

Análisis (CR)2 | Meteorología extrema: uno de los factores tras los incendios de febrero 2023 en el centro-sur de Chile

8 febrero, 2023

Por *Martín Jacques Coper*, investigador principal del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2; *René Garreaud*, director (CR)2 y *Roberto Rondanelli*, investigador asociado (CR)2

Durante la primera semana de febrero 2023 hemos sido testigos de la devastación por incendios forestales de extensas áreas en las regiones del Ñuble, Biobío y Araucanía (Figura 1). En lo que va del periodo de verano 2022-2023 ya se han consumido cerca de 310.000 hectáreas (CONAF, 2023), lo que asciende a más de siete veces el promedio anual de los últimos cinco años (2018-2022).



Figura 1. Imagen satelital que muestra los incendios forestales y sus plumas de humo en el centro-sur de Chile el viernes 3 de febrero de 2023. Fuente: NOAA/NESDIS/STAR, GOES-East, [FIRMS](#), accedido desde plataforma [Zoom Earth](#).

Los incendios forestales en Chile son multicausales, producto de la superposición de varios factores, principalmente, la presencia de combustible (en este caso, mayormente biomasa vegetal de plantaciones de especies exóticas), de eventos de ignición (iniciación del fuego) y de la propagación del fuego. En el centro-sur de Chile (la macrozona comprendida entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos), prácticamente todos los incendios se originan por la

acción humana, ya sea por causas accidentales o intencionales (González et al., 2020). Mientras hacia el norte los incendios suelen estar limitados por la menor disponibilidad de combustible, hacia el sur, el clima y la meteorología tienden a limitar su propagación y, por lo tanto, su extensión (Urrutia-Jalabert et al., 2018). Sin embargo, eventos extremos meteorológicos, particularmente durante el verano, pueden favorecer el desarrollo del fuego y dificultar su combate. En este análisis nos enfocaremos en esta dimensión meteorológica.

Récords de temperatura máxima

Como muestra un [Análisis \(CR\)2 anterior](#), durante noviembre y diciembre de 2022, el centro-sur de Chile registró temperaturas excepcionalmente cálidas. Sin embargo, enero de 2023 finalizó como un mes relativamente mesurado en cuanto a temperaturas máximas, considerando los registros de la última década, y prácticamente no se registraron olas de calor. La excepción fue Curicó y alrededores, donde una ola de calor se extendió desde el 28 de enero hasta el 4 de febrero. Hay que aclarar que la ausencia de olas de calor no significa que no se hayan observado altas temperaturas, tal como se aprecia en la figura 2.

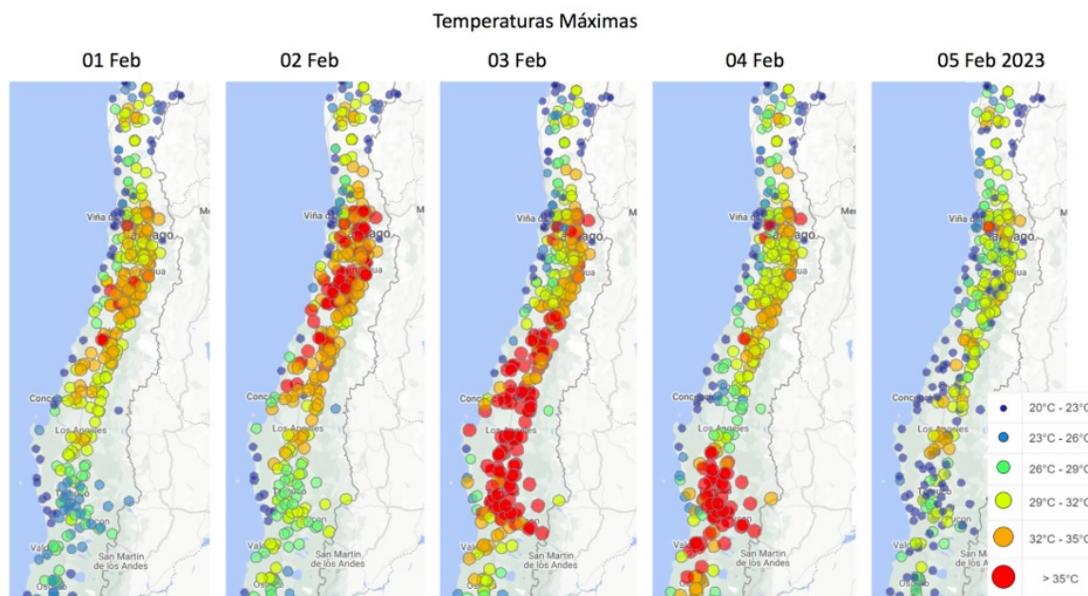


Figura 2. Valores de temperatura máxima registrados en el centro-sur de Chile entre los días 1 y 5 de febrero de 2023. Fuente: elaboración a partir de registros de varias instituciones accesibles en vismet.cr2.cl.

En [el análisis citado previamente](#) explicamos que las olas de calor, por definición, deben registrar temperaturas máximas por sobre un cierto umbral durante al menos tres días consecutivos. Por muy intensa que sea la temperatura máxima, si no se da esta persistencia, el fenómeno solamente será definido como “evento extremo de calor”. Este fue el caso del viernes 3 de febrero, que, a pesar de no conformar una ola de calor, en varias zonas sí se alcanzaron varios registros de temperatura extrema: Concepción marcó 34.4 °C (sus valores récords por mes son de 37.5 °C, en enero de 1935, y de 37 °C, en febrero de 1953) y Chillán alcanzó un nuevo récord con 41.6 °C (el anterior era de 41.5 °C, en enero de 2017). Como

muestra la Figura 3, este registro es muy anómalo en la distribución de valores históricos de temperatura máxima de Chillán, y se calcula un periodo de retorno estimado sobre los 100 años. Esta situación extrema fue pronosticada por modelos numéricos del tiempo de manera muy precisa y, consecuentemente, la Dirección Meteorológica de Chile emitió [avisos y alertas meteorológicas a fines de enero](#).

En los últimos cincuenta años, las temperaturas máximas de verano han aumentado sostenidamente a razón de 0.43 °C por década —una tasa mucho mayor que el cambio de temperatura medio del planeta—, como consecuencia del aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera y el calentamiento global antropogénico. Cabe destacar que todos los eventos con temperaturas máximas sobre 40 °C han ocurrido en la última década.

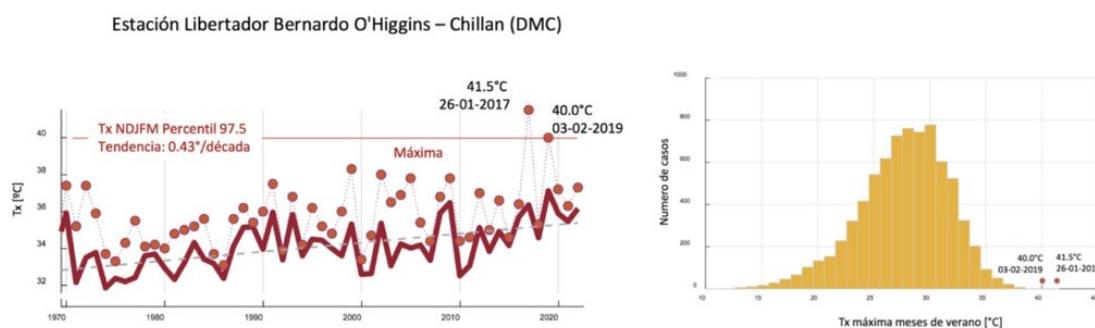


Figura 3. El panel izquierdo muestra, en línea gruesa, la evolución verano a verano del promedio de los tres valores extremos diarios (es decir, los valores que corresponden al 2.5 % más alto de cada temporada) y, en puntos, los valores más altos de temperatura máxima registrados en la estación meteorológica Libertador Bernardo O'Higgins en Chillán, considerando el verano extendido (noviembre-marzo) en el periodo 1970-2022. El panel derecho muestra un histograma de frecuencia de temperaturas máximas diarias en Chillán, en el periodo 1970-2022. El viernes 3 de febrero de 2023 se batió el récord de 2017 con 41.6 °C. Fuente: elaboración propia a partir de registros de la Dirección Meteorológica de Chile accesibles en explorador.cr2.cl.

La configuración sinóptica determina condiciones favorables para la propagación del fuego

Las condiciones meteorológicas extremas, aunque no sean catalogadas como olas de calor, pueden ser un factor determinante en la propagación del fuego, particularmente en el centro-sur de Chile (McWethy et al., 2021). Esto se observó en diciembre de 2022, en las regiones de Biobío y Los Ríos. Si no existen fuentes de humedad relevantes, el aumento de temperatura hasta valores extremos implica un descenso también extremo en la humedad relativa. En efecto, el viernes 3 de febrero de 2023 [esta variable descendió incluso bajo 10 % en el valle central de Chile](#).

El calor extremo y la baja humedad son factores que propician el desarrollo de incendios, pero el viento también juega un rol de primer orden. Un centro de alta presión (que en meteorología denominamos anticiclón migratorio) determina condiciones de estabilidad

atmosférica, es decir, ausencia de nubosidad y alta radiación atmosférica favorecidas por el descenso de masas de aire. Cuando se da esta condición, el viento dominante del Oeste en latitudes medias es reemplazado por el “Puelche”, un viento que sopla desde el Este en los sectores cordilleranos y que se caracteriza por ser cálido y seco. En tanto, en la costa y el valle central, el anticiclón migratorio (en conjunto con la baja costera ubicada hacia el Norte) provoca un viento proveniente desde el Sur que, por su intensidad, es comúnmente llamado «Surazo». Esta configuración del viento es, sin duda, determinante para la propagación del fuego. En efecto, la Figura 1 muestra claramente una componente hacia el norte en el desarrollo de los incendios y la propagación del humo. Además de esto, factores topográficos pueden generar sistemas de viento de mesoescala y producir ráfagas particularmente perjudiciales para combatir los incendios.

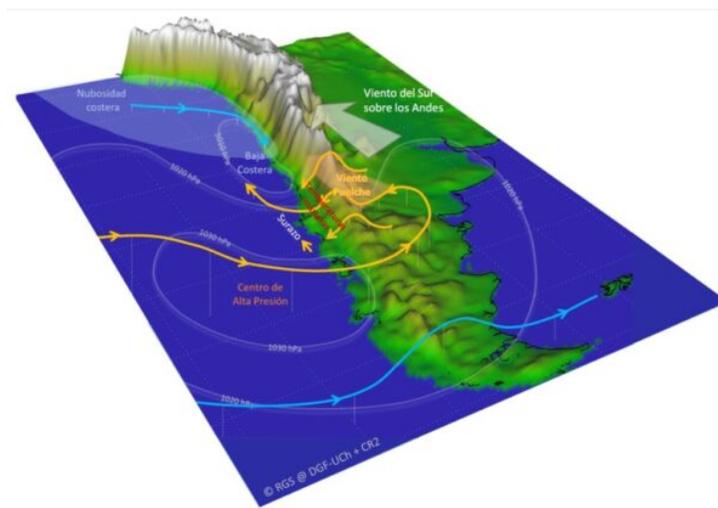


Figura 4. Esquema representativo de la configuración sinóptica característica que determina eventos de temperatura extrema y, ocasionalmente, olas de calor en el centro-sur de Chile. Fuente: elaboración propia por René Garreaud.

Humo, contaminación y “efecto sombrilla”

Los incendios forestales son fuentes excepcionales de contaminantes inyectados a la atmósfera. Según el [Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire](#), los registros de PM_{2.5} han alcanzado valores altísimos de emergencia en las regiones del Ñuble y Maule. Además, [el humo ha llegado a localidades a cientos de kilómetros de distancia](#). Desde la perspectiva meteorológica, es también interesante destacar el efecto que la nube de contaminantes tiene en la temperatura. Como muestra la Figura 2, el sábado 4 de febrero la señal más intensa de temperatura máxima se desplazó hacia el sur y se posicionó sobre las regiones de La Araucanía y de Los Ríos. De hecho, ese día se registraron las temperaturas extremas de 41 °C en Temuco y 38.1 °C en Valdivia, ambos valores muy cercanos a los récords históricos. Esto fue consecuencia de un desplazamiento hacia el sur del anticiclón migratorio. Sin embargo, aparentemente también los propios incendios influyeron en la meteorología de ese día. La Figura 5 muestra el descenso considerable de la temperatura máxima en las regiones del Ñuble y Biobío (panel izquierdo), las que estuvieron bajo la

influencia de la intrusión de nubosidad costera (indicada por la flecha), restituida a lo largo de la costa tras la culminación de la baja costera. A esto se superpuso la nube de humo producida por los incendios (panel derecho). A este fenómeno se le denomina "efecto sombrilla" y presenciamos [una situación similar en Santiago de Chile](#) en diciembre de 2022. Así, como ha sido reportado en otros lugares y ocasiones, los incendios pueden modificar las propias condiciones atmosféricas en que se desarrollan; estos son los denominados "incendios de sexta generación".

4 Febrero 2023 Efecto Sombrilla Espacial

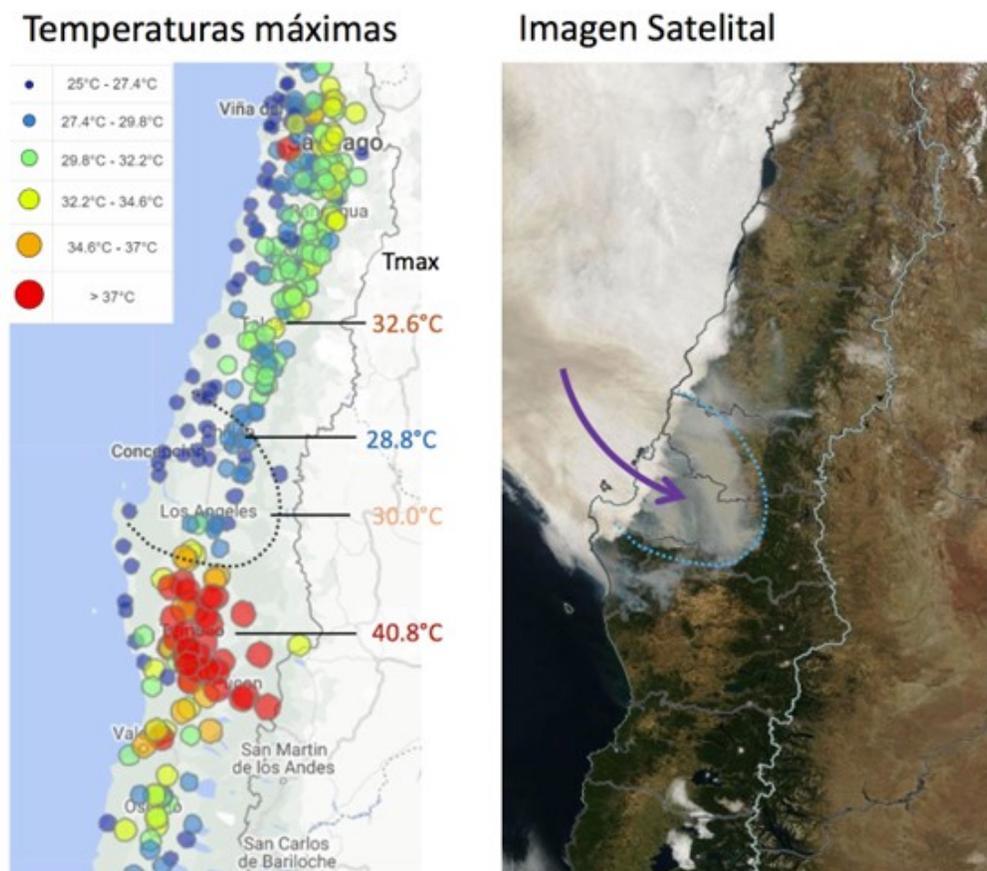


Figura 5. El panel izquierdo muestra los valores de temperatura máxima en el centro-sur de Chile el sábado 4 de febrero. El panel derecho es una imagen satelital que muestra para el mismo día la nubosidad costera combinada con el humo producto de los incendios.

Comparación entre las temporadas 2017 y 2023

El número y área quemada por los incendios recientes rememoran la trágica temporada de 2017, cuando en enero y febrero se consumieron casi 600.000 hectáreas, lo que representa diez veces el valor promedio de una temporada de incendios. La Figura 6 muestra la evolución de la temperatura máxima en Chillán entre noviembre y febrero, comparando las temporadas 2016-2017 y 2022-2023. Ambas temporadas manifiestan una similitud, pues se

aprecia una marcada variabilidad interdiaria de la temperatura determinada por la sucesión de configuraciones sinópticas propias de esta latitud. Se debe insistir en que los máximos valores históricos de temperatura máxima en esta zona, de 41.5 °C y 41.6 °C, fueron registrados, justamente, en estas dos temporadas. Más aún, se aprecia que, en ambos casos, los registros corresponden a valores escapados que ocurren en un contexto muy particular: una secuencia de días particularmente cálidos durante el periodo más cálido del verano.

General Bernardo O'Higgins, Chillán Ad.
Código Estación 360011

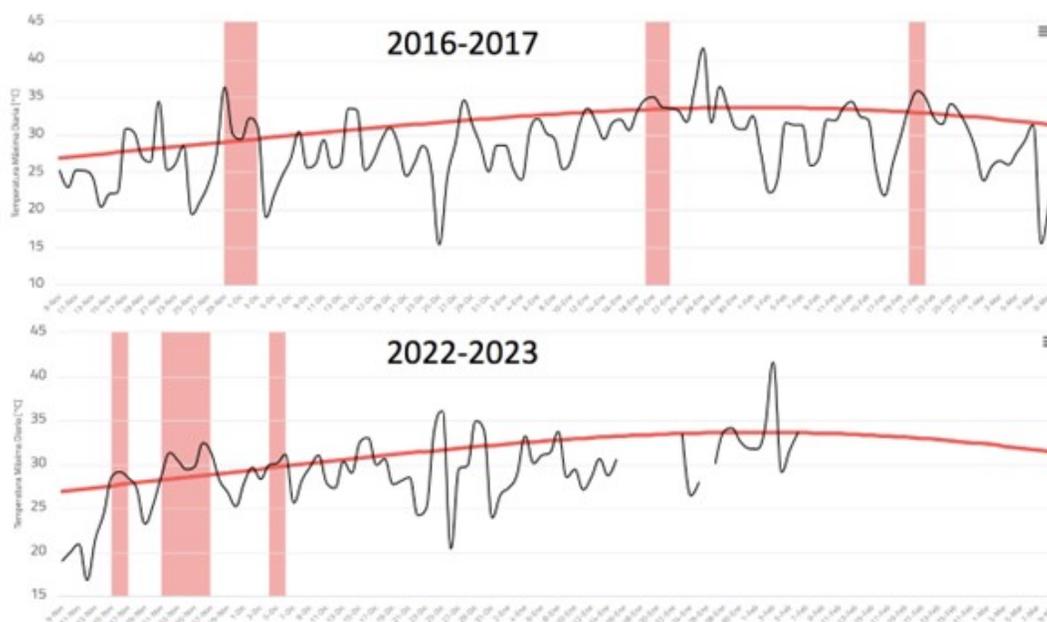


Figura 6. Evolución de la temperatura máxima en Chillán (registrada en la estación General Bernardo O'Higgins de la DMC) durante noviembre-febrero en las temporadas 2016-2017 (panel superior) y 2022-2023 (panel inferior). La curva roja indica el umbral diario que determina la intensidad requerida para determinar una posible ola de calor. La persistencia de al menos tres días sobre dicho umbral define estos eventos, indicados por bandas verticales rojas.

En ambas temporadas estas condiciones meteorológicas se desarrollaron bajo la influencia de la megasequía en el centro-sur de Chile, que ya completó 13 años. A esto se suma que también estuvieron precedidas por “La Niña”, que conlleva menores precipitaciones. En el verano, esta menor frecuencia de condiciones lluviosas puede redundar en una mayor frecuencia de tardes despejadas y, por lo tanto, más horas de radiación solar y mayor temperatura. Además de la megasequía y La Niña, cabe destacar que las condiciones meteorológicas que provocan olas de calor en esta zona del mundo también pueden ser moduladas por fenómenos ocurridos en lugares lejanos del hemisferio sur, tal como se discutió en este [Análisis \(CR\)2 previo](#) (Jacques-Coper et al., 2021; se recomienda ver [la plataforma de monitoreo de precursores remotos de olas de calor en el centro-sur de Chile](#)). Esto se evidenció en la denominada ‘tormenta de fuego’ de 2017, cuya configuración sinóptica fue precedida y modulada, en parte, por un fenómeno atmosférico ocurrido en Oceanía que provocó copiosas precipitaciones en el norte de Australia (González et al., 2020).

Interesantemente, una semana antes que comenzaran los actuales incendios de 2023 en Chile, observamos una situación similar: fuertes lluvias en los sectores tropicales y subtropicales, particularmente, en el norte de Australia. De hecho, [como reporta la Bureau of Meteorology de ese país](#), se registraron valores anómalos de precipitación en esa región. Este lejano fenómeno actúa como el gatillante de una onda atmosférica, un “tren de ondas”, que se propaga durante días hasta alcanzar Sudamérica e intensificar la alta presión (anticiclón migratorio) esquematizada en la Figura 4, provocando un aumento de las temperaturas. De esta manera, se aprecian varios paralelismos atmosféricos entre las dramáticas temporadas de incendios de 2017 y 2023.

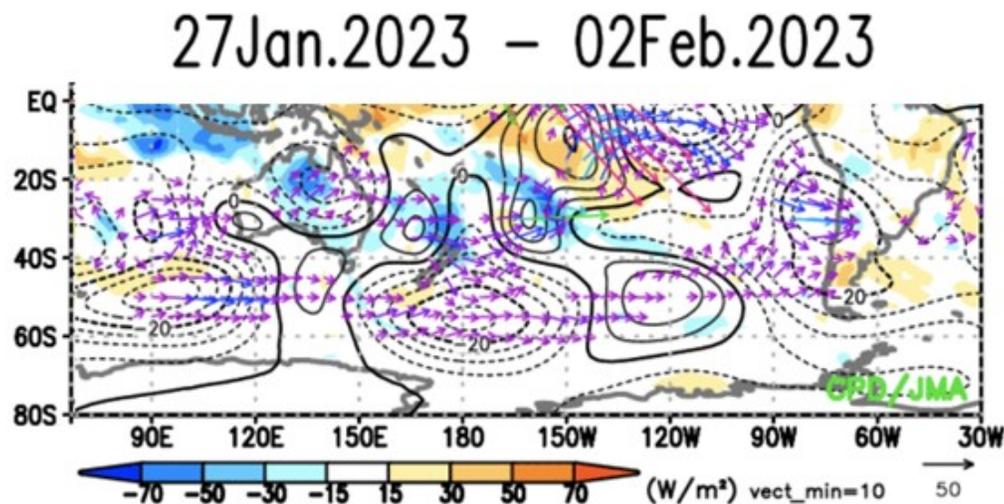


Figura 7. Los colores representan anomalías de radiación de onda larga en el tope de la atmósfera [W/m^2] (colores fríos/cálidos denotan ascenso/descenso de masas de aire y, eventualmente, condiciones favorables/desfavorables para la precipitación de gran escala). Las líneas negras segmentadas y continuas son anomalías de función corriente en 200 hPa [$5 \times 10^6 \text{ m}^2/s$]. Las flechas violetas son el flujo de actividad de onda [m^2/s^2]. Fuente: figura adaptada de https://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/clisys/anim/anim_tp.html.

Perspectiva meteorológica

Tras un breve descenso de temperatura el fin de semana del 4 y 5 de febrero en Chillán, un nuevo anticiclón migratorio está determinando una configuración similar a la de la Figura 4 durante el periodo comprendido entre el lunes 6 y el viernes 10 de febrero.

El panel izquierdo de la Figura 8 muestra que los pronósticos generados por varios modelos globales anticipan temperaturas que pueden rodear los $35 \text{ }^\circ\text{C}$ durante esta semana (pero sin llegar a valores récords), lo que es representativo de condiciones que favorecerían la propagación de los incendios. Afortunadamente, como se ilustra en el panel derecho, se prevé la llegada de un sistema frontal a la zona austral de nuestro país para el fin de semana, lo que impactará en un descenso de temperatura en la zona centro-sur, atenuando las

condiciones favorables para la propagación de incendios. Incluso, un sistema frontal posterior podría provocar chubascos en esta zona en torno al martes 14 de febrero.

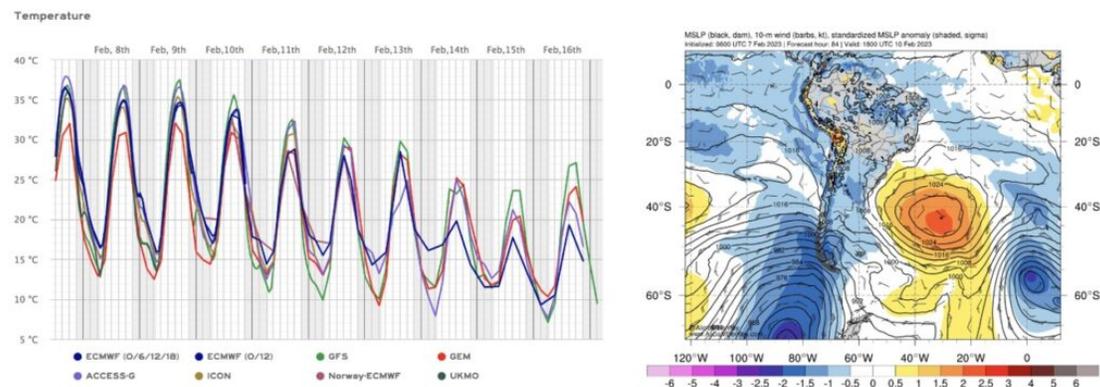


Figura 8. El panel izquierdo muestra los pronósticos de temperatura a diez días para Chillán, apreciándose una disminución. Fuente: www.meteorologix.com. El panel derecho representa el pronóstico de presión superficial (escala de colores) y viento para el viernes 10 de febrero a las 15:00 de Chile continental, lo que conllevaría un descenso de la temperatura (emitido por el modelo Global Forecast System (GFS) el martes 7 de febrero). Fuente: <https://www.atmos.albany.edu/student/abentley/realtime/>.

Como indicamos previamente, los incendios forestales son fenómenos de múltiples causas. Chile es particularmente vulnerable a estos eventos como ha quedado trágicamente de manifiesto en su historia y, lamentablemente, una vez más en estos días. Las proyecciones de cambio de climático hacia fines de siglo muestran una amenaza creciente desde la perspectiva climática y meteorológica (IPCC, 2022). Por lo tanto, la toma de decisiones para mitigar los impactos correspondientes debe estar basada en evidencia. Recomendaciones concretas han sido desarrolladas y compartidas en particular en el [Informe a las Naciones “Incendios en Chile: causas, impactos y resiliencia”, del \(CR\)2](#) (González et al., 2020).

Referencias

CONAF. (2023). *Situación nacional de incendios forestales*. <https://www.conaf.cl/situacion-nacional-de-incendios-forestales/>. Revisada el 7 de febrero de 2023.

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/>

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate

Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

Jacques-Coper, M., Veloso-Aguila, D., Segura, C., & Valencia, A. (2021). Intraseasonal teleconnections leading to heat waves in central Chile. *International Journal of Climatology*, 41(9), 4712-4731. <https://doi.org/10.1002/joc.7096>

McWethy, D. B., Garreaud, R. D., Holz, A., & Pederson, G. T. (2021). Broad-scale surface and atmospheric conditions during large fires in South-Central Chile. *Fire*, 4(2), 28. <https://doi.org/10.3390/fire4020028>

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. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2171>