

SMN | REPORTE FINAL

# ESTADO DEL CLIMA EN ARGENTINA 2022

Imagen satelital de los incendios en el Delta del Paraná, Entre Ríos, del 13 al 15 de septiembre de 2022. Satélite Sentinel 2. Imagen RGB 12-8A-4. Procesado por el Servicio Meteorológico Nacional.



Servicio  
Meteorológico  
Nacional  
Argentina



Ministerio de Defensa  
Argentina

**Editores**

María de los Milagros Skansi  
María Mercedes Poggi

**Autores**

María Mercedes Poggi

José Luis Stella  
Karina Flores  
Norma Garay

María de los Milagros Skansi  
Camila Córdoba Fradinger  
Carina Bolzi  
Daniela D'Amen  
Matias Menalled  
Julián Goñi

Laura Aldeco  
Diana Domínguez  
Alejandro Godoy

María Elena Barlasina  
María Emilia Ruíz  
Lino Condori  
Giselle Marincovich

Gerardo Carbajal  
Fernando Nollas  
Julián Lell

**Colaboradores**

Hernán Veiga  
Marcelo Fontana  
Svetlana Cherkasova  
Natalia Herrera.

**Revisora**

Valentina Rabanal

**Diseño Editorial**

Guadalupe Cruz Díaz

**Fecha de edición**

Marzo 2023

|   |    |
|---|----|
| <b>RESUMEN</b>  | 3  |
| <b>Sección   1. INTRODUCCIÓN</b>  | 4  |
| 1. Introducción   | 5  |
| <b>Sección   2. TEMPERATURA, PRECIPITACIÓN Y EVENTOS EXTREMOS</b>             | 7  |
| 2.1 Temperatura a nivel país  | 8  |
| 2.2 Precipitación a nivel país  | 10 |
| 2.3 Principales anomalías climáticas  | 11 |
| 2.3.1 Temperatura estacional  | 11 |
| 2.3.2 Precipitación estacional  | 16 |
| 2.4 Eventos extremos  | 18 |
| 2.4.1 Eventos destacados y valores diarios extremos                           | 18 |
| 2.4.2 Olas de calor   | 19 |
| 2.4.3 Olas de frío  | 20 |
| 2.4.4 Sequía  | 21 |
| 2.5 Temperatura en Antártida  | 24 |
| <b>Sección   3. FORZANTES DESTACADOS DE ESCALA ESTACIONAL Y SUBESTACIONAL</b> | 27 |
| 3.1 Estado de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)                               | 28 |
| 3.2 Estado del Dipolo del Océano Índico (DOI)                                 | 29 |
| 3.3 Estado de la Oscilación Antártica o Modo Anular Austral (SAM, AAO)        | 29 |
| 3.4 Estado de la Oscilación de Madden-Julian (MJO)                            | 30 |
| <b>Sección   4. GASES DE EFECTO INVERNADERO Y REACTIVOS</b>                   | 31 |
| 4.1 Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )                                     | 32 |
| 4.2 Metano (CH <sub>4</sub> )   | 33 |
| 4.3 Monóxido de Carbono (CO)  | 35 |
| 4.4 Ozono (O <sub>3</sub> ) superficial                                       | 35 |
| <b>Sección   5. CAPA DE OZONO Y RADIACIÓN SOLAR ULTRAVIOLETA</b>              | 36 |
| 5.1 Capa de ozono   | 37 |
| 5.1.1 Observatorio La Quiaca  | 38 |
| 5.1.2 Observatorio Central Buenos Aires                                       | 38 |
| 5.1.3 Estación Comodoro Rivadavia   | 38 |
| 5.1.4 Estación VAG Ushuaia  | 38 |
| 5.1.5 Estación Marambio   | 39 |
| 5.2 Agujero de ozono  | 39 |
| 5.3 Radiación solar ultravioleta  | 40 |
| 5.3.1 Monitoreo del índice UV durante 2022                                    | 41 |

## Resumen

El presente reporte del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) realiza una evaluación de las condiciones climáticas que afectaron a la Argentina durante 2022.

**El 2022 fue levemente más cálido que el promedio. Se situó entre los 20 años más cálidos desde 1961 pero entre los más fríos de la última década.** Se caracterizó por comenzar y terminar con condiciones extremadamente calurosas, y por un período anormalmente frío durante el otoño e inicio del invierno. En las estaciones antárticas también se registraron temperaturas mayores que el promedio.

Varios episodios de calor y frío extremo tuvieron lugar en 2022. En el verano 2021/2022 ocurrieron tres olas de calor, con un evento sin precedentes que afectó a gran parte del país entre el 6 y el 26 de enero. Este es considerado una de las olas de calor más extremas debido a su extensión (72 % del territorio nacional), duración (hasta 14 días) y récords históricos de temperaturas extremas, que se alcanzaron en 24 localidades. En noviembre y diciembre de 2022 se dieron episodios de temperaturas extremas cálidas poco frecuentes para la época del año. Con un otoño más frío que lo normal, tres episodios de ola de frío se registraron entre mayo y julio. El segundo fue el más extenso e impactó a gran parte de la Patagonia, centro y sur de Buenos Aires, y sur de Córdoba. El último, que fue más localizado sobre el sur patagónico, resultó ser de los más intensos y prolongados para El Calafate.

**Durante 2022 se registraron precipitaciones por debajo de lo normal a nivel país. Este año se posicionó entre los 14 años más secos desde 1961.** En la mayor parte del centro, el norte argentino y el sur de la Patagonia prevalecieron los déficits de lluvias. Por otro lado, el sur del NOA, el este de Misiones, y el centro y noreste de Patagonia presentaron los principales excesos. En esta última región y en la meseta patagónica ocurrieron varios eventos de nevadas intensas durante el otoño e invierno.

En cuanto a la sequía, **la situación que atraviesa la región centro y norte de Argentina desde finales de 2019 mostró, en algunas zonas, un empeoramiento durante 2022.** En enero y febrero se observaron condiciones de sequía extrema e incendios en el norte del Litoral, debido a escasas lluvias en combinación con temperaturas extremadamente altas. La provincia de Corrientes fue la más afectada. La franja central del país y la zona núcleo comenzaron a experimentar condiciones de sequía moderada a severa a partir de mayo.

**Durante 2022 se mantuvo activa** la fase fría del fenómeno o La Niña, siendo este el tercer año consecutivo bajo estas condiciones. La Niña, la fase negativa del Dipolo del Océano Índico desde mediados de junio a octubre y la prevalencia de la Oscilación Antártica en su fase positiva favorecieron las lluvias deficitarias observadas en el noreste argentino, agravando las condiciones secas en el área ya afectada por la sequía.

Los registros de dióxido de carbono y metano en Argentina mostraron un incremento en el 2022, siguiendo la tendencia mundial. Por otra parte, el área máxima de agujero de ozono del 2022, ocurrida el 5 de octubre, se posicionó en el puesto 11 del registro desde 1979.

Las mediciones de radiación ultravioleta resultaron muy cercanas al promedio histórico en Buenos Aires y Ushuaia, levemente superiores en Mendoza e inferiores en Marambio.

# SECCIÓN | 1 INTRODUCCIÓN

# 1. Introducción

El *Reporte Final sobre el Estado del Clima en Argentina 2022* tiene por objetivo resumir los principales comportamientos del clima que tuvieron lugar en el transcurso del 2022. Incluye, además, una síntesis de la evolución de las variables atmosféricas monitoreadas por el SMN y contempla los eventos climáticos destacados de todo el año. La información aquí presentada pretende ser de utilidad y relevancia para múltiples sectores y usuarios. Procura resultar de interés para quienes deseen no sólo conocer el estado de los factores meteorológicos ocurridos a lo largo del año, sino también evaluar cómo los han impactado, condicionando sus actividades económicas, productivas, sociales, entre otras.

Luego de un 2021 extremadamente cálido, el quinto año más cálido de Argentina desde 1961 (SMN, 2022), el 2022 también presentó una temperatura media superior a lo normal a nivel país, con respecto al período de referencia 1981–2010. Este año se ubicó en el puesto 20 de los más cálidos desde 1961 para Argentina. A nivel global, si bien las temperaturas promedio se enfriaron temporalmente por el tercer episodio consecutivo de La Niña, el 2022 fue uno de los ocho años más cálidos registrados, según seis conjuntos de datos internacionales líderes consolidados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM). La temperatura global promedio superó en aproximadamente 1.15 °C los niveles preindustriales (1850–1900) (Figura 1.1). Así, el 2022 fue el octavo año consecutivo en que la temperatura global superó por más de 1 °C los niveles preindustriales, de acuerdo con todos los conjuntos de datos recopilados por la OMM. Desde la década del 80, cada década ha sido más cálida que la anterior y se espera que el calentamiento global y otras tendencias del cambio climático a largo plazo persistan como resultado de mediciones récord de gases de efecto invernadero. A su vez, cada vez es más probable que se supere, transitoriamente, el límite de 1.5 °C establecido por el *Acuerdo de París* (ONU, 2015).

Figura 1.1. Anomalía de temperatura global respecto al período 1850-1900 (°C) para seis conjuntos de datos internacionales consolidados por la OMM. Un mayor detalle se puede encontrar [aquí](#).

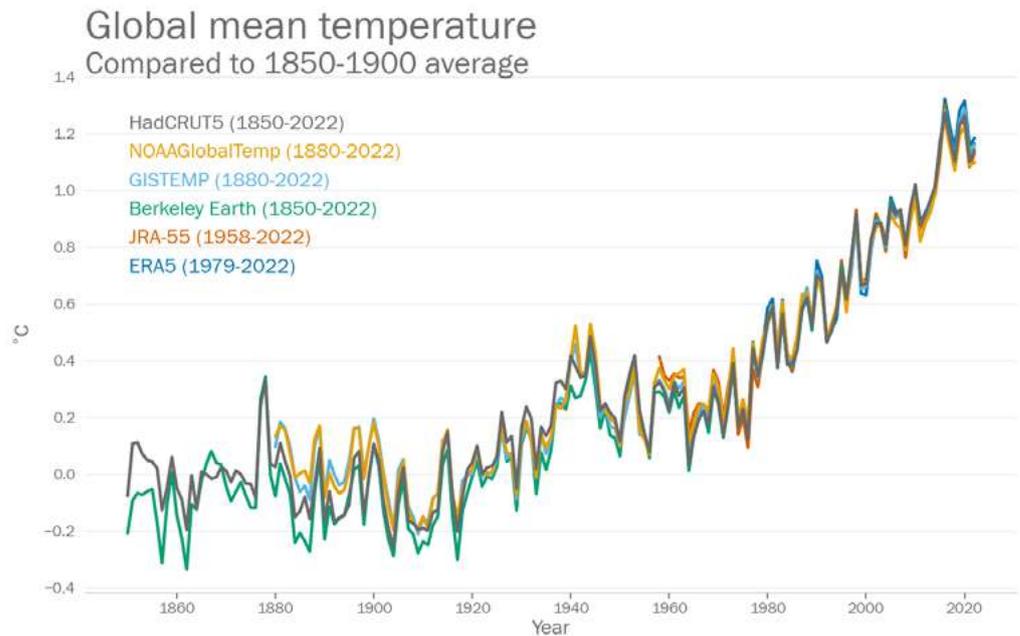
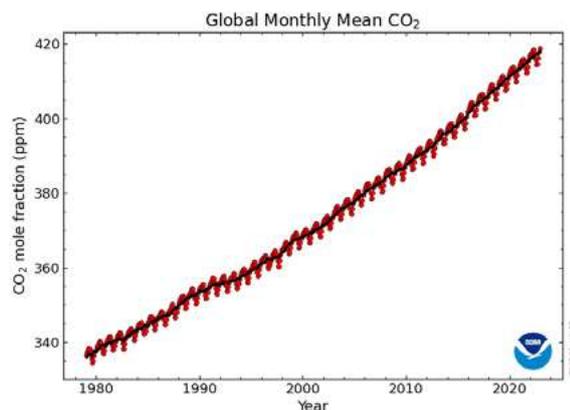


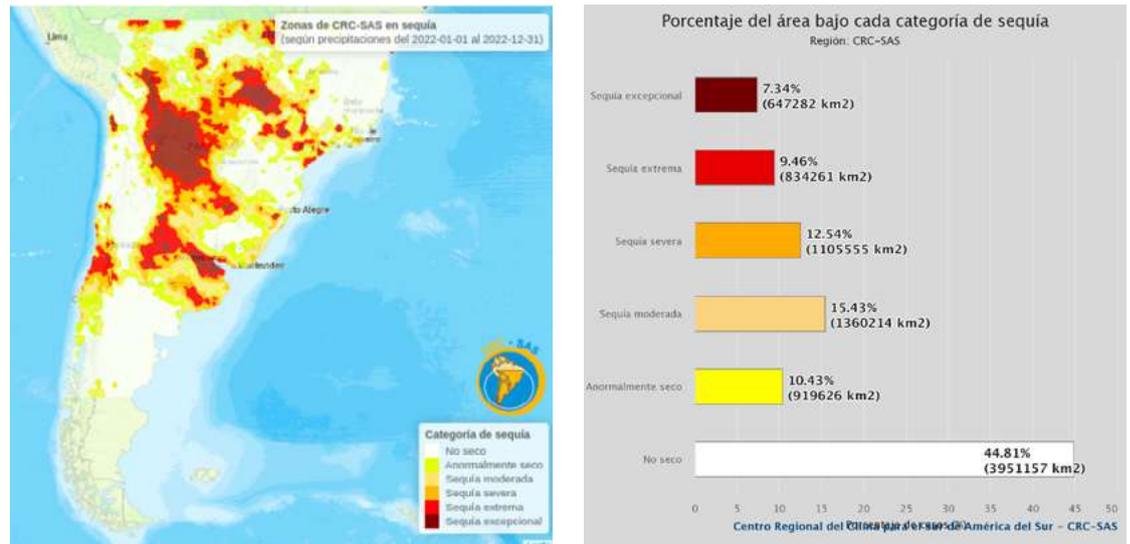
Figura 1.2. Fracción molar de la media mensual de dióxido de carbono considerando un promedio global sobre los sitios de superficie marina, desde 1980 hasta 2022. Las líneas rojas y negras representan los valores medios mensuales, centrados en la mitad de cada mes. Para la línea negra se eliminó el ciclo estacional medio mediante un tratamiento estadístico. Fuente: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/global.html>.



Las concentraciones de los principales gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano y óxido nítrico), responsables en su mayor parte del calentamiento terrestre, siguieron aumentando en 2022, de acuerdo al último reporte de *Unidos en la ciencia 2022* (OMM, 2022). Según las mediciones del Laboratorio de Vigilancia Mundial de la Oficina Nacional de la Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés), en diciembre de 2022 las concentraciones medias de dióxido de carbono a nivel global alcanzaron los 418.82 ppm, superando los 416.62 ppm de diciembre de 2021 (Land y otros, 2023) (Figura 1.2).

En cuanto a las precipitaciones, en el 2022 se observaron condiciones deficitarias en Argentina, análogo a lo ocurrido en los últimos dos años. El 2022, 2021 y 2020 se posicionaron en los puestos 14, 13 y 5 de los años más secos desde 1961, respectivamente, a nivel país. Más aún, considerando la lluvia acumulada anual desde 2020 hasta 2022, esta es la menor para tres años consecutivos, desde 1961. Así, el 2020-2022 es el período de tres años más deficitario en cuanto a lluvias para Argentina desde 1961. A nivel regional y para el período de 12 meses, se registraron condiciones de sequía en el 55.19 % del área comprendida entre los 10 °S y los 46 °S, un 13,98 % más en relación al 2021, según el Sistema de Información sobre Sequías para el sur de Sudamérica (SISSA), del Centro Regional del Clima para el sur de América del Sur (CRC-SAS). En 2022, el porcentaje de área afectada por las categorías de sequía excepcional y extrema aumentó en un 2.51 % y 2.72 %, respectivamente, en comparación con el año anterior.

Figura 1.3. Izq: Zonas del CRC-SAS bajo alguna categoría de sequía, según precipitaciones del 01-01-2022 al 31-12-2022. Der: Porcentaje de área bajo cada categoría de sequía en el dominio del CRC-SAS. Para los cálculos se considera el territorio comprendido entre los 10 °S y los 46 °S. Fuente: <https://sisa.crc-sas.org/monitoreo/estado-actual-de-la-sequia/>.



El reporte consta de cinco capítulos. En el capítulo 2 se presenta en abundante detalle la evolución de la temperatura y la precipitación desde enero a diciembre de 2022, poniendo énfasis tanto en los valores medios como en los extremos. Este capítulo incluye, además, una sección sobre la temperatura de la Antártida.

En el capítulo 3 se resume el estado de los fenómenos globales de gran escala que suelen tener algún impacto en el clima de ciertas regiones argentinas. Estos fenómenos, si bien no deben ser pensados como fuentes causales únicas de la situación climática local, son seguidos atentamente por su potencial predictivo.

En el capítulo 4 se presentan las observaciones relacionadas con las concentraciones de gases de efecto invernadero y gases reactivos. En general, estas mediciones no registran variaciones llamativas.

En el capítulo 5 se precisa la evolución no solo de la capa y del agujero de ozono, sino también de las mediciones de radiación ultravioleta. Esto es particularmente importante por sus implicaciones sanitarias en lo que respecta a enfermedades de la piel.

SECCIÓN 1: Referencias

Lan, X., P. Tans y K. W. Thoning, 2023. Trends in globally-averaged CO2 determined from NOAA Global Monitoring Laboratory measurements [Tendencias del CO2 medio mundial determinadas a partir de las mediciones del Laboratorio de Vigilancia Mundial de la NOAA]. Version 2023-03 NOAA/GML. <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/global.html>.

OMM, 2022. Unidos en la ciencia 2022: Recopilación de alto nivel de varias organizaciones sobre la ciencia más reciente relacionada con el cambio climático, sus impactos y las respuestas conexas. Repositorio de la OMM. [https://library.wmo.int/?lvl=notice\\_display&id=22175#\\_ZA9h\\_tKZNNg](https://library.wmo.int/?lvl=notice_display&id=22175#_ZA9h_tKZNNg).

Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2015. Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. [https://unfccc.int/sites/default/files/spanish\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf).

SMN, 2022. Estado del Clima en Argentina 2021. Repositorio institucional del SMN. <http://repositorio.smn.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12160/1837>.

# SECCIÓN | 2

## **TEMPERATURA, PRECIPITACIÓN Y EVENTOS EXTREMOS**

## 2.1 Temperatura a nivel país

De acuerdo a los datos oficiales, entre enero y diciembre de 2022 la anomalía de temperatura media estimada a nivel país fue de **+0.19 °C** con respecto al período climatológico de referencia 1981–2010. Este valor ubicó al 2022 en el **puesto 20 de los años más cálidos desde 1961**. Cabe destacar que este año fue de los más fríos de la última década. Se caracterizó por comenzar y terminar con eventos de ola de calor extremas, y por un período anómalamente frío durante el otoño e inicios del invierno. También presentó una gran amplitud térmica en las zonas más afectadas por la sequía.

Figura 2.1. Anomalías de temperatura media en Argentina desde 1961 a 2022, con respecto al valor medio 1981-2010. En barras rojas se representan las anomalías positivas y en barras azules, las negativas.

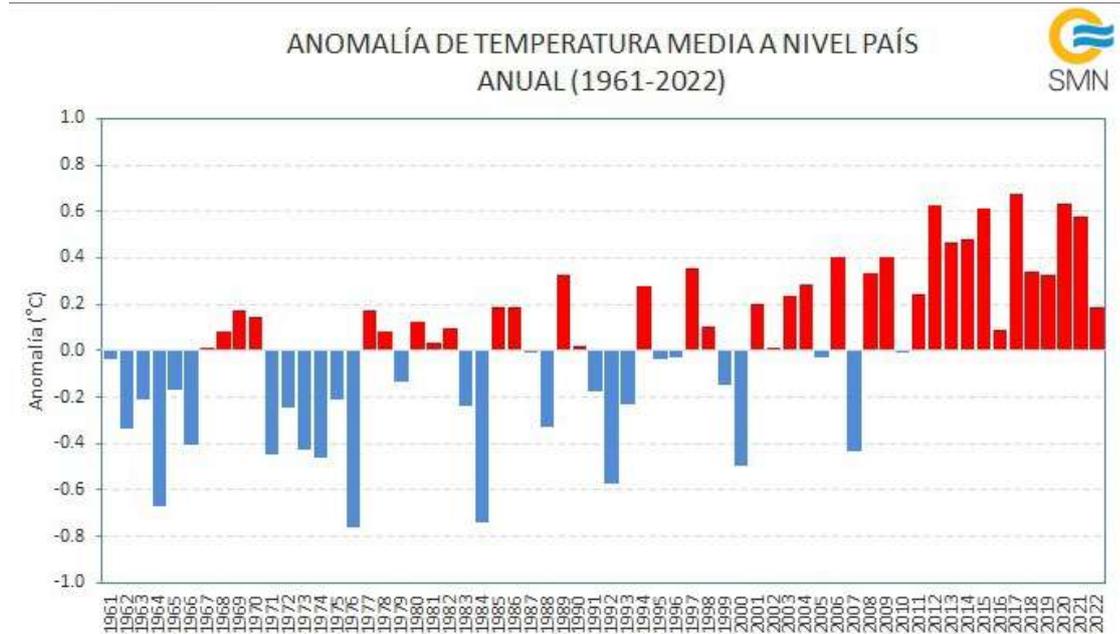
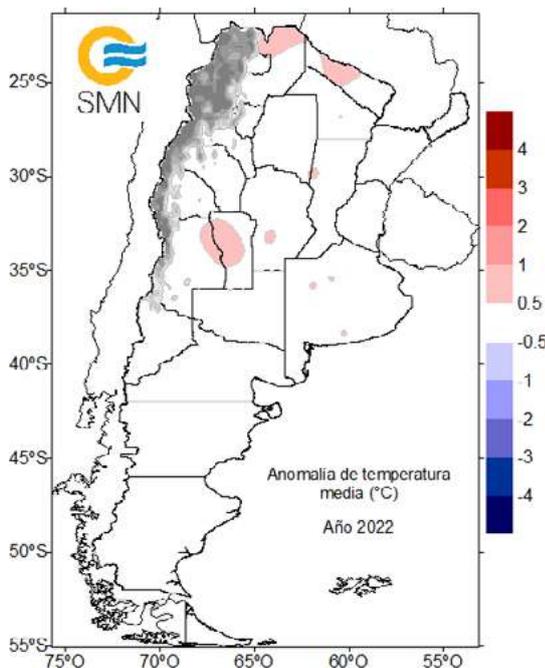
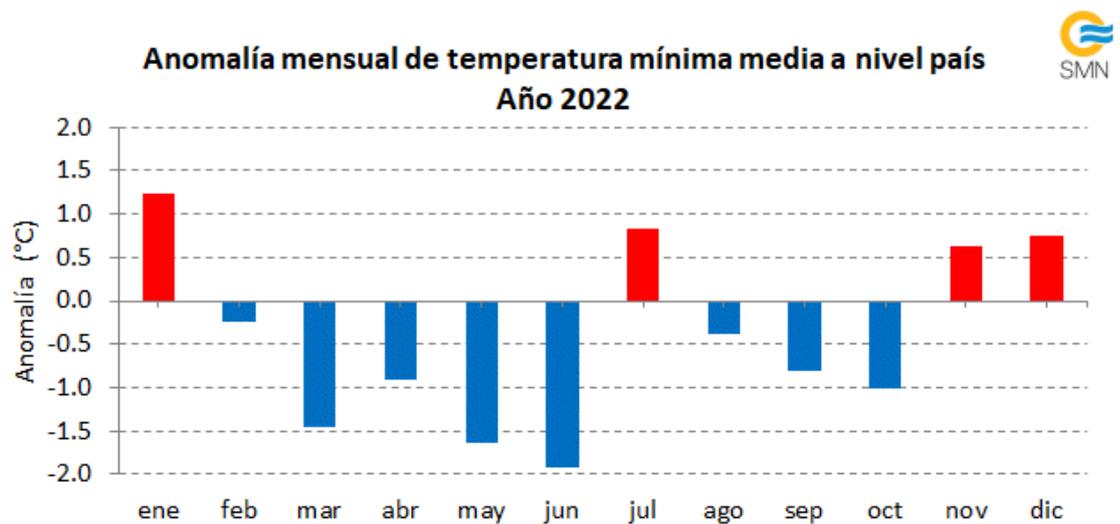
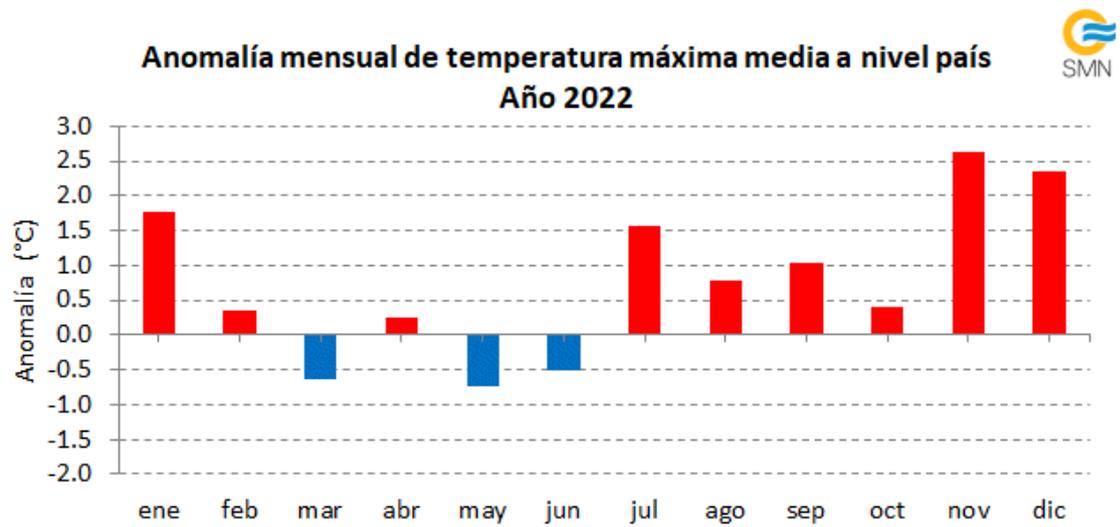
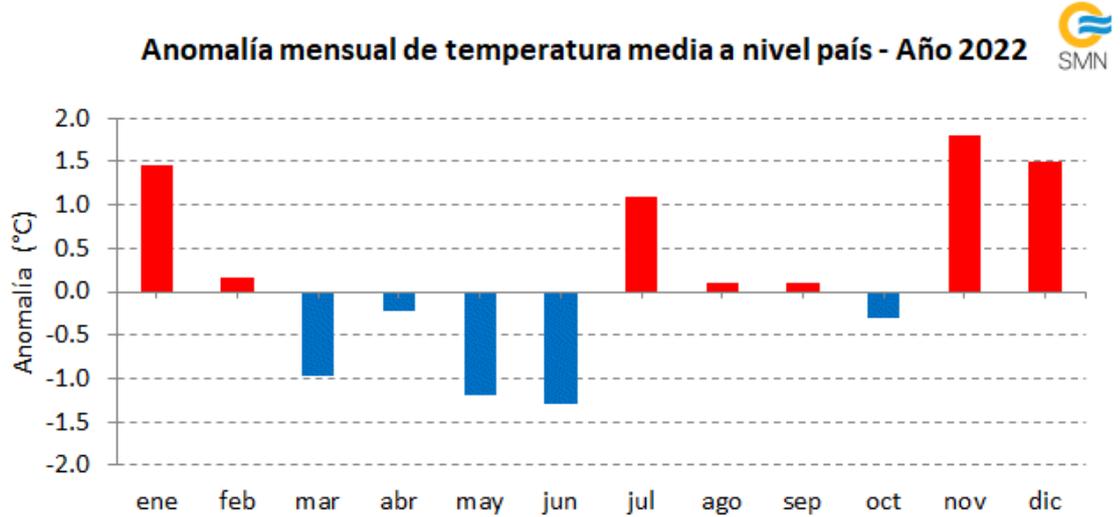


Figura 2.2. Anomalías de temperatura media durante 2022, con respecto al valor medio 1981-2010. En rojo se indican las zonas con anomalías positivas y en azul, con anomalías negativas.



Entre enero y diciembre de 2022, casi todo el país registró, en promedio, temperaturas medias dentro del rango normal ( $\pm 0.5$  °C). Solo regiones aisladas del norte y de la franja central presentaron desvíos levemente positivos (Figura 2.2). De acuerdo a la evolución mensual, el año comenzó con condiciones extremadamente cálidas. Sin embargo, a partir de febrero, las temperaturas medias comenzaron a descender notoriamente y, a nivel país, se observaron cuatro meses consecutivos (marzo a junio) con desvíos negativos (Figura 2.3 arriba). En julio, se invirtió el comportamiento, con un mes moderadamente más cálido de lo normal, mientras que agosto, septiembre y octubre estuvieron muy cercanos al promedio climatológico. En noviembre y diciembre, temperaturas muy por sobre lo normal volvieron a predominar en Argentina. En cuanto a las temperaturas máximas y mínimas medias mensuales, se destacó el dominio de una mayor amplitud térmica a nivel país, evidenciándose en la magnitud de dichos desvíos en prácticamente todos los meses del año (Figura 2.3 centro y abajo).

Figura 2.3. Anomalías mensuales de temperatura media (arriba), máxima media (centro) y mínima media (abajo) a nivel país durante 2022, con respecto al valor medio 1981-2010. En barras rojas se representan las anomalías positivas y en barras azules, las negativas.



## 2.2 Precipitación a nivel país

De acuerdo a los datos preliminares, entre enero y diciembre de 2022 Argentina registró un desvío estimado de -12.8 %, ubicando a 2022 en el puesto 14 de los años más secos desde 1961 (Figura 2.4). En casi todo el centro y norte del país prevalecieron lluvias muy por debajo de lo normal, como así también en el sur patagónico. Por otro lado, el centro y noreste de Patagonia, el sur del NOA y el este de Misiones presentaron los principales excesos (Figura 2.6)

A nivel mensual, el año comenzó con condiciones más húmedas (Figura 2.5). Gran parte del otoño e invierno se presentaron, en promedio, mayormente secos y el mes de junio fue el segundo más seco, a nivel país, desde 1961. El último trimestre del año estuvo caracterizado por registrar lluvias muy por debajo del promedio normal en gran parte de Argentina.

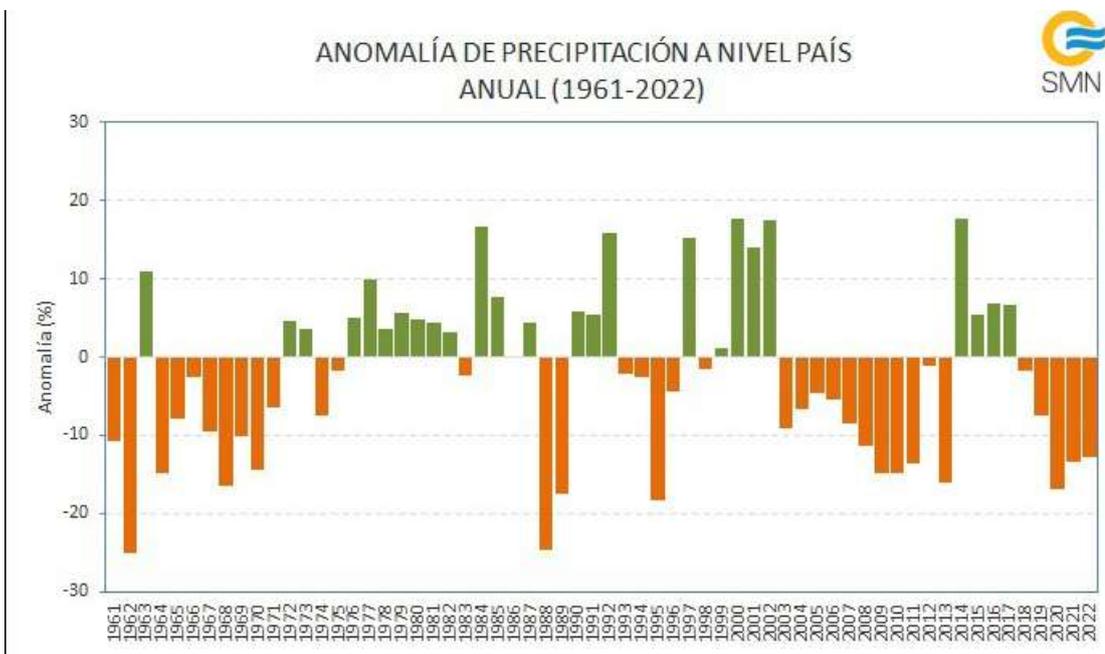


Figura 2.4. Anomalías porcentuales de precipitación a nivel país desde 1961 a 2022, con respecto al valor medio 1981-2010. En barras verdes se representan las anomalías positivas y en barras marrones, las negativas.

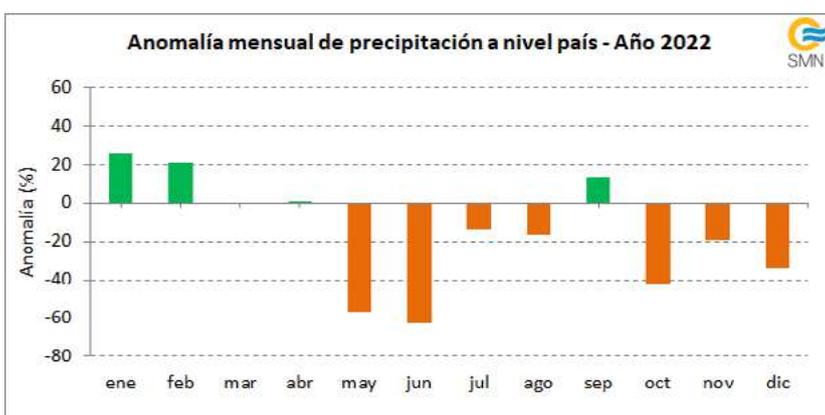


Figura 2.5. Anomalías porcentuales mensuales de precipitación a nivel país durante 2022, con respecto al valor medio 1981-2010. En barras verdes se representan las anomalías positivas y en barras marrones, las negativas.

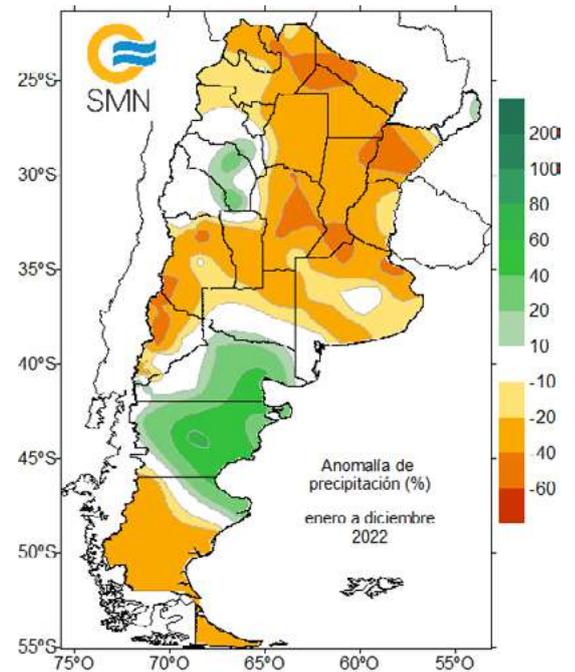


Figura 2.6. Anomalías porcentuales de precipitación durante 2022, con respecto al valor medio 1981-2010. En verde se indican las zonas con anomalías positivas y en marrón, con anomalías negativas.

## 2.3 Principales anomalías climáticas

### 2.3.1 TEMPERATURA ESTACIONAL

Las temperaturas medias presentaron un patrón diferente en cada estación del año. El **verano** (diciembre de 2021, enero y febrero de 2022) se caracterizó por temperaturas superiores a las normales, con mayores desvíos en el norte del país (Figura 2.7 arriba izq.). Los mayores apartamientos positivos superaron los +3 °C, como consecuencia de un diciembre y un enero muy cálidos, en los cuales se registraron varios valores récord (Tabla 2.1). Cabe destacar que, durante dichos meses, ocurrieron tres eventos de ola de calor.

El **otoño** (marzo, abril y mayo) estuvo marcado por temperaturas más frías que las normales (Figura 2.7 arriba der.). Los meses que resultaron más fríos fueron marzo y mayo, superándose varios récords (Tabla 2.2).

En el **invierno** (junio, julio y agosto), por el contrario, las anomalías fueron menores y prevalecieron condiciones próximas a las normales (Figura 2.7 abajo izq.).

En la **primavera** (septiembre, octubre y noviembre) se observó un predominio de anomalías positivas al sur de los 32 °S, con algunas localidades presentando valores récords para la época del año (Tabla 2.3). Por otro lado, los valores negativos se ubicaron en el noreste del territorio (Figura 2.7 abajo der.). Dentro del trimestre, noviembre se destacó por anomalías superiores a los +2 °C y por la ocurrencia de dos olas de calor, eventos atípicos para el mes.

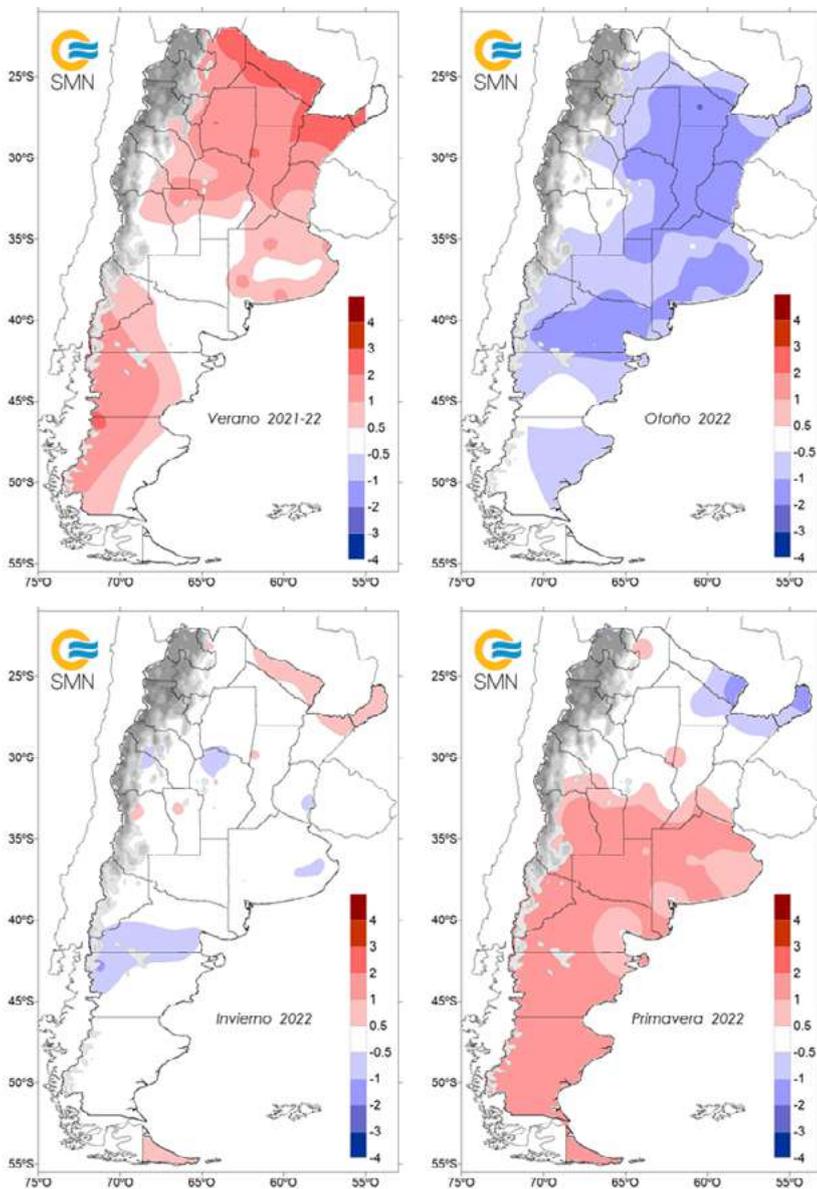


Figura 2.7. Anomalías de temperatura media de verano (arriba izq.), otoño (arriba der.), invierno (abajo izq.) y primavera (abajo der.) durante 2022, con respecto al valor medio 1981-2010. En rojo se indican las zonas con anomalías positivas y en azul, con

Tabla 2.1. Valores récord de temperatura media más alta en el verano de 2021/22, junto con los máximos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad.

| LOCALIDAD            | TEMPERATURA MEDIA VERANO DE 2021/2022 (°C) | MÁXIMO VALOR ANTERIOR (°C) | PERÍODO DE REFERENCIA |
|----------------------|--|----------------------------|-----------------------|
| Las Lomitas          | 30.1                                       | 29.7 (2012/13)             | 1961-2021             |
| Formosa              | 29.0                                       | 28.6 (1985/86)             | 1961-2021             |
| Posadas              | 29.0                                       | 28.2 (1985/86)             | 1961-2021             |
| Corrientes           | 28.5                                       | 28.3 (1985/86)             | 1962-2021             |
| Resistencia          | 28.4                                       | 27.9 (1985/86)             | 1961-2021             |
| Reconquista          | 27.5                                       | 27.4 (2011/12)             | 1961-2021             |
| Tartagal             | 27.4                                       | 27.2 (2012/13)             | 1961-2021             |
| Iguazú               | 27.4                                       | 26.3 (1962/63)             | 1961-2021             |
| Paso de los Libres   | 27.4                                       | 26.8 (1988/89)             | 1961-2021             |
| Oberá                | 27.4                                       | 26.5 (1985/86)             | 1961-2021*            |
| Sauce Viejo          | 26.8                                       | 26.8 (1988/89)             | 1961-2021             |
| Jujuy                | 24.7                                       | 24.5 (2016/17)             | 1961-2021             |
| Punta Indio          | 23.6                                       | 23.3 (1988/89)             | 1961-2021             |
| Bernardo de Irigoyen | 23.4                                       | 22.3 (2011/12)             | 1988-2021             |
| El Bolsón            | 18.8                                       | 18.5 (2007/08)             | 1992-2021             |
| Perito Moreno        | 16.5                                       | 16.1 (2007/08)             | 1990-2021             |
| El Calafate          | 14.3                                       | 14.2 (2011/12)             | 2001-2021             |

\* Período con interrupciones.

Tabla 2.2. Valores récord de temperatura media más baja en el otoño de 2022, junto con los mínimos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad.

| LOCALIDAD                    | TEMPERATURA MEDIA OTOÑO DE 2022 (°C) | MÍNIMO VALOR ANTERIOR (°C) | PERÍODO DE REFERENCIA |
|------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Presidencia Roque Sáenz Peña | 19.1                                 | 19.5 (1968)                | 1961-2021             |
| Bernardo de Irigoyen         | 17.5                                 | 17.6 (2013)                | 1988-2021             |
| Concordia                    | 17.1                                 | 17.2 (1968)                | 1963-2021             |
| Marcos Juárez                | 15.3                                 | 15.4 (1971)                | 1961-2021             |
| San Antonio Oeste            | 13.0                                 | 13.5 (1999)                | 1961-2021*            |
| Tandil                       | 12.3                                 | 12.6 (2005)                | 1971-2021             |

\* Período con interrupciones.

Tabla 2.3. Valores récord de temperatura media más alta en la primavera de 2022, junto con los máximos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad.

| LOCALIDAD           | TEMPERATURA MEDIA PRIMAVERA DE 2022 (°C) | MÁXIMO VALOR ANTERIOR (°C) | PERÍODO DE REFERENCIA |
|---------------------|--|----------------------------|-----------------------|
| Paso de Indios      | 13.3                                     | 12.9 (2012)                | 1971-2021             |
| San Julián          | 11.7                                     | 11.6 (2020)                | 1961-2021             |
| Gobernador Gregores | 11.1                                     | 11.0 (2016)                | 1961-2021*            |
| Perito Moreno       | 10.2                                     | 10.1 (2021)                | 1990-2021*            |
| Esquel              | 9.9                                      | 9.7 (2016)                 | 1961-2021             |
| Bariloche           | 9.7                                      | 9.3 (1999)                 | 1961-2021             |
| Ushuaia             | 7.3                                      | 7.2 (1988)                 | 1961-2021             |

\* Período con interrupciones.

Las temperaturas máximas fueron predominantemente más cálidas tanto en verano como en invierno y primavera (Figura 2.8 izq., centro der. y der). En algunas localidades se registraron valores récord para el verano (Tabla 2.4). En el otoño, las anomalías negativas superaron  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el Litoral, este de Formosa y Chaco, y centro de Buenos Aires (Figura 2.8 centro izq.). En el mes de mayo se produjeron los mayores desvíos. La primavera se presentó, en gran parte del territorio nacional, con valores positivos, con máximos en Buenos Aires, sur de Santa Fe, Córdoba y San Luis, noreste de La Pampa y norte y zona costera del sur de la Patagonia (Figura 2.8 der.). Por otro lado, los desvíos negativos se dieron en Misiones y este de Formosa. Durante este período se superaron varios valores récord (Tabla 2.5).

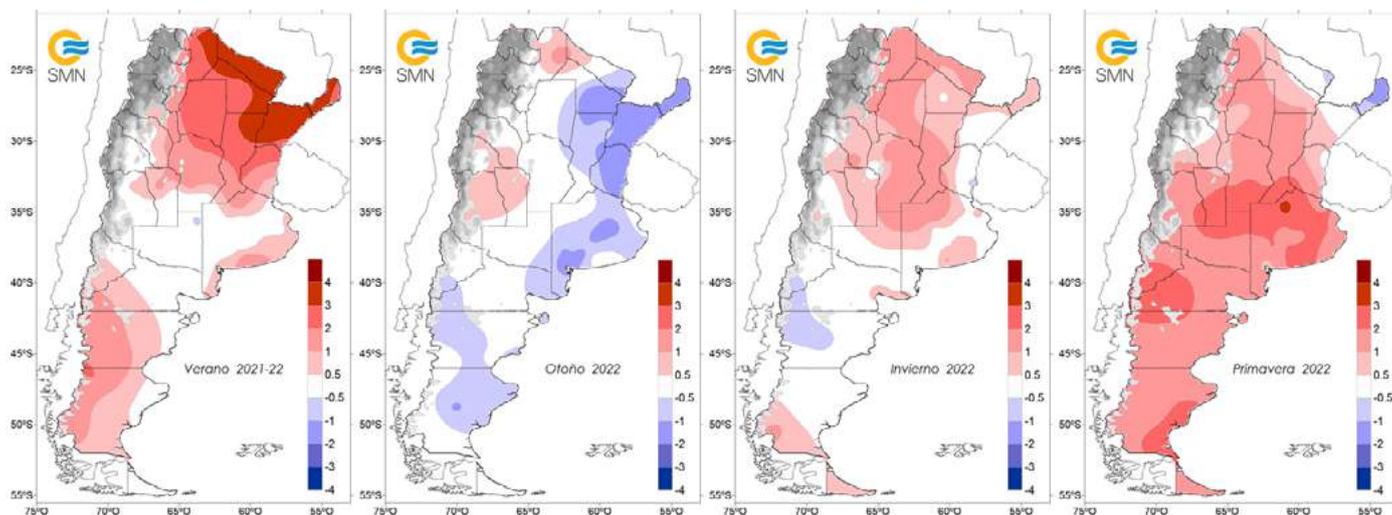


Figura 2.8. Anomalías de temperatura máxima media de verano (izq.), otoño (centro izq.), invierno (centro der.) y primavera (der.) durante 2022, con respecto al valor medio 1981-2010. En rojo se indican las zonas con anomalías positivas y en azul, con anomalías negativas.

Tabla 2.4. Valores medios de temperatura máxima media más alta en el verano, junto con los máximos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad.

| LOCALIDAD            | TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA VERANO DE 2021/22 ( $^{\circ}\text{C}$ ) | MÁXIMO VALOR ANTERIOR ( $^{\circ}\text{C}$ ) | PERÍODO DE REFERENCIA |
|----------------------|---|--|-----------------------|
| Las Lomitas          | 37.9  | 36.6 (2012/13)                               | 1961-2021             |
| Formosa              | 37.1  | 35.9 (1985/86)                               | 1961-2021             |
| Resistencia          | 36.5  | 35.3 (1985/86)                               | 1961-2021             |
| Corrientes           | 36.0  | 35.2 (1985/86)                               | 1962-2021             |
| Posadas              | 35.8  | 35.0 (1985/86)                               | 1961-2021             |
| Reconquista          | 35.0  | 34.1 (1988/89)                               | 1961-2021             |
| Iguazú               | 34.9  | 33.2 (1985/86)                               | 1961-2021             |
| Oberá                | 34.9  | 33.8 (1985/86)                               | 1961-2021*            |
| Paso de los Libres   | 34.6  | 33.8 (1988/89)                               | 1961-2021             |
| Tartagal             | 34.5  | 34.3 (2012/13)                               | 1961-2021             |
| Monte Caseros        | 34.4  | 33.9 (1988/89)                               | 1961-2021             |
| Bernardo de Irigoyen | 30.3  | 28.9 (2011/12)                               | 1988-2021             |
| El Calafate          | 19.9  | 19.6 (2011/12)                               | 2001-2021             |

\* Período con interrupciones.

Tabla 2.5. Valores récord de temperatura máxima media más alta en la primavera, junto con los máximos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad.

| LOCALIDAD      | TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA PRIMAVERA DE 2022 (°C) | MÁXIMO VALOR ANTERIOR (°C) | PERÍODO DE REFERENCIA |
|----------------|---|----------------------------|-----------------------|
| Rosario        | 26.6  | 26.6 (2008)                | 1961-2021             |
| Junín          | 26.0  | 26.0 (2008)                | 1961-2021             |
| General Pico   | 25.8  | 25.8 (2003)                | 1961-2021             |
| Nueve De Julio | 25.6  | 25.6 (2008)                | 1961-2021             |
| Pehuajó        | 24.3  | 24.3 (2014)                | 1961-2021             |
| Buenos Aires   | 24.2  | 24.2 (2008)                | 1961-2021             |
| Las Flores     | 23.9  | 23.9 (2008)                | 1961-2021             |
| La Plata       | 23.1  | 23.1 (2008)                | 1961-2021             |
| Tres Arroyos   | 23.1  | 23.1 (2008)                | 1961-2021             |
| Dolores        | 22.7  | 22.7 (1995)                | 1961-2021             |
| Azul           | 22.4  | 22.4 (1995)                | 1961-2021             |
| Tandil         | 22.2  | 22.2 (2008)                | 1961-2021             |
| Maquinchao     | 19.7  | 19.7 (2020)                | 1961-2021             |
| El Bolsón      | 19.6  | 19.6 (2021)                | 1992-2021             |
| San Julián     | 18.9  | 18.9 (2020)                | 1961-2021             |
| Bariloche      | 17.1  | 17.1 (1998)                | 1961-2021             |
| Rio Gallegos   | 16.7  | 16.7 (2016-2021)           | 1961-2021             |
| Esquel         | 16.6  | 16.6 (2021)                | 1961-2021             |
| El Calafate    | 15.1  | 15.1 (2021)                | 2001-2021             |
| Rio Grande     | 12.9  | 12.9 (1993)                | 2001-2021             |

En cuanto a las temperaturas mínimas de verano y otoño, estas presentaron el mismo patrón que las temperaturas medias y máximas (Figura 2.9 izq. y centro izq.). En varias localidades se superaron valores récord (Tablas 2.6 y 2.7). En invierno, las temperaturas mínimas fueron más frías que el promedio, con una mayor amplitud térmica (Figura 2.9 centro der.). Entre mayo y julio se produjeron tres episodios de ola de frío, que afectaron principalmente a la Patagonia y la provincia de Buenos Aires. La primavera estuvo caracterizada por anomalías negativas en el centro y norte del país, con valores inferiores a los -2 °C (Figura 2.9 der.). Los desvíos positivos se dieron en el sur de Cuyo, La Pampa y Patagonia. En algunas localidades se alcanzaron valores récord (Tabla 2.8).

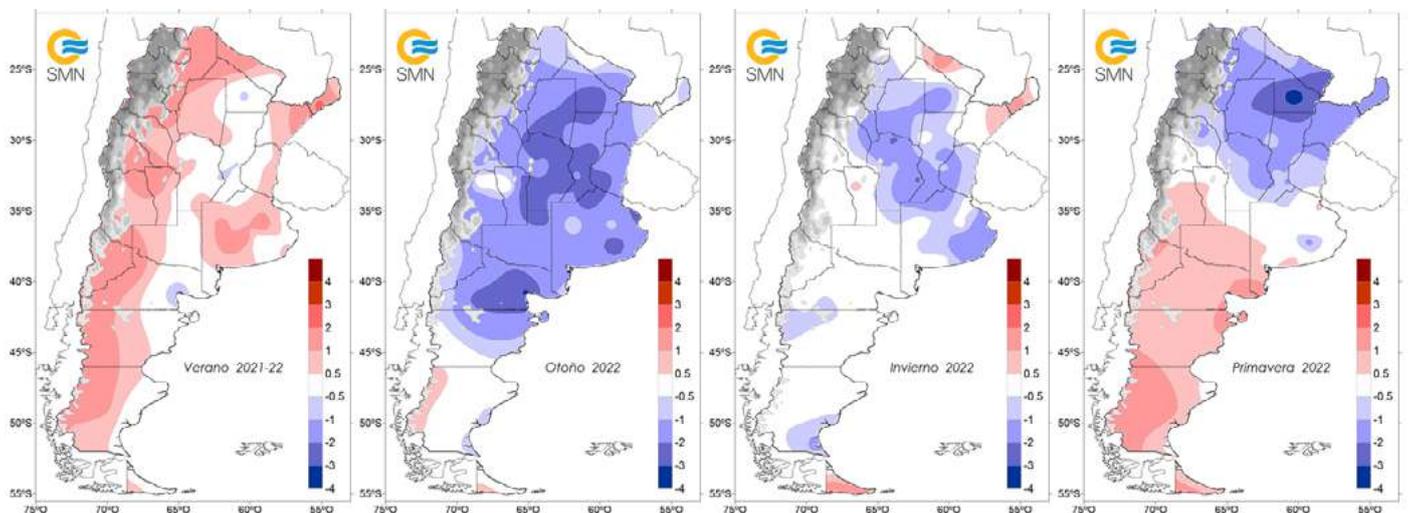


Figura 2.9. Anomalías de temperatura mínima de verano (izq.), otoño (centro izq.), invierno (centro der.) y primavera (der.) durante 2022, con respecto al valor medio 1981-2010. En rojo se indican las zonas con anomalías positivas y en azul, con anomalías negativas.

Tabla 2.6. Valores récord de temperatura mínima media más alta en el verano de 2021/22, junto con los máximos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad.

| LOCALIDAD     | TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA VERANO DE 2021/22 (°C) | MÁXIMO VALOR ANTERIOR (°C) | PERÍODO DE REFERENCIA |
|---------------|---|----------------------------|-----------------------|
| Tartagal      | 21.9  | 21.8 (2015/16)             | 1961-2021             |
| Oberá         | 21.7  | 21.4 (1983/84)             | 1961-2021             |
| San Juan      | 19.9  | 19.9 (2013/14)             | 1961-2021             |
| Tinogasta     | 19.6  | 19.3 (2016/17)             | 1961-2021             |
| Jujuy         | 19.4  | 19.2 (1997/98)             | 1961-2021             |
| Perito Moreno | 10.2  | 10.0 (2012/13)             | 1990-2021             |
| Bariloche     | 8.0   | 7.9 (2012/13)              | 1961-2021             |

Tabla 2.7. Valores récord de temperatura mínima media más baja en el otoño, junto con los mínimos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad.

| LOCALIDAD         | TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA OTOÑO DE 2022 (°C) | MÍNIMO VALOR ANTERIOR (°C) | PERÍODO DE REFERENCIA |
|-------------------|---|----------------------------|-----------------------|
| Tandil            | 5.2   | 5.4 (2005)                 | 1971-2021             |
| San Antonio Oeste | 5.1   | 6.9 (2019)                 | 1988-2021*            |
| Córdoba           | 8.9   | 9.3 (1979)                 | 1961-2021             |

\* Período con interrupciones.

Tabla 2.8. Valores récord de temperatura mínima media más baja en la primavera, junto con los mínimos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad.

| LOCALIDAD                    | TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA PRIMAVERA DE 2022 (°C) | MÍNIMO VALOR ANTERIOR (°C) | PERÍODO DE REFERENCIA |
|------------------------------|---|----------------------------|-----------------------|
| Presidencia Roque Sáenz Peña | 12.3  | 13.9 (1974)                | 1961-2021             |
| Resistencia                  | 12.7  | 12.8 (1974)                | 1961-2021             |
| Bernardo de Irigoyen         | 12.8  | 13.2 (1989)                | 1988-2021             |

### 2.3.2 PRECIPITACIÓN ESTACIONAL

El **verano** se caracterizó por importantes déficits de precipitaciones en la región norte y noreste del país (Figura 2.10 izq.), de hasta 300 mm por debajo de los valores normales para el noroeste de Corrientes, este de Chaco y norte de Santa Fe. Por el contrario, la zona norte de Patagonia registró eventos de lluvia excedentes en 150–200 mm. También Cuyo, noroeste y la región pampeana presentaron un verano con anomalías positivas.

Durante el **otoño** fueron escasos los eventos de lluvia; los más importantes fueron los que dejaron precipitaciones superiores a los valores normales en el norte de la Mesopotamia (Figura 2.10 centro izq.). Esto revirtió los déficits que prevalecían en el área desde el verano de 2020/21. En el resto del país predominaron las anomalías negativas de precipitación, principalmente en la región noroeste y central.

En el **invierno**, las precipitaciones fueron superiores a los valores normales en el **norte de Patagonia, donde se registraron importantes eventos de acumulación de nieve** (Figura 2.10 centro der.). Según Vialidad Nacional, Gendarmería Nacional e informes del Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo (SINAGIR), estos eventos causaron impactos en la región cordillerana, en áreas estratégicas para la circulación y en los pasos que conectan Argentina y Chile. Contrario a lo observado en el norte patagónico, **la zona central presentó escasez de precipitaciones**. Durante junio, varias estaciones de la región tuvieron valores de lluvia acumulada escasa o nula, produciéndose récords mensuales de precipitación mínima. Por ejemplo, Pehuajó, Junín, Nueve de Julio, Dolores, Buenos Aires y Punta Indio, entre otras, no registraron precipitación a nivel mensual. También las estaciones ubicadas al noreste del país no llegaron a superar los valores normales para la temporada.

En la **primavera**, se mantuvo el patrón de anomalías de precipitación observado durante el invierno (Figura 2.10 der.), pero se acentuaron los déficits de lluvia en la región central-este del país. Asimismo, durante septiembre, se destacaron las precipitaciones registradas en el norte de Patagonia y noroeste argentino, que, sumadas a las de los meses siguientes, superaron en más de 150 mm a los valores normales para el trimestre. En particular, **durante la tarde del lunes 19 y la noche del martes 20 de septiembre, se registraron lluvias severas en la costa del departamento de Escalante, Chubut, que afectaron principalmente a la ciudad de Comodoro Rivadavia**. Se reportaron daños en infraestructura de transporte, vehículos y viviendas. Los servicios esenciales se vieron alterados, con suspensión de clases y cortes de rutas. Se produjeron inundaciones en distintos barrios y familias fueron evacuadas y asistidas<sup>1</sup>. Durante noviembre, lluvias y/o tormentas intensas se observaron en el sur del NOA, el norte del Litoral, el sudeste de Buenos Aires, y el norte y noreste de Patagonia. Los débiles frentes fríos que cruzaron durante el mes fueron suficientes para desarrollar, especialmente sobre estas regiones, eventos de lluvias y tormentas intensas de las cuales algunas fueron severas con fuertes vientos y caída de granizo de gran tamaño. Estos episodios se dieron entre los días 11 y 13 de noviembre, entre el 17 y 20, y durante el último día del mes. En particular, el 12 de noviembre, distintas localidades de la provincia de Formosa registraron tormentas que ocasionaron anegamientos en calles, voladura de techos, caída de árboles, cortes de tendido eléctrico, interrupción del suministro de energía, vehículos dañados por la caída de granizo, entre otros impactos<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Los impactos asociados a las lluvias intensas del 19 y 20 de septiembre se obtuvieron de la Subsecretaría de Protección Civil y Gestión del Riesgo de Chubut, de los informes del SINAGIR y de la Cruz Roja Argentina.

<sup>2</sup> Los impactos asociados a las lluvias intensas del 12 de noviembre en Formosa se obtuvieron de la Policía Provincial de Formosa, de los informes SINAGIR y del Sistema Nacional de Gestión Integral del Riesgo.

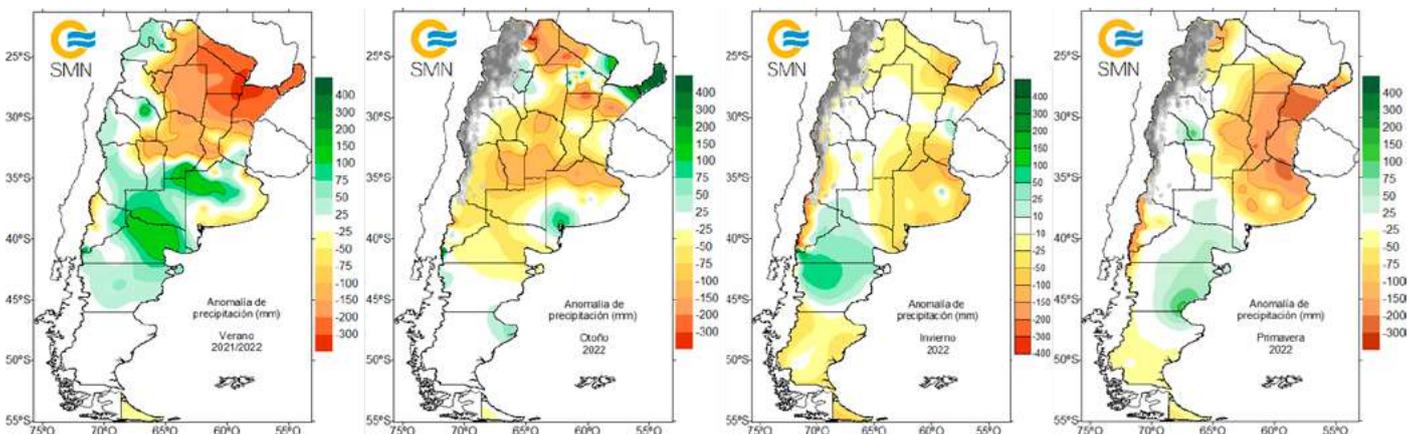


Figura 2.10. Anomalías de precipitación acumulada de verano (izq.), otoño (centro izq.), invierno (centro der.) y primavera (der.) durante 2022, con respecto al valor medio 1981-2010. En verde se indican las zonas con anomalías positivas y en marrón, con anomalías negativas.

En el contexto del predominio de la escasez de lluvias, varias localidades registraron precipitaciones acumuladas estacionales y anuales mínimas, que establecieron récords históricos (Tabla 2.9).

Tabla 2.9. Valores récord de precipitación acumulada estacional y anual más baja durante 2022 junto con los mínimos valores anteriores. El período de referencia considerado para cada localidad es 1961-2022.

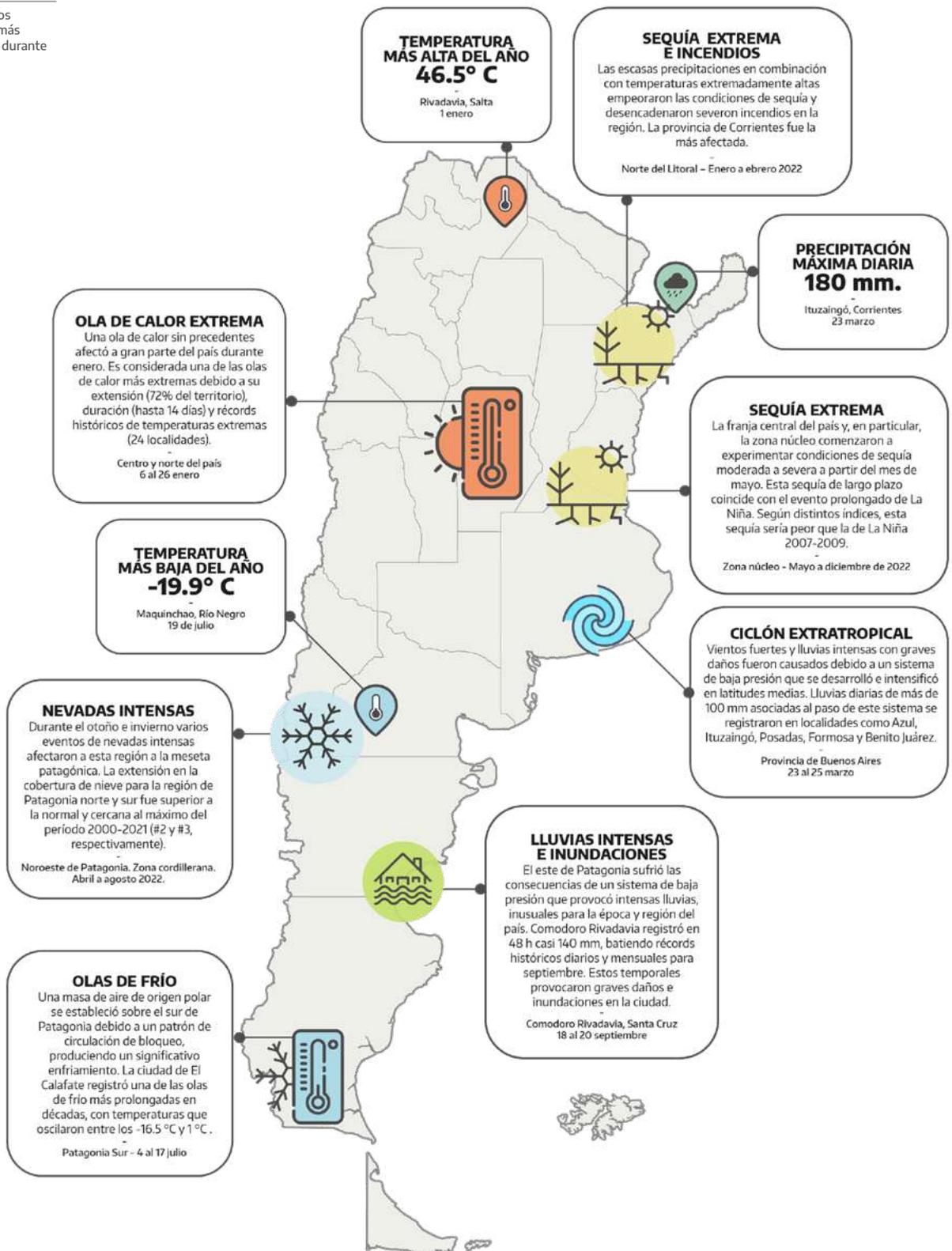
|                 | LOCALIDAD            | PRECIPITACIÓN ACUMULADA (MM) | MÍNIMO VALOR ANTERIOR (MM) |
|-----------------|----------------------|------------------------------|----------------------------|
| VERANO (DEF)    | Las Lomitas          | 124.0                        | 169.0 (2019)               |
|                 | Resistencia          | 103.5                        | 208.0 (2011)               |
|                 | Formosa              | 153.0                        | 197.0 (2011)               |
|                 | Corrientes           | 83.2                         | 211.3 (2011)               |
|                 | Paso de Los Libres   | 129.2                        | 157.9 (2005)               |
| OTOÑO (MAM)     | Mendoza Aero         | 4.0                          | 5.7 (1991)                 |
|                 | San Luis             | 29.0                         | 47.2 (2020)                |
|                 | Río Cuarto           | 57.0                         | 62.2 (2009)                |
|                 | San Rafael           | 7.0                          | 19.0 (1986)                |
|                 | San Martín (Mendoza) | 3.0                          | 4.2 (1976)                 |
| INVIERNO (JJA)  | Rosario              | 3.5                          | 10.3 (1995)                |
|                 | Junín                | 18.8                         | 20.7 (2007)                |
|                 | Buenos Aires         | 40.7                         | 52.7 (1988)                |
| PRIMAVERA (SON) | Paso de Los Libres   | 133.1                        | 155.9 (1964)               |
|                 | Rosario              | 110.7                        | 123.7 (1999)               |
|                 | Coronel Suarez       | 106.7                        | 107.8 (1974)               |
|                 | Campo de Mayo        | 57.8                         | 117.7 (2011)               |
| ANUAL           | Oran                 | 487.7                        | 553.1 (1995)               |
|                 | Corrientes           | 818.8                        | 877.3 (2020)               |
|                 | Paso de Los Libres   | 777.3                        | 883.9 (1962)               |
|                 | Río Cuarto           | 457.0                        | 467.3 (1971)               |
|                 | Rosario              | 561.1                        | 666.8 (1974)               |
|                 | Junín                | 591.7                        | 637.9 (2021)               |
|                 | La Plata             | 567.1                        | 581.9 (1979)               |
|                 | Campo de Mayo        | 658.1                        | 686.7 (2020)               |
|                 | Ezeiza               | 507.0                        | 634.1 (1979)               |

## 2.4 Eventos extremos

La Figura 2.11 resume los eventos meteorológicos más destacados del año 2022. En las siguientes secciones se hace una descripción más detallada de dichos eventos.

### 2.4.1 EVENTOS DESTACADOS Y VALORES DIARIOS EXTREMOS

Figura 2.11. Resumen de los eventos meteorológicos más destacados en Argentina durante 2022.



### 2.4.2 OLAS DE CALOR

<sup>3</sup>Un evento de ola de calor se define cuando las temperaturas máximas y mínimas superan o igualan, durante al menos tres días consecutivos y en forma simultánea, ciertos valores umbrales que dependen de cada localidad (percentil 90 del semestre cálido octubre-marzo). Los umbrales se encuentran en: <https://www.smn.gob.ar/estadisticas>.

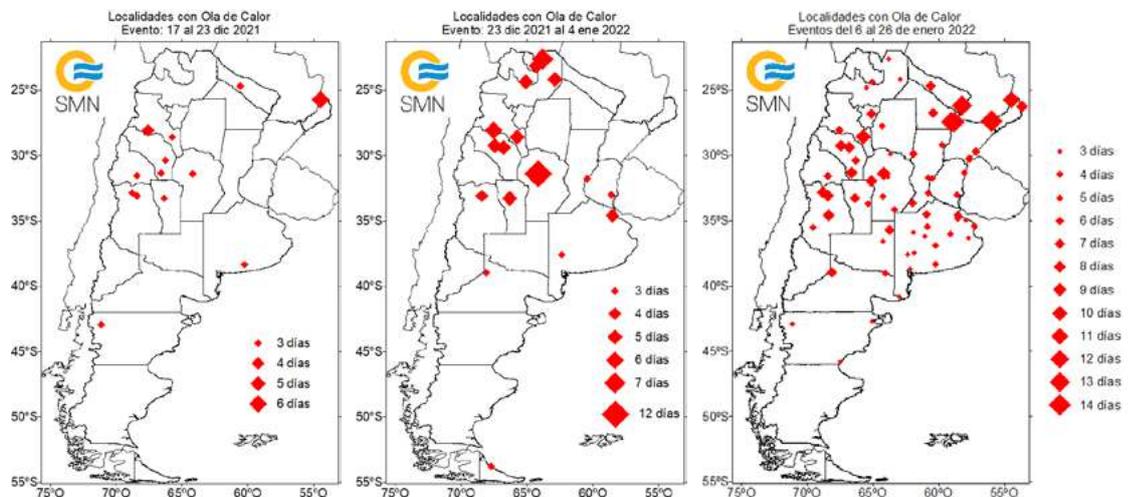
Durante el verano 2021/22, episodios de olas de calor<sup>3</sup> afectaron a gran parte del país. Entre mitad de diciembre y fin de enero tuvieron lugar tres eventos. El primero fue de corta duración y repercutió en forma aislada en el norte de Cuyo, sur del NOA, Formosa, Misiones, sur de Buenos Aires y noroeste de Chubut (Figura 2.12 izq.). La ola de calor más prolongada se registró en Iguazú, con seis días y con las temperaturas más altas alcanzadas en Las Lomitas (42.2 °C, el 19/12/2021), en Catamarca (40.0 °C, el 21/12/2021) y en San Juan (40.0 °C, el 20/12/2021).

El segundo episodio fue seguido del primero y afectó principalmente a la región del NOA, ciudad de Córdoba, parte de Cuyo, sur del Litoral y noreste de Buenos Aires (Figura 2.12 centro). En este caso, la duración de la ola de calor fue más prolongada, ya que alcanzó los 12 días en la ciudad de Córdoba y los siete días en Tartagal. Los valores más altos de temperatura se dieron con el comienzo del año (el 01/01/2022) en las localidades de Rivadavia (46.5 °C), Tartagal (43.6 °C) y Catamarca (43.5 °C).

El último evento de ola de calor del verano, que afectó a prácticamente todo el territorio al norte de 45°S, tuvo lugar durante gran parte de enero (Figura 2.12 der.) y es considerada **una de las peores olas de calor que afectaron al país en cuanto a extensión, duración e intensidad**. Durante este evento se alcanzó una duración de más de diez días en varias localidades del NEA, siendo máxima en Posadas, con 14 días. También se establecieron récords de duración e intensidad. En varias oportunidades, las temperaturas superaron ampliamente los 40 °C, incluso en regiones donde es poco frecuente, como en la costa atlántica bonaerense. **Decenas de récords históricos se quebraron durante este evento excepcional**. La ciudad de Mar del Plata registró 42.4 °C en la tarde del 14 de enero. Dentro de lo intenso de la ola, también se destacó la alta frecuencia de días con más de 40 °C, que fue máxima en el norte argentino, donde se batieron récords históricos (19 días en Las Lomitas y 18 días en Rivadavia).

Una mayor información sobre esta ola de calor se puede encontrar en: [https://www.smn.gob.ar/sites/default/files/Oladecalor\\_3\\_enero2022.pdf](https://www.smn.gob.ar/sites/default/files/Oladecalor_3_enero2022.pdf).

Figura 2.12. Olas de calor ocurridas durante el verano de 2021/22. Con el tamaño de los rombos rojos se indica la duración de los eventos.



Como consecuencia de las altas temperaturas de esta última ola de calor, se produjo un crecimiento de la demanda residencial de energía eléctrica, lo que provocó cortes en el suministro en varias partes del país. En particular, los máximos históricos y principales impactos se concentraron en la semana del 10 al 16 de enero, en la que se evidenció un aumento del consumo del +40 % frente a la misma semana del año anterior. En distintas zonas del Área Metropolitana de Buenos Aires hubo suspensión del servicio de las líneas de transporte ferroviario y subterráneo, cancelación de actividades comerciales y laborales con pérdidas económicas, interrupción en el normal suministro de combustible, interrupción de actividades en centros de salud e infraestructura crítica dañada. En Trelew se registraron levantamientos de pavimento producto de las altas temperaturas. Por su parte, la región del noreste se vio afectada no solo por la alta demanda del sistema eléctrico, sino también por la ocurrencia de múltiples incendios que se originaron debajo de la infraestructura y que pusieron en peligro la línea de alta tensión que abastece a gran parte del área<sup>4</sup>.

En la segunda mitad de noviembre, las condiciones de calor extremo dieron lugar al desarrollo de olas de calor en la franja central del país y en el sur del NOA, algo poco frecuente. En particular, el evento ocurrido entre los días 23 y 29 es considerado el más significativo por su extensión territorial e intensidad para

<sup>4</sup> Los impactos asociados a la última ola de calor del verano se obtuvieron de los informes SINAGIR, de las empresas TRANSENER y CAMMESA, de la Subsecretaría de Gestión del Riesgo y Protección Civil de la región del NEA, de la red de información y alerta de Chaco, entre otras fuentes.

Una mayor información sobre esta ola de calor se puede encontrar en: [https://www.smn.gob.ar/sites/default/files/informe\\_oladecalor\\_23-29noviembre2022.pdf](https://www.smn.gob.ar/sites/default/files/informe_oladecalor_23-29noviembre2022.pdf).

<sup>5</sup> Los impactos asociados a la ola de calor del 23 al 29 de noviembre se obtuvieron de los Informes del Comportamiento de la demanda Mercado Eléctrico Mayorista, de la empresa CAMMESA, de la Secretaría de Energía de la Nación, de los Informes SINAGIR, y del Sistema Nacional de gestión Integral del Riesgo.

Una mayor información sobre esta ola de calor se puede encontrar en: [https://www.smn.gob.ar/sites/default/files/informe\\_oladecalor\\_4-12diciembre2022.pdf](https://www.smn.gob.ar/sites/default/files/informe_oladecalor_4-12diciembre2022.pdf).

un mes de noviembre. Entre esas fechas, varias localidades superaron el récord de temperatura máxima más alta del mes en más de 60 años. En el AMBA se registró una importante cantidad de días con temperaturas medias por encima de los 25 °C y una temperatura media mensual superior a lo normal. Como consecuencia de este evento, se evidenció un aumento del 7.1 % de la demanda eléctrica total del país en relación al mismo período del año anterior. Más aún, el día 24 de noviembre se produjo una interrupción del servicio de energía eléctrica en la ciudad de La Plata por fallas en las líneas de alta tensión<sup>5</sup>.

Del 4 al 12 de diciembre de 2022, un nuevo evento de ola de calor, inusual para la época, afectó en forma generalizada a casi todo el centro y norte del país. Se registraron temperaturas máximas extremadamente altas de más de 40 °C por varios días consecutivos en algunas localidades. En nueve estaciones se alcanzó el máximo valor diario registrado para un mes de diciembre desde por lo menos el año 1961.

### 2.4.3 OLAS DE FRÍO

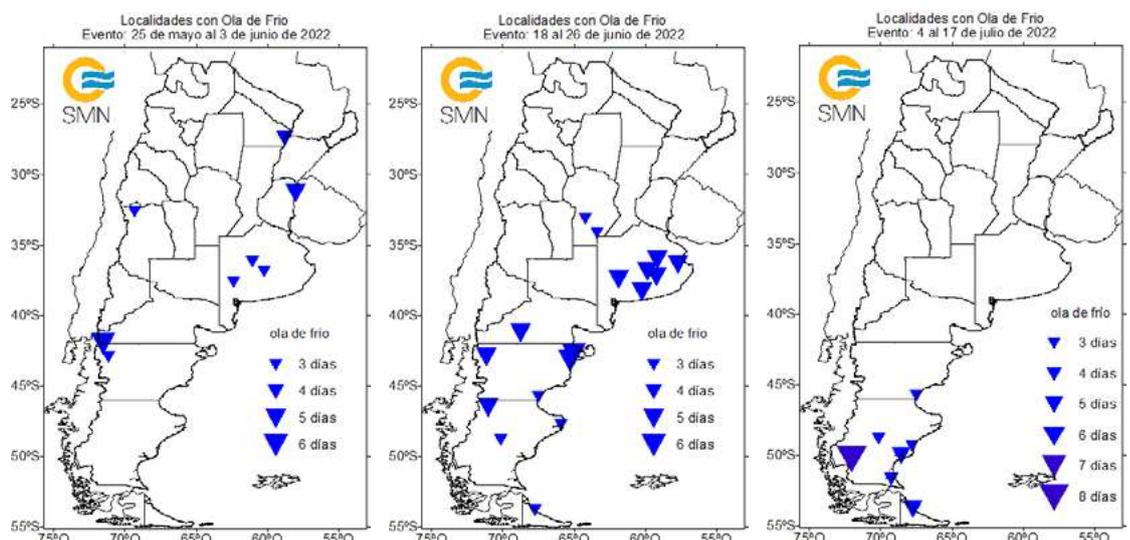
<sup>6</sup>Un evento de ola de frío se define cuando las temperaturas máximas y mínimas igualan o son inferiores, por lo menos durante 3 días consecutivos y en forma simultánea, ciertos valores que dependen de cada localidad (percentil 10 del semestre frío abril-agosto). Los umbrales se encuentran en: <https://www.smn.gob.ar/estadisticas>.

**Dentro de una temporada otoño-invierno más fría que lo normal, los episodios de ola de frío<sup>6</sup> tuvieron lugar entre los meses de mayo y julio.** El primer evento se registró entre fines de mayo y comienzos de junio, y afectó, en forma más bien aislada, al oeste de Patagonia, la provincia de Buenos Aires, el Litoral y el norte de Mendoza (Figura 2.13 izq.). La ola de frío en la localidad de El Bolsón tuvo la máxima duración (seis días), con temperaturas que oscilaron entre -7.5 °C y 6.4 °C. En Esquel se observó el valor más bajo de temperatura de este evento (-10.3 °C, el 26/05).

La segunda ola de frío tuvo lugar entre el 18 y 26 de junio, y fue la más extensa de la temporada, con efectos en gran parte de la Patagonia, centro y sur de Buenos Aires, y sur de Córdoba (Figura 2.13 centro). Su duración fue de entre tres y seis días, con temperaturas mínimas que descendieron hasta los -13,5 °C en Maquinchao el día 21 de junio. En la zona costera de Chubut se alcanzaron valores muy cercanos a los mínimos históricos (-10.1 °C en Trelew y -10.0 °C en Puerto Madryn, el 22/06).

El último evento de ola de frío tuvo lugar entre los días 4 y 17 de julio, pero fue más localizado sobre el sur de Patagonia (Figura 2.13 der.). **Este episodio resultó ser de los más intensos y prolongados para la ciudad de El Calafate,** donde por ocho días consecutivos las temperaturas se mantuvieron extremadamente bajas, con mínimas que oscilaron entre los -16,5 °C y -8.0 °C, y con máximas que no superaron los 1 °C.

Figura 2.13. Olas de frío ocurridas durante el invierno de 2022. Con el tamaño de los rombos azules se indica la duración de los eventos.



### 2.4.4 SEQUÍA

La situación de sequía que atraviesa el centro y norte de Argentina desde finales de 2019 se agravó en algunas zonas durante 2022. La sequía prevaleció durante todo el año en la región norte y noreste del país, pero se observó una mejora notable entre julio y agosto, principalmente en el norte de Mesopotamia (Figura 2.14). La zona central se vio afectada por condiciones de sequía moderada a severa. Allí, la escasez de lluvias abundantes en octubre favoreció un empeoramiento de la sequía hacia la categoría excepcional, principalmente en la región núcleo. Estas condiciones continuaron acentuándose durante los últimos meses del año, extendiéndose el área de sequía excepcional a gran parte del centro del país. También se destacó la región noroeste con condiciones de sequía excepcional y extrema hacia finales de año.

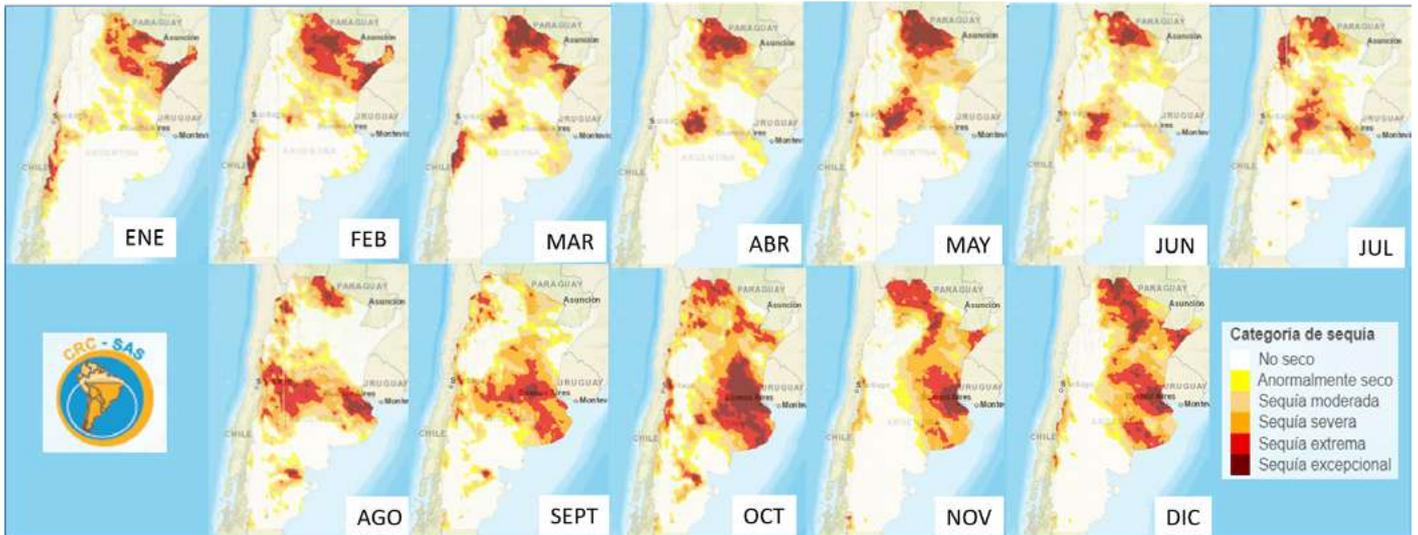
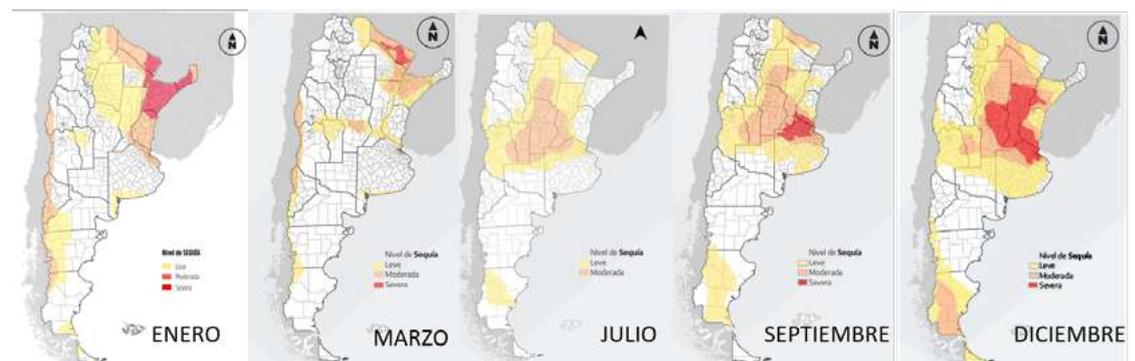


Figura 2.14. Evolución del Índice de Precipitación Estandarizado (OMM, 2012) para la escala de seis meses durante 2022, calculado mediante el producto CHIRPS (Funk y otros, 2015). En marrón se indican las zonas afectadas por alguna categoría de sequía, establecida de acuerdo a las especificaciones del US Drought Monitor. Fuente: SISSA/CRC-SAS. Más información de este producto en <https://sissa.crc-sas.org/monitoreo/estado-actual-de-la-sequia/>.

En la Mesa Nacional de Monitoreo de Sequía, integrada por diferentes instituciones nacionales, se analizan distintos indicadores agronómicos e hidrológicos para caracterizar la severidad del fenómeno. Sus informes se publican mensualmente y se acompañan de mapas de riesgo de sequía, categorizada en tres niveles: leve, moderada y severa. Durante enero de 2022, condiciones de sequía severa se observaron en Corrientes, Chaco, Formosa y Entre Ríos (Figura 2.15). En Corrientes, esta situación estuvo acompañada de importantes incendios que afectaron a más de 700 mil hectáreas y los niveles de almacenaje de agua en el suelo fueron los más bajos desde 1961. Los niveles de los puertos del río Paraná permanecieron muy bajos hasta finales de agosto, con un leve repunte en primavera. Entre marzo y septiembre empeoraron las condiciones hídricas en la región central, con condiciones de sequía moderada en Córdoba, sur de Santiago del Estero, San Luis, noroeste de Buenos Aires, sur de Santa Fe y noroeste de Formosa. Estas condiciones continuaron agravándose hacia finales del año, cuando gran parte del centro del país se encontraba con condiciones de sequía severa. En la última reunión de la Mesa Nacional de Monitoreo de Sequías de 2022, los indicadores analizados evidenciaron una intensa afectación del rendimiento de cultivos y de la ganadería por las condiciones de sequía severa en la región central, así como problemas de abastecimiento de agua para consumo animal y uso domiciliario. A nivel país, se identificaron 175 millones de hectáreas en sequía y más de 17 millones de cabezas de stock bovino en riesgo.

Figura 2.15. Evolución de las regiones de sequía durante 2022, de acuerdo a la Mesa Nacional de Monitoreo de Sequías. Fuente: [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas\\_d\\_eda/sequia/](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas_d_eda/sequia/).

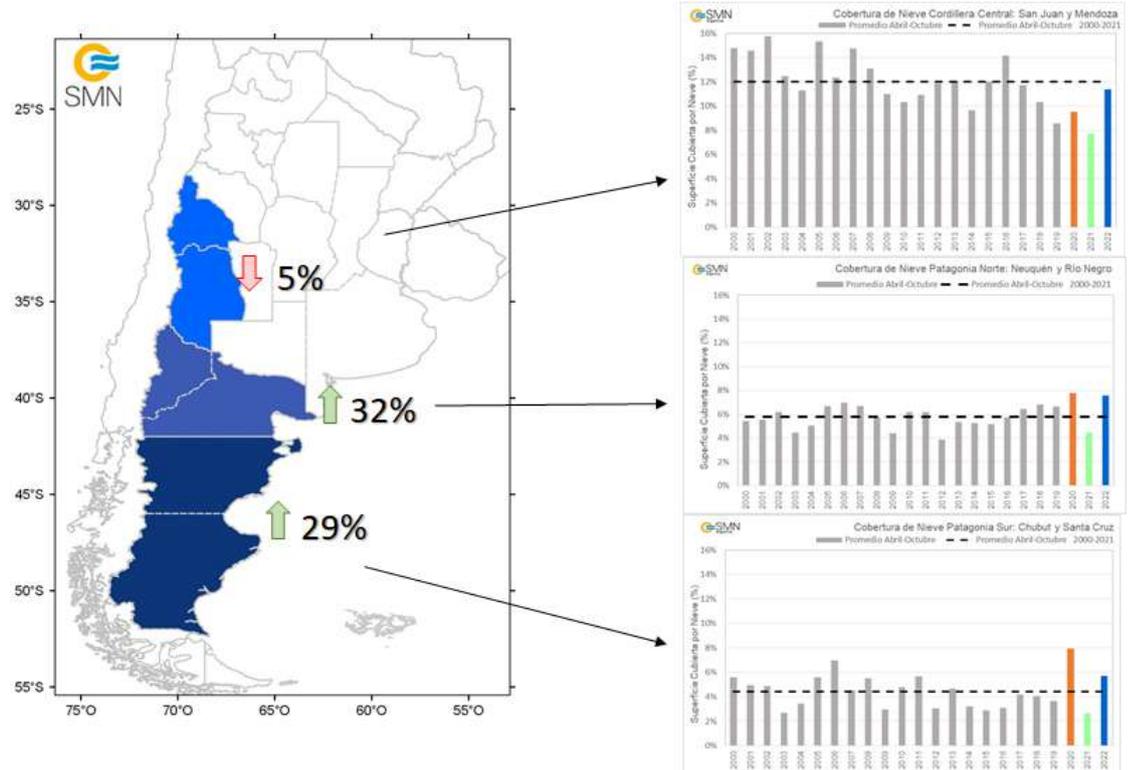
Una mayor información de la Mesa Nacional de Monitoreo de Sequía y sus informes se encuentran en: [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas\\_d\\_eda/sequia/](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas_d_eda/sequia/).



<sup>7</sup> Fenómeno caracterizado por la disminución en las precipitaciones y principalmente en las nevadas típicas del período frío (abril-octubre).

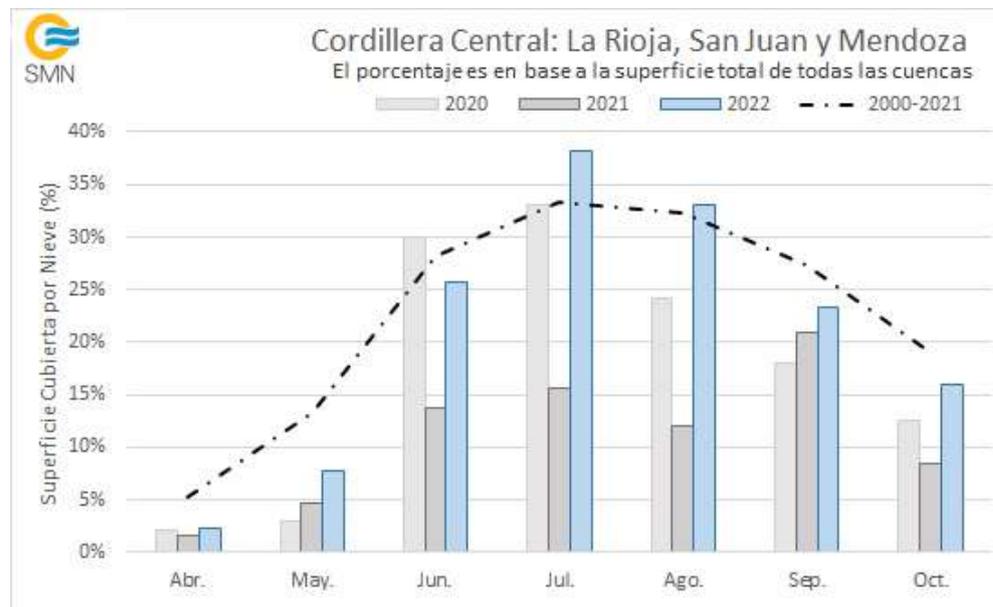
Desde 2010, la zona de los Andes centrales se encuentra atravesando un período caracterizado por la predominancia de déficits hídricos, denominado megasequía<sup>7</sup>, no siendo el 2022 la excepción. En la región de la cordillera central se observó que el promedio del porcentaje de la superficie cubierta de nieve de abril a octubre (período frío) del 2022 fue menor que la media del período 2000-2021, pero mayor que la de los anteriores dos años (Figura 2.16 der.). Durante esos meses, el estado de situación de la cobertura nival de la cordillera central presentó una anomalía negativa del 5 % con respecto al promedio del período de referencia (Figura 2.16 izq.). En las áreas denominadas como Patagonia norte y Patagonia sur se advirtieron desvíos positivos del 32 % y 29 %, respectivamente.

Figura 2.16: Izq.: Estado de situación de la cobertura nival de abril a octubre (período frío) de 2022, con respecto al período de referencia 2000-2021. Der.: Porcentaje de la superficie cubierta por nieve desde 2000 a 2022 y durante el período frío, para las regiones cordillera central (arriba), Patagonia norte (centro) y Patagonia sur (abajo). Corresponden a estimaciones de acuerdo al NDSI Snow Cover. Fuente de datos: sensor MODIS a bordo del satélite AQUA.



Para el período frío del 2022, y en base a los datos procesados por el Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), se observó que la cobertura nival de los Andes centrales estuvo, en términos generales, por encima de la del 2021. Los valores de los meses de julio y agosto superaron a los del 2020 y a los del promedio histórico de referencia 2000-2021.

Figura 2.17. Porcentaje de cobertura nival mensual en el período frío (abril a octubre) en la cordillera central de los Andes. En barras celestes, grises oscuros y grises claros se indican los valores del 2022, 2021 y 2020, respectivamente. En línea punteada se representan los valores del período 2000-2021. La cobertura espacial de nieve se estimó a partir del sensor MODIS a bordo de los satélites TERRA y AQUA. Fuente: Observatorio Regional de la Nieve, IANIGLA.



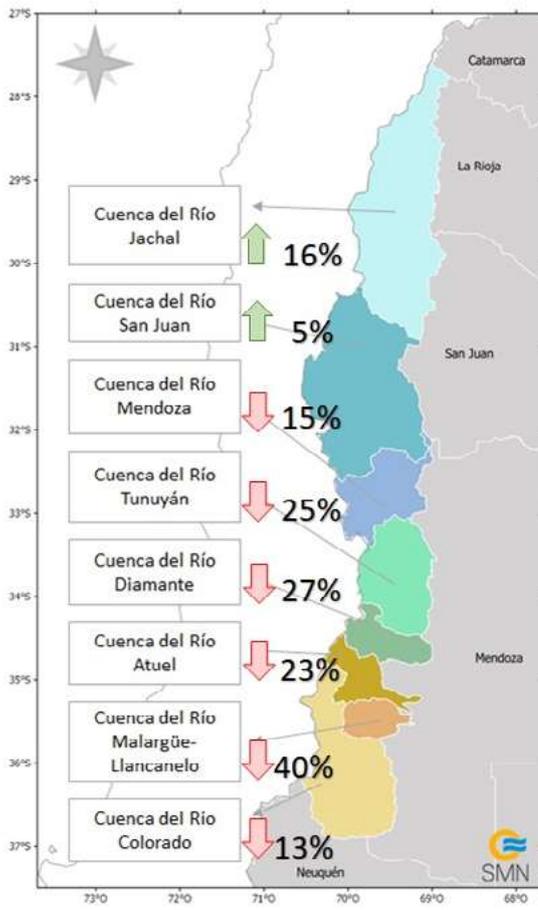


Figura 2.18: Porcentaje de la cobertura de nieve real de las cuencas hidrográficas de la cordillera central de los Andes para el año 2022, con respecto al valor medio 2000-2021.

Con respecto a las cuencas hidrográficas de la cordillera central y considerando el valor normal del período 2000-2021, las cuencas de los ríos Jachal y San Juan presentaron porcentajes anómalos positivos, del 16 % y 5 %, respectivamente (Figura 2.18). En las restantes cuencas hacia el sur se observaron anomalías negativas. El mayor desvío negativo correspondió a la cuenca del río Malargüe-Llancanelo, del 40 %.

La situación de sequía durante 2022 también propició la ocurrencia de incendios forestales y su rápida propagación. Debido a los incendios masivos, reiterados y de gran dimensión en distintas zonas críticas del país, el Poder Ejecutivo Nacional declaró, el 11 de enero de 2022, la emergencia ígnea en todo el territorio nacional. Esto fue publicado en el *Decreto 6/2022*, en el *Boletín Oficial*. La disposición se tomó con el fin de adoptar medidas para propiciar y atender con carácter inminente el combate de incendios forestales, la restauración de las zonas afectadas y la prevención de nuevos focos, por el plazo de un año desde su entrada en vigencia. Estos incendios perjudicaron a diferentes ecorregiones del país y generaron nocivas consecuencias sobre bosques, áreas naturales protegidas, zonas agrícolas, praderas, pastizales, matorrales y humedales.

Entre enero y diciembre de 2022, las provincias con mayor número de focos de calor (más de diez mil) fueron ocho, siendo Corrientes y Formosa las más afectadas (Figura 2.19). Estas presentaron el registro más alto en enero y febrero. En Salta ocurrió lo mismo, pero en el mes de noviembre. En las provincias de Santa Fe y Entre Ríos se dieron cantidades de focos relativamente parejas a lo largo de todo el año. Cabe destacar que las cantidades de focos de calor pueden ser utilizados para estimar el número de focos de incendio.

Figura 2.19. Cantidad de focos de calor en provincias con registros superiores a los diez mil, entre enero y diciembre de 2022. Esta información es generada por el Sistema de Información sobre Recursos (FIRMS, por sus siglas en inglés) de la NASA (<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>) y se obtiene a partir de las anomalías termales de calidad media-alta del sensor VIIRS del satélite Suomi-NPP.

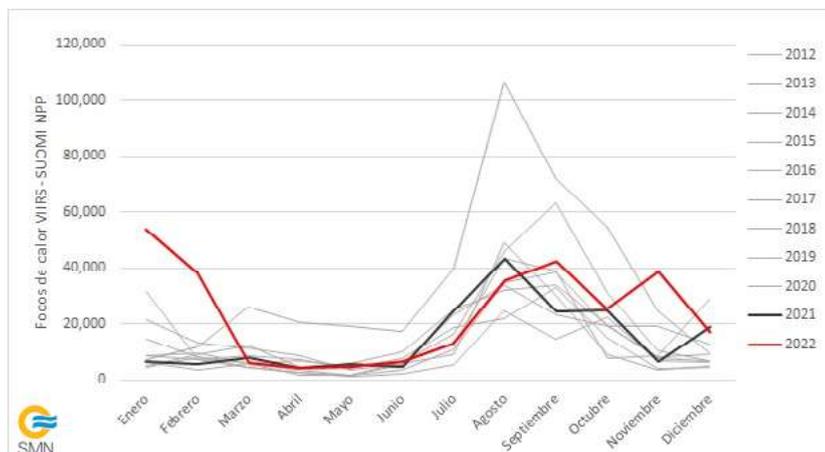
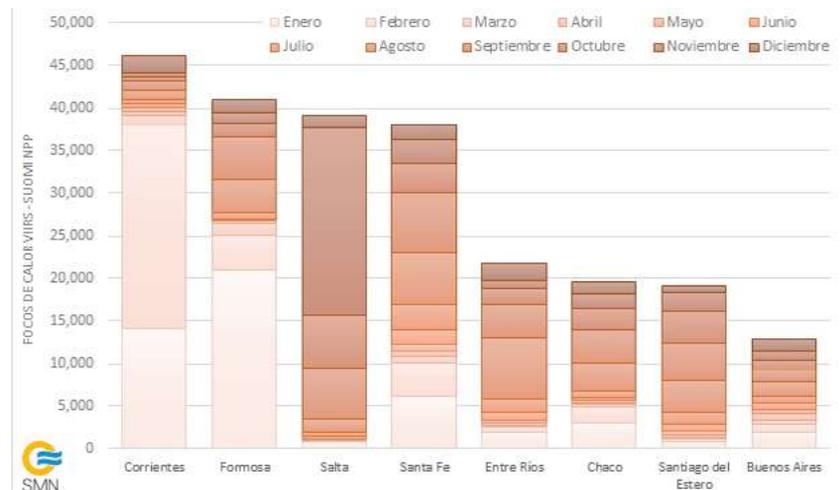


Figura 2.20: Evolución mensual de los focos de calor durante 2022, comparada con los años del período 2012-2021.

De marzo a octubre de 2022, la cantidad de focos de calor por mes se encontró dentro del rango de los valores medios de la mayoría de los años del período 2012-2021, exceptuando al 2020, que presentó la mayor cantidad de registros desde 2012 (Figura 2.20). Sin embargo, en el 2022 se observaron tres picos a destacar: el primero en enero y febrero, correspondiente a los incendios activos en Corrientes y Formosa; el segundo en septiembre, asociado a los incendios activos en varias provincias, incluido el delta del río Paraná; y el último en noviembre, vinculado a los incendios activos en Salta.

## 2.5 Temperatura en Antártida

La temperatura media durante el 2022 fue más cálida que lo normal en todos los sitios de observación del sector antártico (Figura 2.21). La mayor anomalía positiva de +2.9 °C correspondió a la base San Martín, con valores mensuales que superaron los +6 °C en los meses de julio a septiembre (Figura 2.22 arriba der.). En la base Belgrano II se presentó la menor anomalía anual de +0.8 °C, como consecuencia de un agosto atípicamente frío, con una anomalía de -2.8 °C, suficiente para atenuar la tendencia positiva (Figura 2.22 arriba izq.).

Figura 2.21. Anomalías de temperatura media anual para las bases Belgrano II, San Martín, Marambio, Esperanza, Carlini y Orcadas durante 2022, con respecto al valor medio 1981-2010. En barras rojas se representan las anomalías positivas y en barras azules, las negativas.

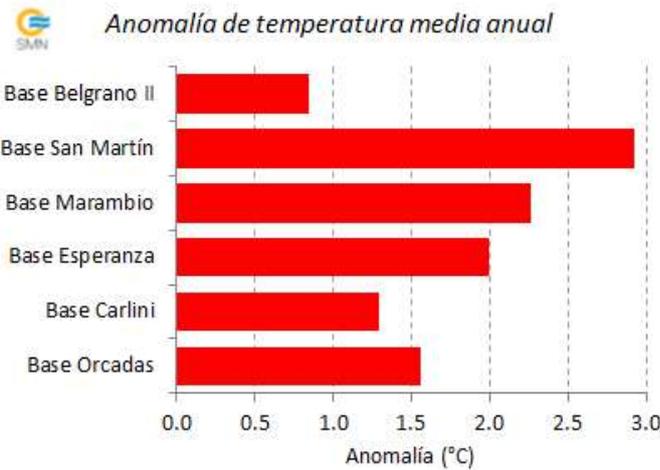
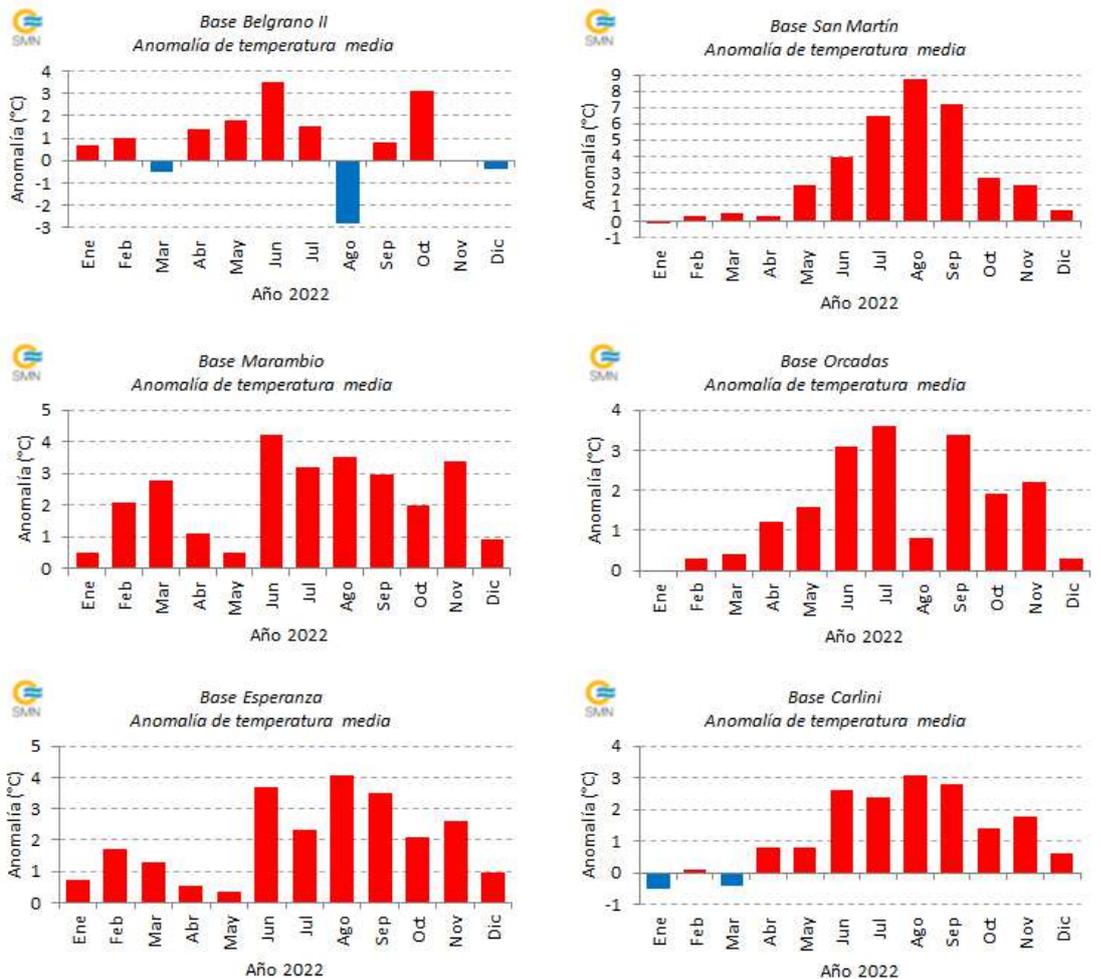
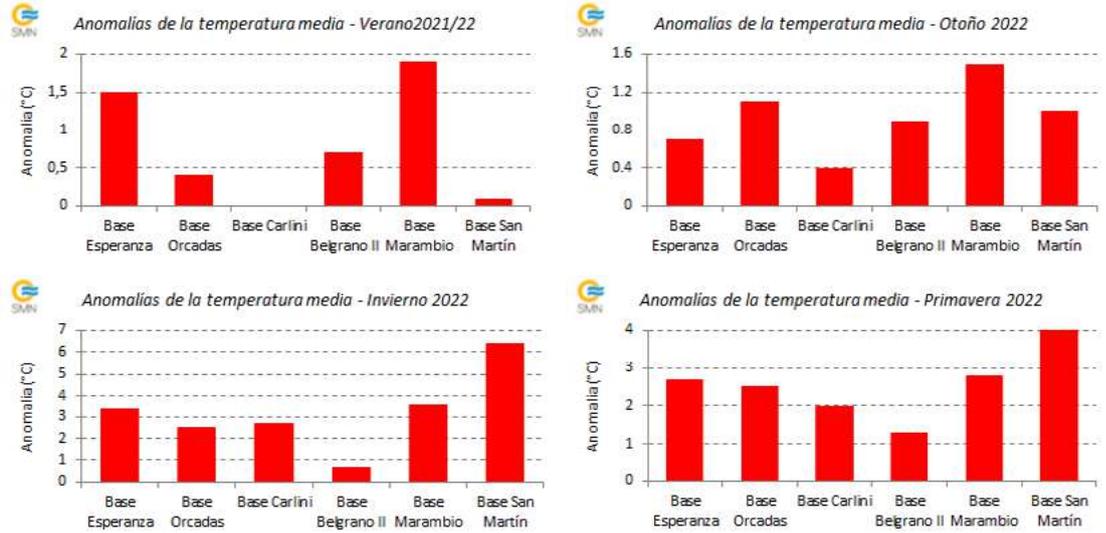


Figura 2.22. Anomalías mensuales de temperatura media para las bases Belgrano II (arriba izq.), San Martín (arriba der.), Marambio (centro izq.), Esperanza (centro der.), Carlini (abajo izq.) y Orcadas (abajo der.) durante 2022, con respecto al valor medio 1981-2010. En barras rojas se representan las anomalías positivas y en barras azules, las negativas.



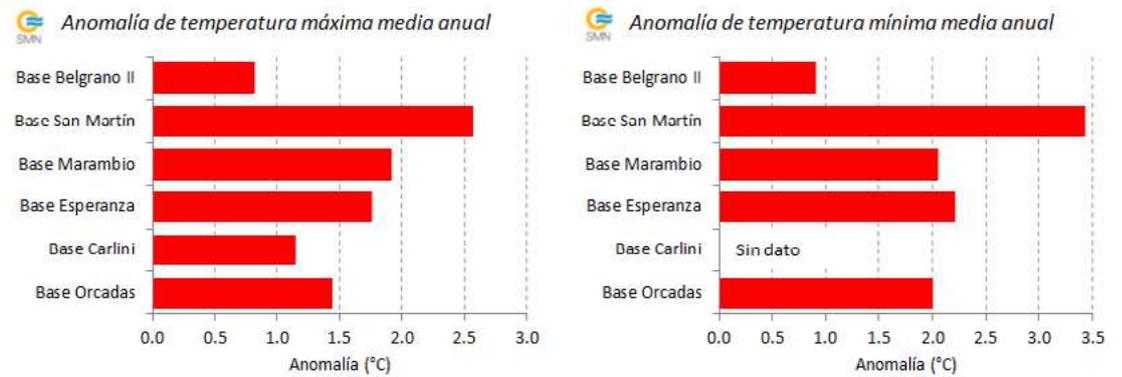
Consecuentemente, las anomalías estacionales durante el 2022 también fueron positivas en todas las estaciones antárticas (Figura 2.23). En invierno y primavera se presentaron los mayores apartamientos, con valores superiores a los +2.0 °C (Figura 2.3 abajo izq. y abajo der.). El mayor desvío fue de +6.4 °C en la base San Martín.

Figura 2.23. Anomalías de temperatura media de verano (arriba izq.), otoño (arriba der.), invierno (abajo izq.) y primavera (abajo der.) para las bases Esperanza, Orcadas, Carlini, Belgrano II, Marambio y San Martín durante 2022, con respecto al valor medio 1981-2010. En barras rojas se representan las anomalías positivas y en barras azules, las negativas.



La misma situación se observó en las temperaturas máximas y mínimas medias anuales (Figura 2.24). Las mayores anomalías también se advirtieron en la base San Martín, de +3.4 °C en la temperatura mínima y de +2.6 °C en la máxima. Tanto mensual como estacionalmente, el comportamiento de estas variables fue similar al de la media. Las temperaturas mínimas fueron las que presentaron, en general, los mayores apartamientos.

Figura 2.24. Anomalías de temperatura máxima media anual (izq.) y mínima media anual (der.) para las bases Belgrano II, San Martín, Marambio, Esperanza, Carlini y Orcadas durante 2022, con respecto al valor medio 1981-2010. En barras rojas se representan las anomalías positivas y en barras azules, las negativas.



En la escala anual se alcanzaron valores récords en cinco de las bases (Tabla 2.10). Más aún, durante 2022 se destacaron diversos registros que superaron o igualaron a los máximos anteriores (Tabla 2.11).

Tabla 2.10. Valores récord de diversos parámetros de temperaturas anuales en las bases antárticas, junto con los máximos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada base.

| BASE       | PARÁMETRO | TEMPERATURA Y ANOMALÍA (°C) | MÁXIMO ANTERIOR Y ANOMALÍA (°C) | PERÍODO DE REFERENCIA |
|------------|-----------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| San Martín | media     | -1.7 (+2.9)                 | -2.5 (+2.1) (2010)              | 1976-2021             |
|            | máxima    | 1.2 (+2.6)                  | 0.8 (+2.1) (2021)               | 1976-2021             |
|            | mínima    | -4.7 (+3.4)                 | -5.2 (+2.9) (1989)              | 1976-2021             |
|            | media     | -5.9 (+2.2)                 | -6.0 (+2.1) (2021)              | 1961-2021             |
| Esperanza  | mínima    | -5.9 (+2.2)                 | -6.0 (+2.1) (2021)              | 1961-2021             |
|            | máxima    | -1.5 (+1.6)                 | -1.7 (+1.4) (1989-2021)         | 1961-2021             |
| Orcadas    | máxima    | 1.3 (+1.4)                  | 1.0 (+1.2) (2021)               | 1961-2021             |
|            | mínima    | -0.5 (+1.3)                 | -0.5 (+1.3) (1989-2008)         | 1986-2021             |
| Marambio   | mínima    | -9.3 (+2.1)                 | -9.5 (+1.9) (2016)              | 1971-2021             |

Tabla 2.11. Valores récord de diversos parámetros de temperaturas mensuales o estacionales durante 2022 en las bases antárticas, junto con los máximos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada base.

| BASE        | MES O ESTACIÓN DEL AÑO | PARÁMETRO       | TEMPERATURA Y ANOMALÍA (°C) | MÁXIMO ANTERIOR Y ANOMALÍA (°C) | PERÍODO DE REFERENCIA |
|-------------|------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| San Martín  | Agosto                 | media           | -2.8 (+8.7)                 | -6.5 (+5.0) (2012)              | 1976-2021             |
|             |                        | máxima          | 0.3 (+7.2)                  | -2.8 (+4.1) (2012)              | 1976-2021             |
|             |                        | mínima          | -6.5 (+10.3)                | -9.6 (+7.2) (1998)              | 1976-2021             |
|             | Septiembre             | mínima          | -5.0 (+8.9)                 | -7.3 (+6.6) (2010)              | 1976-2021             |
|             | Invierno               | media           | -4.4 (+6.4)                 | -5.6 (+5.2) (1989)              | 1976-2021             |
|             |                        | máxima          | -1.3 (+5.3)                 | -2.5 (+4.1) (1989)              | 1976-2021             |
| mínima      |                        | -7.8 (+7.7)     | -9.0 (+6.5) (1989)          | 1976-2021                       |                       |
| Belgrano II | Enero                  | máxima absoluta | 11.4 (07/01/2022)           | 10.1 (21/01/1990)               | 1981-2021             |
| Carlini     | Febrero                | máxima absoluta | 13.6 (07/02/2022)           | 12.0 (11/02/2021)               | 1986-2021             |
|             | Noviembre              | media           | 1.5 (+1.8)                  | 1.4 (+1.7) (2010)               | 1986-2021             |
| Esperanza   | Verano                 | media           | 2.5 (+1.5)                  | 2.5 (+1.5) (2001/02)            | 1961-2021             |
| Orcadas     | Verano                 | mínima          | 0.4 (+1.1)                  | 0.3 (+1.0) (2010/11)            | 1961-2021             |

SECCIÓN 2: Referencias

Funk, C. y otros, 2015. The Climate Hazards Infrared Precipitation with Stations - A New Environmental Record for Monitoring Extremes [Los riesgos climáticos de las precipitaciones por infrarrojos con estaciones - Un nuevo registro medioambiental para vigilar los fenómenos extremos]. Scientific Data, 2: 150066.

Organización Meteorológica Mundial, 2012. Índice normalizado de precipitación: Guía del usuario. M. Svoboda, M. Hayes y D. Wood. Ginebra, Suiza.

# SECCIÓN | 3

## **FORZANTES DESTACADOS DE ESCALA ESTACIONAL Y SUBESTACIONAL**

Las variaciones del clima en la Argentina tienen cierta relación con fenómenos que ocurren mucho más allá de su territorio. El más conocido es El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), uno de los patrones más importantes de la variabilidad climática interanual, cuyos impactos pueden durar desde varios meses a pocos años. Existen otras oscilaciones que pueden desarrollarse simultáneamente en distintas escalas de tiempo y que, a su vez, pueden potenciar o inhibir el comportamiento de las precipitaciones, así como modular las temperaturas en el país. Entre ellas se destacan el Dipolo del Océano Índico (DOI o IOD, por sus siglas en inglés), la Oscilación Antártica o Modo Anular Austral (AAO o SAM, por sus siglas en inglés) y la Oscilación de Madden-Julian (MJO, por sus siglas en inglés), todas activas durante 2022. Cabe destacar que, si bien el estado, la evolución y la interacción de estos fenómenos pueden favorecer ciertas condiciones atmosféricas, no las determinan en su totalidad.

### | 3.1 Estado de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)

El 2022 comenzó con una fase fría del fenómeno ENOS o La Niña, que se mantuvo activa durante todo el año, siendo este el tercer año consecutivo bajo estas condiciones. Las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) durante todo el 2022 fueron negativas en el océano Pacífico ecuatorial alrededor y al este de la longitud 180°, asociadas a La Niña. Entre septiembre y noviembre, el enfriamiento en la región Niño 3.4 alcanzó su máxima intensidad, reflejando el pico de La Niña durante la primavera, cuando las anomalías de TSM fueron negativas desde 160°E hasta la costa de Sudamérica (Figura 3.1). Debido a la relación existente entre las fases del fenómeno y la precipitación en la región sur de la Cuenca del Plata y en la zona húmeda del país, **La Niña favoreció las lluvias deficitarias observadas, lo que agravó las condiciones secas en el área ya afectada por la sequía.**

Una mayor información del fenómeno y sus impactos en Argentina se puede encontrar en [https://www.smn.gob.ar/enos\\_que\\_es](https://www.smn.gob.ar/enos_que_es).



Anomalia de la TSM de septiembre a noviembre 2022

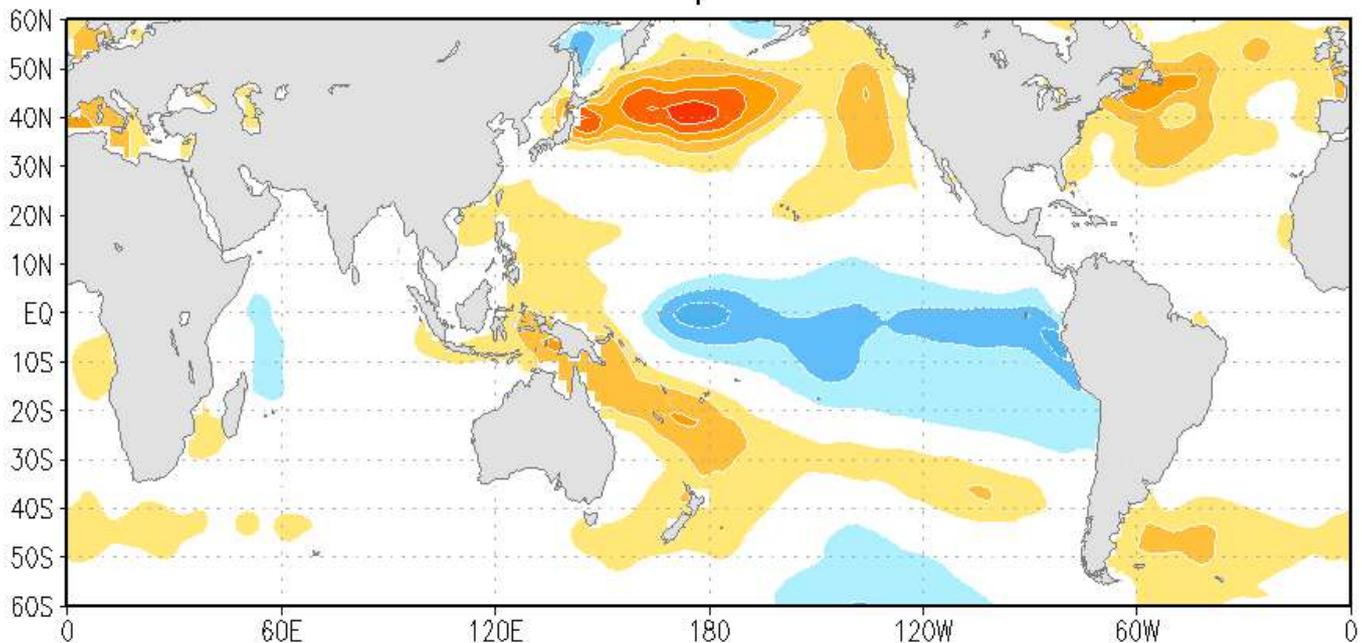
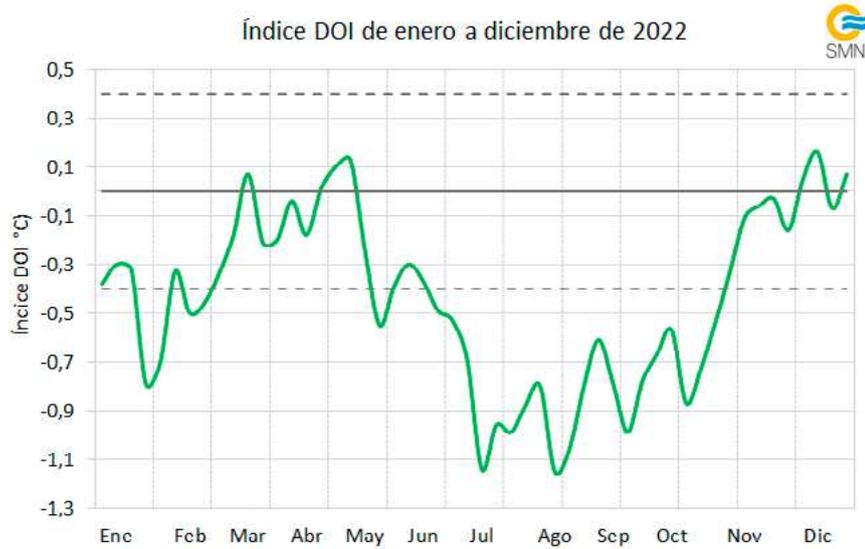


Figura 3.1. Promedio de anomalía de TSM entre el 1 de septiembre y el 30 de noviembre de 2022. Fuente de datos: NOAA/ESRL. Graficado por el SMN.

## 3.2 Estado del Dipolo del Océano Índico (DOI)

Desde noviembre de 2021 hasta principios de junio de 2022, el DOI permaneció con valores neutrales (Figura 3.2). **A partir del 13 de junio, el índice alcanzó valores acordes a una fase negativa** (valores inferiores a  $-0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), **manteniéndose hasta octubre inclusive**. Dado que la mayor teleconexión en el sur de Sudamérica ocurre durante la primavera austral, con la fase negativa del DOI tendiendo a inhibir las precipitaciones en la región, **este estado del fenómeno acentuó las condiciones secas en el noreste del país**. El índice volvió a presentar valores correspondientes a una fase neutral durante noviembre y diciembre de 2022.

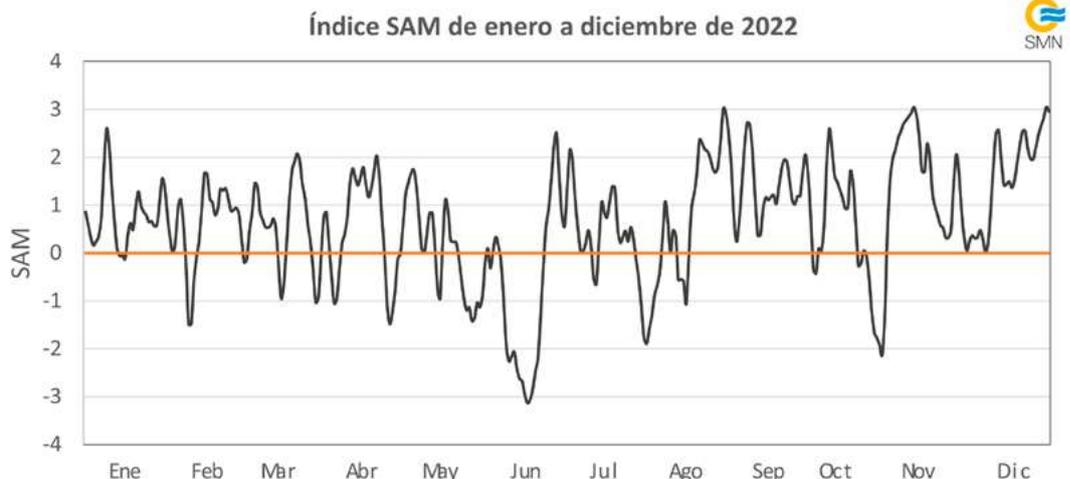
Figura 3.2. Evolución semanal del índice DOI de enero a diciembre de 2022. Para determinar una fase positiva (negativa) del DOI, el índice debe ser superior (inferior) a  $+0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) durante ocho semanas consecutivas. Fuente de datos: Bureau of Meteorology, Australia. Graficado por el SMN.



## 3.3 Estado de la Oscilación Antártica o Modo Anular Austral (SAM, AAO)

Durante la mayor parte del 2022, el índice diario de la SAM indicó el predominio de la **fase positiva del fenómeno** (Figura 3.3). Las fases negativas se presentaron, en general, en períodos más cortos. Una excepción a esto fue lo ocurrido en junio, con la fase negativa más larga e intensa del 2022, que coincidió con el ingreso de una fuerte ola de frío en gran parte del país. Por el contrario, entre julio y diciembre prevalecieron las fases positivas, a excepción de un estado negativo a finales de octubre. En Argentina, la SAM en fase positiva tiende a generar condiciones más estables en el centro y norte de Argentina, al inhibir la penetración de frentes fríos en latitudes medias. Se la asocia a anomalías positivas de temperatura y a menores precipitaciones en estas latitudes, por lo que pudo haber contribuido a las condiciones deficitarias de lluvia observadas durante 2022.

Figura 3.3. Evolución del índice diario SAM de enero a diciembre de 2022. Fuente de datos: CPC/NOAA. Graficado por el SMN.



## 3.4 Estado de la Oscilación de Madden-Julian (MJO)

La MJO es el patrón principal de variabilidad climática en los trópicos, con períodos entre 20 y 70 días. Induce anomalías en la lluvia y en la circulación atmosférica de la banda tropical a medida que avanza hacia el este, tardando entre 30 y 60 días. Entre enero y diciembre del 2022 se registraron varios eventos de la MJO (Figura 3.4), algunos de los cuales generaron impactos en Argentina. Entre el 1 y el 14 de enero de 2022 se desarrolló un evento intenso, que presentó una señal significativa. En ese período se observó precipitación por debajo de lo normal en varias localidades del centro y norte del territorio. Esto condice con el comportamiento esperado para el verano que indica que, cuando la MJO se encuentra en la fase 7, se reducen las chances de episodios de precipitación intensa en el norte del país. En el otoño se destacó un evento moderado entre el 4 y el 21 de mayo, que favoreció temperaturas bajas en el norte de Argentina. En el invierno se desarrolló un evento de MJO entre el 23 de junio y el 21 de julio, que propició bajas temperaturas. Sin embargo, su señal se vio inhibida por la influencia de otros forzantes subestacionales. También se identificó un evento en la primavera, entre el 9 de octubre y el 8 de noviembre; en este caso, su señal se vio atenuada por la presencia de la fase fría del ENOS. Durante el año se registraron otros eventos de MJO, pero sus efectos no fueron coherentes con el patrón de precipitación y temperatura esperado en Argentina, lo que sugiere la predominancia de otros forzantes atmosféricos en la región.

Evolución de la MJO entre enero y diciembre 2022

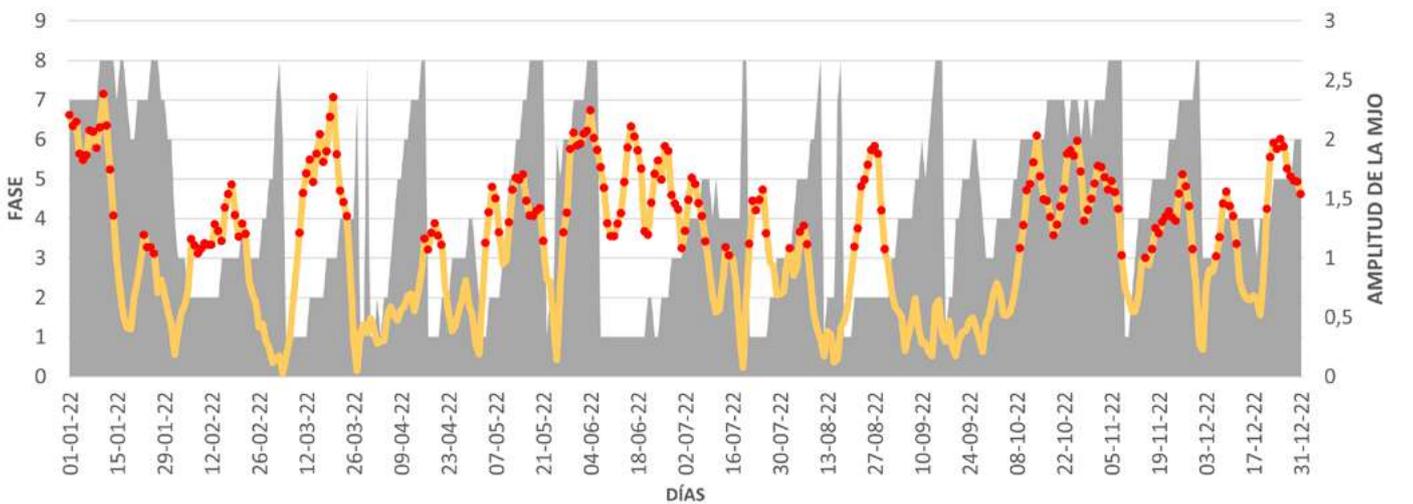


Figura 3.4. Evolución de la MJO entre enero a diciembre de 2022. El sombreado indica la fase del fenómeno (eje de la izquierda), mientras que la curva naranja, la amplitud del mismo (eje de la derecha). Los puntos rojos representan los días en que la amplitud de la oscilación es significativa (mayor a 1). Fuente de datos: Bureau of Meteorology, Australia. Graficado por el SMN.

SECCIÓN 3: Bibliografía recomendada  
 SMN, 2017. Oscilaciones, el Mundo en Movimiento. Revista Meteoros - Año 9 No 4, p. 52-61. Repositorio institucional del SMN.  
<http://repositorio.smn.gov.ar/bitstream/handle/20.500.12160/1188/MET09-4.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

# SECCIÓN | 4 **GASES DE EFECTO INVERNADERO Y REACTIVOS**

Los gases de efecto invernadero (GEI), gases reactivos (GR) y aerosoles son compuestos de la atmósfera de origen natural y antropogénico. En particular, los GEI absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro electromagnético, lo que provoca el efecto invernadero, que existe de forma natural en la atmósfera y mantiene la temperatura necesaria para la vida en el planeta. Sin embargo, cuando las concentraciones de estos gases aumentan de manera significativa, producto de las actividades del hombre, también lo hace su retención de calor, lo que da lugar al fenómeno de calentamiento global con sus consecuencias asociadas. Los principales GEI naturales y antropogénicos son el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el metano (CH<sub>4</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>) superficial, mientras que el monóxido de carbono (CO) es considerado GR.

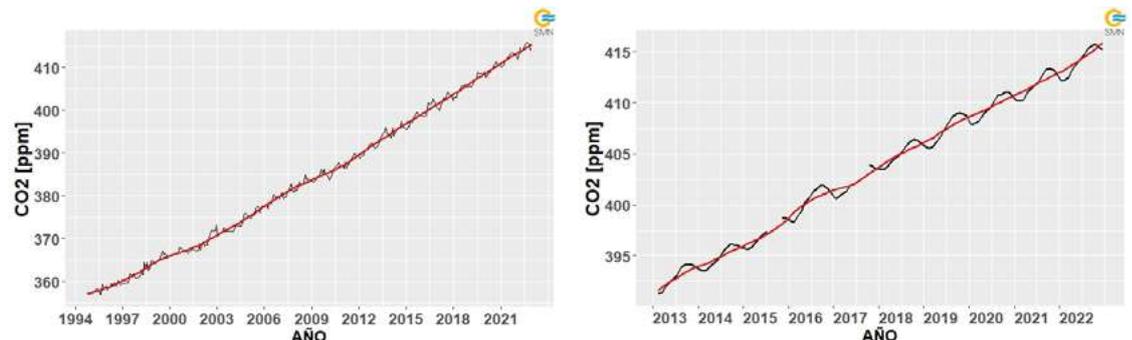
En respuesta al calentamiento global y al cambio climático, la OMM dirige diversos programas de monitoreo de GEI y otros componentes atmosféricos para apuntalar acciones de reducción de emisiones. En particular, se distingue el programa de mediciones de Vigilancia Atmosférica Global (VAG), que coordina y disponibiliza a nivel mundial las observaciones de GEI, GR, aerosoles y O<sub>3</sub> estratosférico y troposférico. Este programa se desarrolla en Argentina a partir de la década del 90, situando puntos de monitoreo en estaciones dependientes del SMN. Detalles de las mismas se pueden consultar en la sección 4 del *Reporte sobre el Estado del Clima en Argentina 2020* (SMN, 2021).

## 4.1 Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

El CO<sub>2</sub> es el GEI antropogénico más significativo por su larga duración en la atmósfera y es un elemento fundamental en el ciclo del carbono. Por el gran impacto que genera, es importante medir su concentración y analizar las interacciones con el medio ambiente, para identificar las consecuencias de las actividades humanas.

Las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> han ido aumentando a escala mundial desde la época preindustrial. Actualmente, la mitad del CO<sub>2</sub> emitido por actividades humanas permanece en la atmósfera. En Argentina, las mediciones realizadas en las estaciones VAG Ushuaia y Marambio muestran un incremento constante de dicho gas en el período de registro (Figura 4.1).

Figura 4.1. Izq.: Registros de fracciones molares de CO<sub>2</sub> en la estación VAG Ushuaia en el período 1994-2022, a través del proyecto de mediciones discontinuas con flask de la NOAA. Der.: Mediciones continuas de las fracciones molares de CO<sub>2</sub> en la estación Marambio en el período 2013-2022, a través del convenio con el Instituto Meteorológico Finlandés. Para ambos casos, las líneas negras representan los promedios mensuales de concentración de CO<sub>2</sub> y las líneas rojas, los valores medios mensuales luego de suprimir la variación estacional del gas.



Sumado al incremento sostenido de cada año, la concentración de CO<sub>2</sub> presenta ciclos anuales bien marcados dominados por el crecimiento de la vegetación en el hemisferio norte. Durante 2022, esto se observó en las mediciones continuas de CO<sub>2</sub> de las estaciones VAG Ushuaia (Figura 4.2) y Marambio (Figura 4.3), alcanzando el valor máximo en la media mensual de 415.7 ppm<sup>1</sup> en ambas estaciones durante el mes de octubre. Estos valores son inferiores a la media global de 416.1 ppm del mismo mes, registrada por el Laboratorio de Vigilancia Mundial de la NOAA (Lan y otros, 2023a). Son, sin embargo, superiores a los correspondientes valores del 2021.

<sup>1</sup> ppm: Partes por millón.

Figura 4.2. Mediciones continuas de las fracciones molares de CO<sub>2</sub> registradas en la estación VAG Ushuaia durante 2022. Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los verdes, a los promedios mensuales.

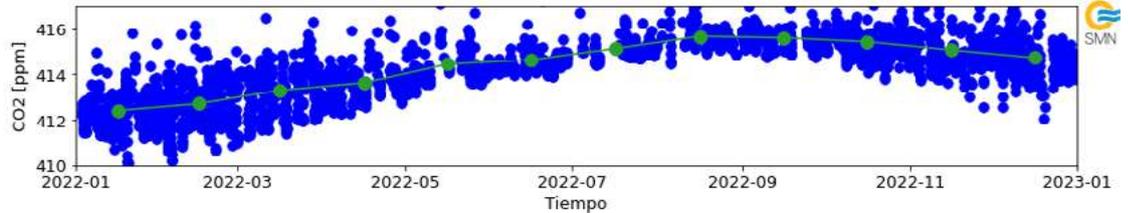
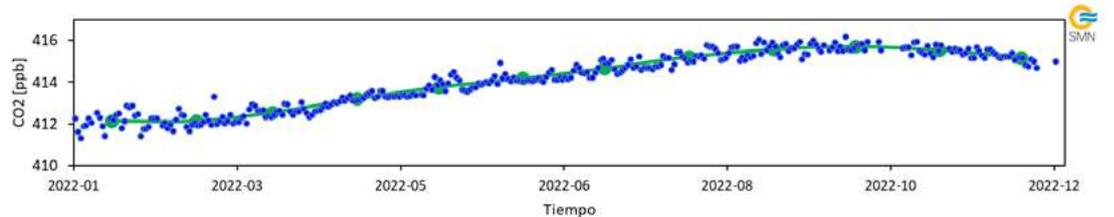


Figura 4.3. Mediciones continuas de las fracciones molares de CO<sub>2</sub> registradas en la estación Marambio durante 2022, a través del convenio con el Instituto Meteorológico Finlandés. Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los verdes, a los promedios mensuales.

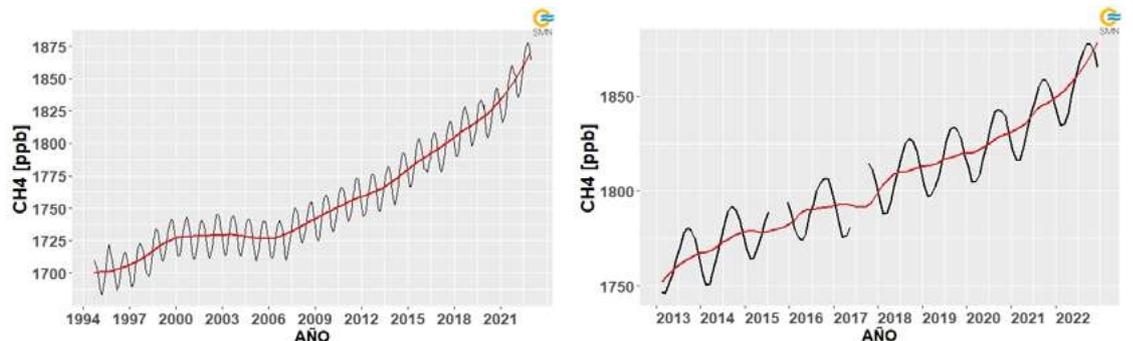


## 4.2 Metano (CH<sub>4</sub>)

El CH<sub>4</sub> es un GEI muy potente, con una eficiencia en el calentamiento global 28 veces superior a la del CO<sub>2</sub> y un tiempo de residencia de aproximadamente 10 años. El efecto neto de su tiempo de residencia relativamente corto y su mayor absorción de energía hace que el CH<sub>4</sub> sea el segundo GEI de origen antropogénico en importancia en contribuir al calentamiento global. Los principales emisores de dicho gas son las actividades agropecuarias, así como algunos cultivos como el arroz y, de manera natural, los pantanos y humedales. En zonas del Ártico y la Antártida, el proceso de deshielo también produce la liberación de gran cantidad de CH<sub>4</sub> a la atmósfera.

Al igual que el CO<sub>2</sub>, la concentración de CH<sub>4</sub> se incrementa año tras año a nivel global. En Argentina, este aumento se observa tanto en VAG Ushuaia como en Marambio (Figura 4.4).

Figura 4.4. Izq.: Registros de fracciones molares de CH<sub>4</sub> en la estación VAG Ushuaia en el período 1994-2022, a través del proyecto de mediciones discontinuas con flask de la NOAA. Der.: Mediciones continuas de fracciones molares de CH<sub>4</sub> en la estación Marambio en el período 2013-2022, a través del convenio con el Instituto Meteorológico Finlandés. Para ambos casos, las líneas negras representan los promedios mensuales de concentración de CH<sub>4</sub> y las líneas rojas, los valores medios mensuales luego de suprimir la variación estacional del gas.



Las variaciones interanuales de CH<sub>4</sub> dependen de distintos factores como el transporte y su mezcla a nivel global. En el hemisferio sur, los ciclos estacionales de la concentración sufren bajas en sus valores a finales del verano y otoño. Esto se advirtió durante el 2022 tanto en VAG Ushuaia (Figura 4.5) como en Marambio (Figura 4.6). En el mes de septiembre, en la primera estación se alcanzaron promedios máximos mensuales de 1878 ppb<sup>2</sup> y, en la segunda, de 1877 ppb. Según el Laboratorio de Vigilancia Mundial de la NOAA, el promedio global de CH<sub>4</sub> para septiembre de 2022 fue de 1915.7 ppb (Lan y otros, 2023b).

<sup>2</sup> ppb: Partes por billón.

Figura 4.5. Mediciones continuas de las fracciones molares de CH<sub>4</sub> registradas en la estación VAG Ushuaia durante 2022. Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los verdes, a los promedios mensuales.

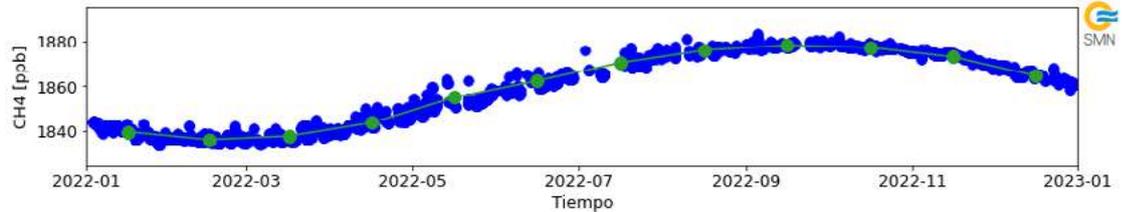
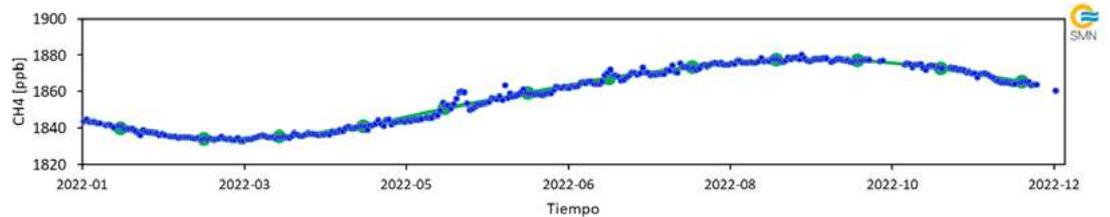


Figura 4.6. Mediciones continuas de las fracciones molares de CH<sub>4</sub> registradas en la estación Marambio durante 2022, a través del convenio con el Instituto Meteorológico Finlandés. Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los verdes, a los promedios mensuales.



## 4.3 Monóxido de Carbono (CO)

El CO es un gas reactivo de origen natural y antropogénico. Se produce naturalmente debido a la emisión de volcanes, incendios o tormentas eléctricas, y, en mayor medida, por la degradación atmosférica del CH<sub>4</sub>, mientras que el aporte antropogénico lo realiza la combustión incompleta de los combustibles fósiles. El CO puede ser removido de la atmósfera por diferentes procesos; los más importantes son su conversión a CO<sub>2</sub> y su eliminación biológica.

Durante el 2022, las concentraciones de CO en VAG Ushuaia alcanzaron un valor mínimo de 33 ppb en el mes de febrero y un máximo de 52 ppb en septiembre (Figura 4.7). En Marambio se midieron 37 ppb en marzo y 57 ppb en septiembre (Figura 4.8). En ambos casos se exhibió un ciclo estacional.

Figura 4.7. Mediciones continuas de las fracciones molares de CO registradas en la estación VAG Ushuaia durante 2022. Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los verdes, a los promedios mensuales.

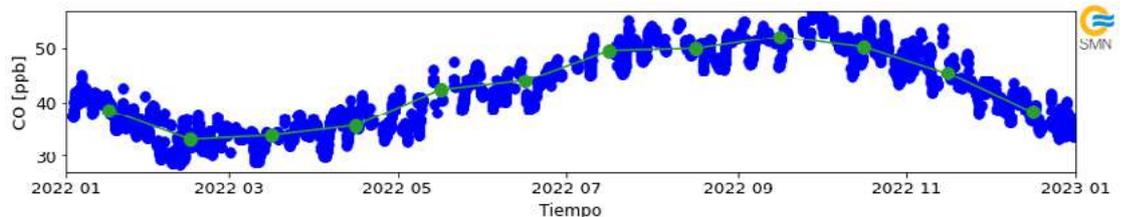
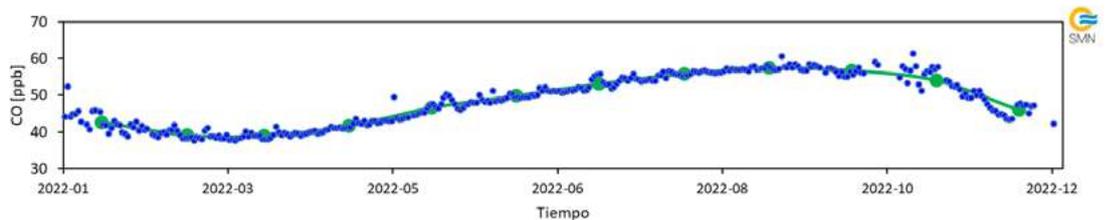


Figura 4.8. Mediciones continuas de las fracciones molares de CO registradas en la estación Marambio durante 2022, a través del convenio con el Instituto Meteorológico Finlandés. Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los verdes, a los promedios mensuales.



## 4.4 Ozono (O<sub>3</sub>) superficial

El O<sub>3</sub> superficial es una sustancia oxidante que no se emite directamente a la atmósfera, sino que se produce a partir de reacciones con el NO<sub>2</sub> y otras sustancias que forman el smog urbano. Contribuye a generar un calentamiento en la superficie de la Tierra, al igual que el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y los gases halogenados considerados como GEI.

El O<sub>3</sub> superficial, para las estaciones de VAG Ushuaia y Marambio, presenta ciclos estacionales con máximos en invierno y mínimos en verano. Esto se debe a que, durante otoño e invierno, dominan los procesos de transporte de O<sub>3</sub> y la disminución de la luz solar deja de ser poco a poco un factor en el proceso de destrucción. Al iniciar la primavera, por el contrario, los procesos radiativos se hacen presentes y generan las reacciones fotoquímicas que producen la remoción del gas. En el transcurso del 2022, en VAG Ushuaia se presentaron promedios de 12.8 ppb en enero y de 33.7 ppb en julio (Figura 4.9), mientras que Marambio, un mínimo de 12.8 ppb en enero y un máximo de 32.1 ppb en julio (Figura 4.10).

Figura 4.9. Mediciones continuas de las fracciones molares de O<sub>3</sub> superficial registradas en la estación VAG Ushuaia durante 2022. Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los verdes, a los promedios mensuales.

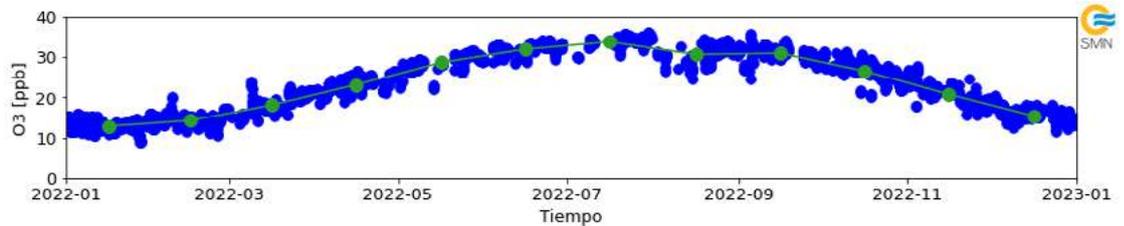
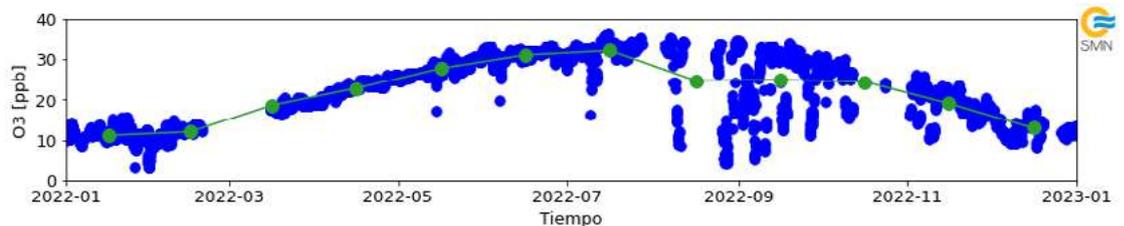


Figura 4.10. Mediciones continuas de las fracciones molares de O<sub>3</sub> superficial registradas en la estación Marambio durante 2022. Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los verdes, a los promedios mensuales.



### SECCIÓN 4: Referencias

Boucher, O., D. Randall, P. Artaxo, C. Bretherton, G. Feingold, P. Forster, V. M. Kerminen, Y. Kondo, H. Liao, U. Lohmann, P. Rasch, S. K. Satheesh, S. Sherwood, B. Stevens y X. Y. Zhang, 2013. Clouds and Aerosols [Nubes y aerosoles]. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_Chapter07\\_FINAL-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter07_FINAL-1.pdf).

Lan, X., P. Tans y K. W. Thoning, 2023a. Trends in globally-averaged CO<sub>2</sub> determined from NOAA Global Monitoring Laboratory measurements [Tendencias del CO<sub>2</sub> medio mundial determinadas a partir de las mediciones del Laboratorio de Vigilancia Mundial de la NOAA]. Versión 2023-03 NOAA/GLM. <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/global.html>.

Lan, X., K. W. Thoning y E. J. Dlugokencky, 2013b. Trends in globally-averaged CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, and SF<sub>6</sub> determined from NOAA Global Monitoring Laboratory measurements [Tendencias de los promedios mundiales de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y SF<sub>6</sub> determinadas a partir de las mediciones del Laboratorio de Vigilancia Mundial de la NOAA]. Versión 2023-03 NOAA/GLM. <https://doi.org/10.15138/P8XG-AA10>.

Organización Mundial de la Salud (OMS), 2021. WHO Global Air Quality Guidelines - Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulphur Dioxide and Carbon Monoxide [Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire - Partículas en suspensión (PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>), ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono]. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf>.

SMN, 2021. Estado del Clima en Argentina 2020. Repositorio institucional del SMN. <http://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/1559>.

# SECCIÓN | 5

## CAPA DE OZONO Y RADIACIÓN SOLAR ULTRAVIOLETA

## 5.1 Capa de ozono

La capa de ozono en la estratósfera actúa como un filtro de la radiación solar ultravioleta (UV). Su función es vital debido a que un ligero aumento de este tipo de radiación puede afectar nocivamente a los ecosistemas vivos y algunos materiales en la superficie terrestre. Dicha capa sufre un proceso de degradación desde inicio de la década del 80, y año a año origina el agujero de ozono sobre todo en la Antártida. Esto es debido, principalmente, a la presencia de sustancias como los clorofluorocarbonos (CFC's), que son responsables directos de la destrucción del ozono estratosférico (Molina y Rowland, 1974). En la actualidad, el uso de estas y otras sustancias están reguladas por el *Protocolo de Montreal* (PNUMA, 2019). A su vez, dado que el ozono genera un calentamiento por la energía que libera durante su fotodisociación, su agotamiento ha contribuido al enfriamiento de la estratósfera inferior. Ha causado cambios en la circulación estival del hemisferio sur en las últimas décadas, con consiguientes efectos en las temperaturas, las precipitaciones y los océanos (OMM, 2018).

Durante el 2022 se publicó la *Evaluación científica sobre el agotamiento de la capa de ozono* (OMM, 2022), donde se menciona un decrecimiento de los principales destructores de la capa de ozono, como los compuestos que contienen cloro y bromo. La recuperación del ozono estratosférico antártico sigue en progreso, y los nuevos resultados apoyan los hallazgos de la evaluación del 2018 (OMM, 2018) de que el agujero de ozono de la Antártida ha disminuido, en general, en tamaño y profundidad desde el año 2000. Si bien las proyecciones a futuro dependen del escenario de cambio climático, se espera que el agujero de ozono antártico se cierre gradualmente y que el ozono total en columna en primavera vuelva a los valores de 1980 poco después de mediados de siglo (alrededor de 2065). Por otra parte, en las latitudes medias del hemisferio sur (de 35 °S a 60 °S), la columna total de ozono ha aumentado  $0.8 \pm 0.7$  %/década. Para estas latitudes y considerando un escenario intermedio de emisiones de gases de efecto invernadero, los modelos muestran una recuperación de la columna total de ozono con valores cercanos a los de la década del 80 en torno al año 2045.

En Argentina, se continúa contribuyendo con el monitoreo de la evolución y la intensidad de la capa de ozono con cinco espectrofotómetros Dobson, ubicados en el Observatorio La Quiaca, el Observatorio Central Buenos Aires, Comodoro Rivadavia, VAG Ushuaia y Marambio. Dichos instrumentos miden las cantidades de ozono total o el espesor total de la columna del gas sobre los sitios, en unidades Dobson (UD)<sup>1</sup>. Una mayor información se puede encontrar en OMM (2008) y en Carbajal y otros (2012).

UD<sup>1</sup>: Espesor óptico de 0.001 mm de ozono a temperatura y presión estándar.

### 5.1.1 OBSERVATORIO LA QUIACA

Durante enero y febrero, los valores de ozono diario y mensual en La Quiaca estuvieron muy por encima del promedio del período 2014–2021, superando inclusive los máximos históricos (Figura 5.1 izq. y centro). La máxima anomalía se observó en enero, con un valor de aproximadamente de +14 UD (Figura 5.1 der.). De abril a diciembre, por el contrario, las observaciones oscilaron alrededor de la media con poca variación.

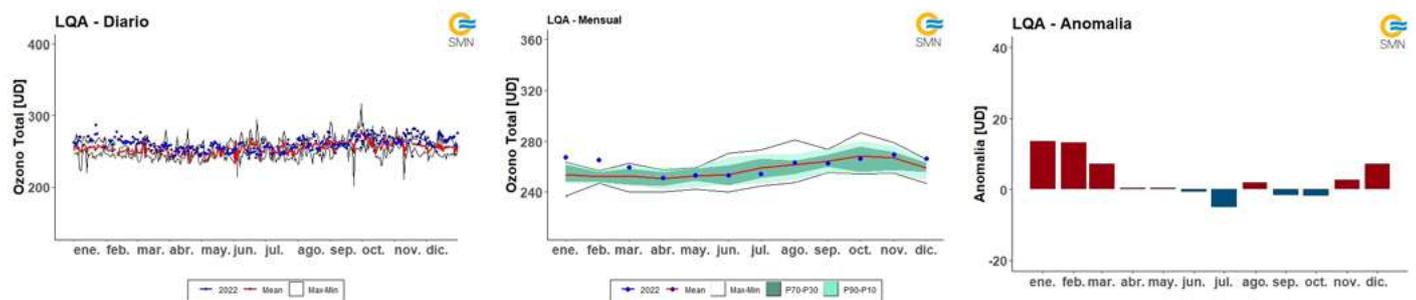


Figura 5.1. Izq. y centro: Evolución diaria y media mensual de ozono total en el Observatorio La Quiaca durante 2022, en puntos azules. Las líneas rojas denotan el valor medio y las líneas negras, los máximos y mínimos históricos diarios y mensuales, según el caso. Las áreas sombreadas en verde claro y oscuro delimitan el rango de valores donde se encuentran el 80 % y el 50 % de los datos mensuales. Der.: Anomalías mensuales de ozono total durante 2022, con respecto al valor medio 2014–2021. En barras rojas se representan las anomalías positivas y en barras azules, las negativas.

### 5.1.2 OBSERVATORIO CENTRAL BUENOS AIRES

Los valores de la columna de ozono total diario en el Observatorio Central Buenos Aires presentaron poca variación y oscilaron alrededor de la media del período 1977–2021 (Figura 5.2 izq.). En el promedio mensual, las máximas anomalías positivas se alcanzaron desde febrero a mayo, si bien estas no excedieron los +9 UD (Figura 5.2 der.). De junio a septiembre, las anomalías fueron negativas, aunque no superaron los -5 UD. Esto mismo se observó en noviembre y diciembre. Por el contrario, en octubre, las anomalías resultaron levemente positivas.

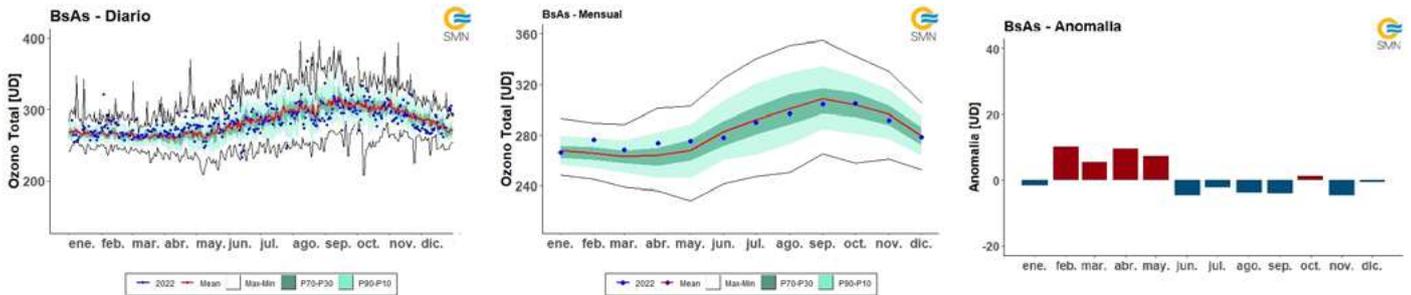


Figura 5.2. Izq. y centro: Evolución diaria y media mensual de ozono total en el Observatorio Central Buenos Aires durante 2022, en puntos azules. Las líneas rojas denotan el valor medio y las líneas negras, los máximos y mínimos históricos diarios y mensuales, según el caso. Las áreas sombreadas en verde claro y oscuro delimitan el rango de valores donde se encuentran el 80 % y el 50 % de los datos diarios y mensuales, según el caso. Der.: Anomalías mensuales de ozono total durante 2022, con respecto al valor medio 1977-2021. En barras rojas se representan las anomalías positivas y en barras azules, las negativas.

### 5.1.3 ESTACIÓN COMODORO RIVADAVIA

En Comodoro Rivadavia, la medición de la columna de ozono total diario se encontró por debajo de la media del período 1996–2021, excepto en los meses de marzo y abril (Figura 5.3 izq.). Los mayores desvíos mensuales se observaron en agosto y septiembre, con valores muy cercanos a los -20 UD (Figura 5.3 der.).

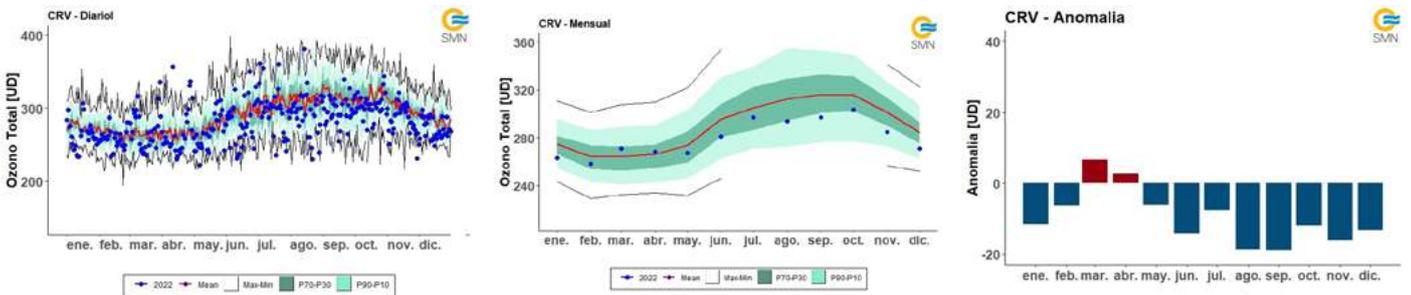


Figura 5.3. Izq. y centro: Evolución diaria y media mensual de ozono total en la estación Comodoro Rivadavia durante 2022, en puntos azules. Las líneas rojas denotan el valor medio y las líneas negras, los máximos y mínimos históricos diarios y mensuales, según el caso. Las áreas sombreadas en verde claro y oscuro delimitan el rango de valores donde se encuentran el 80 % y el 50 % de los datos diarios y mensuales, según el caso. Der.: Anomalías mensuales de ozono total durante 2022, con respecto al valor medio 1996-2021. En barras rojas se representan las anomalías positivas y en barras azules, las negativas.

### 5.1.4 ESTACIÓN VAG USHUAIA

Las mediciones diarias y mensuales de ozono total de Ushuaia oscilaron alrededor de la media del período 1995–2021 (Figura 5.4 izq. y centro). En ocasiones, durante julio, los valores diarios superaron los máximos históricos. Los registros mensuales también presentaron algunas dispersiones importantes. Las mayores anomalías y negativas se observaron en enero, febrero, noviembre y diciembre, con un desvío máximo de -19 UD en noviembre (Figura 5.4 der.).

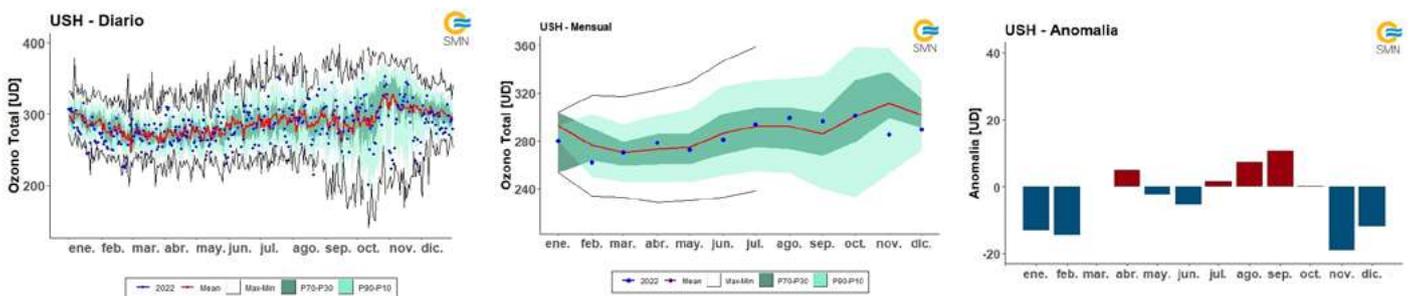


Figura 5.4. Izq. y centro: Evolución diaria y media mensual de ozono total en la estación VAG Ushuaia durante 2022, en puntos azules. Las líneas rojas denotan el valor medio y las líneas negras, los máximos y mínimos históricos diarios y mensuales, según el caso. Las áreas sombreadas en verde claro y oscuro delimitan el rango de valores donde se encuentran el 80 % y el 50 % de los datos diarios y mensuales, según el caso. Der.: Anomalías mensuales de ozono total durante 2022, con respecto al valor medio 1995-2021. En barras rojas se representan las anomalías positivas y en barras azules, las negativas.

### 5.1.5 ESTACIÓN MARAMBIO

Las mediciones mensuales en Marambio durante los primeros dos meses del año presentaron valores inferiores al promedio histórico del período 1987–2021 (Figura 5.5 centro y der.). Las anomalías positivas ocurrieron en marzo, abril, agosto y septiembre, siendo la mayor en este último mes, con más de +30 UD. Luego, una vez formado y establecido el agujero de ozono sobre la región, el valor de las medias mensuales decreció. La profundidad y extensión en el tiempo de dicho agujero permitió una gran destrucción de ozono en noviembre y diciembre. Cabe destacar que de mayo a julio no se obtuvieron datos en esta estación. La ausencia de datos es una situación frecuente en Marambio, debido a la meteorología adversa imperante durante el invierno polar.

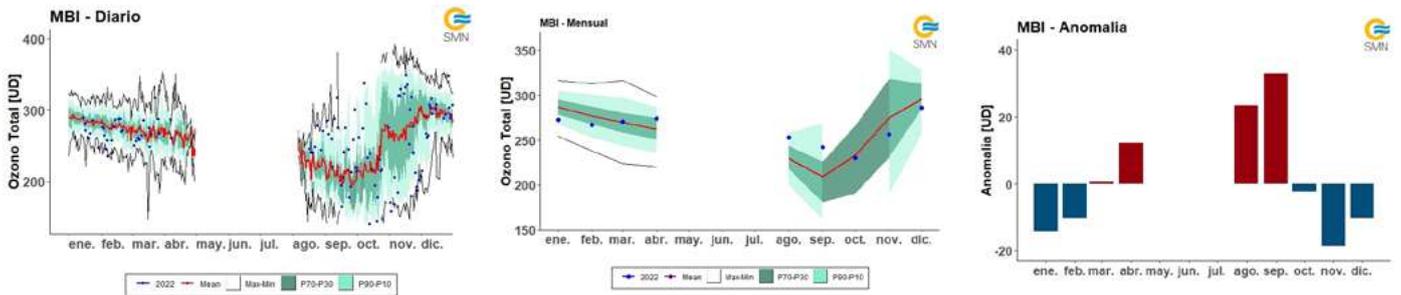


Figura 5.5. Izq. y centro: Evolución diaria y media mensual de ozono total en la estación Marambio durante 2022, en puntos azules. Las líneas rojas denotan el valor medio y las líneas negras, los máximos y mínimos históricos diarios y mensuales, según el caso. Las áreas sombreadas en verde claro y oscuro delimitan el rango de valores donde se encuentran el 80 % y el 50 % de los datos diarios y mensuales, según el caso. Der.: Anomalías mensuales de ozono total durante 2022, con respecto al valor medio 1987–2021. En barras rojas se representan las anomalías positivas y en barras azules, las negativas.

## 5.2 Agujero de ozono

A lo largo de septiembre, el agujero de ozono se desarrolla y crece, pero en el intervalo del 7 de septiembre al 13 de octubre puede alcanzar su tamaño máximo. En el año 2022 y entre estas fechas, el área promedio del agujero fue de 23.5 millones de km<sup>2</sup>, ocupando el puesto 16 entre las más grandes desde 1979 (Figura 5.6 izq.). Por su parte, el área máxima alcanzó los 26.5 millones de km<sup>2</sup>, posicionándose en el puesto 11 del registro de 43 años (Figura 5.6 der.). Ocurrió el día 5 de octubre.

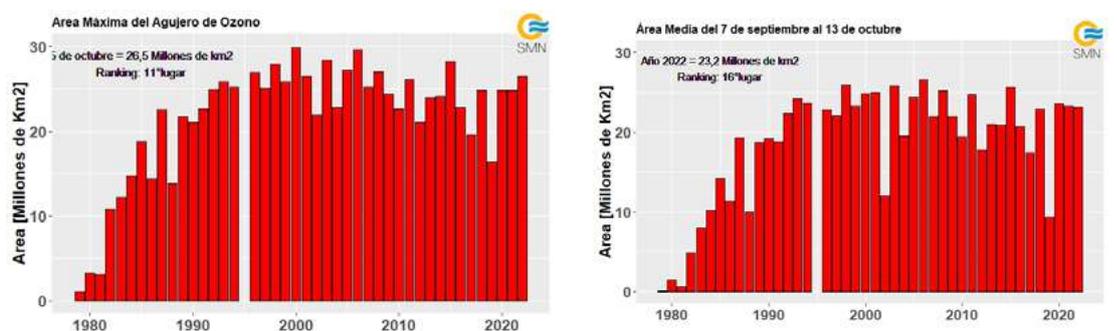


Figura 5.6. Áreas media (izq.) y máxima (der.) del agujero de ozono entre el 7 de septiembre y el 13 de octubre para el período 1979–2022, en barras rojas. Fuente de datos: NASA.

Cabe destacar que, durante el 15 de enero del 2022, ocurrió la erupción del volcán Hunga Tunga-Hunga Ha’apai, el cual inyectó aerosoles y vapor de agua sobre la estratosfera a nivel global. Sin embargo, a través de los ozonosondeos de la estación Belgrano II, no se detectaron sus efectos en la formación del agujero de ozono (Carbajal y otros, 2022).

## 5.3 Radiación solar ultravioleta

La radiación solar que alcanza la superficie comprende longitudes de onda que pertenecen al espectro infrarrojo, visible y UV. Si bien el porcentaje de radiación UV que alcanza la superficie es mucho menor que las restantes longitudes de onda, su capacidad de influir en cuestiones biológicas la vuelve tan importante como las demás. Como se expresó anteriormente, este tipo de radiación puede afectar de manera nociva a los ecosistemas y está directamente asociada con la concentración de ozono local. Más aún, se encuentra en estrecha relación con el incremento de incidencia de cáncer de piel en la población.

El parámetro más estudiado de la radiación solar UV, por sus implicancias biológicas, es la irradiancia solar UV eritémica, que se obtiene en base a la irradiancia solar y la respuesta de acción eritémica de la piel definida por McKinlay y Diffey (1987). A partir de ella, es posible obtener el índice UV, el cual es utilizado para cuantificar los niveles de radiación solar UV y el riesgo asociado para su difusión a la población. Este índice presenta una escala numérica de colores y riesgo estandarizadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2002) (Figura 5.7).

| CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN | INTERVALO DE VALORES DEL IUV |
|-------------------------|------------------------------|
| BAJA                    | < 2                          |
| MODERADA                | 3 A 5                        |
| ALTA                    | 6 A 7                        |
| MUY ALTA                | 8 A 10                       |
| EXTREMADAMENTE ALTA     | 11 +                         |

Figura 5.7. Escala de categorías para los distintos intervalos de valores del índice UV. Fuente: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42459/9241590076.pdf>.

Los niveles de intensidad de radiación UV que alcanzan la superficie dependen de múltiples parámetros, como el ozono, la nubosidad, la altura sobre el nivel del mar, la época del año y los aerosoles, entre otros. Dada la extensión geográfica del territorio argentino y su variada orografía, es esperable que se presenten distintos valores de intensidad de radiación UV en las diferentes regiones del país.

Actualmente, el SMN monitorea los niveles de radiación solar en 11 estaciones dentro del país. Aquí se presentan los resultados de cuatro de ellas: Buenos Aires, Mendoza, Ushuaia y Marambio. Dichas estaciones presentan períodos históricos de mediciones de aproximadamente 20 años, aunque, en algunos casos, con interrupciones (Tabla 5.1). En Nollas y otros (2019) se detalla el proceso de calibración de los radiómetros utilizados por el SMN y las características del instrumental utilizado en cada sitio.

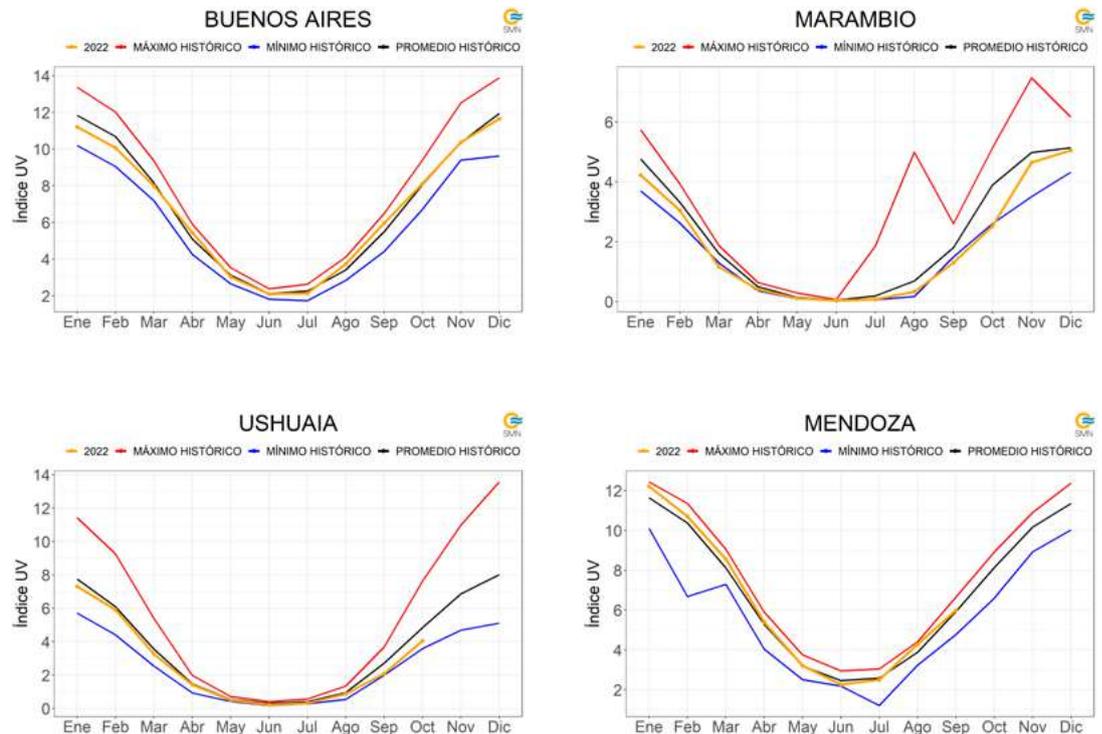
Tabla 5.1. Años incluidos dentro del período histórico de mediciones de radiación UV para cada sitio.

| Sitio        | Años                            |
|--------------|---------------------------------|
| Mendoza      | 1999-2022                       |
| Buenos Aires | 1995-2002; 2005-2022            |
| Ushuaia      | 1998-2001; 2004-2006; 2008-2022 |
| Marambio     | 1998-2022                       |

## 5.3.1 Monitoreo del índice UV durante 2022

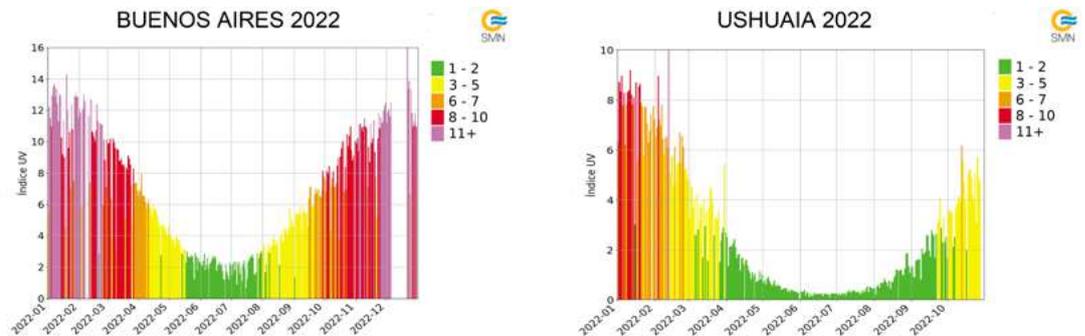
Durante el 2022, los promedios mensuales del índice UV máximo diario estuvieron relativamente cercanos al promedio histórico en Buenos Aires (Figura 5.8 arriba izq.) y Ushuaia (Figura 5.8 abajo izq.). Por otra parte, los valores obtenidos para Mendoza fueron levemente superiores al promedio histórico (Figura 5.8 abajo der.), lo que podría estar relacionado con la campaña de calibración que se realizó durante 2018 (Nollas y otros, 2019) y con el cambio de radiómetro luego de dicha calibración. Los valores mensuales de Marambio se encontraron por debajo de los promedios mensuales del período de referencia, incluso con valores inferiores a los mínimos históricos en marzo y septiembre (Figura 5.8 arriba der.). Esto podría estar asociado a las condiciones meteorológicas imperantes en Marambio, las cuales afectan la superficie de la cúpula del sensor con el paso del tiempo. Por ello, el recambio de sensores se vuelve una necesidad más frecuente que en otro tipo de estaciones continentales. Cabe destacar que el comportamiento mensual histórico del índice UV en Marambio es diferente al del resto de los sitios, ya que se observan marcadas diferencias entre la primera mitad del año y la segunda. Dichas diferencias se deben al pasaje del agujero de ozono, evento íntimamente asociado con el incremento de la radiación solar UV que alcanza a la superficie. En Ushuaia se advierte un efecto similar, aunque atenuado, con una mayor pendiente en el aumento del índice UV entre los meses de agosto y octubre. Durante noviembre y diciembre, el instrumento de Ushuaia participó en un proceso de calibración, por lo cual no se contaron con datos en esos meses. Lo mismo ocurrió con el dispositivo del Observatorio Central Buenos Aires, con ausencia de datos formales entre los días 6 y 22 de diciembre. Por su parte, el sensor de Mendoza fue enviado a Buenos Aires para su revisión y calibración a principios de octubre; solo se cuentan con sus mediciones hasta septiembre.

Figura 5.8. Promedios mensuales de índice UV máximo diario junto con los valores medios, máximos y mínimos históricos disponibles para Buenos Aires (arriba izq.), Marambio (arriba der.), Ushuaia (abajo izq.) y Mendoza (abajo der.).



Los máximos diarios del índice UV en Buenos Aires y Ushuaia presentaron un comportamiento estacional típico durante los intervalos con registros en el 2022, con mayores valores en el verano austral (Figura 5.9). Asimismo, tanto en verano como en invierno, los menores valores se observaron en Ushuaia en comparación con Buenos Aires, dado que este índice disminuye a medida que la latitud del sitio se aleja del ecuador.

Figura 5.9. Índice UV máximo diario medido en Buenos Aires (izq.) y Ushuaia (der.) durante 2022.



SECCIÓN 5: Referencias

Carbajal Benítez, G., H. Ochoa, M. E. Barlasina, E. Luccini, F. Orte, E. Wolfram y H. Estévez Pérez, 2022. Temporada del agujero de ozono 2022. Informe final. Repositorio institucional del SMN. <http://repositorio.smn.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12160/2278/0042VG2022.pdf>.

Carbajal Benítez, G., M. Cupeiro, R. Sánchez, J. D. Agüero, M. E. Barlasina y F. Nollas, 2012. Caracterización de la columna total de ozono medido con el espectrofotómetro Dobson en cuatro estaciones en la Argentina. E-ICES9, ISBN 978-987-1323-36-4.

McKinlay, A. F., y B. L. Diffey, 1987. A Reference Action Spectrum for Ultraviolet Introduced Erythema in Human Skin. Human Exposure to Ultraviolet Radiation: Risks and Regulations [Un espectro de acción de referencia para el eritema producido por la radiación ultravioleta en la piel humana. Exposición humana a la radiación ultravioleta: Riesgos y Regulaciones]. Elsevier Science, p. 83-87.

Molina, M. J., y F. S. Rowland, 1974. Stratospheric sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine atom-catalysed destruction of ozone [Sumidero estratosférico de clorofluorometanos: Destrucción del ozono catalizada por átomos de cloro]. Nature, 249.

Nollas, F., E. Luccini, G. Carbajal Benítez, F. Orte, E. Wolfram, G. Hülsen y J. Gröbner, 2019. Report of the Fifth Erythemal UV Radiometers Intercomparison [Informe de la quinta intercomparación de radiómetros UV eritemales]. GAW Report No. 243.

OMS, 2002. Global Solar UV Index: A Practical Guide [Índice de radiación solar UV global: Guía práctica]. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42459/9241590076.pdf>.

OMM, 2008. Operation Handbook - Ozone Observation with a Dobson Spectrophotometer [Manual de funcionamiento - Observación del ozono con un espectrofotómetro Dobson]. GAW Report No. 183.

OMM, 2018. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2018 [Evaluación científica sobre el agotamiento de la capa de ozono: 2018]. Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 58. <https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-05/SAP-2018-Assessment-report.pdf>.

OMM, 2022. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022 [Evaluación científica sobre el agotamiento de la capa de ozono: 2022]. GAW Report No. 278. <https://csl.noaa.gov/assessments/ozone/2022/downloads/2022OzoneAssessment.pdf>.

Programa de las Naciones Unidas del Medio Ambiente (PNUMA), 2019. Manual del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Decimotercera edición. ISBN 978-9966-076-61-8. <https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-06/MP-Handbook-2019-Spanish.pdf>.



**SMN | REPORTE FINAL**  
**ESTADO DEL CLIMA**  
**EN ARGENTINA 2022**



Ministerio de Defensa  
Argentina