

SMN | REPORTE PRELIMINAR

# Estado del clima en Argentina 2024

Imagen satelital de la cobertura de nieve en el sureste de Santa Cruz del 2 de julio de 2024. Satélite Sentinel 2. Resolución espacial 10m. Imagen RGB 12-8A-4. Procesado por el Servicio Meteorológico Nacional.

SMN | REPORTE PRELIMINAR  
Estado del clima en Argentina 2024

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

Silvana Carina Bolzi

Cam Córdoba Fradinger

Laura Aldeco

Diana Domínguez

Alejandro Godoy

María Emilia Ruíz

Lino Condori

Gerardo Carbajal

Fernando Nollas

COLABORADORES

Hernán Veiga  
Svetlana Cherkasova  
Natalia Herrera  
Giselle Marincovich

REVISORA

Valentina Rabanal

DISEÑO EDITORIAL

Guadalupe Cruz Díaz

<b>RESUMEN</b>	3
<b>Sección 1   INTRODUCCIÓN</b>	5
<b>Sección 2   TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN A NIVEL PAÍS</b>	
<b>2.1 Temperatura</b>	9
<b>2.2 Precipitación</b>	11
2.3 Principales anomalías climáticas	12
2.3.1 Temperatura estacional	14
2.3.2 Precipitación estacional	15
<b>2.4 Eventos extremos</b>	17
2.4.1 Eventos destacados y valores diarios extremos	17
2.4.2 Olas de calor	18
2.4.3 Olas de frío	18
2.4.4 Sequía	19
<b>2.5 Temperatura en Antártida</b>	21
<b>Sección 3   FORZANTES DESTACADOS DE ESCALA ESTACIONAL Y SUBESTACIONAL</b>	
<b>3.1 Estado de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)</b>	24
<b>3.2 Estado del Dipolo del Océano Índico (DOI)</b>	25
<b>3.3 Estado de la Oscilación Antártica o Modo Anular Austral (SAM, AAO)</b>	25
<b>3.4 Estado de la Oscilación de Madden-Julian (MJO)</b>	26
<b>Sección 4   GASES DE EFECTO INVERNADERO Y REACTIVOS</b>	
<b>4.1 Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>)</b>	28
<b>4.2 Ozono (O<sub>3</sub>) superficial</b>	31
<b>Sección 5   MONITOREO DE LA CAPA DE OZONO Y LA RADIACIÓN SOLAR ULTRAVIOLETA</b>	
<b>5.1 Capa de ozono</b>	33
5.1.1 Evolución de ozono total	33
<b>5.2 Radiación solar ultravioleta</b>	34
5.2.1 Monitoreo del Índice UV Durante 2024	35

# | LO MÁS DESTACADO DE ENERO A SEPTIEMBRE 2024

La **temperatura media del país** en 2024 (hasta septiembre) **superó el promedio de 1991-2020**, posicionándolo provisionalmente como el 4º año más cálido desde 1961, aunque con una marcada variabilidad subestacional y períodos fríos inusuales.



La **precipitación acumulada del país** en 2024 (hasta septiembre) **se mantuvo por debajo del promedio** 1991-2020, ubicando al año, hasta el momento, en el puesto 11 de los más secos desde 1961.

La temperatura media fue **más cálida de lo normal** en la estación antártica **Belgrano II** y **más fría en Orcadas**.

Durante el verano, **gran parte del Litoral, Santa Fe y Córdoba** registraron **lluvias superiores a lo normal**, con récords en Reconquista y Salta. En otoño, las mayores lluvias ocurrieron en el Litoral, sur de Santa Fe y centro-noreste de Buenos Aires, con eventos intensos en marzo y abril que provocaron, luego de varios años, inundaciones en la zona núcleo del país.



Varias **olas de calor** afectaron al país durante el verano. La más significativa fue la ocurrida **entre el 21 de enero y el 12 de febrero, que impactó en todas las provincias** y estableció récords de temperatura en varias localidades del centro y norte argentino.



La **ola de frío más extensa desde 1992 se produjo entre el 4 y el 14 de julio** y trajo un marcado descenso de temperaturas, heladas intensas, congelamiento de superficies de agua en la zona núcleo y récords de frío en varias localidades.



**Intensas nevadas** afectaron a todas las **provincias patagónicas**, con una notable cobertura de nieve en Patagonia sur entre mayo y julio, alcanzando más del 60 % de la superficie cubierta en junio, especialmente en Santa Cruz.



**El centro-oeste del país** fue la zona más afectada por la **sequía**, con condiciones que se agravaron en septiembre por la falta de precipitaciones y altas temperaturas, que favorecieron la ocurrencia de incendios en Córdoba.

El año comenzó con un evento de **El Niño activo** hasta abril y un **Dipolo del Océano Índico en fase positiva** en enero. Ambos fenómenos influyen en el clima de Argentina y **podieron haber favorecido las lluvias** observadas en verano y otoño.

Los valores superficiales de **dióxido de carbono y metano**, dos de los principales gases de efecto invernadero antropogénico, **continuaron en aumento** durante 2024 en Ushuaia y Marambio.

**En La Quiaca**, en los primeros días de julio y septiembre, se registraron **niveles de ozono total que superaron los máximos históricos** del período 2015-2023. **Buenos Aires también** presentó valores elevados de columna de ozono, superando el récord del período 1965-2023, y **Comodoro Rivadavia** alcanzó niveles históricos a principios de abril y finales de mayo.

Durante enero y febrero, **Buenos Aires registró valores máximos del índice ultravioleta en la categoría "extremadamente alta" de riesgo**, que superaron el promedio del período 2014-2023.

Sección

Sección

Sección

Sección

Sección

1 2 3 4 5

→ ÍNDICE

# INTRODUCCIÓN



El **Reporte provisional sobre el estado del clima en Argentina 2024** tiene como principal objetivo resumir los comportamientos climáticos más relevantes ocurridos entre enero y septiembre de 2024. Proporciona una síntesis detallada de la evolución de las variables atmosféricas y ambientales monitoreadas por el SMN, además de incluir los eventos climáticos destacados en lo que va del año. El informe final, que abarcará el período de enero a diciembre de 2024, será publicado en marzo de 2025.

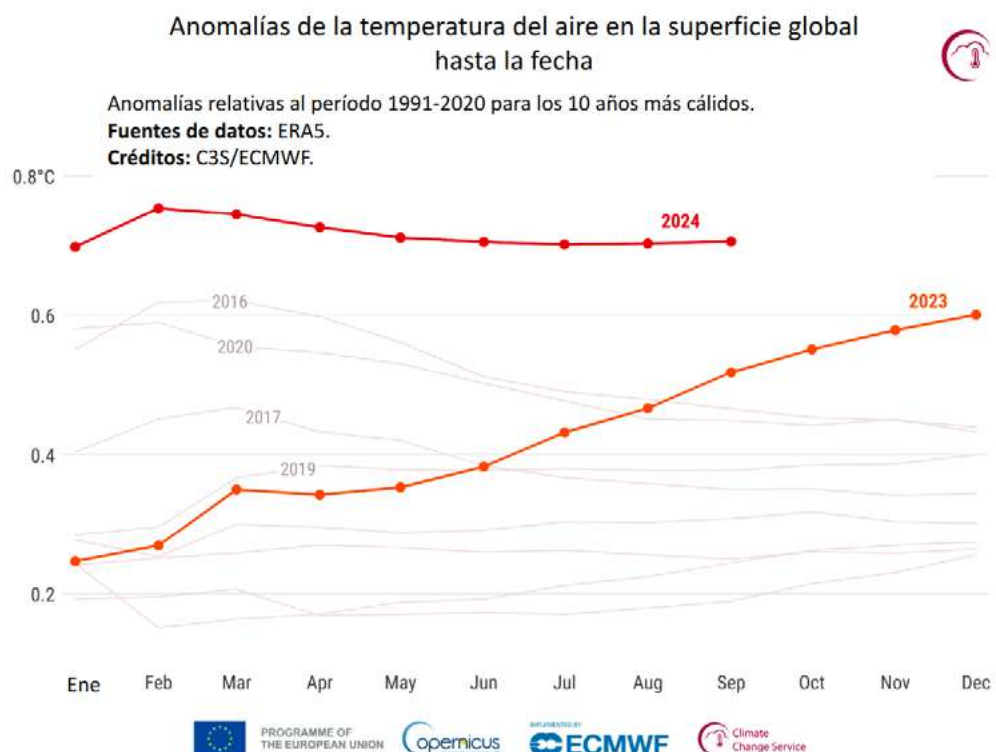
La publicación de esta versión preliminar responde a dos razones fundamentales. En primer lugar, los datos aquí presentados son utilizados como insumo para un informe similar producido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el cual trata sobre el estado global del clima y será presentado durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP29). En segundo lugar, gran parte de la información disponible resulta valiosa si se presenta con antelación. Su contenido puede ser de gran relevancia y utilidad para diversos sectores y usuarios. Puede ser de interés para quienes deseen no solo conocer el estado de los factores meteorológicos ocurridos en lo que va del año, sino también evaluar cómo los han impactado, condicionando sus actividades económicas, productivas y sociales, entre otras.

En Argentina, tras el año más cálido desde 1961 (SMN, 2024), los primeros nueve meses de 2024 también registraron una temperatura promedio superior a lo normal en comparación con el período de referencia 1991-2020. Esto sitúa, provisionalmente, al 2024 como el 4º año más cálido desde 1961. A nivel mundial y según el conjunto de datos ERA5<sup>1</sup>, el Boletín climático de septiembre del Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S, por sus siglas en inglés; C3S, 2024), implementado por el Centro Europeo de Predicciones Meteorológicas a Medio Plazo (ECMWF, por sus siglas en inglés), reveló que la anomalía de temperatura promedio global de enero a septiembre fue de 0.71 °C por encima del promedio de 1991-2020. Esto es 0.19 °C más que en el mismo período de 2023, lo que sugiere que 2024 probablemente desplazará a 2023 como el año más cálido registrado. Además, fue el decimocuarto mes desde julio de 2023 en el que la temperatura media mundial del aire en superficie superó en 1.5 °C los niveles preindustriales.

Durante 2024, otras variables, como la temperatura media de la superficie del mar y la extensión del hielo marino en la Antártida, también alcanzaron niveles preocupantes, destacando la urgencia de acciones climáticas para mitigar los efectos del cambio climático. En la franja 60°S-60°N, la temperatura media de la superficie del mar en septiembre de 2024 fue de 20.83 °C, la segunda más alta registrada para este mes y solo 0.09 °C por debajo del récord de septiembre de 2023 (C3S, 2024). Por su parte, la extensión del hielo marino antártico registró la segunda extensión más baja para septiembre, solo superada por la de 2023 (C3S, 2024).

<sup>1</sup> El conjunto de datos ERA5 es el último reanálisis climático del ECMWF. Los reanálisis combinan observaciones históricas con modelos para generar series temporales consistentes de múltiples variables climáticas, proporcionando una descripción completa del clima observado y su evolución. Más información de los reanálisis y de ERA5 se puede encontrar en: <https://climate.copernicus.eu/climate-reanalysis>.

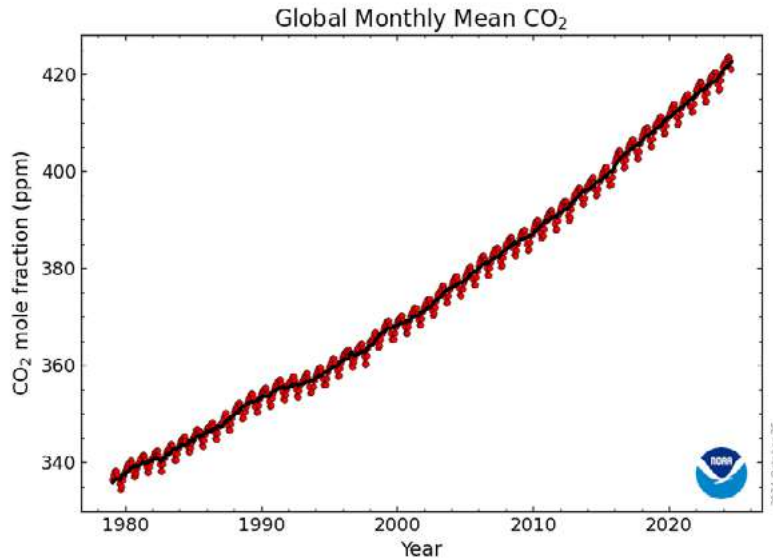
Figura 1.1: Anomalías mensuales hasta la fecha de la temperatura del aire en la superficie global, en relación con 1991-2020, para los diez años más cálidos registrados. El año 2024 se indica con una línea roja, el 2023, con una línea naranja, y los demás años, con líneas grises. Cada punto de datos muestra la anomalía promedio desde enero hasta el mes correspondiente. Fuente de datos: ERA5. Crédito: C3S/ECMWF. Más información en: <https://climate.copernicus.eu/copernicus-second-warmest-september-globe-and-europe-parts-europe-hit-extreme-precipitation>.



De acuerdo con el último Boletín de la OMM sobre los gases de efecto invernadero (OMM, 2024), los niveles de gases de efecto invernadero establecieron un nuevo récord en 2023, con el dióxido de carbono acumulándose en la atmósfera a un ritmo sin precedentes y con un incremento superior al 10 % en apenas dos décadas. Las mediciones del Laboratorio de Vigilancia Global de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA, por sus siglas en inglés) indican que las concentraciones medias de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso continuaron en ascenso durante 2024. A nivel global, el dióxido de carbono alcanzó 421.20 ppm<sup>2</sup> en julio de 2024, superando los 417.90 ppm registrados en julio de 2023 (NOAA, 2024) (Figura 1.2).

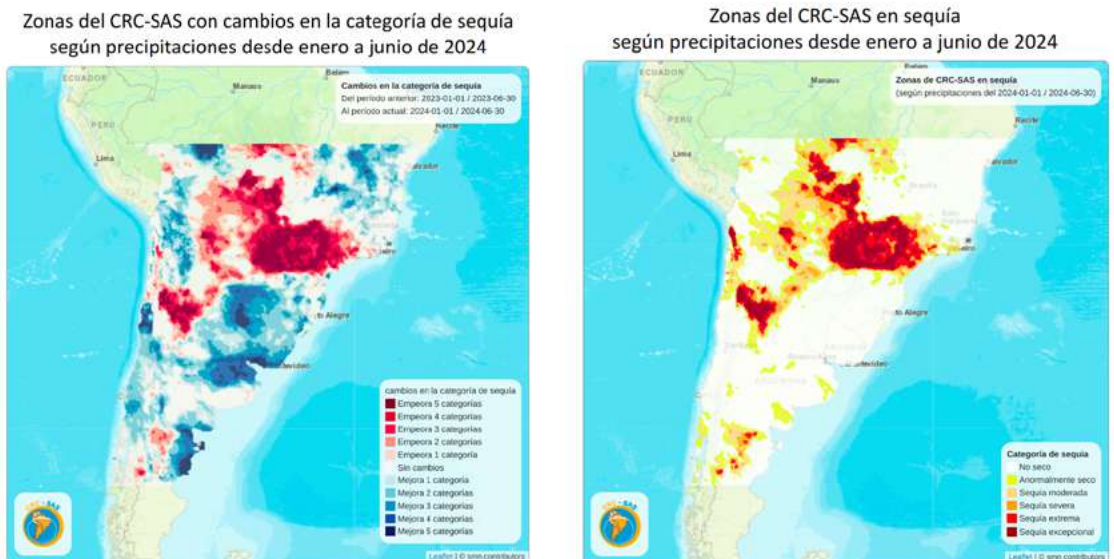
<sup>2</sup>. ppm: partes por millón.

Figura 1.2. Fracción molar de la media mensual de dióxido de carbono promediada globalmente sobre sitios de superficie marina, desde 1980 hasta el presente. Las líneas rojas y negras representan los valores medios mensuales, centrados en la mitad de cada mes. Para la línea negra se aplicó una corrección del ciclo estacional medio. Los datos del último año aún son preliminares, a la espera de recalibraciones de gases de referencia y otros controles de calidad. Fuente: NOAA. Más información en: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/mlo.html>.



Tras un 2023 que fue el 20º año más seco en Argentina (SMN, 2024), las precipitaciones registradas en los primeros nueve meses de 2024 ubicaron a este período en el puesto 11 de los enero-septiembre más secos desde 1961. 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), entre enero y junio de 2024 se registró un cambio de condiciones de sequía a condiciones más húmedas en la mayor parte del territorio argentino, excepto en el NOA y el noroeste patagónico. Durante ese período, estas regiones fueron las más afectadas por la falta de lluvias en Argentina (Figura 1.3, izq.), donde, al igual que en la franja central de Brasil, las categorías de sequía se agravaron (Figura 1.3 der.).

Figura 1.3. Izq: Zonas del CRC-SAS bajo alguna categoría de sequía, según precipitaciones del 01-01-2024 al 30-06-2024. Der: Zonas del CRC-SAS con cambios en la categoría de sequía según precipitaciones del mismo período. Para los cálculos se considera el territorio comprendido entre los 10 °S y los 46 °S. Fuente: SISSA, CRC-SAS. Más información en: <https://sisaa.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 durante 2024, 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 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.

## REFERENCIAS

C3S, 2024. Boletín Climático Mensual del Servicio de Cambio Climático de Copernicus – Septiembre 2024. <https://climate.copernicus.eu/copernicus-second-warmest-september-globe-and-europe-parts-europe-hit-extreme-precipitation>.

NOAA, 2024. Earth System Research Laboratories, Global Monitoring Laboratory. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide [Laboratorios de Investigación del Sistema Terrestre, Laboratorio de Vigilancia Mundial. Tendencias del dióxido de carbono atmosférico]. <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>.

OMM, 2024. WMO Greenhouse Gas Bulletin No. 20. The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2023 [Boletín N° 20 de la OMM sobre los gases de efecto invernadero. El estado de los gases de efecto invernadero en la atmósfera basado en observaciones mundiales hasta 2023]. Repositorio de la OMM. <https://library.wmo.int/idurl/4/68532>.

OMM, 2024. WMO - No. 20-28. The State of Global Climate 2023. Report [El estado de clima global 2023. Reporte]. Repositorio de la OMM. <https://library.wmo.int/records/item/68835-state-of-the-global-climate-2023>.

SMN, 2024. Estado del Clima en Argentina 2024. Reporte final. Repositorio institucional del SMN. <https://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/2740>.

Sección

Sección

Sección

Sección

Sección

1 2 3 4 5

→ ÍNDICE

# TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN A NIVEL PAÍS



## 2.1 Temperatura

De acuerdo con los datos oficiales preliminares, entre enero y septiembre de 2024, la anomalía de temperatura media estimada a nivel país fue de **+0.5 °C** con respecto al período climatológico de referencia 1991-2020 (Figura 2.1). **Este valor ubica, hasta el momento, al 2024 como el 4° año más cálido de toda la serie (1961-2024)**. Cabe destacar, sin embargo, la marcada variabilidad subestacional observada en gran parte del territorio. A pesar de que en promedio y a nivel país predominaron las condiciones cálidas, también se registraron períodos y meses anómalamente fríos. La tendencia a largo plazo muestra un aumento considerable de la temperatura nacional, especialmente durante las últimas dos décadas.

Figura 2.1. Anomalías de temperatura media en Argentina desde 1961 a 2024, con respecto al valor medio 1991-2020 y considerando los meses de enero a septiembre. En barras rojas se representan las anomalías positivas y en barras azules, las negativas.

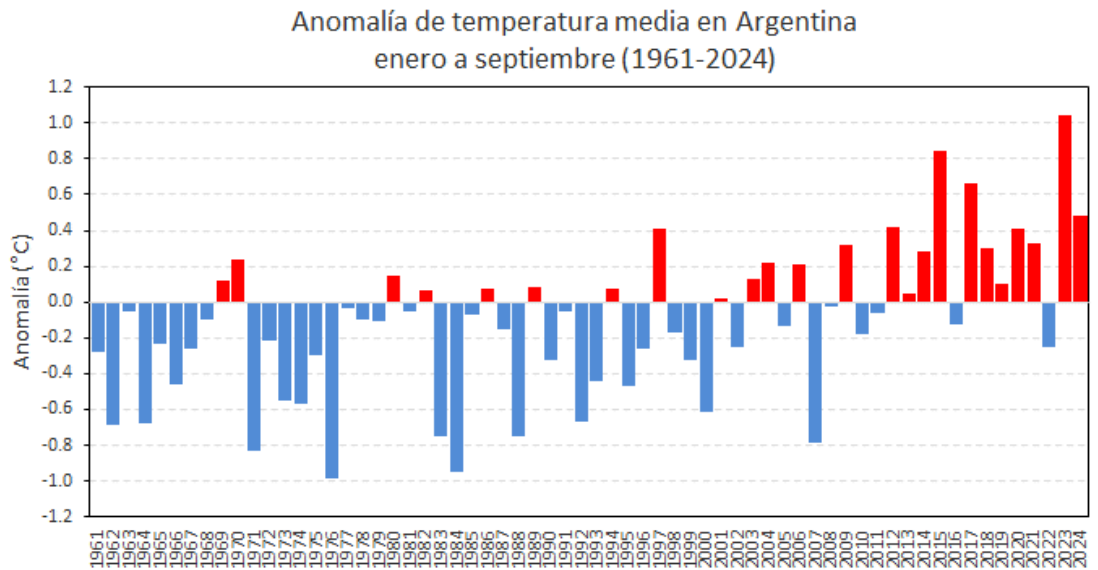
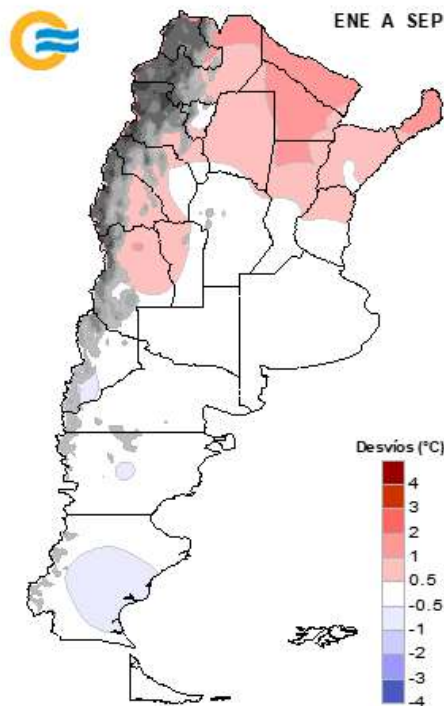
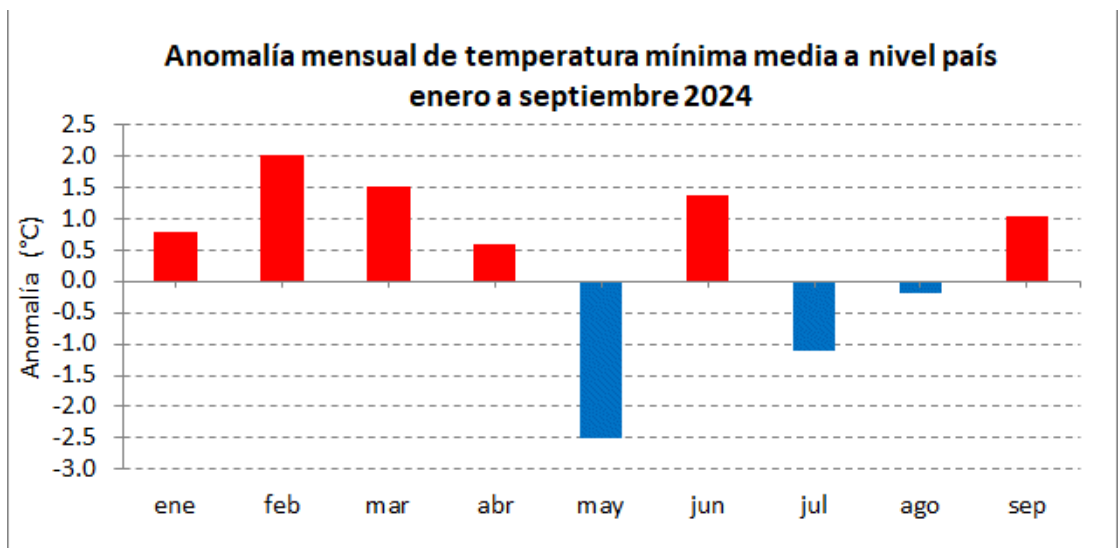
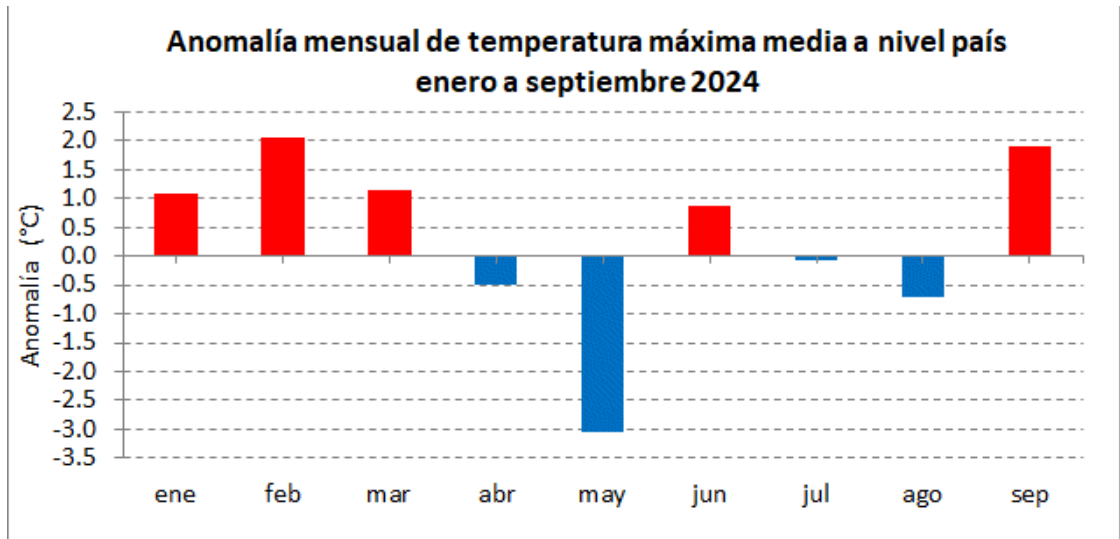
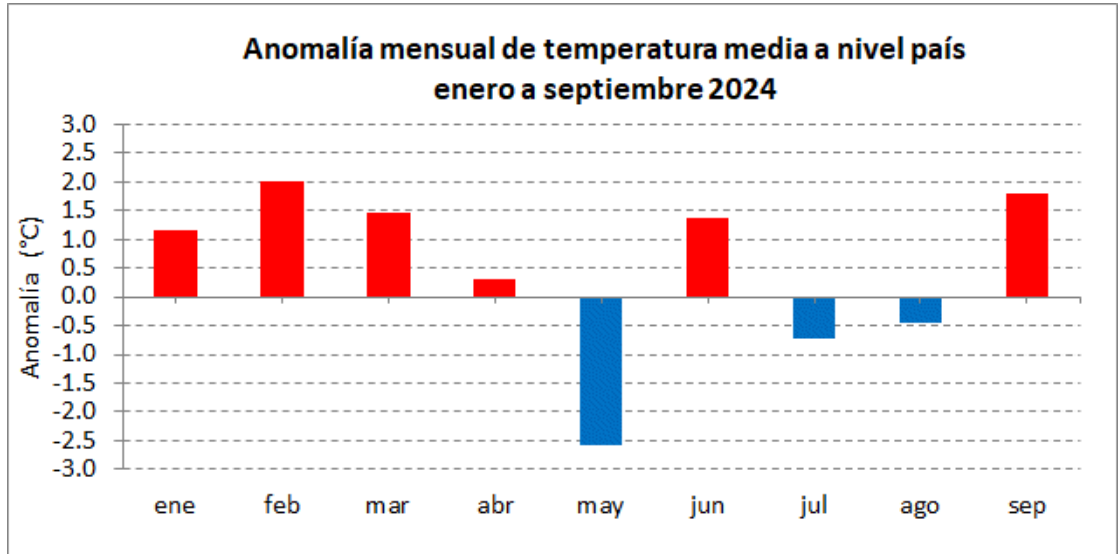


Figura 2.2. Anomalías de temperatura media de enero a septiembre de 2024, con respecto al valor medio 1991-2020. En rojo se indican las zonas con anomalías positivas y en azul, con anomalías negativas.



En lo que va del año 2024, gran parte del norte argentino registró, en promedio, temperaturas por encima de lo normal, mayormente entre +0.5 °C y +2.0 °C (Figura 2.2). En el resto del territorio prevalecieron temperaturas dentro del rango normal o levemente más frías hacia el extremo sur. El año comenzó con el predominio de temperaturas extremadamente cálidas, destacándose el excepcionalmente cálido mes de febrero. El otoño fue particularmente frío en la Patagonia, con un mes de mayo en el que los valores extremos dominaron en casi toda Argentina. El invierno mostró una gran variabilidad, pasando de un junio muy cálido sobre el centro y norte del país, a un julio y agosto moderadamente fríos en la franja central. Al inicio de la primavera (septiembre), volvieron a predominar temperaturas notablemente más cálidas de lo habitual (Figura 2.3 arriba). La temperatura máxima y mínima media reflejaron un comportamiento similar a la temperatura media (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 de septiembre de 2024, con respecto al valor medio 1991-2020. En barras rojas se representan las anomalías positivas y en barras azules, las negativas.



## 2.2 Precipitación

De acuerdo con los datos oficiales preliminares, Argentina, entre enero y septiembre de 2024, registró un desvío estimado de **-15.3 %**, ubicándolo en el **puesto 11 de los enero-septiembre más secos desde 1961** (Figura 2.4). En gran parte del oeste del país prevalecieron lluvias por debajo de lo normal, especialmente en el sur del NOA, Cuyo y norte de la Patagonia. También el oeste de Chaco y Formosa presentó importantes déficits de lluvias (Figura 2.6). Por otro lado, los excesos estuvieron limitados al sur de Patagonia y, de forma aislada, al norte del Litoral. La porción oriental del país presenta, al momento, lluvias dentro del rango normal.

A nivel mensual, el año comenzó con una señal errática del fenómeno de El Niño, y Argentina experimentó un enero extremadamente seco. La señal típica de El Niño se manifestó hacia el final del verano y otoño, con un mes de abril muy húmedo (Figura 2.5). Con la finalización de este evento, comenzó a prevalecer la neutralidad, y los forzantes subestacionales y sinópticos condicionaron los patrones de precipitación con una moderada variabilidad regional. Entre mayo y septiembre, se favorecieron los déficits de lluvia en la franja central del país y los excesos hacia el sur de Patagonia. La ocurrencia de nevadas a lo largo del otoño e invierno fue destacada en las provincias patagónicas y en la zona cordillerana.

Figura 2.4. Anomalías porcentuales de precipitación a nivel país desde 1961 a 2024, con respecto al valor medio 1991-2020 y considerando los meses de enero a septiembre. En barras verdes se representan las anomalías positivas y en barras marrones, las negativas.

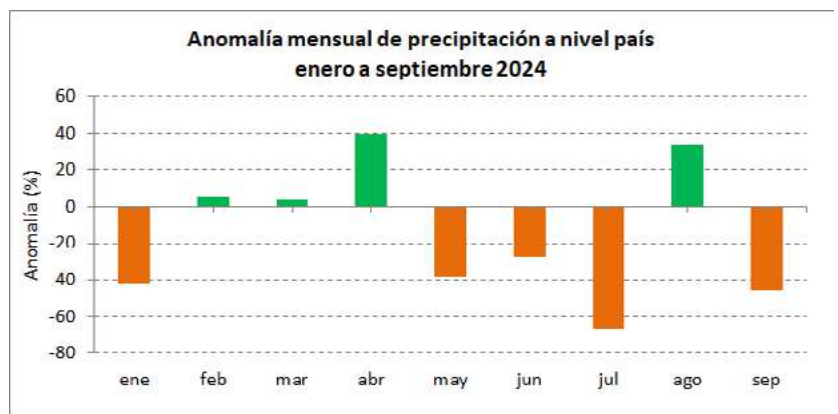
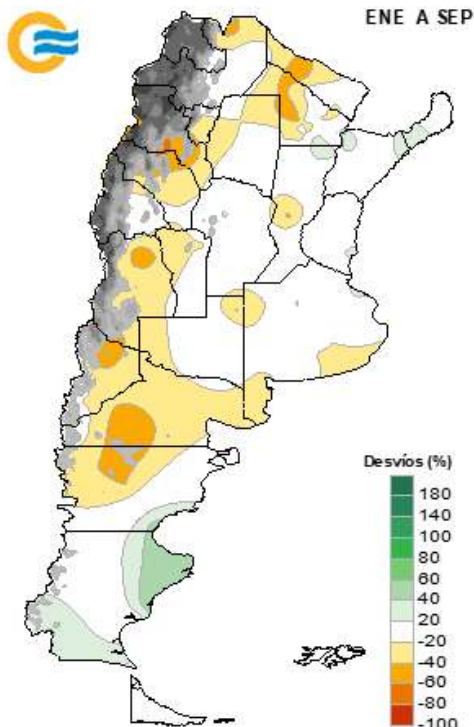
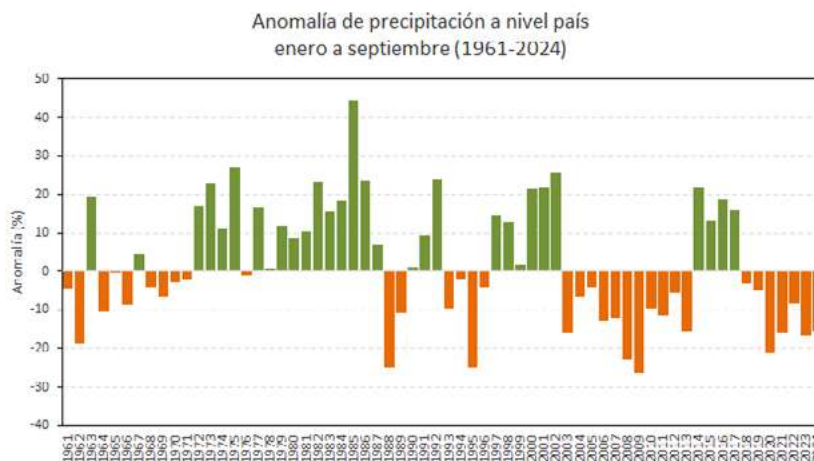


Figura 2.5. Anomalías porcentuales mensuales de precipitación a nivel país de enero a septiembre de 2024, con respecto al valor medio 1991-2020. En barras verdes se representan las anomalías positivas y en barras marrones, las negativas.

Figura 2.6. Anomalías porcentuales de precipitación de enero a septiembre 2024, con respecto al valor medio 1991-2020. En verde se indican las zonas con anomalías positivos y en amarillo, con anomalías negativos.

## 2.3 Principales anomalías climáticas

### 2.3.1 TEMPERATURA ESTACIONAL

Las **temperaturas medias** mostraron un patrón desigual durante las primeras tres estaciones del año. El **verano** (diciembre de 2023, y enero y febrero de 2024) se caracterizó por temperaturas superiores a las normales en gran parte del territorio, con los mayores desvíos en el oeste y norte de este (Figura 2.7 izq.). En el trimestre se destacó el mes de febrero, con anomalías superiores a los +3 °C y la ocurrencia de varios récords. También se presentó un evento de ola de calor, caracterizada por su gran extensión territorial y duración, que afectó a 80 localidades y tuvo una duración máxima de 12 días.

El **otoño** (marzo, abril y mayo) estuvo marcado por una mayor presencia de anomalías negativas, que abarcaron desde el centro hasta el sur del país, mientras que las positivas se limitaron al extremo norte (Figura 2.7 centro izq.). Durante este período se superaron algunos récords (Tabla 2.1). El mes de mayo resultó ser el más significativo dentro del trimestre, con el mayo más frío desde 1961 a nivel país, y se caracterizó por temperaturas extremadamente bajas que afectaron a casi todo el territorio. Esto se reflejó en la persistencia de temperaturas máximas muy bajas, la superación de valores récord en varias localidades, y la ocurrencia de heladas y olas de frío aisladas.

Durante el **invierno** (junio, julio y agosto), gran parte del país presentó anomalías dentro del rango normal, entre +/-0.5 °C (Figura 2.7 centro der.). La característica principal fue la gran variabilidad subestacional, con fluctuaciones de hasta +/-4 °C en algunos casos entre semanas o décadas. El inicio de la primavera, en **septiembre**, mostró un predominio de temperaturas superiores a los valores medios en gran parte del territorio, con anomalías de más de +3 °C (Figura 2.7 der.). **Fue el septiembre más cálido de los últimos 64 años.**

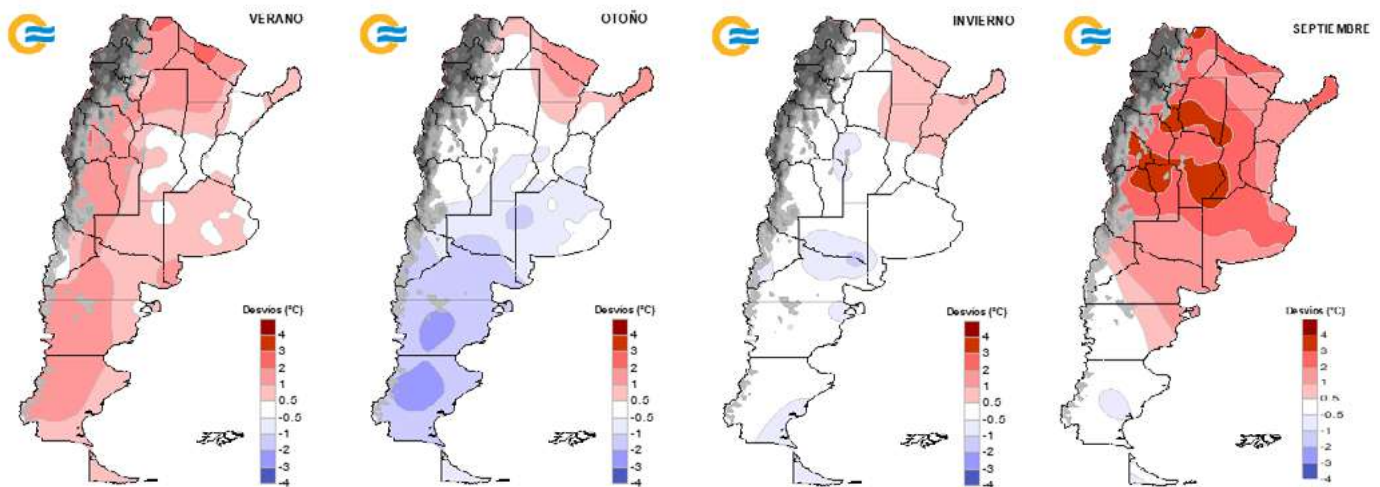


Figura 2.7. Anomalías de temperatura media de verano (izq.), otoño (centro izq.), invierno (centro der.) y septiembre (der.) durante 2024, con respecto al valor medio 1991-2020. En rojo se indican las zonas con anomalías positivas y en azul, con anomalías negativas.

Tabla 2.1. Valores récord de temperatura media en el otoño de 2024, junto con los máximos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad.

LOCALIDAD	TEMPERATURA MEDIA OTOÑO DE 2024 (°C)	MÁXIMO VALOR ANTERIOR (°C)	PERÍODO DE REFERENCIA
El Calafate	5.3	6.4 (2005)	2000-2023
Gobernador Gregores	6.5	6.7 (2002)	1961-2023*
Perito Moreno	6.7	6.9 (2002)	1961-2023*
Esquel	7.0	7.3 (2002)	1961-2023
Puerto Deseado	8.8	8.9 (2002)	1961-2023*
Paso de Indios	9.4	10.1 (1984)	1961-2023*

\* Período con interrupciones.



Las temperaturas máximas fueron predominantemente más cálidas tanto en **verano** como al **inicio de la primavera** (Figura 2.8, arriba izq. y abajo izq.). Durante el período estival, se registraron tres eventos de ola de calor con diferentes duraciones, siendo el último el de mayor extensión y persistencia, en el que varias localidades superaron sus récords previos de temperatura máxima diaria más alta (Tabla 2.2).

Contrariamente, el **otoño** presentó anomalías negativas en gran parte del territorio, con la excepción del extremo norte del país. El mes de mayo se destacó dentro del trimestre, con valores inferiores a -3 °C (Figura 2.8 arriba centro y abajo der.). Las anomalías durante el invierno se ubicaron mayoritariamente entre los +/-0.5 °C, siendo levemente positivas en el norte y negativas en el sur (Figura 2.8 arriba der.).

Figura 2.8. Anomalías de temperatura máxima media de verano (arriba izq.), otoño (arriba centro), invierno (arriba der.), septiembre (abajo izq.) y mayo (abajo der.) durante 2024, con respecto al valor medio 1991-2020. En rojo se indican las zonas con anomalías positivas y en azul, con anomalías negativas. Para el mes de mayo, los puntos amarillos indican localidades que registraron récords.

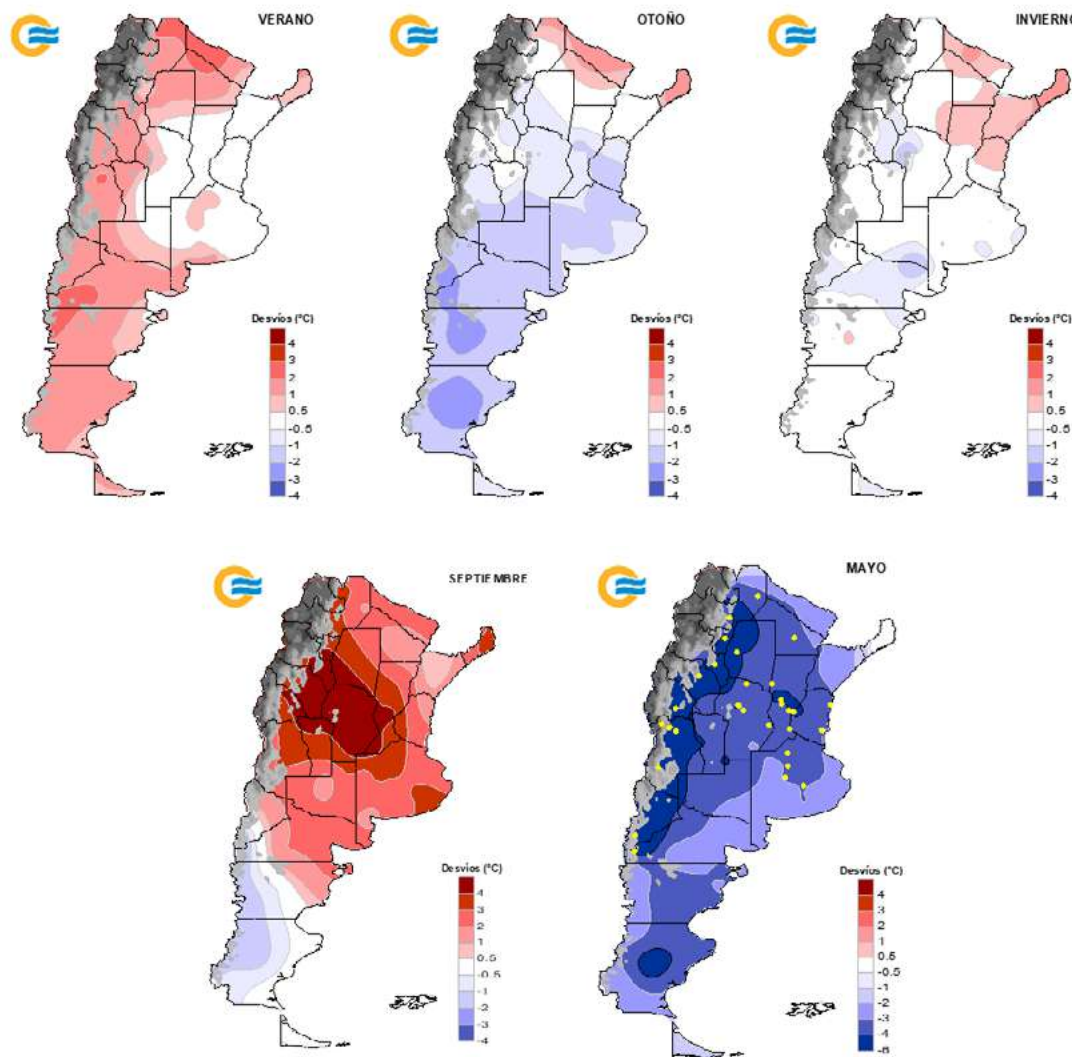


Tabla 2.2. Valores récord de temperatura máxima media en el verano de 2023/24, junto con los máximos anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad.

LOCALIDAD	TEMPERATURA MEDIA VERANO DE 2024 (°C)	MÁXIMO VALOR ANTERIOR (°C)	PERÍODO DE REFERENCIA
Tinogasta	35.9	35.2 (2016-17)	1961-2023
San Juan	35.8	35.7 (2021-22)	1961-2023
San Martín	34.4	34.1 (2022-23)	1961-2023
Bariloche	24.6	24.4 (1998-99)	1961-2023
Maquinchao	27.8	27.7 (1988-89)	1961-2023
El Bolsón	27.6	27.3 (2007-08)	1978-2023
Esquel	23.8	23.2 (2020-21)	1961-2023



En cuanto a las **temperaturas mínimas**, el **verano** presentó temperaturas superiores a los valores medios en la mayoría del territorio nacional, al igual que el **primer mes de la primavera** (Figura 2.9 izq. y der.). En varias localidades se superaron récords de temperaturas mínimas medias más altas durante el trimestre (Tabla 2.3). Durante el **otoño**, las temperaturas fueron más frías en la Patagonia, La Pampa y sur de Buenos Aires, mientras que en el noreste del país fueron cálidas (Figura 2.9 centro izq.). La característica distintiva del **invierno** fue la marcada diferencia térmica entre décadas de un mismo mes, siendo en ocasiones de hasta 5 °C, especialmente durante agosto (Figura 2.9 centro der.). En el trimestre se presentaron dos eventos de ola de frío, con el más relevante ocurriendo entre el 4 y 14 de julio, que afectó a un máximo de casi 70 localidades el 8 de julio.

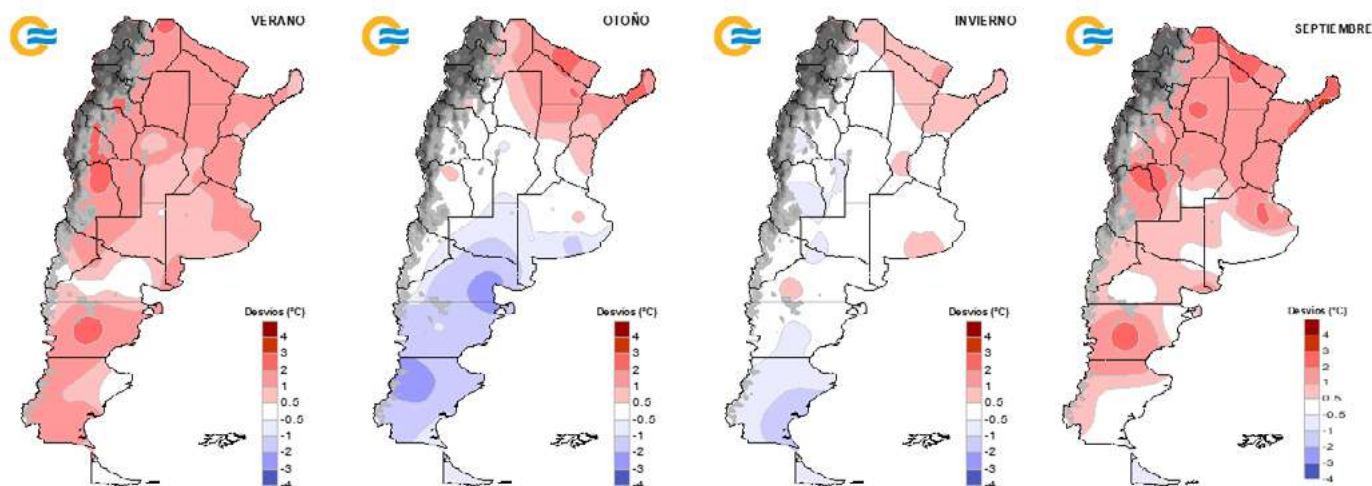


Figura 2.9. Anomalías de temperatura mínima de verano (izq.), otoño (centro izq.), invierno (centro der.) y septiembre (der.) durante 2024, con respecto al valor medio 1991-2020. En rojo se indican las zonas con anomalías positivas y en azul, con anomalías negativas.

Tabla 2.3. Valores récord de temperatura mínima media en el verano de 2023/24, junto con los máximos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad.

LOCALIDAD	TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA VERANO DE 2023/24 (°C)	MÁXIMO VALOR ANTERIOR (°C)	PERÍODO DE REFERENCIA
Catamarca	23.2	23.0 (2012-13)	1961-2023
Orán	22.9	22.4 (2015-16)	1961-2023
Tartagal	22.7	21.9 (2021-22)	1961-2023
La Rioja	22.3	22.2 (2021-22)	1961-2023
Tinogasta	21.3	19.6 (2009-10)	1961-2023
San Juan	20.8	19.9 (2021-22)	1961-2023
Mendoza	20.4	19.7 (2019-20)	1961-2023
San Martín	20.2	18.7 (2016-17)	1961-2023
Jujuy	20.2	19.4 (2022-23)	1961-2023
Salta	17.7	17.3 (2021-22)	1961-2023
San Rafael	16.8	16.0 (2019-20)	1961-2023
Neuquén	16.7	16.4 (2021-22)	1961-2023
Dolores	16.2	16.1 (1983-84)	1961-2023
Viedma	15.5	15.3 (2008-09)	1961-2023
Paso de Indios	12.4	11.4 (1974-75)	1961-2023*
La Quiaca	9.2	8.8 (2019-20)	1961-2023

\* Período con interrupciones.

### 2.3.2 PRECIPITACIÓN ESTACIONAL

Durante el **verano**, las precipitaciones fueron superiores a los valores normales en gran parte del Litoral, Santa Fe, Córdoba, este de San Luis, centro y este de Buenos Aires, sur de Jujuy y centro de Salta (Figura 2.10 izq.). Los mayores excesos se presentaron en el norte de Santa Fe, sur de Corrientes y centro de Salta, con valores superiores a los 200 mm con respecto al promedio 1991-2020. Se destacaron las estaciones Reconquista (Santa Fe) y Salta (provincia homónima), **para las cuales el verano 2023/2024 fue el más lluviosa desde 1961** (Tabla 2.4). Con respecto a los déficits, estos se presentaron en gran parte del NOA, norte de Cuyo y oeste de la Patagonia. Se destaca el registro de 0 mm en la localidad santacruceña de El Calafate, valor inferior al mínimo anterior de 5 mm registrado el verano anterior, para el período 2001-2023.

En el **otoño**, las mayores precipitaciones ocurrieron en el Litoral, sur de Santa Fe, y centro y noreste de Buenos Aires (Figura 2.10 centro izq.), donde la señal de El Niño tomó relevancia. Estos excesos estuvieron condicionados por eventos intensos de lluvia en marzo y abril. En la zona núcleo del país se volvieron a registrar inundaciones luego de varios años.

El **invierno** se presentó mayormente deficitario. Con el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur en condiciones neutrales, los forzantes subestacionales y sinópticos tomaron preponderancia. Los principales déficits se observaron en parte de Corrientes, Entre Ríos, Santa Fe, sudeste de Buenos Aires y noroeste de la Patagonia. Por otro lado, los excesos significativos se limitaron al sur del país, como consecuencia de las intensas y frecuentes nevadas y/o lluvias registradas durante este trimestre (Figura 2.10 centro der.).

El **inicio de la primavera** se caracterizó por escasas precipitaciones en gran parte del territorio nacional, siendo más relevantes en la zona central. Los excesos más destacados se registraron en la zona cordillerana del noroeste de la Patagonia (Figura 2.10 abajo der.).

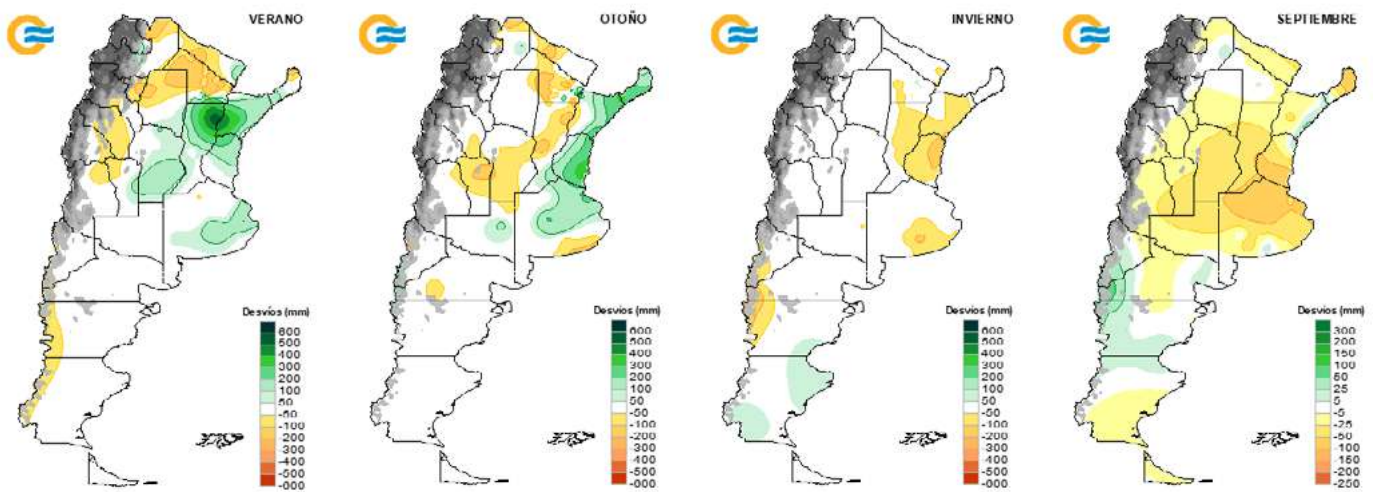


Figura 2.10. Anomalías de precipitación acumulada de verano (izq.), otoño (centro izq.), invierno (centro der.) y septiembre (der.) durante 2024, con respecto al valor medio 1991-2020. En verde se indican las zonas con anomalías positivas y en marrón, con anomalías negativas.

Tabla 2.4. Valores récord de precipitación acumulada de verano 2023/24 junto con los máximos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad.

LOCALIDAD	PRECIPITACIÓN ESTACIONAL (mm)	MÁXIMO VALOR ANTERIOR (mm)	PERÍODO DE REFERENCIA
Reconquista	1061.0	1039.0 (2014/2015)	1961-2023
Salta	730.0	710.1 (2007/2008)	1961-2023

La cobertura de nieve en las cuencas hídricas de la región de Cuyo es un indicador clave para entender la disponibilidad de recursos hídricos en zonas áridas y semiáridas, donde la nieve actúa como un reservorio natural de agua. Durante el período de abril a septiembre de 2024, todas las cuencas experimentaron un incremento en la superficie cubierta por nieve en comparación con el valor medio del período 2000-2020 y con respecto a los últimos tres años, excepto en la cuenca del río Malargüe (Figura 2.11 der.). Es importante destacar que, si bien la cuenca del río Tunuyán mantuvo una tendencia de aumento en la cobertura de nieve, sus valores fueron similares al promedio del período 2000-2020 (Figura 2.11 izq.). En contraposición, cuencas como Jáchal, Malargüe y Colorado registraron un incremento notable, con porcentajes anómalos que superaron el 20 %, lo cual puede estar vinculado a fenómenos meteorológicos locales, como aumentos en la precipitación sólida o disminuciones en la temperatura promedio durante la temporada invernal. Por otro lado, las cuencas San Juan, Diamante y Mendoza presentaron menores porcentajes anómalos positivos de cobertura nívea.

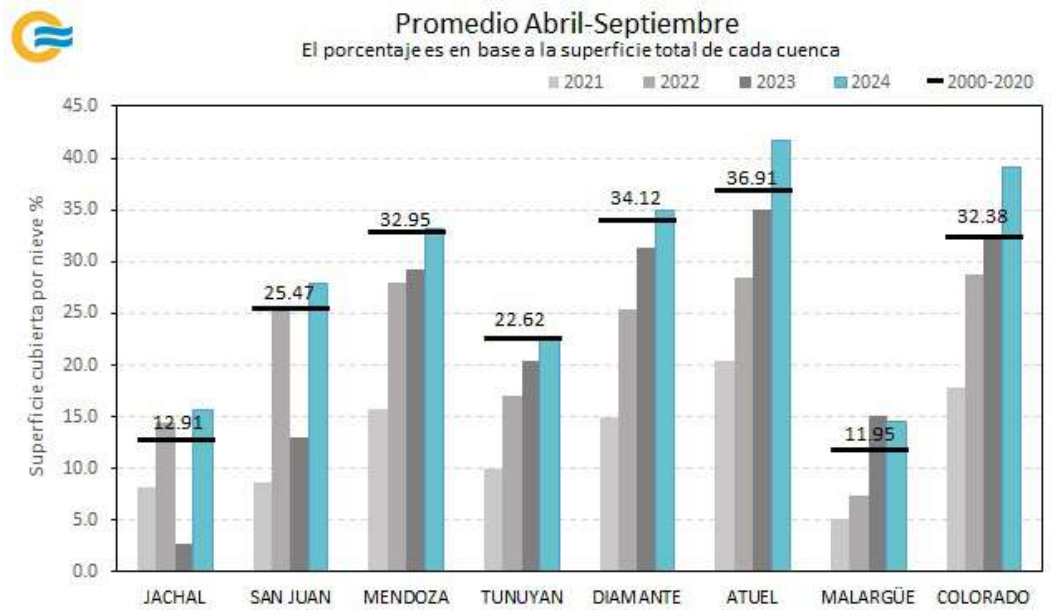
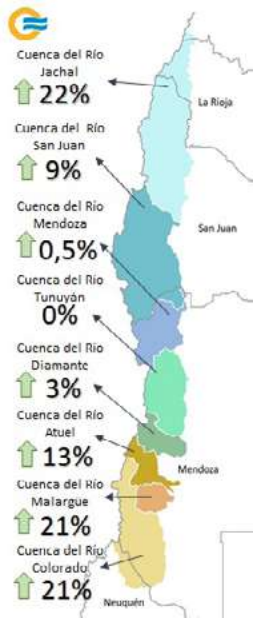
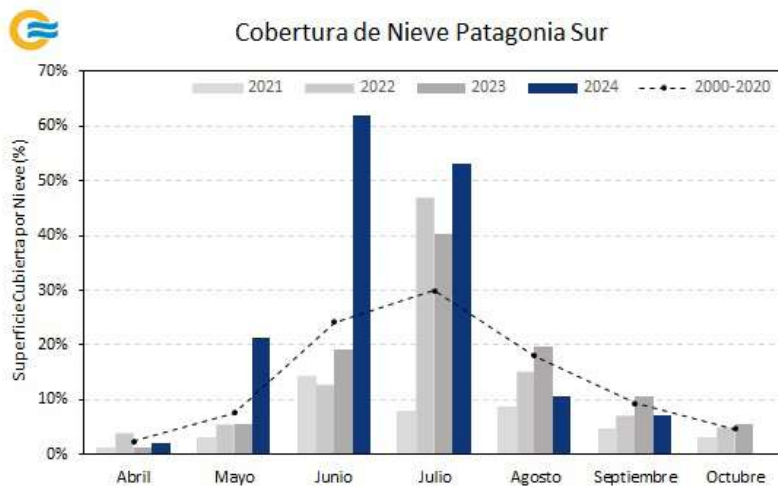


Figura 2.11: Izq.: Porcentajes anómalos de cobertura de nieve desde abril a septiembre de 2024 en las cuencas hidrográficas de la cordillera central de los Andes, con respecto al valor medio 2000-2020. Der.: Porcentajes medios de superficie cubierta por nieve desde abril a septiembre de 2024 en las cuencas hidrográficas de la cordillera central de los Andes, mostrado en barras turquesas. En barras grises se indican los valores del 2023, 2022 y 2021, mientras que los valores con una línea negra indican el valor medio 2000-2020. Fuente de datos: Observatorio Regional de la Nieve, IANIGLA. La cobertura espacial de nieve se estima a partir del sensor MODIS a bordo de los satélites TERRA y AQUA.

Con respecto a las cuencas hidrográficas de la región de Patagonia sur, y considerando el período de abril a septiembre de 2024, se experimentó un notable aumento en la cobertura nívea, abarcando gran parte de su meseta (Figura 2.12). El análisis de la superficie nevada en las provincias de Chubut y Santa Cruz reveló incrementos significativos en comparación tanto con el valor medio 2000-2020 como con los últimos tres años. Los meses de mayo, junio y julio mostraron una tendencia particularmente destacada. Junio fue especialmente excepcional, con más del 60 % de la superficie cubierta por nieve, concentrándose en gran parte en Santa Cruz.

Figura 2.12: Porcentajes medios mensuales de superficie cubierta por nieve en la región Patagonia sur (Chubut y Santa Cruz) desde abril a septiembre de 2024, en barras azules. En barras grises se indican los valores de los años 2023, 2022 y 2021. En línea punteada se representan los valores medios del período 2000-2020. Fuente de datos: SMN. La cobertura espacial de nieve se estima a partir del sensor MODIS a bordo de los satélites TERRA y AQUA.

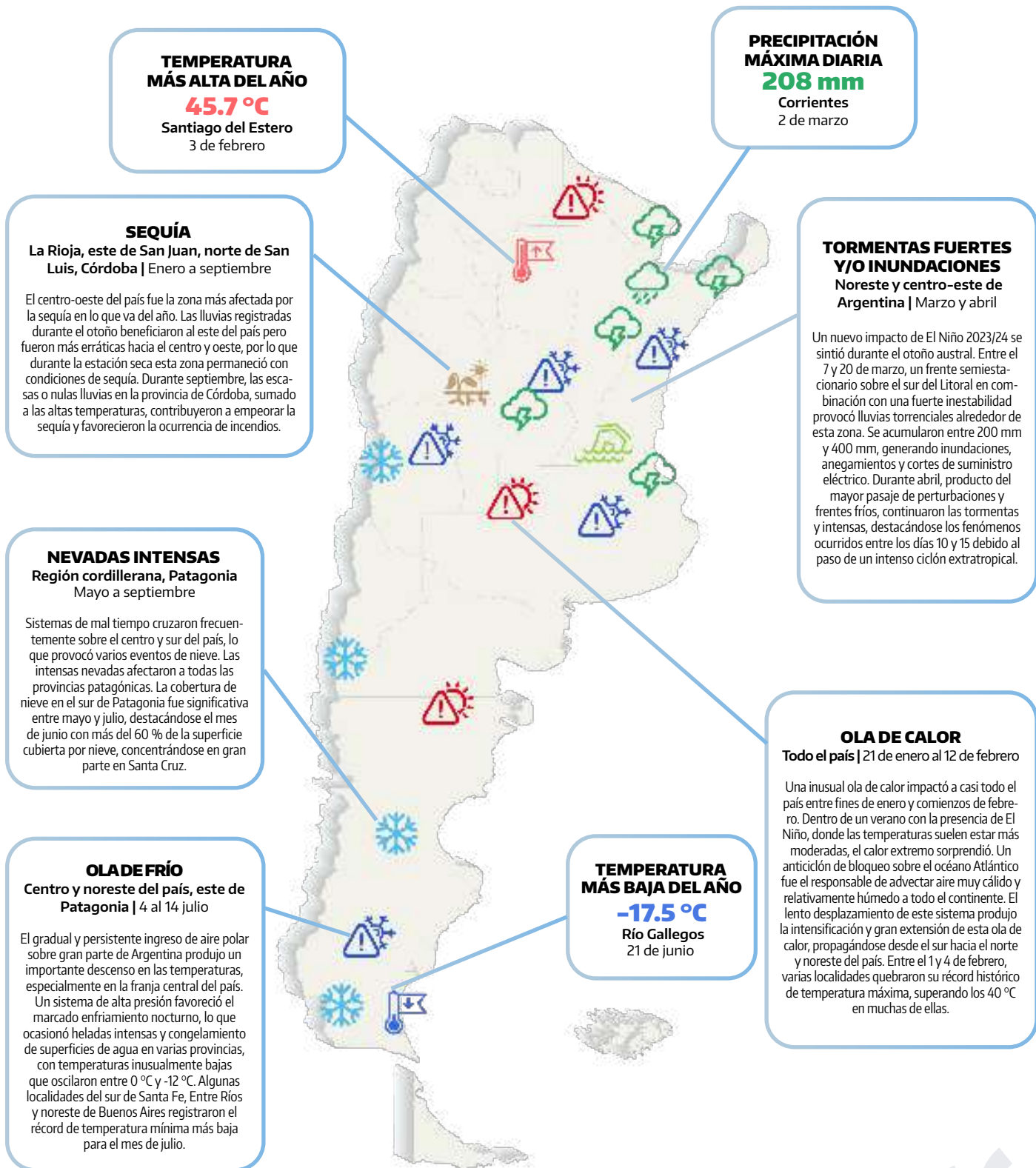


## 2.4 Eventos extremos

Figura 2.13. Resumen de los eventos meteorológicos más destacados en Argentina de enero a septiembre de 2024.

La Figura 2.13 resume los eventos meteorológicos más destacados del año 2024. En las siguientes secciones se hace una descripción más detallada de los mismos.

### 2.4.1 EVENTOS DESTACADOS Y VALORES DIARIOS EXTREMOS



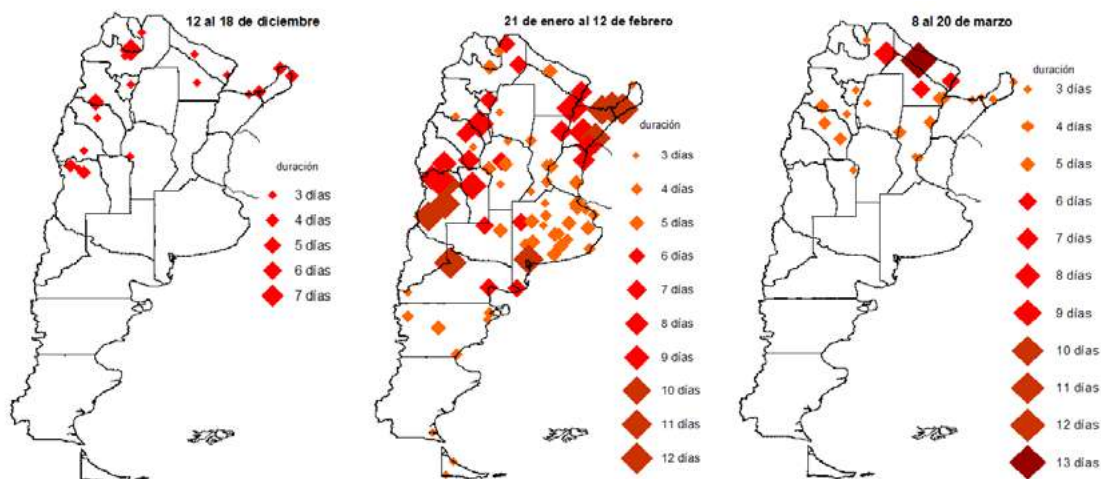


### 2.4.2 OLAS DE CALOR

A pesar de la influencia del fenómeno de El Niño, que generalmente modera las temperaturas en verano, varias olas de calor impactaron en nuestro país. **La más significativa ocurrió entre el 21 de enero y 12 de febrero, y afectó a todas las provincias, con una duración de hasta 12 días** (Figura 2.14 centro). Este evento fue especialmente intenso hacia el centro-oeste de Argentina y norte del Litoral, alcanzando su máxima intensidad y extensión territorial entre el 30 de enero y 7 de febrero. Para febrero, varias localidades del centro y norte argentino establecieron un nuevo récord de temperatura máxima más alta, como Santiago del Estero (45.7 °C, el 3 de febrero), La Rioja (43.8 °C, el 3 de febrero), Santa Rosa (42.2 °C, el 6 de febrero), Bahía Blanca (40.6 °C, el 1 de febrero), Ceres (42.5 °C, el 3 de febrero), entre otras. El establecimiento de un centro de alta presión de muy lento desplazamiento sobre el océano Atlántico sur, junto con su circulación asociada, generó el desarrollo de esta ola de calor, que se propagó desde el sur hacia el norte y noreste.

Otra ola de calor bastante atípica se desarrolló durante marzo y mayormente al norte de 30°S (Figura 2.14 der.). Una masa de aire de origen tropical permaneció varios días en la región y provocó valores excepcionalmente altos de temperatura y humedad, muy peligrosos para la salud. Se alcanzaron valores de sensación térmica de más de 50 °C en algunas localidades, y en varias de ellas se superaron los récords históricos de temperatura máxima y/o mínima diaria más alta para un mes de marzo. Cabe destacar el severo impacto de este evento excepcional en la localidad formoseña de Las Lomitas, que registró 13 días con temperaturas máximas iguales o mayores a °C, y mínimas que llegaron a superar los 30 °C.

Figura 2.14. Olas de calor más significativas ocurridas entre diciembre de 2023 y marzo de 2024. El tamaño de los rombos rojos indica la duración de los eventos.



### 2.4.3 OLAS DE FRÍO

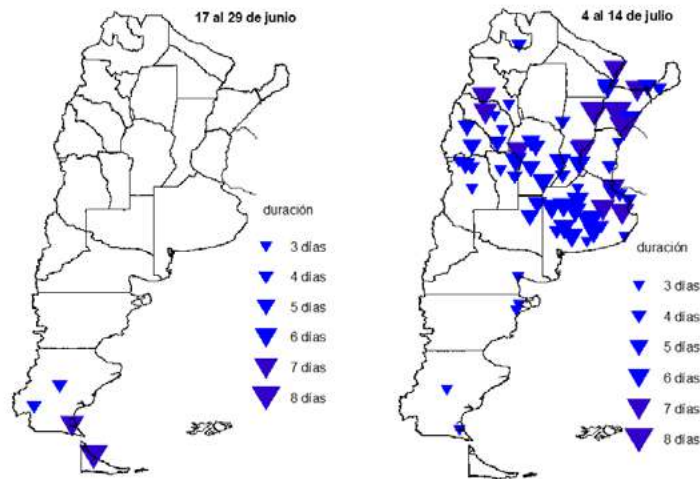
La temporada invernal 2024 se presentó muy activa y variable, con dos eventos de ola de frío destacados. El primero fue más localizado y afectó al extremo sur de Patagonia en la segunda mitad de junio (Figura 2.15 izq.). La circulación de bloqueo que dominó durante gran parte de junio favoreció la persistencia de muy bajas temperaturas e intensas nevadas en las provincias patagónicas. En Santa Cruz y Tierra del Fuego, el frío extremo fue más marcado, lo que dio lugar al desarrollo de olas de frío. Se registraron temperaturas mínimas entre -18 °C y -5 °C, y temperaturas máximas que no superaron los 0 °C, por lo que algunas zonas fueron severamente afectadas por el congelamiento de suelos y superficies de agua, además de complicaciones generadas por las intensas nevadas. El Calafate, Río Gallegos y Río Grande registraron el junio más frío de los últimos 64 años.

El segundo evento, que tuvo lugar entre los días 4 y 14 de julio fue especialmente relevante, ya que hacía varios inviernos que un episodio de frío tan extremo no se extendía por una zona tan amplia del país (Figura 2.15 der.). El mismo afectó a toda la franja central del país y la región del Litoral y, en menor medida, al este de la Patagonia. El gradual y persistente ingreso de aire polar observado desde fines de junio produjo un marcado descenso en las temperaturas, especialmente sobre la franja central. Un sistema de alta presión permaneció sobre el continente, que favoreció un gran enfriamiento nocturno y el desarrollo de esta ola de frío. Se produjeron heladas intensas en varias provincias, con temperaturas inusualmente bajas que oscilaron entre 0 °C y -12 °C. Es de destacar el congelamiento de superficies de agua sobre la zona núcleo y el frío récord registrado en algunas localidades, como Venado Tuerto (-8.0 °C, el 10 de julio), Gualaguaychú (-7.6 °C, el 9 de julio), Sauce Viejo (-6.8 °C, el 10 de julio), El Palomar (-7.0 °C, el 10 de julio) y La Plata (-5.7 °C, el 10 de julio). Por primera vez desde el año 2011, la ciudad de Buenos Aires



registró helada meteorológica, es decir, la temperatura descendió por debajo de 0 °C. Lo más significativo fue que, durante este invierno, la ciudad registró cuatro días con heladas, algo que no ocurría desde 1980. Fue la ola de frío con mayor extensión territorial desde el invierno de 1992, y una de las más intensas respecto a las temperaturas tan bajas registradas.

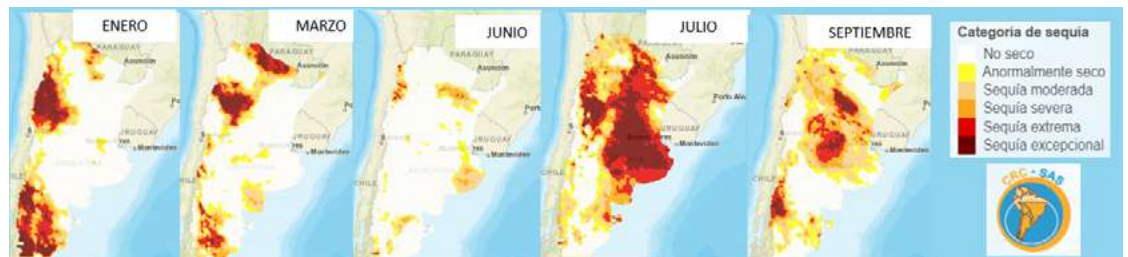
Figura 2.15. Olas de frío ocurridas durante el invierno de 2024, de acuerdo con el tamaño de los triángulos azules se indica la duración de los eventos.



### 2.4.4 SEQUÍA

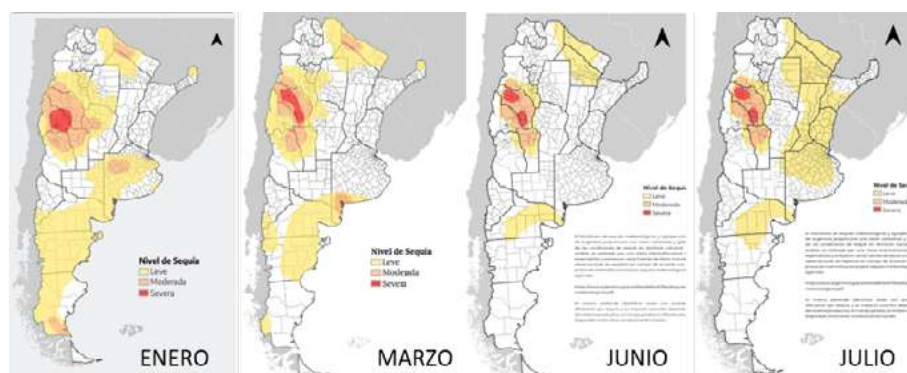
Las condiciones de sequía observadas en la región de Cuyo y el NOA durante el último trimestre de 2023 continuaron agravándose durante el verano de 2024 (Figura 2.16). Esto se debió a la escasez de precipitaciones, que se mantuvo hasta el inicio de la estación seca en esta región. En el norte del país, la falta de lluvias, sumado a las altas temperaturas, generaron condiciones de sequía severa a moderada durante febrero y marzo, sin demasiada persistencia, revertidas luego en invierno y primavera. En el centro y este del país, la situación de sequía se vio drásticamente agravada por el déficit de lluvias de julio.

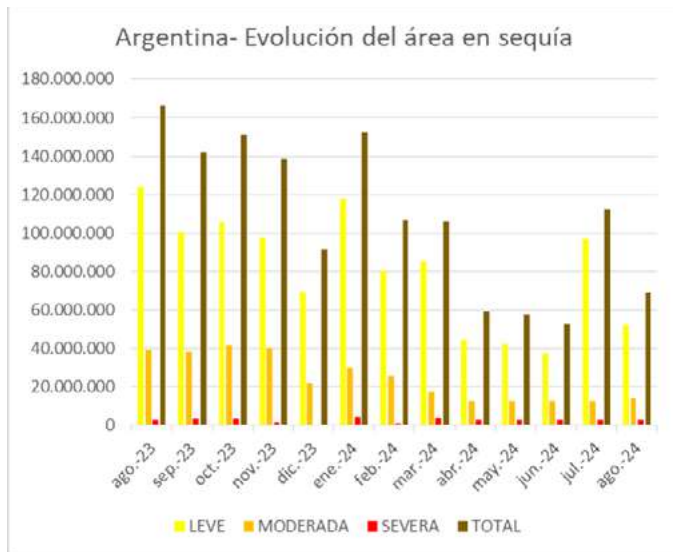
Figura 2.16. Evolución de las categorías de sequía durante 2024, de acuerdo con precipitaciones estimadas por el producto CHIRPS (Funk y otros, 2015) para la escala de tres meses. Se muestran los campos de enero, marzo, junio, julio y septiembre. En marrón se indican las zonas afectadas por alguna categoría de sequía, establecida según las especificaciones del US Drought Monitor. Fuente: SISSA/CRC-SAS. Más información de este producto en: <https://sisa.crc-sas.org/monitoreo/estado-actual-de-la-sequia/>.



En la Mesa Nacional de Monitoreo de Sequía, integrada por diferentes instituciones, 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. De acuerdo con estos reportes, durante todo el año persistieron condiciones de sequía moderada y severa en Cuyo (Figura 2.17), lo que generó complicaciones de abastecimiento de agua para ganado y afectación de la disponibilidad forrajera. En Patagonia prevalecieron condiciones de sequía leve que en febrero alcanzaron la categoría de moderada, recuperándose rápidamente en el invierno. La región central y este del país, por su parte, mostró condiciones de sequía leve que afectaron los rendimientos agrícolas y favorecieron la ocurrencia de incendios forestales entre julio y septiembre.

Figura 2.17. Evolución de las regiones de sequía durante 2024, de acuerdo con la Mesa Nacional de Monitoreo de Sequías. Fuente: <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/eda/sequia/>.



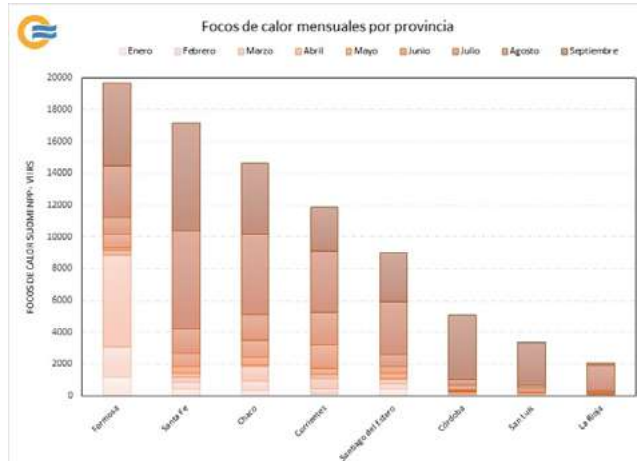


La evolución del área en sequía a nivel país mostró un descenso desde enero hasta junio de 2024, y alcanzó un mínimo entre abril y junio (Figura 2.18). En agosto de 2024, se registró una menor extensión afectada en comparación con el mismo mes del año anterior. En todos los meses, la categoría predominante fue la de sequía leve.

Figura 2.18. Evolución mensual de las hectáreas afectadas por cada categoría de sequías y el total del área en sequía. Fuente: Mesa Nacional de Monitoreo de Sequías.

Las sequías y las altas temperaturas propiciaron incendios descontrolados de amplia magnitud y cercanos a áreas pobladas, ya sea por causas naturales o actividades humanas. Se observó un aumento significativo de focos de calor en distintas provincias a lo largo del año, siendo Formosa y Santa Fe las que registraron el mayor número (Figura 2.19). En agosto, La Rioja experimentó un incremento notable, mientras que, en septiembre, las provincias de Córdoba y San Luis presentaron picos en la cantidad de focos, coincidiendo con los grandes incendios que afectaron estas zonas. Cabe destacar que la detección de focos de calor es una herramienta valiosa para estimar la posible ocurrencia de incendios, aunque no todos se traducen en incendios activos.

Figura 2.19. Cantidad de focos de calor en provincias con más de dos mil registros durante enero a septiembre de 2024. Fuente de datos: Sistema de Información sobre Incendios para la Gestión de Recursos de la NASA, que utiliza anomalías térmicas detectadas por el sensor VIIRS a bordo del satélite Suomi-NPP. Más información del producto en: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>. Graficado por el SMN.



La evolución de focos de calor diarios a lo largo del año muestra un aumento desde julio y agosto, con un pico elevado a principios de este mes y otro a mediados de septiembre (Figura 2.20).

Figura 2.20. Evolución de los focos de calor diarios desde enero a septiembre de 2024. Fuente de datos: Sistema de Información sobre Incendios para la Gestión de Recursos de la NASA, que utiliza anomalías térmicas detectadas por el sensor VIIRS a bordo del satélite Suomi-NPP. Más información del producto en: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>. Graficado por el SMN.



## 2.5 Temperatura en Antártida

Entre enero y septiembre de 2024, las anomalías de temperatura media en cuatro de las seis estaciones antárticas estuvieron entre +/-0.1°C, contrario a lo observado en Orcadas y Belgrano II, que presentaron anomalías superiores o inferiores a +/-1°C. El mayor desvío positivo se registró en Belgrano II, con +1.6°C, y el negativo en Orcadas, con -1.4°C (Figura 2.21). En ambas, el comportamiento de las anomalías mensuales fue más regular, con anomalías del mismo signo durante gran parte del período (Figura 2.22). En Belgrano II, los valores positivos se registraron a lo largo de ocho meses, con desvíos máximos de +4.5°C en julio y +3.9°C en septiembre, con una única anomalía levemente negativa en enero. En Orcadas, la mayoría de los meses presentó valores negativos, especialmente entre mayo y agosto, con un mínimo de -6.6°C en junio. Sin embargo, en septiembre se produjo un cambio de signo, con una anomalía positiva de +2.7°C.

Figura 2.21. Anomalías de temperatura media anual para las bases Orcadas, Carlini, Esperanza, Marambio, San Martín y Belgrano II de enero a septiembre de 2024, con respecto al valor medio 1991-2020. En barras rojas se representan las anomalías positivas y en barras azules, las negativas.

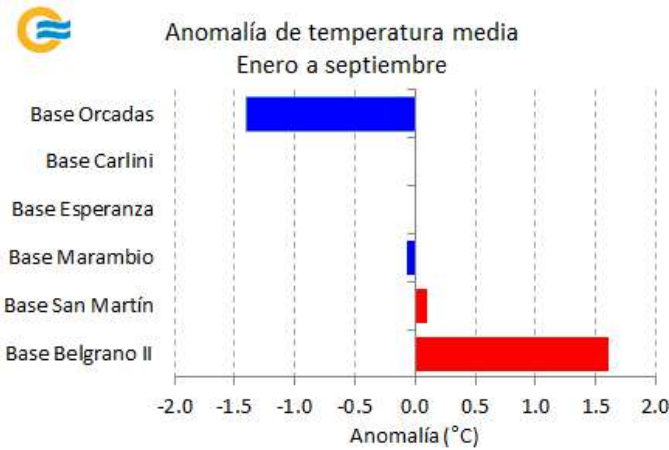
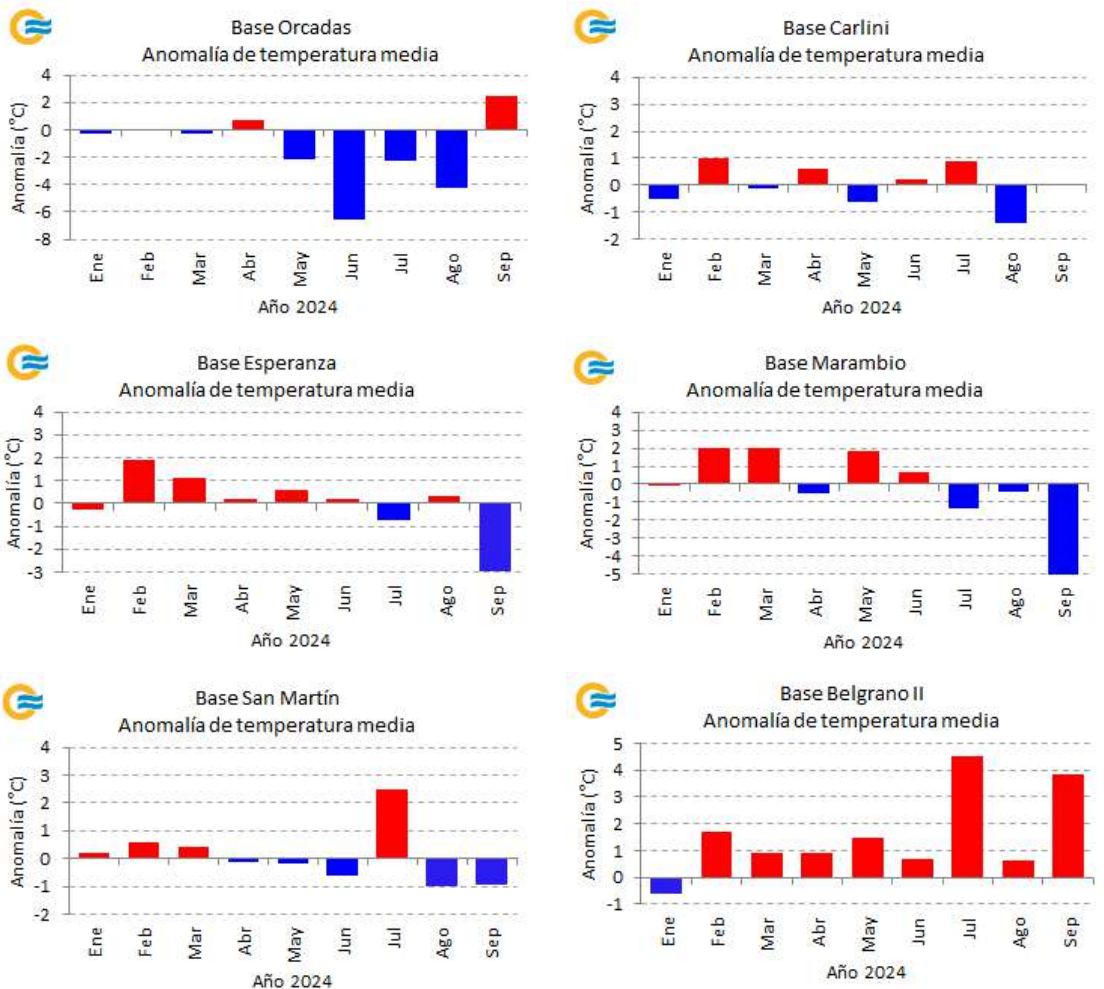


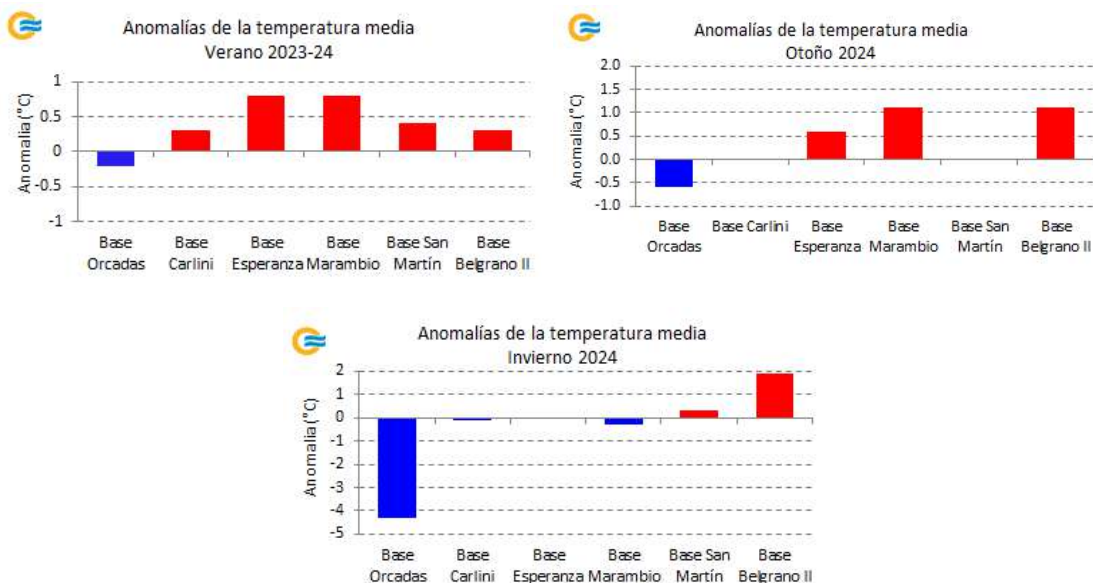
Figura 2.22. Anomalías mensuales de temperatura media para las bases Orcadas (arriba izq.), Carlini (arriba der.), Esperanza (centro izq.), Marambio (centro der.), San Martín (abajo izq.) y Belgrano II (abajo der.) de enero a septiembre de 2024, con respecto al valor medio 1991-2020. En barras rojas se representan las anomalías positivas y en barras azules, las negativas.





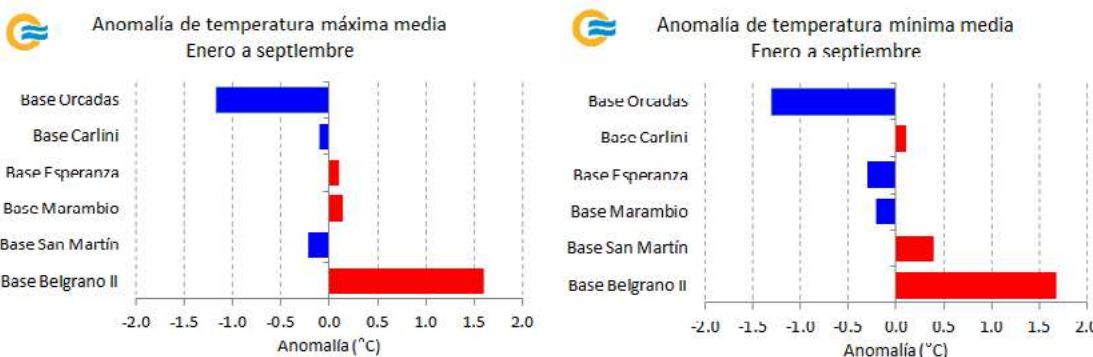
Estacionalmente, en verano y otoño predominaron las anomalías normales a positivas, con la excepción de Orcadas, que presentó valores levemente negativos. El invierno fue la estación con los mayores desvíos, alcanzando -4.4 °C en Orcadas y +1.9 °C en Belgrano II (Figura 2.23).

Figura 2.23. Anomalías de temperatura media de verano (arriba izq.), otoño (arriba der.), invierno (abajo centro) para las bases Orcadas, Carlini, Esperanza, Marambio, San Martín y Belgrano II de enero a septiembre de 2024, con respecto al valor medio 1991-2020. En barras rojas se representan las anomalías positivas y en barras azules, las negativas.



Un comportamiento similar al de la media se observó en las temperaturas máximas y mínimas medias (Figura 2.24). Las mayores anomalías se registraron en la base Belgrano II, con +1.7 °C en la mínima y +1.6 °C en la máxima, mientras que las menores anomalías se observaron en Orcadas, con -1.3 °C en la mínima y -1.2 °C en la máxima.

Figura 2.24. Anomalías de temperatura máxima media (izq.) y mínima media (der.) para las bases Orcadas, Carlini, Esperanza, Marambio, San Martín y Belgrano II de enero a septiembre de 2024, con respecto al valor medio 1991-2020. En barras rojas se representan las anomalías positivas.



A nivel mensual se destacaron algunos registros que superaron a los máximos valores anteriores (Tabla 2.12).

BASE	MES O ESTACIÓN DEL AÑO	PARÁMETRO	TEMPERATURA Y ANOMALÍA (°C)	MÁXIMO ANTERIOR Y ANOMALÍA (°C)	PERÍODO DE REFERENCIA
Marambio	Marzo	Mínima más alta	4.8 (08-03-2024)	4.4 (30-03-1984)	1971-2023
Orcadas	Junio	Media más baja	-14.1 (-6.6)	-13.7(-5.5 en 1972)	1961-2023
Belgrano II	Julio	Media más alta	-16.4 (+4.5)	-17.2 (+3.7 en 2008)	1981-2023
		Máxima media más alta	-13.3 (+4.1)	-14.2 (+3.3 en 2008)	
		Mínima media más alta	-20.3 (+4.7)	-21.0 (+4.0 en 1981)	

Tabla 2.12. Valores récord de diversos parámetros de temperaturas mensuales durante 2024 en las bases antárticas, junto con los máximos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada base.

Sección

Sección

Sección

Sección

Sección

1 2 3 4 5

→ ÍNDICE

# 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, como así 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 en distintos períodos a lo largo del año. 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 año comenzó con una fase cálida del fenómeno ENOS o El Niño**, establecida en la primavera del 2023, que se mantuvo activa hasta abril del corriente. Las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) desde enero hasta abril del 2024 fueron positivas en el océano Pacífico ecuatorial alrededor y al este de la longitud 180°, asociadas a El Niño (Figura 3.1). Entre abril y mayo, la TSM comenzó a disminuir de forma sostenida, de manera tal que en mayo ya se observaron anomalías negativas de TSM en el océano Pacífico este, cerca de la costa sudamericana. **Entre el invierno y la primavera, este enfriamiento comenzó a debilitarse, sin llegar a definirse aún una fase fría o La Niña. 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, El Niño pudo haber favorecido la ocurrencia de las lluvias observadas durante el verano 2023/2024.**

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)

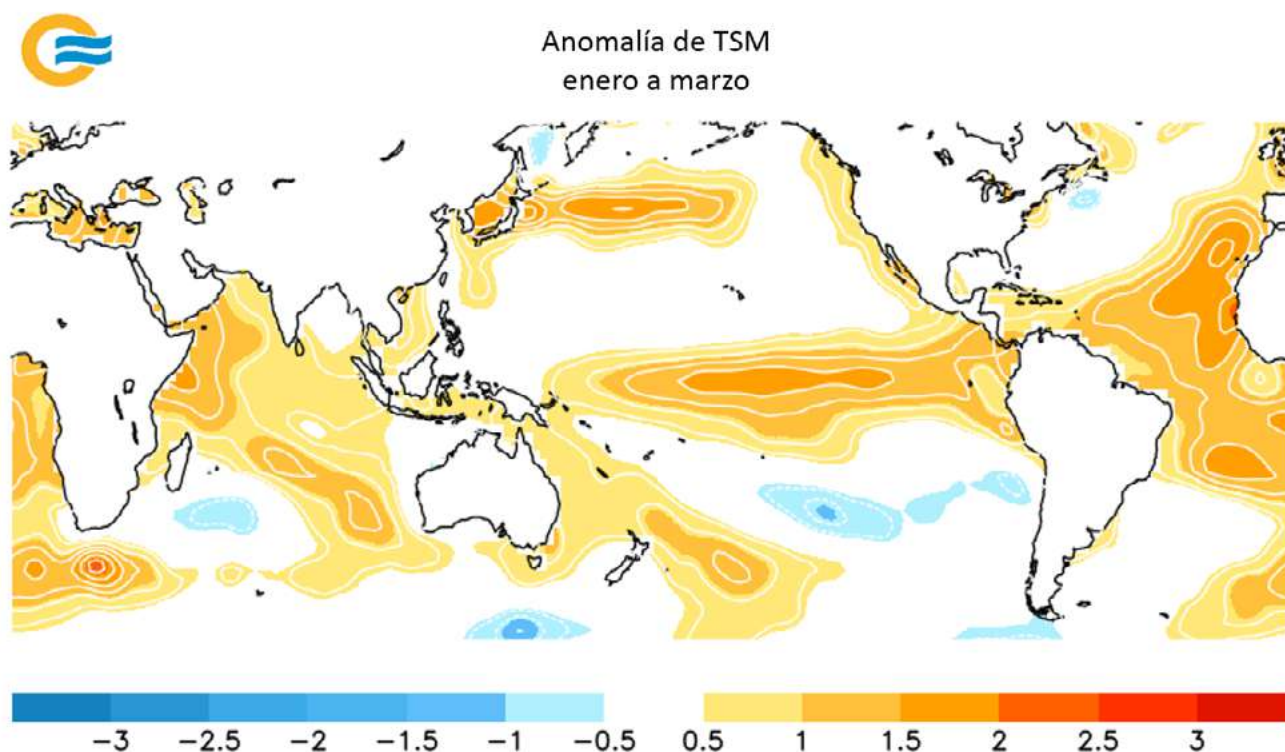
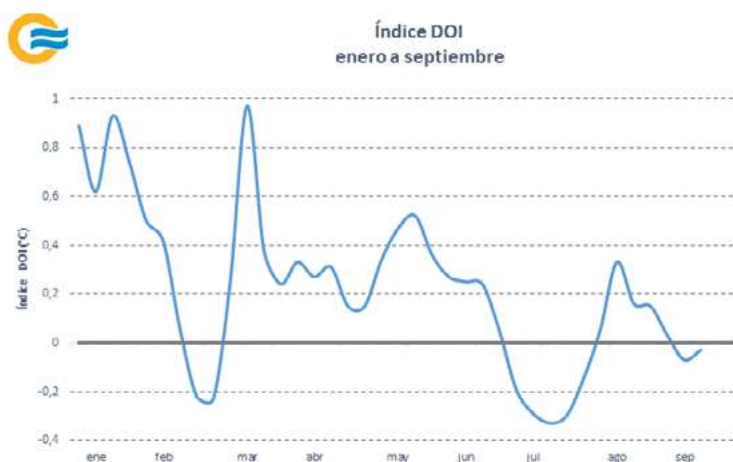


Figura 3.1. Promedio de anomalía de TSM entre el 1 de enero y el 31 de marzo de 2024. Fuente de datos: NOAA/ESRL. Graficado por el SMN.

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

En enero de 2024, el DOI estuvo en fase positiva, reflejado en valores del índice superiores a 0.4 °C (Figura 3.2). A pesar de que el índice fue positivo durante la mayor parte del año, el mismo permaneció neutral desde febrero. Solo se registraron valores negativos en breves períodos entre febrero y marzo, y durante el mes de julio. La fase positiva pudo haber contribuido a las precipitaciones en el trimestre de verano, que presentaron anomalías positivas en gran parte del Litoral, Santa Fe, Córdoba, San Luis, y el centro y este de Buenos Aires. Estas regiones suelen registrar excesos de precipitación durante la fase positiva del DOI en verano. Por otro lado, las precipitaciones inferiores a las normales en parte de Cuyo, NOA y el norte de Argentina también pudieron haber respondido al estado de esta oscilación.

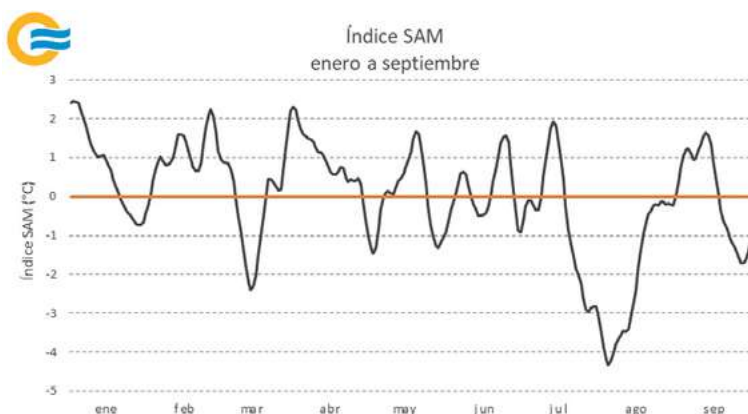
Figura 3.2. Evolución semanal del índice DOI de enero a septiembre de 2024. Para determinar una fase positiva (negativa) del DOI, el índice debe ser superior (inferior) a +0.4 °C (-0.4 °C) durante ocho semanas consecutivas. Fuente de datos: Bureau of Meteorology, Australia. Graficado por el SMN.



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

Entre enero y septiembre, el índice diario de la SAM mostró el predominio de la fase positiva del fenómeno (Figura 3.3). Las fases negativas se presentaron, en general, en períodos más cortos, excepto la que se registró entre julio y agosto, que fue más marcada y coincidió con la intensificación del vórtice polar. En septiembre, la SAM se mantuvo en fase positiva durante la primera quincena, pero cambió a fase negativa en la segunda. En Argentina, la SAM en fase negativa tiende a generar condiciones menos estables en el centro y norte del país, al favorecer la penetración de frentes fríos hacia latitudes medias. Por este motivo, se la asocia a anomalías negativas de temperatura y a mayores precipitaciones en estas regiones.

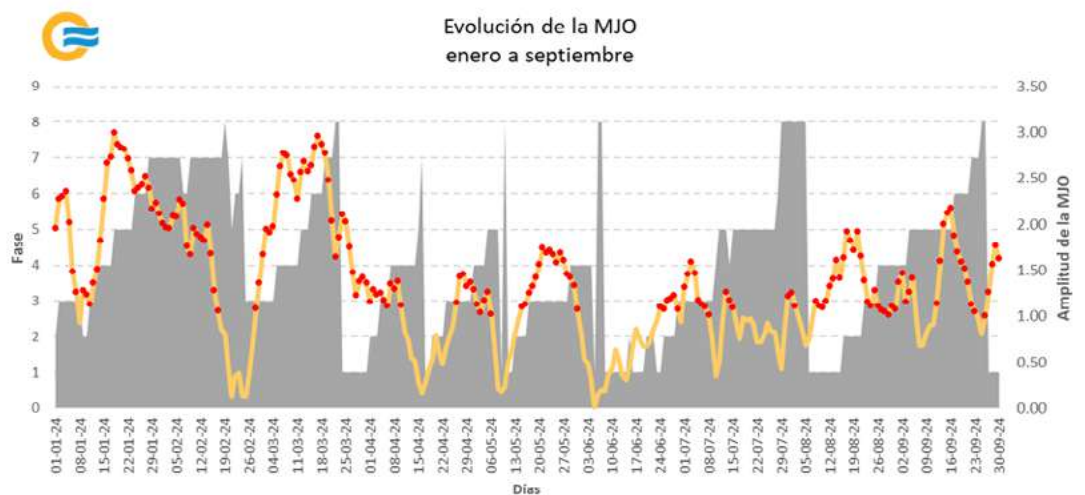
Figura 3.3. Evolución del índice diario SAM de enero a septiembre de 2024. Fuente de datos: CPC/NOAA. Graficado por el SMN.



## 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 la circulación atmosférica de la banda tropical a medida que avanza hacia el este, tardando entre 30 y 60 días. Entre enero y septiembre del 2024 se registraron varios eventos de la MJO (Figura 3.4), algunos de los cuales generaron impactos en Argentina. Se desarrollaron dos eventos que presentaron señal significativa: el primero entre el 9 de enero y el 17 de febrero (40 días), y el segundo entre el 29 de febrero y el 10 de abril (43 días). En ambos períodos se observó precipitación por debajo de lo normal en varias localidades del norte del Litoral y el NOA. Esto se condice con el comportamiento esperado durante el verano y el otoño austral que indica que, cuando la MJO se encuentra en las fases 7 y 8, se reducen las chances de episodios de precipitación intensa en el noreste del país. Por otro lado, en verano, se favorecen temperaturas superiores a lo normal en el norte patagónico y en el centro-oeste del país. En el invierno, desde el 8 de agosto al 6 de septiembre, se desarrolló un evento de MJO, entre las fases 1 a 5. Su señal promovió condiciones más frías en nuestro país, en combinación con otros forzantes subestacionales. También se identificaron otros eventos de menor duración entre el 26 de abril y el 6 de mayo, entre el 15 y 31 de mayo y, en invierno, entre el 24 de junio y el 8 de julio. En estos casos, los impactos en la lluvia y la temperatura no fueron coherentes con la señal de la MJO, posiblemente por la presencia de otros forzantes subestacionales o de menor escala.

Figura 3.4. Evolución de la MJO de enero a septiembre de 2024. El sombreado indica la fase del fenómeno (eje de la izquierda), mientras que la curva naranja indica la amplitud del mismo (eje de la derecha). Los puntos rojos indican 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.



### REFERENCIA

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

Sección

Sección

Sección

Sección

Sección

1 2 3 4 5

→ ÍNDICE

# 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 llamado “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 a un incremento de la temperatura terrestre. Los principales GEI naturales y antropogénicos son el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). También el vapor de agua y el ozono (O<sub>3</sub>) superficial son considerados GEI, mientras que el monóxido de carbono (CO) es considerado GR.

Argentina, a través del SMN, integra el programa de Vigilancia Atmosférica Global (VAG) desde la década del 90, impulsado por OMM. La misión de este programa se centra en coordinar observaciones sistemáticas de alta calidad de la composición fisicoquímica de la atmósfera y su conexión con el clima y el tiempo, para detectar tendencias y cambios en la atmósfera.

## | 4.1 Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>)

En las estaciones Ushuaia y Marambio se monitorean in situ dos especies de gases de efecto invernadero: CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>. El CO<sub>2</sub> es el GEI antropogénico más importante en la atmósfera por su largo tiempo de permanencia. En cambio, el CH<sub>4</sub> tiene un tiempo de residencia mucho menor -aproximadamente 10 años- pero con una eficiencia en el calentamiento global 28 veces superior a la del CO<sub>2</sub>. Actualmente, la mitad del CO<sub>2</sub> emitido por actividades humanas permanece en la atmósfera.

Tanto en Ushuaia como en Marambio, las fracciones molares superficiales observadas, para parcelas atmosféricas libres de la influencia directa de la actividad humana, continuaron en aumento durante 2024 (Figuras 4.1 y 4.2). En ambas estaciones, los valores máximos de la fracción molar media mensual aumentaron respecto de los años anteriores (Tabla 4.1).

Figura 4.1. Fracciones molar de CO<sub>2</sub> registradas de enero a septiembre de 2024 en las estaciones Ushuaia (arriba) y Marambio (abajo). Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los rojos, a los promedios mensuales.

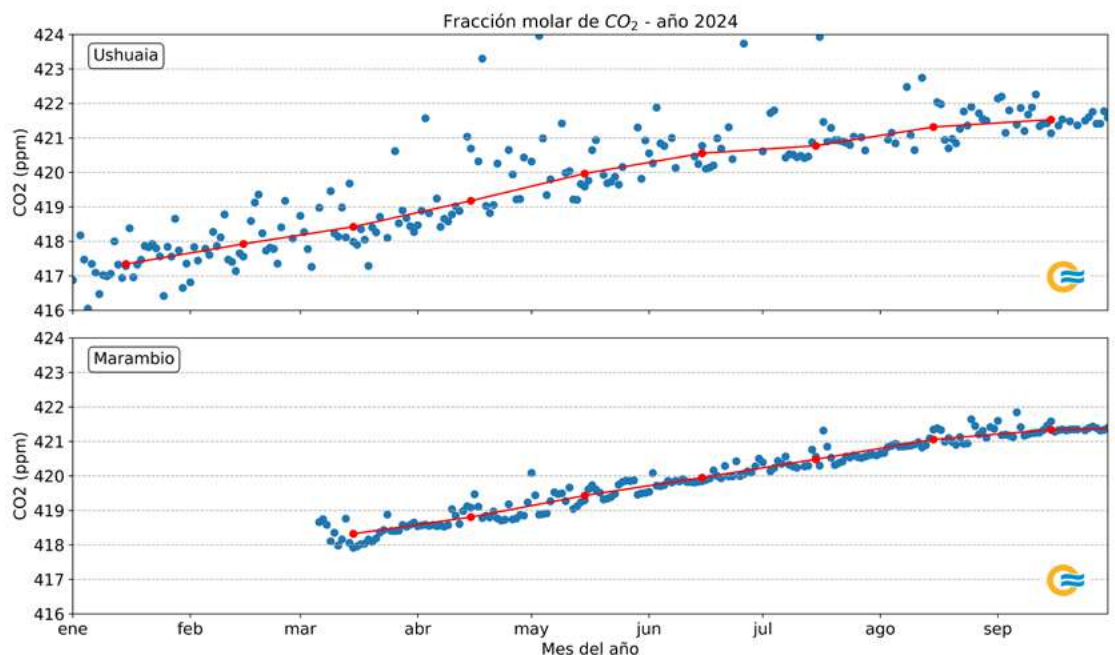




Figura 4.2. Fracciones molar de CH<sub>4</sub> registradas de enero a septiembre de 2024 en las estaciones Ushuaia (arriba) y Marambio (abajo). Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los rojos, a los promedios mensuales.

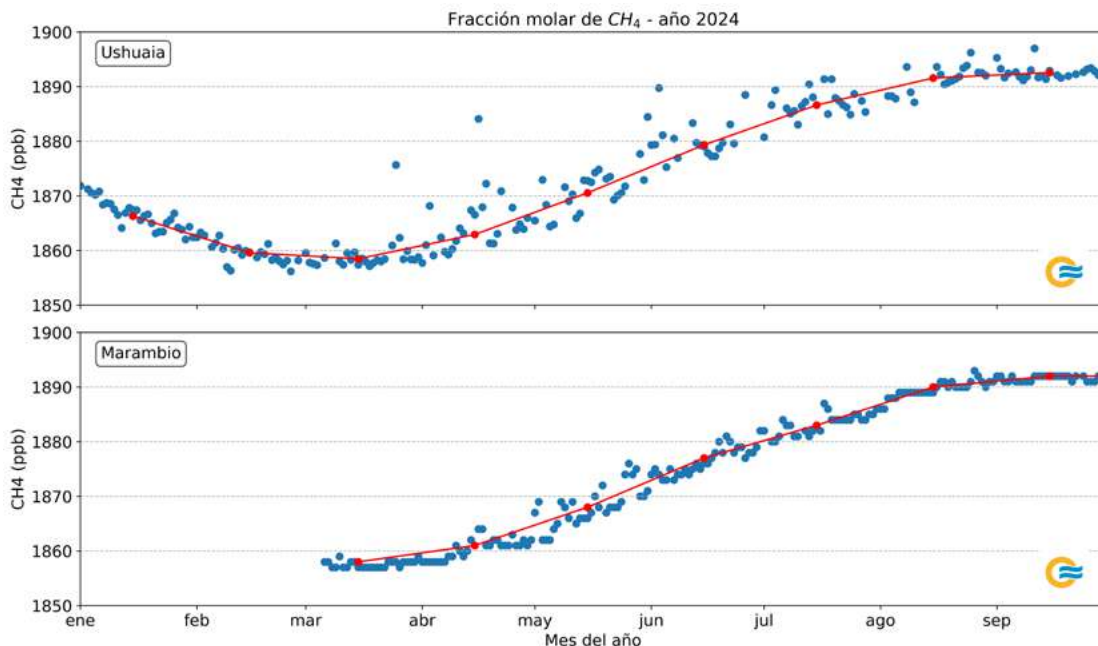


Tabla 4.1. Valores máximos de la fracción molar media mensual registrada en los últimos cuatro años en las estaciones Ushuaia y Marambio.

<sup>1</sup>ppb: Partes por billón.

AÑO	CO <sub>2</sub> (ppm)		CH <sub>4</sub> (ppb <sup>1</sup> )	
	Ushuaia	Marambio	Ushuaia	Marambio
2021	413.3	413.3	1816.6	1858.9
2022	415.7	415.7	1836.3	1877.3
2023	417.5	417.7	1852.1	1887.8
2024*	421.5	421.4	1892.6	1892.0

\* se considera el período enero a septiembre de 2024.

Las variaciones interanuales de los gases traza que componen la atmósfera dependen de distintos factores, desde el transporte a gran escala hasta eventos de origen natural. En la estación Ushuaia, desde 1994, se llevan a cabo mediciones discontinuas con flask, como parte de un proyecto colaborativo con la NOAA (Lan y otros, 2024). Las series temporales de los tres principales GEI se muestran en la Figura 4.3. En la Figura 4.4 se presenta la evolución de los valores máximos y valores medios anuales y sus respectivas tasas de crecimiento, confirmando la tendencia de aumento de los diferentes parámetros que caracterizan a estos gases traza.

Figura 4.3. Mediciones de fracciones molares de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en la estación Ushuaia durante el período 1994-2024, a través del proyecto de mediciones discontinuas con flask de la NOAA. Cada punto representa una medición individual.

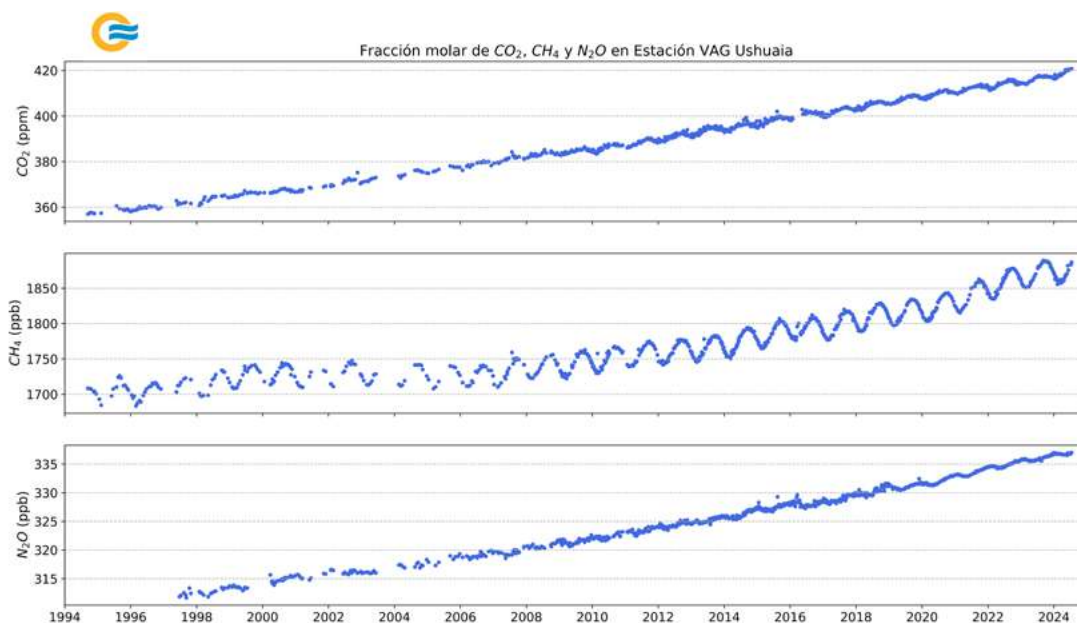
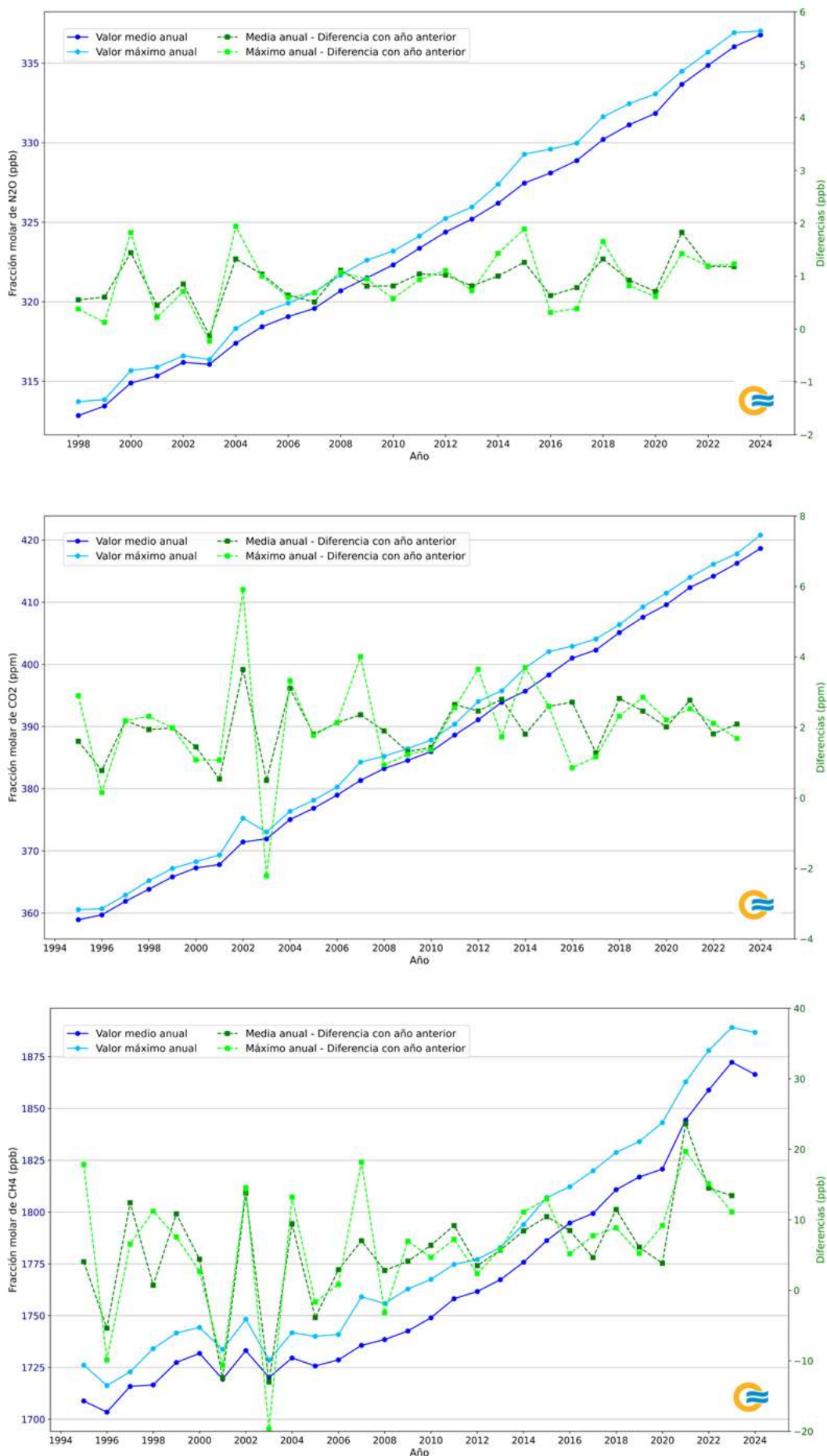


Figura 4.4. Evolución de los valores máximos y valores medio anuales de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en la estación Ushuaia y el período 1994-2024. Corresponden a mediciones discontinuas en colaboración con NOAA y sus respectivas tasas de crecimiento.

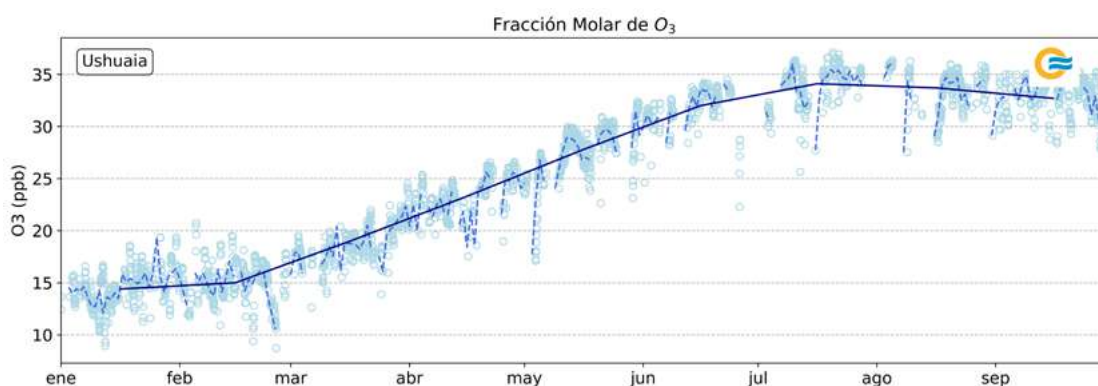


## 4.2 Ozono (O<sub>3</sub>) superficial

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 óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O) 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> y N<sub>2</sub>O.

El O<sub>3</sub> superficial, para las estaciones de Ushuaia y Marambio, exhibe 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. Durante enero y septiembre de 2024, se observó el ciclo estacional de O<sub>3</sub> superficial marcado en Ushuaia (Figura 4.5). En particular, durante el mes de julio se registró un valor horario máximo de 37.1 ppb, lo que superó el valor máximo alcanzado en 2023, de 36.6 ppb.

Figura 4.5. Mediciones continuas de las fracciones molares de O<sub>3</sub> superficial registradas de enero a septiembre de 2024 en la estación Ushuaia. Los puntos celestes corresponden a los promedios horarios, la línea azul punteada, al promedio diario, y la línea azul continua, al promedio mensual.



### REFERENCIA

Lan, X., Tans, P. and K.W. Thoning: 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]. Version 2024-10 <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/global.html?doi=10.15138/9n0h-zh07>.

Sección

Sección

Sección

Sección

Sección

1 2 3 4 5

→ ÍNDICE

# MONITOREO DE LA CAPA DE OZONO Y LA RADIACIÓN SOLAR ULTRAVIOLETA

## 5.1 Capa de ozono

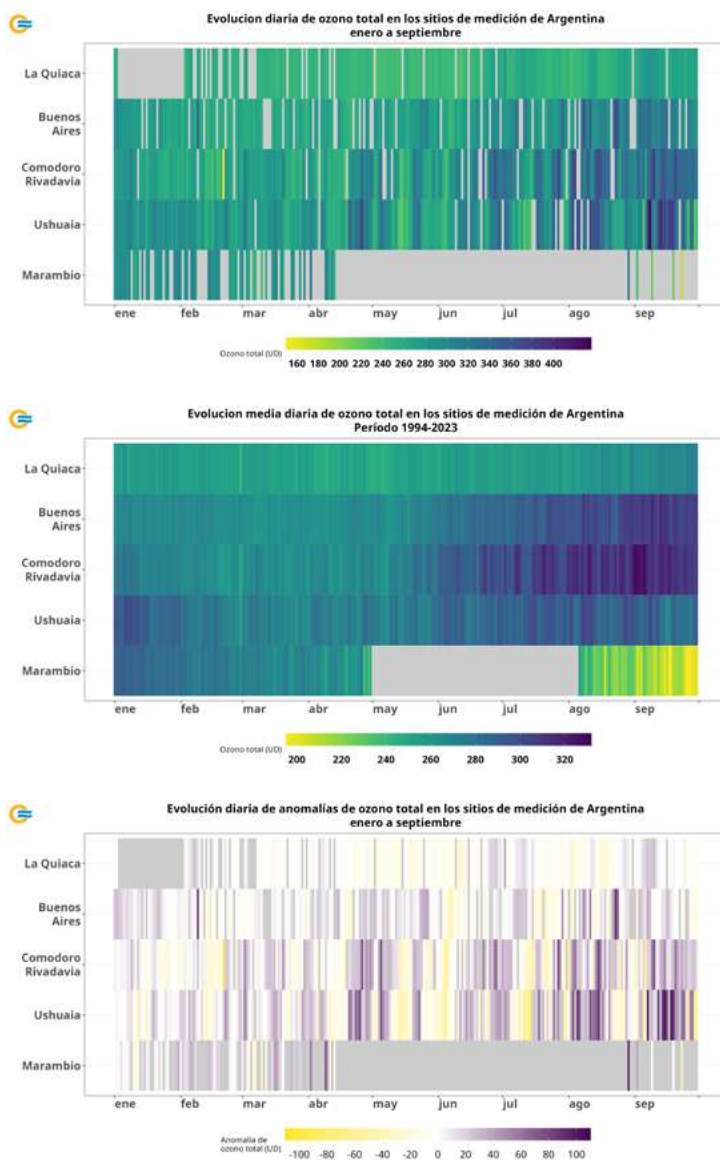
La capa de ozono en la estratósfera actúa como un filtro de la radiación solar ultravioleta (UV). Su función es vital ya que un ligero aumento de este tipo de radiación puede afectar nocivamente la salud humana, los ecosistemas y algunos materiales en la superficie terrestre. Dicha capa sufre un proceso de degradación desde el inicio de la década del 80 y, año a año, da origen al 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 liberada durante la fotodisociación, su agotamiento contribuye al enfriamiento de la estratósfera inferior. Esto 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).

Una mayor información sobre la medición de ozono a partir de espectrofotómetros se puede encontrar en OMM (2008) y en Carbajal y otros (2012).

En Argentina, se monitorea la evolución e intensidad de la capa de ozono con cinco espectrofotómetros Dobson, ubicados en La Quiaca, Buenos Aires, Comodoro Rivadavia, Ushuaia y la estación antártica 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>).

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

### 5.1.1 EVOLUCIÓN DE OZONO TOTAL



De enero a septiembre de 2024, la evolución diaria de ozono total en las estaciones con espectrofotómetro Dobson reflejó el ciclo anual del campo medio del período de referencia 1994-2023 (Figura 5.1 arriba y centro). En algunas de las estaciones dentro del continente, sin embargo, el campo de anomalías reveló una gran producción y transporte de ozono conforme avanzó el año (Figura 5.1 abajo).

La Quiaca, al ser una estación ubicada a una altura aproximada de 3452 metros sobre el nivel del mar, presenta una capa de ozono muy delgada y de baja concentración. Allí, durante lo que va del año, el ozono mostró un comportamiento cercano o por debajo del promedio. Sin embargo, en los primeros días de julio y septiembre, los valores fueron altos, superando los máximos históricos con respecto al período 2015-2023.

En Buenos Aires, Comodoro Rivadavia y Ushuaia, se observó que la capa de ozono se fortaleció debido al pasaje de masas de aire enriquecidas en ozono. Esto fue especialmente notorio en Ushuaia, donde, en la mayoría de los casos, se mide ozono acumulado que permanece fuera del vórtice polar. Allí también se evidenció la influencia del agujero de ozono. Buenos Aires presentó valores altos de columna de ozono, con un valor que superó el máximo histórico con respecto al período 1965-

Figura 5.1. Arriba: Evolución diaria de ozono total en los cinco sitios de medición de enero a septiembre de 2024. Centro: Evolución media diaria de ozono total en los puntos de medición, considerando el período de referencia 1994-2023. Abajo: Anomalías diarias de ozono total en los puntos de medición, con respecto al valor medio 1994-2023. En colores violetas se representan las anomalías positivas y en colores amarillos, las negativas. En todos los gráficos, los datos faltantes se indican con color gris.



2023. Comodoro Rivadavia registró dos valores que también superaron los máximos históricos a principios de abril y finales de mayo. Ushuaia mostró una gran variabilidad en los valores de la columna total de ozono, dependiendo de la estabilidad del vórtice polar y del pasaje agujero de ozono por el sur de la Patagonia.

En la estación antártica Marambio, entre enero y abril, se registraron valores de ozono que, en algunos casos, fueron superiores a la media. De mayo a mediados de septiembre, no se realizan mediciones debido a la noche polar y las condiciones climáticas desfavorables. Al retomar las mediciones, se observó la presencia del agujero de ozono, evidenciada por un déficit en las anomalías.

En términos generales, se registró una disminución en los valores de la columna total de ozono en La Quiaca. Por el contrario, Buenos Aires tuvo valores superiores a su media durante los primeros cuatro meses. Comodoro Rivadavia, en la mayoría de los casos, presentó aumentos en la columna total de ozono respecto a sus valores medios. En Ushuaia, fueron relevantes los meses de agosto y septiembre, que mostraron aumentos significativos en la medición de la columna total de ozono.

## | 5.2 Radiación solar ultravioleta

Si bien radiación UV que llega a la superficie es mucho menor que la del espectro infrarrojo y visible, los impactos que genera en los mecanismos biológicos y los ecosistemas la hacen igualmente importante. Para la población, la radiación UV puede causar efectos nocivos en la salud, como el aumento en la incidencia de cáncer de piel. La exposición a ella se puede evaluar a través del índice UV (McKinlay y Diffey, 1987), que se calcula a partir de la irradiancia solar UV eritémica, un parámetro basado en la irradiancia solar y la respuesta de acción eritémica de la piel. Dicho índice se utiliza para determinar los niveles de radiación solar UV y su riesgo asociado, y presenta una escala numérica de colores y categorías estandarizadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2002) (Figura 5.2).

Figura 5.2. Escala de categorías de riesgo para los distintos intervalos de valores del índice UV. Fuente: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/42459/9241590076.pdf>

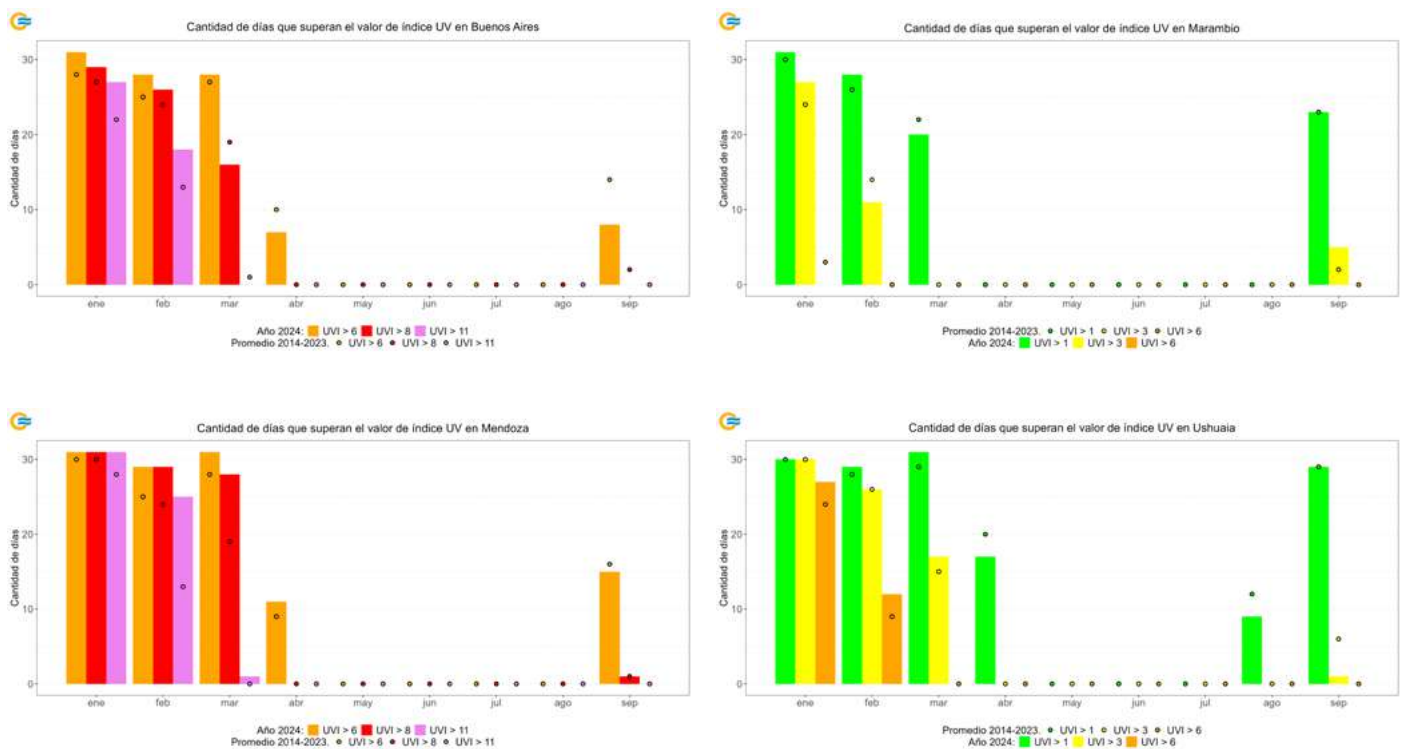
CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN	INTERVALOS DE VALORES DEL IUUV
BAJA	< 2
MODERADA	3 A 5
ALTA	6 A 7
MUY ALTA	8 A 10
EXTREMADAMENTE ALTA	11+

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 la presencia de aerosoles en la atmósfera, entre otros. Dada la extensión geográfica del territorio argentino y su variada orografía, es esperable que la intensidad de la radiación y, por consiguiente, el índice UV presenten distinto comportamiento a lo largo del país. Las estaciones aquí analizadas son Buenos Aires, Mendoza, Ushuaia y Marambio, que disponen de un mayor número de mediciones de radiación UV en los últimos años. En ellas, se calculó diariamente el índice UV, considerando el valor máximo alcanzado en un día y la cantidad de días por mes que superaron ciertos niveles de riesgo.

### 5.2.1 MONITOREO DEL ÍNDICE UV DURANTE 2024

Figura 5.3. Cantidad de días en los que el máximo diario del índice UV superó los umbrales de las categorías de exposición para las estaciones Buenos Aires (arriba izq.), Marambio (arriba der.), Mendoza (abajo izq.) y Ushuaia (abajo der.). Los puntos se corresponden con la cantidad de días promedio en los que se superaron los umbrales en el período 2013-2023.

Durante enero y febrero de 2024, en Buenos Aires, ciudad con una alta densidad poblacional, se contabilizaron 27 y 17 días, respectivamente, en los que el máximo valor de índice UV superó el umbral de 11, establecido como “extremadamente alto”, superando el promedio del período de referencia 2014-2023 (Figura 5.3 arriba izq.). En Marambio, en general, se registran valores de índice UV relativamente bajos debido a su ubicación latitudinal y a la abundante nubosidad que normalmente cubre la estación. Sin embargo, entre enero y septiembre, se observó un mayor número de días en los que el máximo del índice superó el nivel de 3 respecto a valores históricos (Figura 5.3 arriba der.). En el caso de Mendoza, durante los primeros cuatro meses de 2024, se notó que la cantidad de días en los que el máximo índice UV diario superó los valores 6, 8 y 11 fue mayor en comparación con los promedios entre 2014 y 2023 (Figura 5.3 abajo izq.). Durante septiembre, los valores se equipararon para el umbral de 8 y estuvieron por debajo para el umbral de 6. En Ushuaia, la cantidad de días con índices UV máximos mayores a 1, 3 y 6 se mantuvo en niveles similares al promedio de referencia (Figura 5.5 abajo der.)



#### REFERENCIAS

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 Induced 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.

OMS, 2002. Global Solar UV Index: A Practical Guide [Índice de radiación solar UV global: Guía práctica]. <https://www.who.int/publications/i/item/9241590076>.

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>.

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/Handbooks/MP-Handbook-2019-Spanish.pdf>.

SMN | REPORTE PRELIMINAR

# Estado del clima en Argentina 2024



Ministerio de Defensa  
República Argentina