jalabert, R., González, M. E., González-Reyes, Á., Lara, A., & Garreaud, R. (2018). Climate variability and forest fires in central and south-central Chile. *Ecosphere*, *9*(4), e02171.