



# INFORME

## “DESAFÍOS DEL PRONÓSTICO METEOROLÓGICO EN EL ACTUAL ESCENARIO CLIMÁTICO”

---

Evidencias observacionales de los eventos  
extremos asociados a temperatura y precipitación

**Dirección General de Aeronáutica Civil**  
**Dirección Meteorológica de Chile**

Julio - 2019

Informe elaborado por la Oficina Cambio Climático de la Sección de Climatología de la Dirección Meteorológica de Chile.

Dirección General de Aeronáutica Civil.

Julio 2019

# INTRODUCCIÓN

No cabe duda que el incremento de las condiciones extremas del tiempo y el clima nos han afectado de manera significativa en estos últimos años. Basta con mirar hacia atrás y lamentar pérdidas de vidas humanas, animales, daños en la infraestructura y pérdidas de materiales, cuyos eventos están ligados a los cambios que se han evidenciado en la precipitación extrema en la zona norte, olas de calor e incendios forestales en la zona central y sur, la extensa sequía que afecta a gran parte del país y otros eventos, que más allá de parecer curiosos (como los tornados, granizos y tormentas eléctricas) provocan graves daños a la población. Sin embargo, estos últimos eventos son locales, esporádicos, y lamentablemente no se cuenta con demasiadas referencias estadísticas, lo que nos hace difícil poder obtener conclusiones acerca de sus cambios y más aún de mejorar su previsión, si no se tienen herramientas necesarias para ello.

Este documento trata de poner en evidencia -mediante datos observacionales- que la intensidad, frecuencia y duración de los eventos extremos están cambiando, y por lo tanto, nos plantean grandes desafíos como Servicio Meteorológico Nacional, no sólo por la misión de mantener una vigilancia continua, sino que también debe ser acompañado de una modernización al ritmo de las nuevas tecnologías con el fin único de entender, monitorear y en la medida de lo posible, mitigar los efectos que trae asociado el cambio climático.

## EL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN CHILE

### ¿QUÉ ES EL CAMBIO CLIMÁTICO?

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, según su sigla en inglés) define al cambio climático como la *“variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos”* (IPCC, 2013).

**LAS CAUSAS** del cambio climático pueden estar asociados a procesos internos naturales (como variaciones en la temperatura del océano, por ejemplo, El Niño - La Niña) o a forzamientos externos (tales como la actividad volcánica o ciclos solares). Uno de los factores

más importantes en el actual cambio climático es la actividad humana que ha modificado la composición de la atmósfera, el uso de suelo y ha intervenido en prácticamente todos los ecosistemas del planeta. Por esta razón, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), lo define como “*cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables*”.

La intervención en el balance natural del “efecto invernadero”, ha traspasado los límites que ha experimentado la Tierra a lo largo de su historia, llegando a 413.92 partes por millón (ppm) de concentración de CO<sub>2</sub> en el mes de julio 2019 (Fig. 1). Este incremento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) produce una mayor efectividad en reflejar nuevamente hacia la superficie terrestre en forma de calor la radiación que debería ser emitida hacia el espacio (Fig. 2).

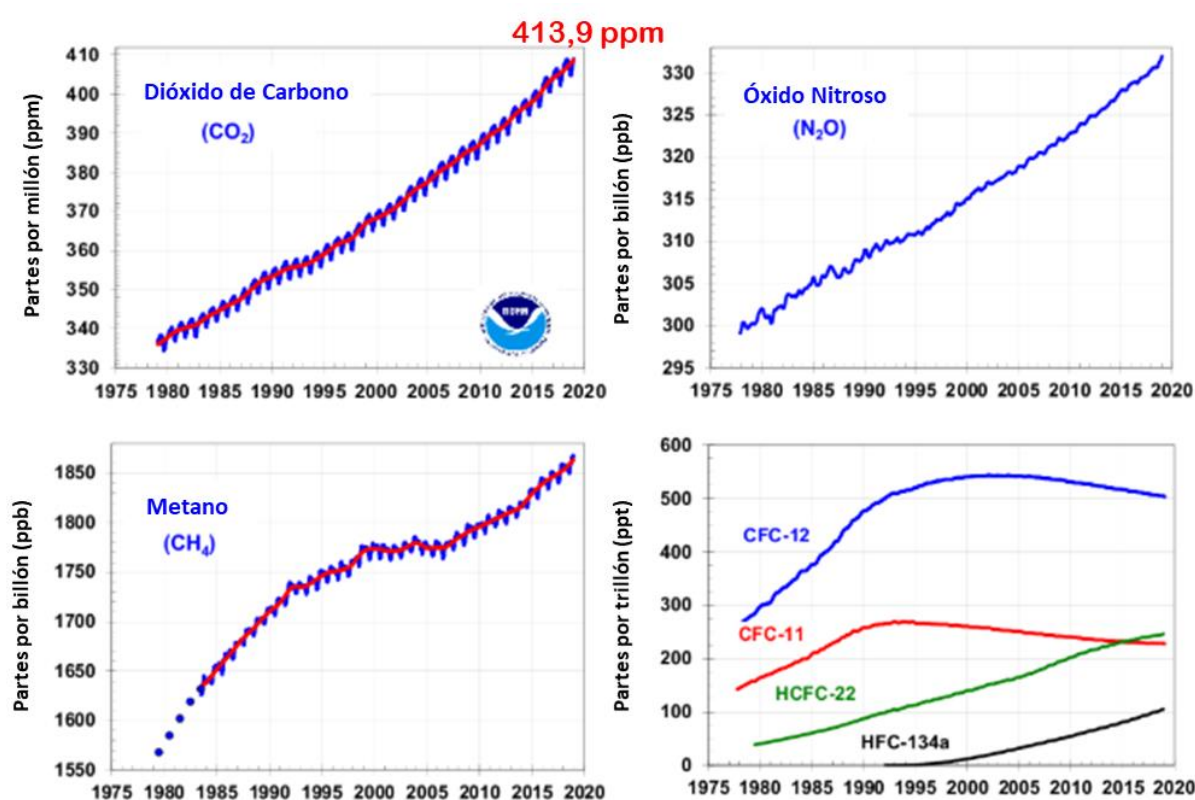


Fig. 1: Principales gases de efecto invernadero (GEI). Actualizado a Julio 2019, adaptado de Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por su sigla en inglés).

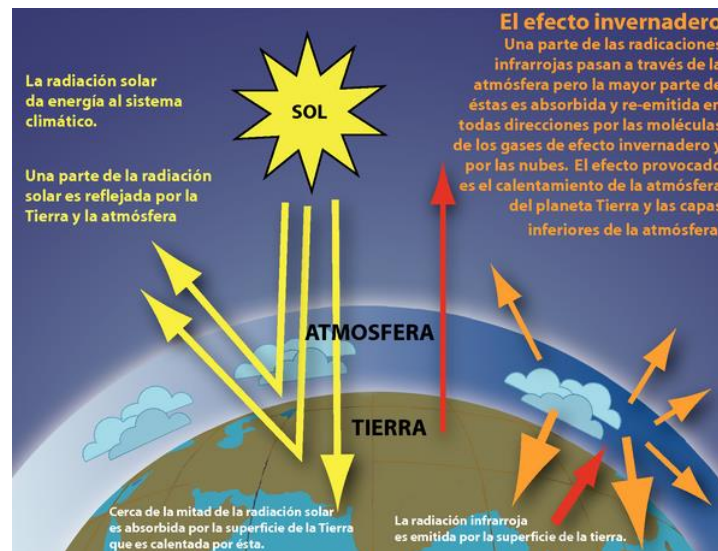


Fig. 2: Esquema del "efecto invernadero" y su implicancia en el calentamiento de la superficie terrestre (IPCC - 4to informe, 2007).

**LOS EFECTOS** del cambio climático son globales, presentándose diferencias regionales en cuanto al impacto y su intensidad. A nivel global, los principales impactos en las variables climáticas han sido en la temperatura, con un aumento sostenido llegando a casi  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  respecto a los niveles preindustriales (Fig. 3). Otro efecto importante se observa en los cambios de los patrones de precipitación, exhibiendo áreas con sequías extremas y otras con eventos de precipitación intensa (Fig. 4). Cada uno de estos cambios generan a su vez impactos en cadena, que finalmente afectan indistintamente a toda la población y sus sectores socioeconómicos.

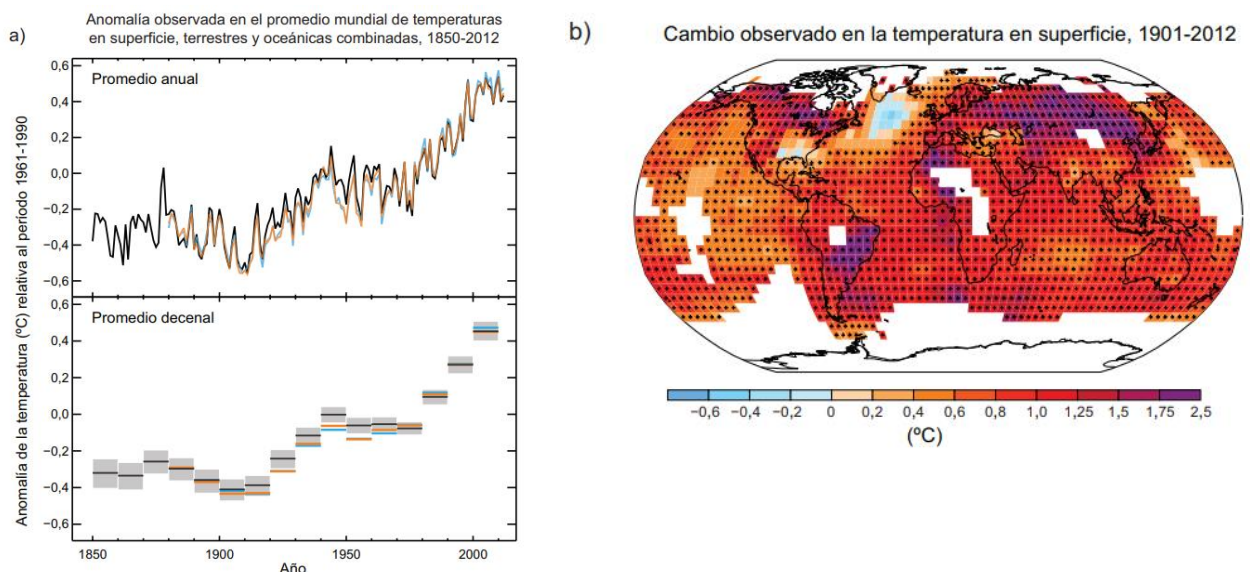


Fig. 3: a) Aumento de temperatura a nivel global desde 1850 – 2012, promedio anual (panel superior) y promedio por décadas (panel inferior). b) Cambios observados en la superficie expresados en grados Celsius (IPCC, 2013).



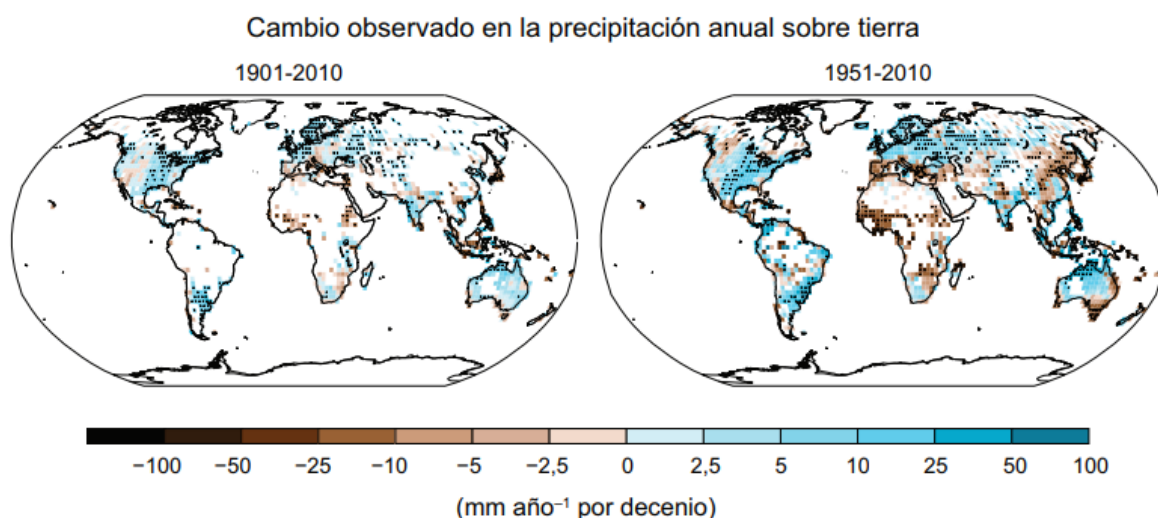


Fig. 4: Cambios en los patrones de precipitación a nivel global (IPPC, 2013).

**EN CHILE**, según el último balance de gases de efecto invernadero (GEI) realizado en 2016, las emisiones se incrementaron un 114,7 % desde el año 1990 y en un 7.1 % desde el año 2013. Los principales causantes de estas emisiones son los sectores energéticos y el sector uso de tierra, cambio de uso de tierra y silvicultura (UTCUTS) de acuerdo al Ministerio de Medio Ambiente (MMA, 2018). Si bien Chile no es uno de los mayores contribuyentes de GEI, desde la Conferencia de las Partes 13 (COP 13) realizada en Bali, se estableció el compromiso de los países en vías de desarrollo a reducir sus emisiones (ver anexo 1). Más allá de los esfuerzos por contar con planes y leyes que permitan este gran paso, en Chile, el problema es evaluar los impactos ocasionados por el cambio climático, ya que es uno de los países más vulnerables a los cambios y variabilidad del clima, cumple con 7 de las 9 condiciones de vulnerabilidad frente al cambio climático definidas por la ONU, de acuerdo al Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC, 2017).

Desde hace más de una década que se realizaron las primeras simulaciones climáticas para el presente, 1961 - 1990 como línea base y el futuro 2071 - 2100 (con periodos intermedios), bajo dos escenarios de emisiones (SRES B2 - más optimista y SRES A2 - más pesimista, respectivamente). Las conclusiones fueron concluyentes, los patrones de precipitación cambiarían en el futuro mostrando un rango de 10 % - 30 % menos de precipitación entre la zona central y sur del país. Por otra parte, la temperatura aumentará entre 2 °C a 4 °C en zonas continentales y un incremento de la altura de la isoterma de 0 °C entre 300 - 500 metros (Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA, 2006).

A medida que aumenta el conocimiento y se plantean nuevos objetivos en relación a la adaptación y mitigación, surgen nuevos escenarios llamados Rutas de Concentraciones Representativas (RCP, por sus siglas en inglés, ver anexo 1) que se distinguen de los antiguos

escenarios, por enfatizar el hecho de que son proyecciones en el tiempo basadas en el forzamiento radiativo. Los cambios periódicos se van realizando, ya sea desde el punto de vista climático, o de objetivos, tecnologías, de mejoras de los modelos numéricos, entre otras, hace propicio nuevas simulaciones regionales para Chile. Tanto la Dirección Meteorológica como la Universidad de Chile, se embarcaron en la tarea de realizar estas nuevas simulaciones climáticas. Los resultados no difieren de lo que se planteó en las primeras simulaciones, sin embargo, son sustanciales porque proveen de información específica en cuanto a los periodos de tiempo de las proyecciones, así como también enfatizan que los cambios observados y simulados de las variables climáticas son concisas disminuyendo así la incertidumbre.

En la primera etapa de este informe, ponemos en evidencia los cambios observacionales más importantes que han ocurrido en Chile, principalmente los referidos a los indicadores de cambio climático de eventos extremos asociados a la precipitación y a la temperatura que podrían influir en el quehacer del servicio meteorológico nacional. Los indicadores climáticos, describen el estado de algún fenómeno determinado en un momento y espacio establecido, esta información al ser sintetizada adquiere un gran valor como herramienta en los procesos de evaluación y de toma de decisiones políticas y sociales sobre los problemas asociados al cambio climático, debido entre otras cosas, a la sencillez en su comprensión y fácil comparación a nivel planetario (Equipo de Expertos en Detección de Índices de Cambio Climático, ETCCDI). Como segundo punto, se exponen las proyecciones climáticas para obtener una medida acerca de las tomas de decisiones futuras respecto a los desafíos que nos plantea el cambio climático.

## **CAMBIOS EN LA PRECIPITACIÓN**

Los diferentes estudios sobre el efecto del cambio climático en Chile indican que la zona centro - sur del país espera una disminución de entre 10 % y 20 % de la precipitación anual, sin embargo, la intensidad de cómo se producirá y sus características termodinámicas (temperatura) son aún poco conocidas, por lo que realizar un monitoreo y conocer cómo han evolucionado durante los últimos años permite asentar las bases para estar preparados para el futuro.

### ***Intensidad de la precipitación y eventos extremos***

En relación a la intensidad de la precipitación diaria se ha observado un aumento, principalmente en la zona norte, relacionado con los eventos ocurridos en los años 2015 y 2017, que causaron importantes daños (Fig. 5). A causa de estos episodios de lluvias extremas, Chile se ubica dentro de los diez países más afectados por eventos meteorológicos asociados al

cambio climático, según señala el último Índice Global de Riesgo Climático (Germanwatch, 2017).



Fig. 5: Eventos ocurridos en el norte de Chile durante el año 2015 y 2017. Aluviones y aludes producto de lluvias intensas.

El norte de Chile no es la única zona donde se ha observado un aumento de la intensidad de la precipitación, también entre las regiones de Valparaíso y del Biobío, especialmente en las ciudades costeras, que al contrario de los que se pueda pensar, es donde se presenta una de las mayores sequías del siglo (Fig. 6a).

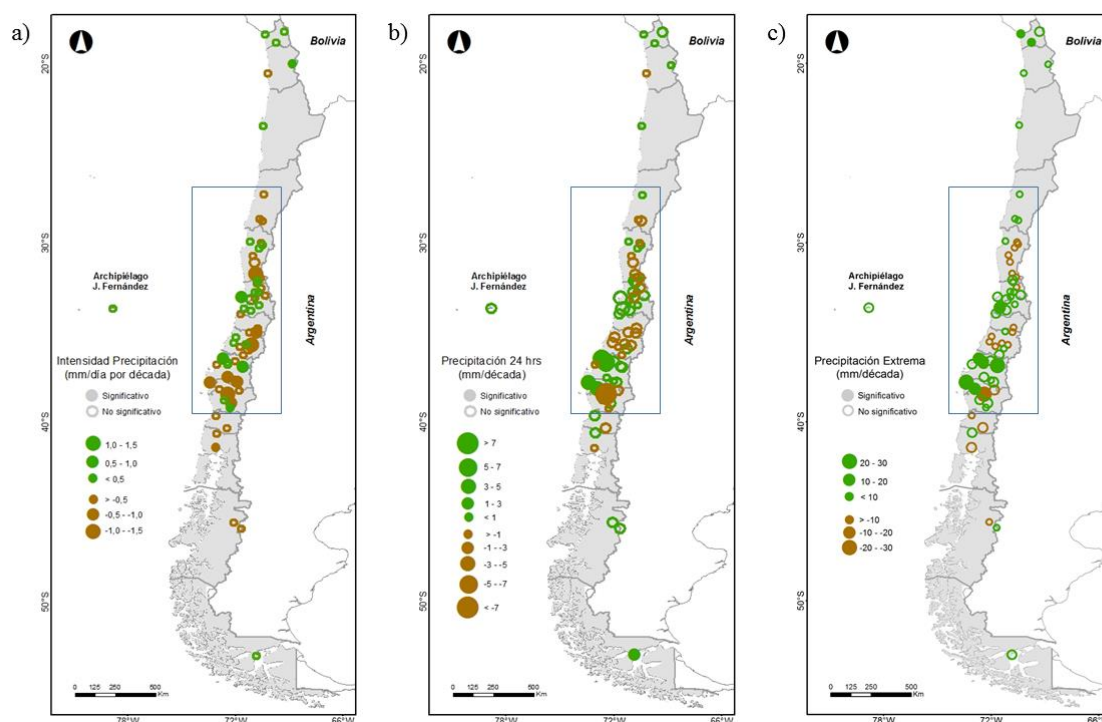


Fig. 6. Mapas de tendencias de eventos extremos de precipitación. a) Intensidad de precipitación, b) precipitación máxima diaria y c) precipitación extrema (días que superan el percentil 95 %). Color verde (café) indica tendencia positiva (negativa). Los círculos rellenos indican cambios estadísticamente significativos (Fuente: Vásquez y Villarroel, 2016).



En cuanto a la precipitación máxima en 24 horas (Fig. 6b), se destaca la tendencia positiva en las zonas norte y central con valores que alcanzan hasta **7 mm por década** sobre la Región del Biobío, mientras que, para los eventos de precipitación extrema (sobre el percentil 95 %) los montos van de **10 mm hasta 30 mm de aumento por década** indicando que éstos son cada vez más significativos (Fig. 6c). Cabe destacar que un análisis estacional indica que este aumento en la intensidad y la precipitación máxima se produce principalmente en la estación de **otoño**, siendo un factor importante, debido a que la temperatura aún es alta durante estos meses, condición que favorece las crecidas y deslizamientos de tierra (Vásquez y Villarroel, 2016).

### *¿Es la Isoterma 0 °C un factor determinante en los eventos de remoción en masa?*

Otro aspecto importante de las precipitaciones es la condición de temperatura en la cual se desarrolla. En un ambiente cálido, la precipitación líquida cae a mayor altura, aumentando la carga fluvial sobre las cuencas de ríos, pudiendo generar crecidas, aludes o aluviones con sus respectivos impactos en las personas y sus bienes. Las regiones más afectadas por deslizamientos de tierra, ya sea aluviones, avalanchas de lodo y derrumbes son la Región de Valparaíso (25.3 %), Región del Biobío (15.3 %), Región de Los Lagos - Ríos (11.8 %) y la Región Metropolitana con un (10 %), y de estos, más del 76 % son a causa de precipitación extrema ya sea en cantidad como en intensidad (Espinosa G. y otros, 1985). Adicionalmente, existe un incremento en la zona norte, en especial las regiones de Antofagasta y Atacama, en número de fallecidos y afectados por registros de deslizamientos e inundaciones (IDOM Consultoría, 2017).

Un estudio que desarrolla en la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) relativa a la implicancia de la altura de la isoterma 0 °C (que define el límite del cambio de fase de la precipitación) en estos eventos extremos, muestra que, basados en resultados preliminares, de un total de 1070 eventos de lluvia registrados entre 1979 y 2018, 109 de ellos presentaron isoterma 0 °C alta (sobre el percentil 90 % ~ 3560 m), donde 3 provocaron algún tipo de remoción en masa (Fig. 7, rojo), según catastro elaborado a partir de registros de ONEMI, SERNAGEOMIN y otras fuentes. En tanto, 93 eventos de precipitación extrema (sobre el percentil 90 % ~ 30.8 mm) que se observaron, donde 8 de ellos provocaron aluviones o aludes (los valores de isoterma 0 °C fueron estimados desde el radiosonda de Santo Domingo, durante los días con precipitación (sobre 1 mm) registrada en la estación de Quinta Normal).

De un total de 31 eventos de remoción en masa registrados en la Región Metropolitana (1980 - 2018), 11 (30 %) están asociados a precipitaciones extremas o a isoterma 0 °C alta a escala diaria, mientras que el resto se produce dentro de los rangos normales pudiendo haber otro tipo de factores como la precipitación intensa a escala horaria, modificación del terreno, desviación o reducción de cauces, entre otros.

Estos resultados muestran que es complejo asociar los eventos de deslizamiento, tan sólo a la precipitación y a la altura de la isoterma 0 °C, creciendo la incertidumbre y dificultando al pronóstico ante una eventual alerta temprana, ya que se ha tomado en consideración el único instrumento que registra el comportamiento de la atmósfera en altura y que está ubicado a 200 km de donde ocurren los episodios (precordillera) y abarcando la zona entre las regiones de Coquimbo al Biobío.

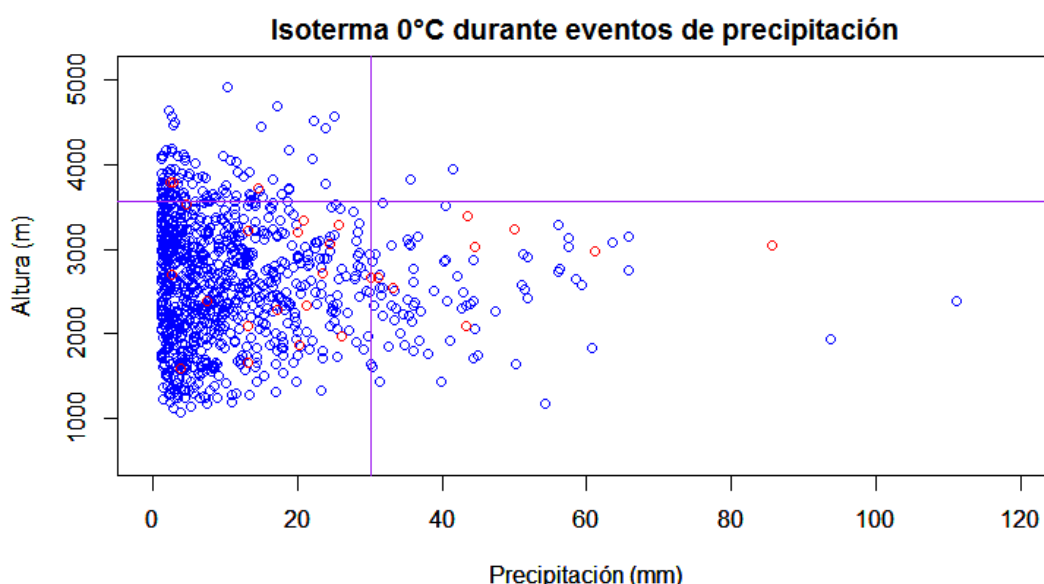


Fig. 7: Intensidad de precipitación diaria (sobre 1mm) y su isoterma 0 °C asociada. En rojo se destacan los eventos que generaron aludes, aluviones o deslizamientos de tierra. La línea púrpura indica el percentil 90 % para ambas variables. Fuente: elaboración propia DMC.

**SEQUÍA AL LÍMITE.** Si bien nuestro país se ha visto afectado por periodos de sequía recurrentemente, los últimos 12 años han sido clave para enfrentar un aumento en la demanda y un incremento en la población. A pesar de la que en la sequía influye un conjunto de factores, uno de los más importantes es la falta de precipitación. Según el índice de sequía meteorológica, los mayores déficits se encuentran entre la Región de Valparaíso y la Región del Biobío, llegando a categorías de **sequía severa a extrema** en los últimos 4 años (Fig. 8).

Es importante señalar, la marcada influencia de la variabilidad natural del clima sobre todo con los eventos de La Niña, en su explicación de años secos y fríos. Sin embargo, en la última década, estos episodios no han sido suficientes para contrarrestar el efecto del cambio climático en la tendencia a disminuir la precipitación total anual y esto sumado al aumento de temperatura, dificulta aún más el monitoreo y pronóstico de la sequía, debiendo adoptar multivariables que permitan mejorar su dinámica.

## Índice de Sequía Meteorológica: categorías acumuladas de 1 a 4 años

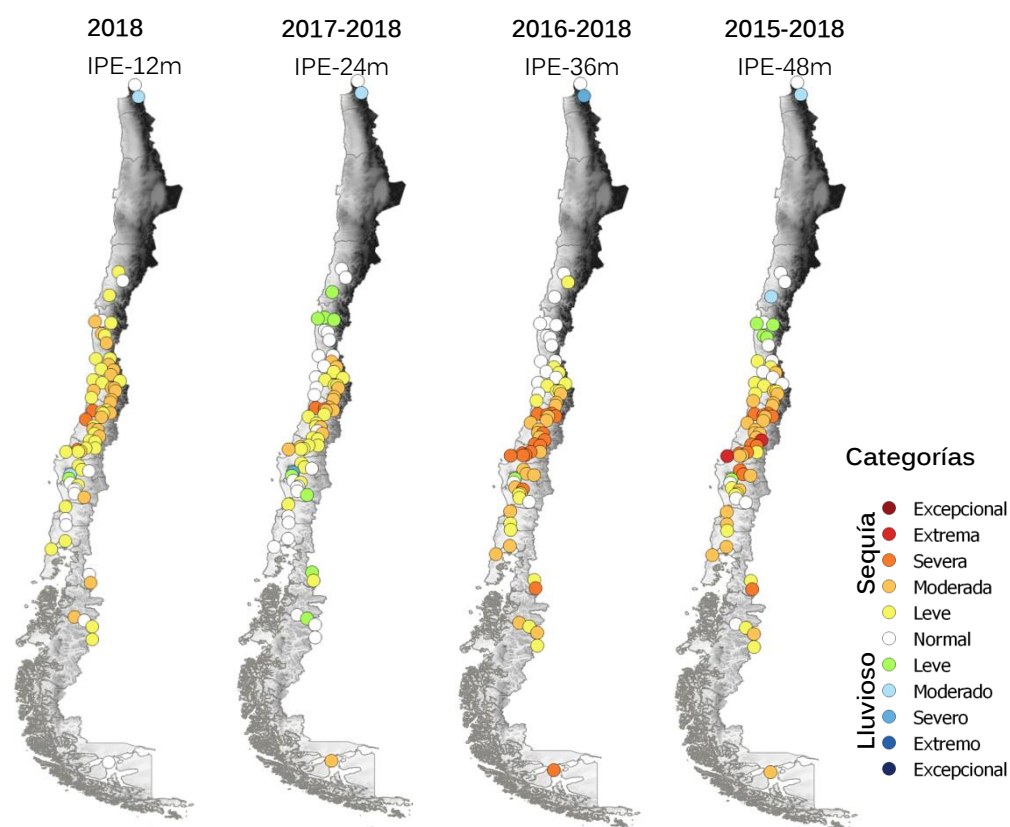


Fig. 8: Categorías del Índice de Precipitación Estandarizado (IPE) acumulado a escalas de a) 12 meses, b) 24 meses, c) 36 meses y d) 48 meses. Fuente: Reporte de la evolución del clima 2018 (DMC, 2019).

## CAMBIOS EN LA TEMPERATURA

La temperatura media del planeta ha ido en aumento gradualmente, observándose las mayores tasas desde finales del siglo XX. Durante el 2018, la temperatura se observó 0.83 °C sobre el promedio de 1951 - 1980, según el conjunto de datos GISS-TEMP de la Administración Nacional de la Aeronáutica y el espacio (NASA, por su sigla en inglés) de los Estados Unidos. Cabe destacar que, el 2018 se convirtió en el cuarto año más cálido de los registros, que comienzan en 1880, siendo los últimos cinco años, los más cálidos desde el inicio de las mediciones.

**NUEVOS RÉCORDS DE TEMPERATURA SE HAN REGISTRADO EN EL PAÍS.** La temperatura media de Chile se encuentra 0.5 °C más cálida con relación a la década del 60 y la tendencia es de 0.11 °C por década (Fig. 9). Las mayores alzas de temperatura ocurren principalmente en la zona central y sur de Chile.

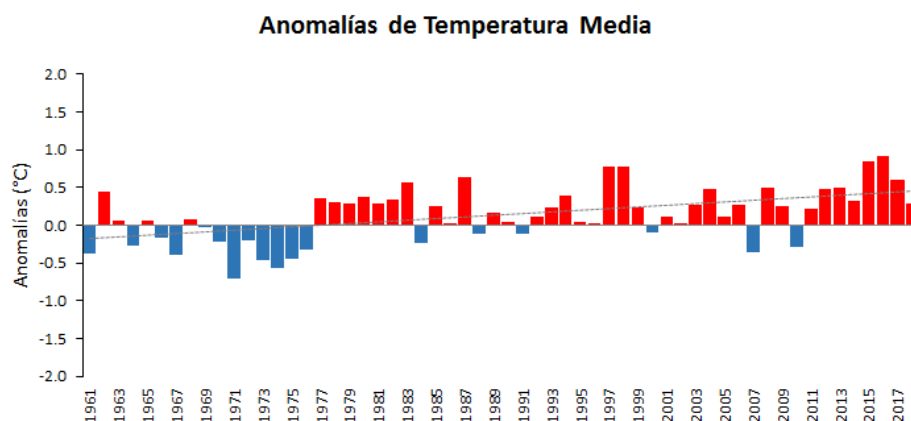


Fig. 9: Tendencia de temperatura media en Chile en términos de anomalías respecto al período climático 1961 - 1990 (Fuente: Reporte de la Evolución del clima 2018, DMC - 2019).

Santiago, sigue la tendencia mundial del aumento de la temperatura, por ende, no es extraño que se vayan rompiendo récords de esta variable. El 14 de diciembre de 2016 alcanzó los 37.3 °C superando así el récord de 37.2 °C de diciembre de 1915 (37.2 °C), es decir, pasaron más de 100 años para superar esta temperatura y, sin embargo, poco duró este récord, ya que, cerca de un mes después, el 25 de enero de 2017 se registran 37.4 °C coincidiendo con una intensa ola de calor y los posteriores incendios forestales en la zona central y desplazando rápidamente la cifra anterior. Dos años más tarde, el 26 de enero de 2019, nuevamente se activan las alarmas de récord en la capital, al registrar 38.3 °C.

En otras ciudades del país, el verano recién pasado (2019) se presentaron temperaturas máximas históricas en toda la zona sur. Como se muestra en la infografía (Fig. 10), desde Valdivia hasta Porvenir se produjeron récords de temperatura, incluso en aquellas zonas que se caracterizan por un clima frío, como Coyhaique 35.7 °C, Cochrane 36.1 °C y sorprendentemente, por primera vez la temperatura se eleva sobre los 30 °C en Tierra del Fuego, Puerto Natales y Porvenir (Fig. 10).

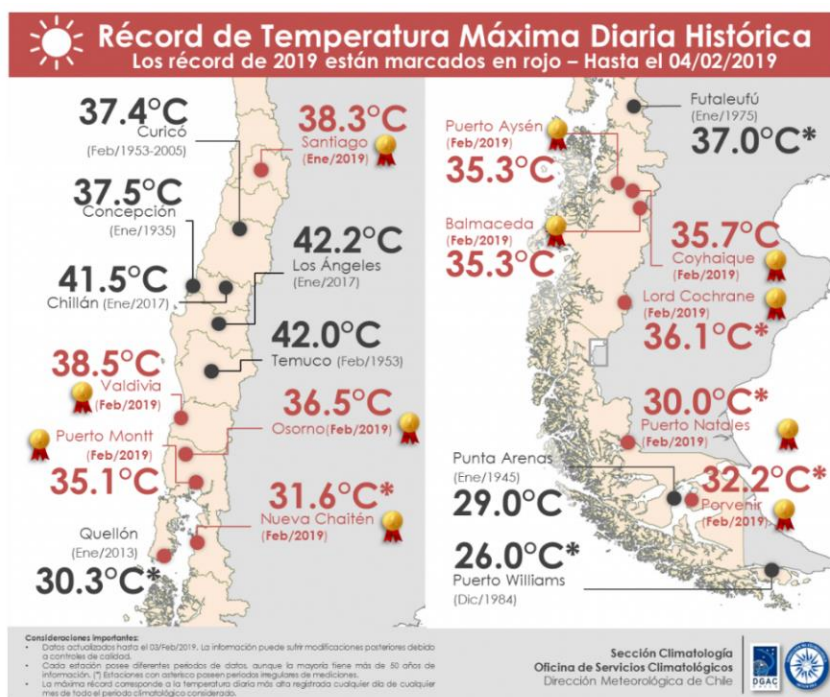


Fig. 10: Récores de temperaturas en la zona sur de Chile en el verano de 2019. Fuente: Blog DMC.

Los cambios que presenta la temperatura máxima no sólo se reflejan en su intensidad (Fig. 11c), sino que también se ha podido constatar en un mayor número de días al año con temperaturas elevadas (días cálidos) incrementándose en promedio en un 100 %. Cabe mencionar, que este aumento se intensifica en las localidades que se encuentran en los valles centrales, y probablemente en la precordillera y cordillera este aumento sea significativamente mayor.

**LAS NOCHES SON CADA VEZ MÁS CÁLIDAS:** la temperatura mínima aumenta a una mayor tasa que la temperatura máxima (a excepción de Santiago) (Fig. 11a) induciendo a cambios significativos. Por ejemplo, en las noches cálidas (porcentaje de noches donde la temperatura mínima supera el percentil 90 %), se incrementan a razón de 2 % - 5 % por década (Fig. 11b). Es decir, en los años 60, en promedio, las noches cálidas eran aproximadamente 7, en esta última década superan las 67 noches con temperaturas extremas (Vásquez y Villarroel, 2016).

Aunque las noches cálidas pudieran parecer menos preocupantes que las que se registran en el día, la combinación de las altas temperaturas diurnas más las nocturnas podrían llegar a ser complejas en términos de la salud, debido a que el cuerpo no tiene la oportunidad de enfriarse durante las horas nocturnas. Dentro de la población que presenta mayores riesgos a este fenómeno, se encuentran las personas mayores, los enfermos y niños pequeños (Easterling, et al 2000). Por otro lado, un impacto importante del incremento de las noches cálidas es la



disminución del rendimiento y por ende de la producción de algunos cultivos como el maíz, la cebada y el trigo entre otros, lo que puede traer consecuencias en la seguridad alimentaria de la población (Easterling, et al 2000).

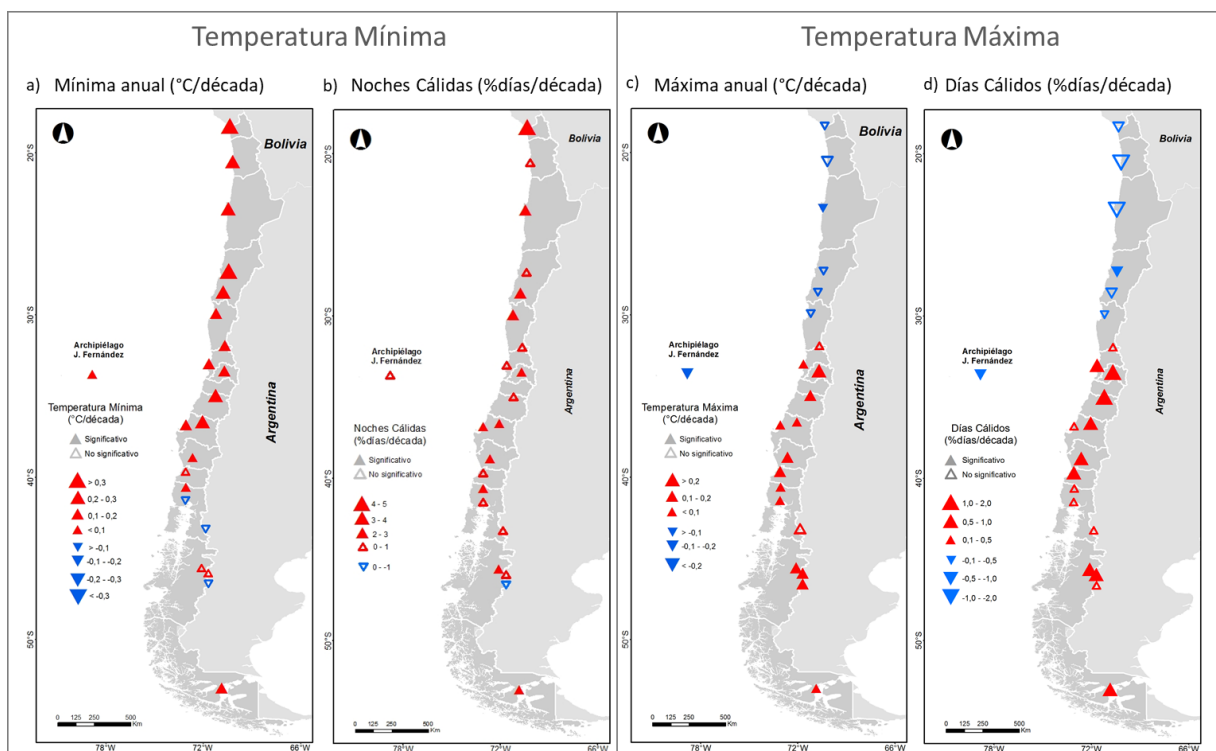


Fig. 11: Mapas de tendencias de a) temperatura mínima promedio anual, b) noches cálidas, c) temperatura máxima promedio anual y d) días cálidos. Los triángulos rojos hacia arriba indican tendencias positivas (más cálidos, más frecuentes) y lo contrario (triángulos hacia abajo y azules) indican tendencias negativas (más frío, menos frecuente). Aquellos triángulos sombreados indican tendencia significativa al 95 % de confianza. (Fuente: Vásquez y Villarroel, 2016).

### Olas de calor: más frecuentes

En Chile, los episodios de olas de calor han sido más frecuentes, tanto en la zona central como en la zona sur, pasando de promediar **1 evento por año a 3 eventos cada año** (Fig. 12a). Como un ejemplo representativo de este comportamiento, se presentan las olas de calor por temporadas en Curicó (Fig. 12b), observándose que estas aumentan considerablemente, registrando desde 4 a 7 episodios durante las últimas cuatro temporadas, lo que concuerda con los años más cálidos en Chile y el mundo.

## Ola de Calor

En su definición más sencilla, una ola de calor se establece cuando por tres o más días consecutivos la temperatura máxima de un punto en particular, supera el umbral del percentil 90 % (calculado a partir de un promedio móvil de 5 días) para el período 1961 - 1990. Estos eventos se calculan para la temporada de noviembre a marzo de cada año.

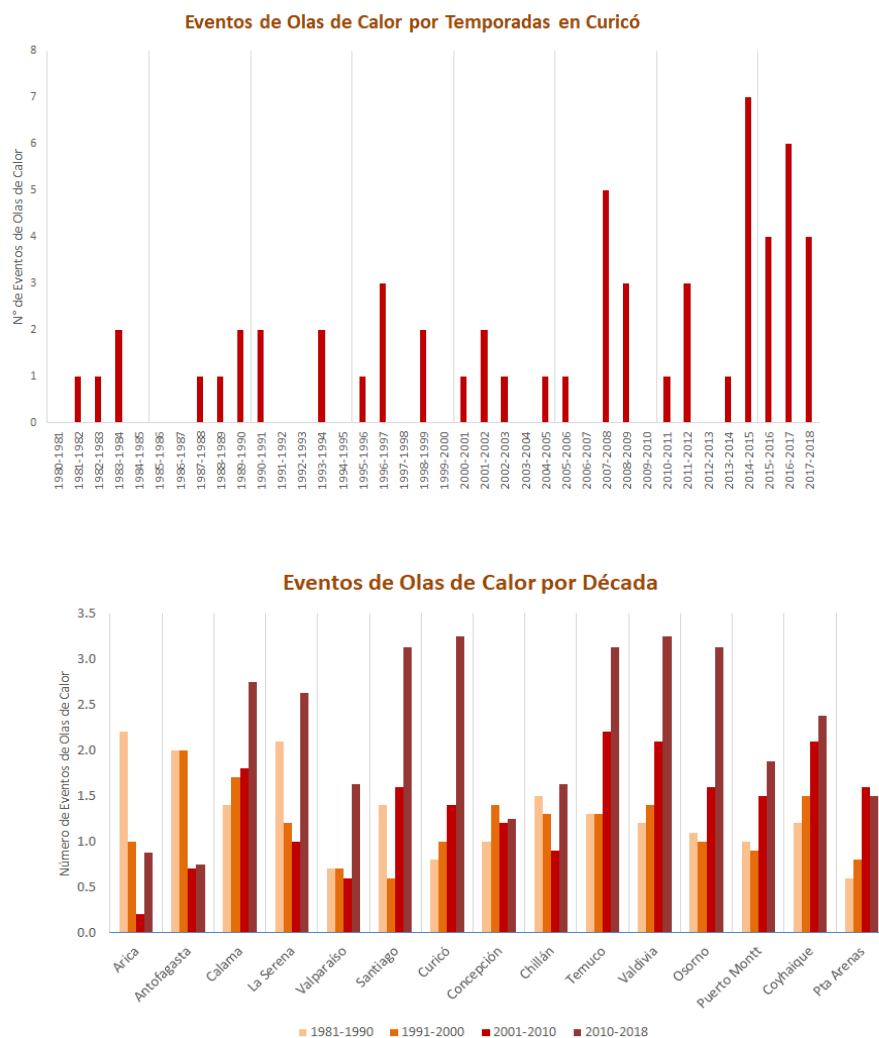


Fig. 12: a) Promedio de eventos de olas de calor por década. b) Eventos de olas de calor por temporadas en Curicó. Período de comparación 1961 - 1990. Fuente: elaboración propia.

Es natural sostener que este comportamiento que ha presentado en la última década, impacta directamente en la propagación de los incendios, como el mega incendio forestal que afectó desde el 18 de enero al 05 de febrero de 2017, principalmente entre las regiones de O'Higgins y del Biobío (Fig. 13a). Este evento fue catalogado como "*tormenta de fuego*", por su intensidad en la línea de fuego y la velocidad de propagación (CONAF, 2017). Las condiciones meteorológicas fueron propicias para que este evento fuera uno de los mayores desastres que han ocurrido en Chile. Tanto las observaciones como los pronósticos meteorológicos,

coincidieron en la presencia de altas temperaturas antes y después del evento, cuyos valores alcanzaron récord justo antes del comienzo del episodio, demostrando que este ingrediente fue uno de los dominantes en la magnitud de los incendios (Fig. 13b).

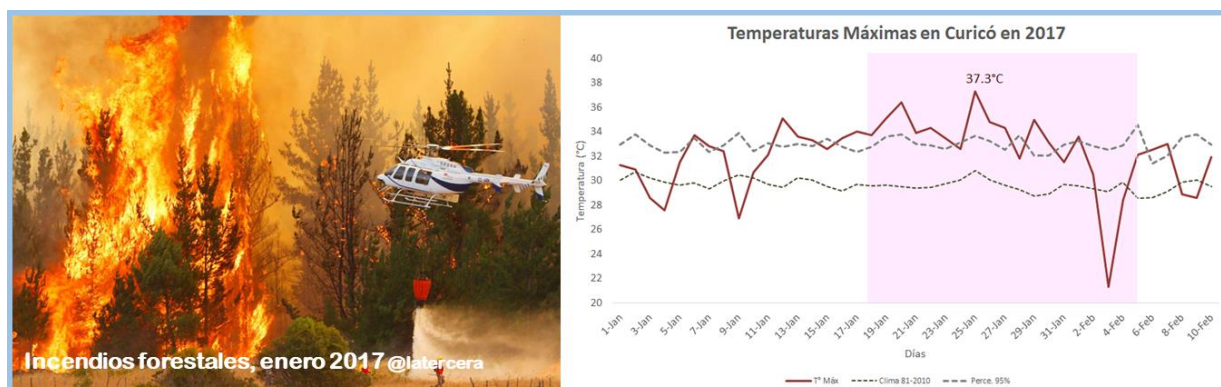


Fig. 13: a) Imágenes del incendio forestal ocurrido en la zona central del país. Fuente: La Tercera.  
b) Temperaturas máximas registradas en Curicó durante el incendio forestal. Fuente: elaboración propia.

**LOS IMPACTOS QUE OCURREN CON EL ALZA DE TEMPERATURA** tienen serios efectos en la salud física, el bienestar mental y la capacidad cognitiva de las personas, por ejemplo, cuando la temperatura ambiental supera los 39 °C, una persona podría comenzar a sufrir un golpe de calor, lo que podría tener consecuencias fatales (Climate Change and Human Health, 2013). Además, las altas temperaturas producen conflictos en torno a los servicios de agua y energía. Las olas de calor, por su parte, podrían traer consecuencias en la infraestructura, en las operaciones aéreas debido a dificultades de carga por una disminución de la densidad del aire, entre otros impactos.

## PROYECCIONES FUTURAS PARA CHILE

La DMC realizó proyecciones de cambio climático para el país para dos rutas de concentración de gases de efecto invernadero RCP2.6 y RCP8.5 (mejor y peor escenario, respectivamente), con el fin de evaluar los cambios esperados para mitad del siglo XXI (2030 - 2059), con y sin medidas de mitigación de emisión de gases invernadero.

Los principales resultados muestran que la temperatura máxima se incrementará en gran parte del país, principalmente durante el verano austral, donde los mayores cambios se observarán en los sectores cordilleranos alcanzando valores de hasta 3 °C de aumento respecto al clima actual (1970 - 1999) en el escenario RCP8.5. Situación similar se presenta en la

temperatura mínima, donde los mayores cambios se observan en el escenario RCP8.5 con aumentos sobre 3 °C en los sectores cordilleranos (Fig. 14).

Respecto a la precipitación, se proyecta una disminución entre 200 mm y 600 mm en la zona sur, apreciándose mayores cambios sobre la cordillera, mientras que en la zona austral se proyecta un aumento que supera los 600 mm. (Simulaciones Climáticas - DMC, 2015).

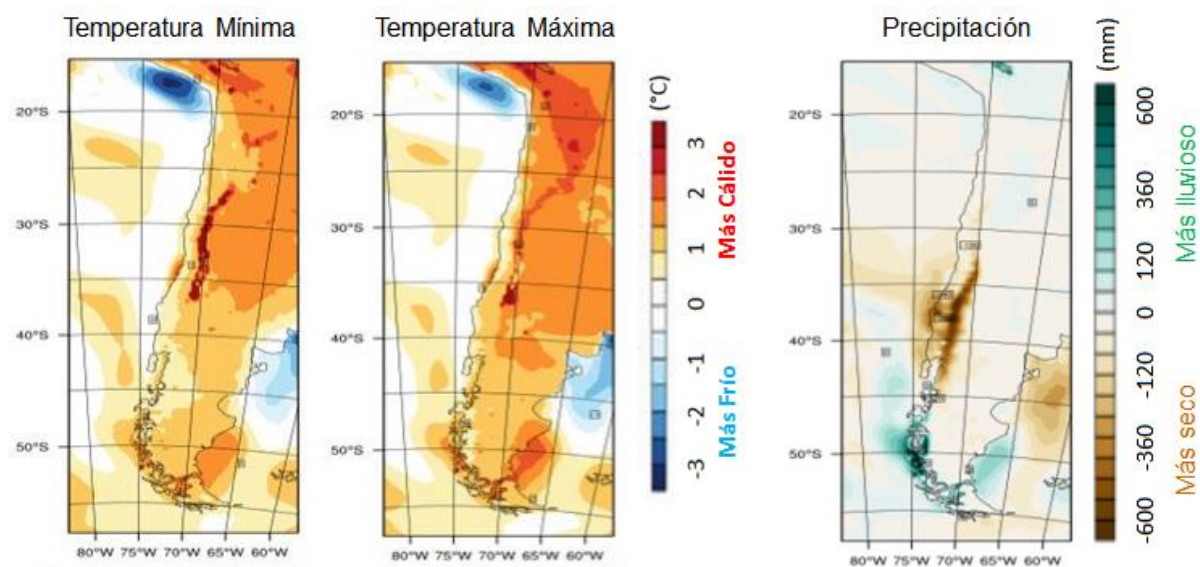


Fig. 14: Cambios proyectados en el escenario RCP8.5 para la temperatura máxima, temperatura mínima (verano) y precipitación (invierno). Fuente: Simulaciones climáticas DMC 2015.

# CONCLUSIÓN

Se ha evidenciado en éste y otros estudios, que si bien los eventos climáticos extremos siempre han ocurrido, la frecuencia e intensidad de estos, ha sido lo que ha destacado últimamente. Por ende, la probabilidad de ocurrencia de eventos, como olas de calor, sequías, inundaciones y tormentas severas asociadas al aumento de temperatura, podrían ir incrementándose. Sin embargo, no es posible pronosticar con precisión la magnitud, intensidad, duración y la distribución geográfica de estos eventos, siendo entonces el gran desafío poder determinar la influencia del cambio climático en los eventos locales.

Como ya ha ocurrido, ante la presencia de un evento extremo meteorológico o climático, es posible que se requiera de mayor demanda de información climática y meteorológica, disposición de datos en línea, impactos locales donde no hay información, por ejemplo, en la zona cordillerana, zonas desérticas, o de tundra, por lo que se requiere de mayor cobertura de redes de información y de nuevas tecnologías.

Hay que considerar que los cambios en las tendencias e intensidades de fenómenos meteorológicos causan cambios en los umbrales y en los patrones meteorológicos, por lo que es prioritario una constante actualización de la metodología, ya que influyen en los sistemas de alerta temprana de los pronósticos públicos. Sin embargo, según estudios recientes, el cambio climático también nos plantea mejoras respecto al “ordenamiento climático”. Se ha mostrado que hay zonas (por ejemplo, en latitudes medias) donde la incertidumbre del pronóstico meteorológico en cuanto a la precipitación debería disminuir debido a una disminución de la varianza, sin embargo, en el caso de localidades donde la varianza va creciendo con el tiempo (la distribución se hace más ancha), hay posibilidades de tener eventos más extremos. En el caso de la temperatura es más evidente en el hemisferio norte ante una mayor varianza podríamos tener más eventos fríos o más cálidos y por lo tanto dificultaría el pronóstico meteorológico (Scher and Messori, 2018).



# REFERENCIAS

Análisis de los Resultados Convenio Alta Dirección Pública, DMC, Objetivo N°3 (2015).

Climate Change and Human Health: Risks and Responses, WMO (2013).

Consultoría sobre dimensionamiento del mercado de desastres naturales: Impacto y tamaño en Chile y el Mundo (Licitación ID: 847400%4-LE16) INFORME FINAL (IDOM, 2018).

D. R. Easterling, J. L. Evans, P. Ya. Groisman, T. R. Karl, K. E. Kunkel, and P. Ambenje (2000) Observed Variability and Trends in Extreme Climate Events: A Brief Review.

Índice de Riesgo Climático (IRC). Germanwatch, 2017.

IPCC 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA 2018): Tercer Informe Bienal de Actualización de Chile sobre el Cambio Climático.

Ministerio Medio Ambiente: Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2017 - 2022. MMA (2017). Primer Catastro de los Desastres en Chile. SERBAFEOMIN (2017).

Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017 - 2022. Ministerio de Medio Ambiente (PANCC, 2017).

Reporte de la Evolución del Clima en Chile 2017 y 2018. Oficina de Cambio Climático Dirección Meteorológica de Chile (2018 - 2019).

Scher S. and G. Messori. How Global Warming Changes the Difficulty of Synoptic Weather Forecasting (2018). Geophysical Research Letters.

Vásquez R. y C. Villarroel: Tendencias de índices de Extremos Climáticos de precipitación y temperatura en Chile. Poster V Congreso de Oceanografía Física, Meteorología y Clima del Pacífico Sur (2017). DOI: 10.13140/RG.2.2.18482.50882.

Vilches C. y C. Villarroel: Olas de Calor en Chile. Poster V Congreso de Oceanografía Física, Meteorología y Clima del Pacífico Sur (2017). DOI: 10.13140/RG.2.2.16804.78723.

Páginas consultadas:

<http://blog.meteochile.gob.cl/2017/12/14/17-eventos-que-marcaron-el-2017/>

[http://www.conaf.cl/tormenta\\_de\\_fuego-2017/DESCRIPCION-Y-EFECTOS-TORMENTA-DE-FUEGO-18-ENERO-AL-5-FEBRERO-2017.pdf](http://www.conaf.cl/tormenta_de_fuego-2017/DESCRIPCION-Y-EFECTOS-TORMENTA-DE-FUEGO-18-ENERO-AL-5-FEBRERO-2017.pdf)

<https://www.cop25.cl/>

# ANEXO 1

## CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

En diciembre 2019, Chile será anfitrión por primera vez de la reunión más importante del mundo sobre cambio climático, la 25 Conferencia de las Partes (COP 25). La reunión se realizará en el Parque Bicentenario de Cerrillos, en Santiago y convocará a líderes de 196 países miembros de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). La historia de la Conferencia de las Partes se remonta a 1992, cuando en la cumbre de la Tierra en Rio de Janeiro (Brasil), se da origen a la CMNUCC que a su vez da origen a la Conferencia de las Partes (COP).

Esta Convención tiene como objetivo principal lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI), en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, de manera en que se asegure la producción de alimentos y que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible. Para cumplir estos desafíos, se establecen compromisos distintos para países desarrollados y países en desarrollo, enfatizando la entrega de fondos y la facilitación de tecnologías por parte de los países desarrollados hacia los países en desarrollo. Sin embargo, estos compromisos no reciben sanciones si no se cumplen en un principio.

La COP25 que se realizara en Chile, tiene como objetivo principal afianzar el Acuerdo de Paris, y establece como áreas prioritarias los Océanos, la Antártica, Biodiversidad, Bosques, Adaptación, Ciudades, Energías renovables, Economía circular, Electromovilidad ([www.COP25.cl](http://www.COP25.cl)).

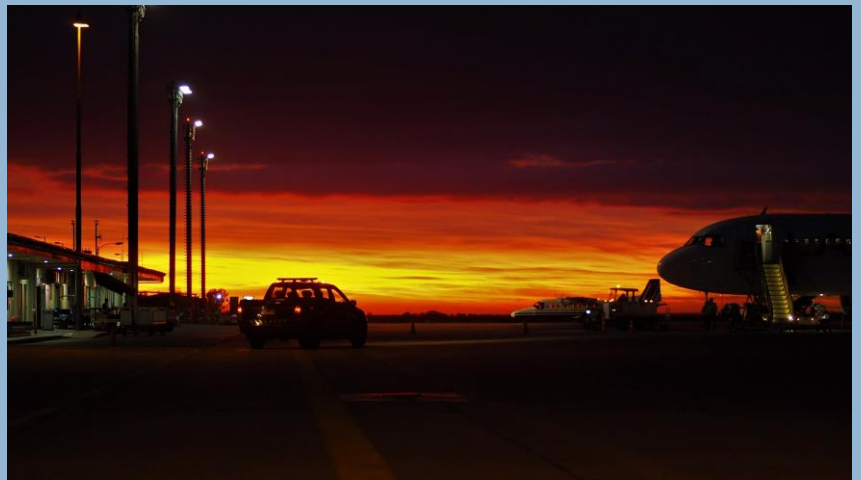
Desde esa primera reunión se han realizado varias a lo largo del tiempo las cuales se enumeran a continuación con sus principales hitos:

Año	Nombre	Principal hito
1993	COP 1 - Berlín	Se publicó el mandato de Berlín que consistía en un catálogo de compromisos de reducción de GEI.
1996	COP 2 - Ginebra	Se decide que las reducciones de GEI deben ser cuantitativas y vinculantes con reducciones precisas para el 2005, 2010 y 2020.
1997	COP 3 - Kyoto	Se establece el Protocolo de Kioto, que determina que las reducciones deben ser vinculantes para 37 países industrializados. Los países desarrollados deben reducir en un 5% sus emisiones entre el 2008 al 2012 con respecto de 1990.
1999-2006	COP 4 Buenos Aires, COP 5 Bonn, COP 6 La Haya, COP 7 Marrakech, COP 8 Nueva Delhi, COP 9 Milán, COP 10 Buenos Aires, COP 11 Montreal, COP 12 Nairobi	
2007	COP 13 Bali	Se menciona por primera vez que los países en desarrollo también tienen que reducir sus emisiones junto con los países desarrollados.
2009	COP 15 Copenhague	Se limitó el aumento de temperatura global a 2°C.
2010	COP 16 Cancún	Se crea el fondo verde climático para que los países más ricos aporten a los países de menos recursos en la reducción de GEI.
2011	COP 17 Durban	Se acuerda renovar el Protocolo de Kyoto.
2012	COP 18 Doha	Se prorroga Kyoto hasta el 2020.
2013	COP 19 Varsovia	Se invita a los países a que se presenten sus metas y contribuciones al primer trimestre del 2015.
2014	COP 20 Lima	Se reconoce los elementos para un borrador de texto de negociación para continuar avanzando hacia un acuerdo de París.
2015	COP 21 París	Se firma el histórico Acuerdo de París, ya que los países se comprometen a frenar el cambio climático de manera conjunta. Hubo completo consenso destacándose la presidencia francesa del momento. En Chile el Acuerdo de París se ratificó el 25 de enero del 2017 por el Congreso y fue promulgado por la presidenta Bachelet el 11 de abril.
2016	COP 22 Marrakech	Se ajusta el Acuerdo de París.
2017	COP 23 Fiji-Bonn	Se ajusta el Acuerdo de París.
2018	COP24 Katowice	Chile anuncia la organización de la COP 25.





Glaciar Grey, Torres del Paine  
Fotografía: Camilo Barahona Ruiz



Aeródromo La Florida, La Serena  
Fotografía: Neftalí Román



Base Eduardo Frei Montalva, Antártica  
Chilena  
Fotografía: Ana María Nicolodi



