

Imagen satelital de la temperatura superficial de la Tierra en el centro y norte del país, del 21 de enero al 12 de febrero de 2024.



SMN | REPORTE FINAL

ESTADO DEL CLIMA EN ARGENTINA 2024

Imagen satelital composición RGB falso color en el sur del país, del 1 al 10 de julio de 2024.



Editores

María de los Milagros Skansi
María Mercedes Poggi

Autores

Capítulo 1

María Mercedes Poggi

Capítulo 2

José Luis Stella

Karina Flores

Norma Garay

María de los Milagros Skansi

Silvana Carina Bolzi

Cam Córdoba Fradinger

Eugenia María Garbarini

Daniela D´Amen

Julián Goñi

David Eduardo Díaz

Capítulo 3

Laura Aldeco

Diana Domínguez

Alejandro Godoy

Capítulo 4

María Emilia Ruíz

Giselle Marincovich

Lino Condori

Capítulo 5

Gerardo Carbajal

Fernando Nollas

Colaboradores

Hernán Veiga,
Svetlana Cherkasova
Natalia Herrera

Revisora

Valentina Rabanal

Diseño Editorial

Damián Tobio

RESUMEN	3
Sección 1. INTRODUCCIÓN	4
Sección 2. TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN A NIVEL PAÍS	7
2.1 Temperatura	8
2.2 Precipitación	10
2.3 Principales anomalías climáticas	11
2.3.1 Temperatura estacional	11
2.3.2 Precipitación estacional	15
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
2.5 Temperatura en Antártida	23
Sección 3. FORZANTES DESTACADOS DE ESCALA ESTACIONAL Y SUBESTACIONAL	26
3.1 Estado de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)	27
3.2 Estado del Dipolo del Océano Índico (DOI)	28
3.3 Estado de la Oscilación Antártica o Modo Anular Austral (SAM, AAO)	28
3.4 Estado de la Oscilación de Madden-Julian (MJO)	29
Sección 4. COMPOSICIÓN ATMOSFÉRICA	30
4.1 Dióxido de carbono (CO ₂) y Metano (CH ₄)	31
4.2 Ozono (O ₃) superficial	34
4.3 Carbono negro (BC)	34
Sección 5. MONITOREO DE LA CAPA DE OZONO Y LA RADIACIÓN SOLAR ULTRAVIOLETA	36
5.1 Capa de ozono	37
5.1.1 Evolución de ozono total	37
5.1.2 Agujero de Ozono	38
5.2 Radiación solar ultravioleta	39
5.2.1 Monitoreo del índice UV	39



| LO MÁS DESTACADO DEL 2024

La **temperatura media del país** en 2024 **superó el promedio 1991-2020**, posicionándolo como el 2° año más cálido desde 1961, pero con gran variabilidad sub-estacional. El año presentó períodos de temperaturas inusualmente bajas y calor extremo. El otoño fue frío en la Patagonia, con un mayo con valores extremos en casi todo el país. La primavera fue la más cálida desde 1961.



La **precipitación acumulada en 2024** estuvo **por debajo del promedio 1991-2020**, ubicando al 2024 como el 26° año más seco desde 1961, aunque el menos seco de los últimos seis.

La temperatura media fue **más cálida de lo normal** en la estación antártica Belgrano II y más fría en Orcadas, **registrando el junio más frío desde 1972**.

En verano y otoño, **lluvias torrenciales y tormentas intensas afectaron el noreste y centro-este de Argentina**. En octubre, lluvias y tormentas inusuales impactaron el NOA y Cuyo, siendo el octubre más lluvioso en 64 años en varias localidades.



Varias **olas de calor** afectaron al país durante el verano. La más significativa ocurrió **entre el 21 de enero y el 12 de febrero, impactó en todas las provincias** y estableció récords en el 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 la Patagonia, con una amplia cobertura de nieve hacia el sur entre mayo y julio. En junio, **más del 60 % de la región estuvo cubierta**, especialmente en Santa Cruz.



El centro-oeste del país fue la región 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 **podieron haber favorecido las lluvias** observadas en **verano y otoño**. En invierno y primavera se dieron condiciones similares a La Niña, pero sin cumplir sus criterios.

Los valores superficiales de **dióxido de carbono y metano continuaron en aumento** durante 2024 en Ushuaia y Marambio.

A lo largo del 2024, se observaron aumentos en la columna total de ozono en La Quiaca, Buenos Aires, Comodoro Rivadavia y Ushuaia respecto a sus valores históricos. En cuanto al **agujero de ozono**, fue el **más pequeño de los últimos cinco años**.

Durante enero y febrero, la **Ciudad Autónoma de Buenos Aires** registró una **mayor frecuencia de índice ultravioleta de riesgo extremadamente alto**, superando el promedio de su período histórico. En **Mendoza** ocurrió lo mismo en todos los meses de verano y primavera.

Sección

Sección

Sección

Sección

Sección

1 2 3 4 5

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

1. Introducción

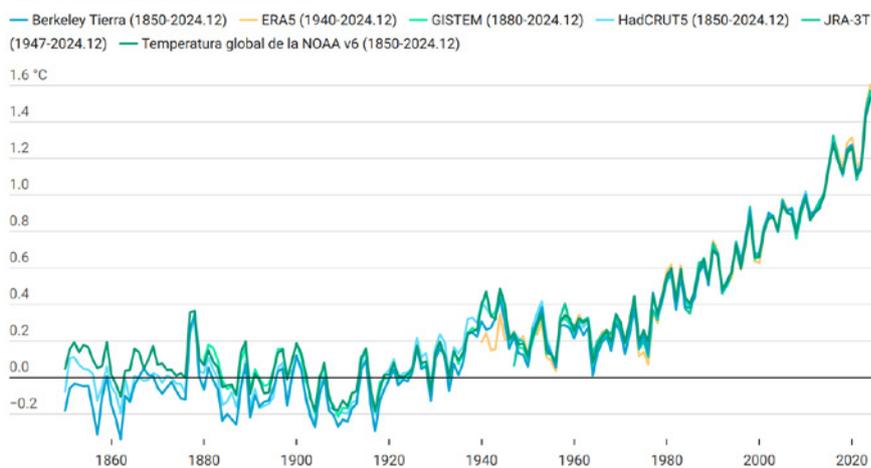
El Reporte sobre el **Estado del Clima en Argentina 2024** tiene como objetivo resumir los comportamientos climáticos más relevantes ocurridos durante 2024. Proporciona una síntesis detallada de la evolución de la temperatura, la precipitación, la radiación y la concentración de dióxido de carbono, metano y ozono, entre otras variables atmosféricas y ambientales, registradas tanto en las estaciones continentales como en las en las bases antárticas argentinas. Incluye, además, los eventos climáticos más destacados del año.

En 2024, Argentina registró su segundo año más cálido desde 1961, solo superado por 2023 (SMN, 2024), lo que es consistente con las tendencias globales. Según el **Reporte sobre el Estado del Clima Global** (OMM, 2025), el 2024 fue el más cálido en 175 años de registros, superando el récord del año anterior (OMM, 2024). **La temperatura media global cerca de superficie fue 1.55 °C ± 0.13 °C superior al promedio del período 1850-1900**, con los últimos diez años siendo los más cálidos de la serie (Figura 1.1).

Figura 1.1. Anomalías de la temperatura media global anual desde 1850 a 2024, en relación con el período preindustrial (1850-1900). Fuente: Información de seis conjuntos de datos internacionales indicados en la leyenda. Gráfico de OMM (2025).

Temperatura media global 1850-2024

Diferencia con el promedio de 1850-1900

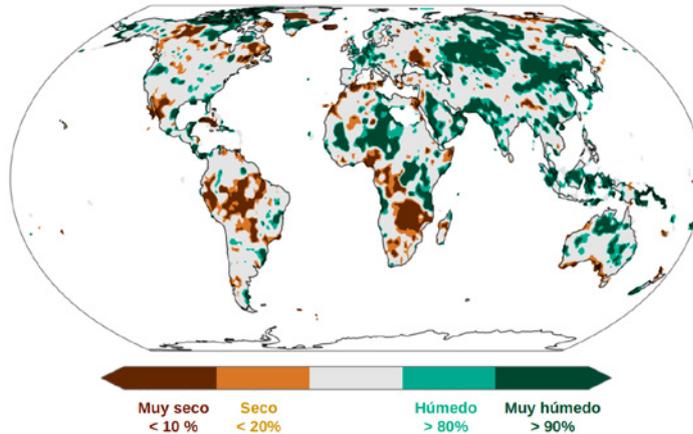


Según este reporte, durante 2024, también se superaron otros récords climáticos a nivel mundial:

- Los niveles de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso continuaron en aumento, tras alcanzar en 2023 sus valores más altos de los últimos 800 mil años.
- El contenido de calor en los océanos llegó a su nivel más alto en 65 años de observaciones, superando el récord de 2023.
- El nivel medio global del mar alcanzó un récord en el registro satelital (desde 1993 hasta la actualidad).
- Las extensiones mínima y máxima del hielo marino en la Antártida en 2024 fueron las segundas más bajas en el registro de observaciones (desde 1979 hasta la actualidad).
- Las tasas de calentamiento oceánico y de elevación del nivel del mar se aceleraron en los últimos 20 y 10 años, respectivamente, entre otros indicadores claves.
- En cuanto a las precipitaciones de 2024 pero a nivel regional, según la OMM (2025), amplias zonas de Sudamérica, desde el Amazonas y los Andes del norte hasta los humedales del Pantanal, presentaron condiciones más secas de lo normal respecto al período 1991-2020 (Figura 1.2).

Figura 1.2. Categorías de precipitación anual de 2024, definidas en función de los percentiles de la distribución del período 1991-2020. Las áreas en marrón indican condiciones inusualmente secas, mientras que las áreas en verde representan condiciones inusualmente húmedas. Fuente: Datos del Global Precipitation Climatology Centre (GPCC). Gráficos de OMM (2025).

**Categorías de precipitación anual de 2024
relativas a los totales de precipitación de 1991 a 2020**



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

SMN, 2024. Estado del Clima en Argentina 2023. Reporte final. Repositorio institucional del SMN. <https://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/2740>.

OMM, 2025. WMO - No. 1368. The State of Global Climate 2024. Report [El Estado del Clima Global 2024. Reporte]. Repositorio de la OMM. https://wmo.int/sites/default/files/2025-03/WMO-1368-2024_en.pdf

OMM, 2024. WMO - No. 1347. The State of Global Climate 2023. Report [El Estado del Clima Global 2023. Reporte]. Repositorio de la OMM. https://library.wmo.int/viewer/68835/download?file=1347_Global-statement-2023_en.pdf&type=pdf&navigator=1

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, entre enero y diciembre de 2024, la anomalía de temperatura media estimada a nivel país fue de $+0.54\text{ }^{\circ}\text{C}$ con respecto al período climatológico de referencia 1991-2020 (Figura 2.1). **Este valor ubicó al 2024 como el 2° año más cálido de toda la serie (1961-2024)**, compartiendo lugar con los años 2017 y 2020. Cabe destacar, sin embargo, la marcada variabilidad subestacional observada en gran parte del territorio, especialmente entre abril y diciembre, coincidiendo con la transición a condiciones neutrales del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés). 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 a nivel país, 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. En barras rojas se representan las anomalías positivas y en barras azules, las negativas.

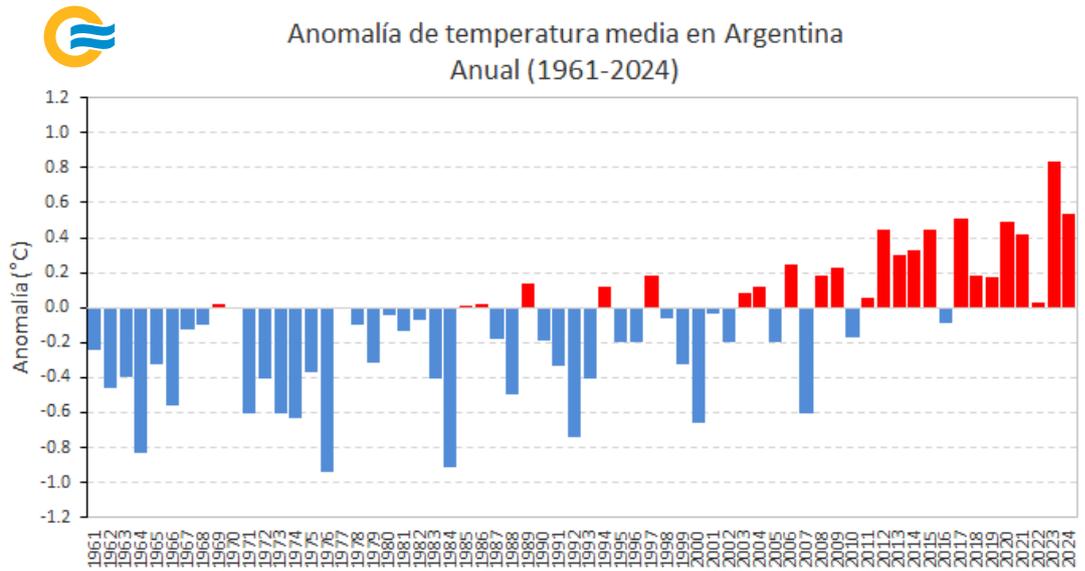
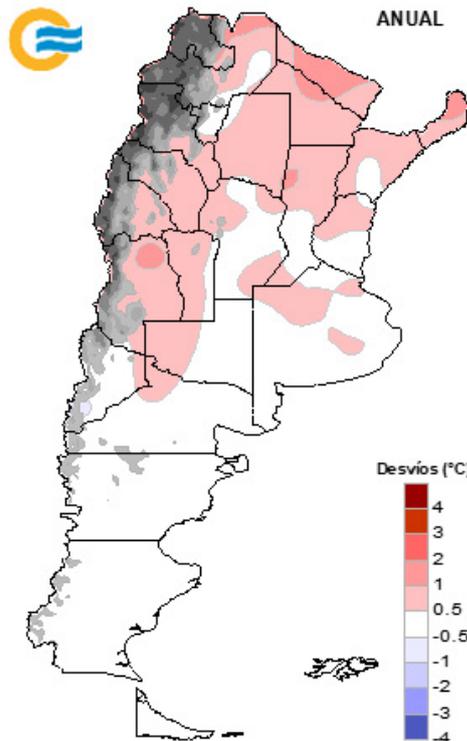


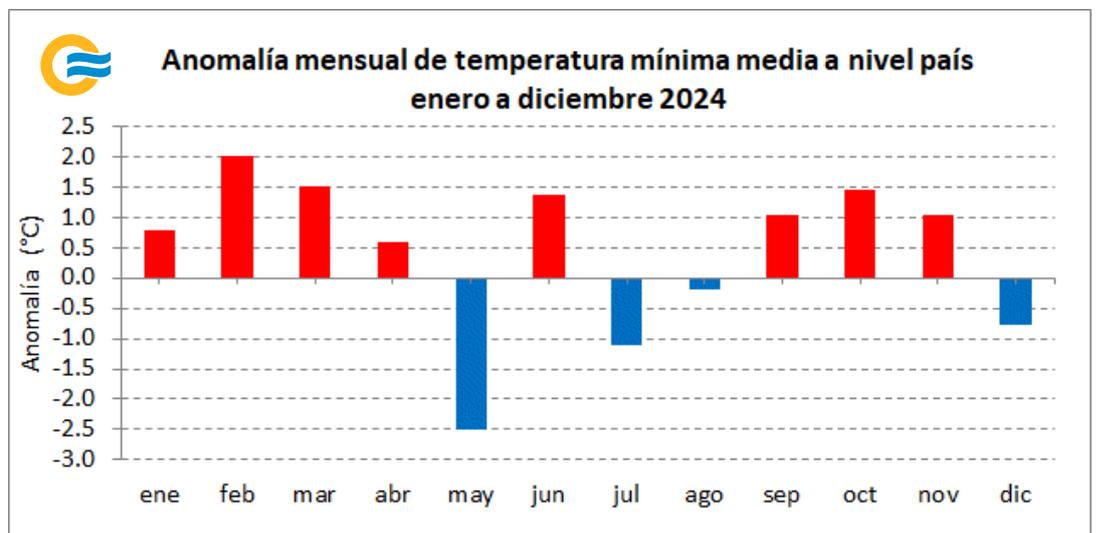
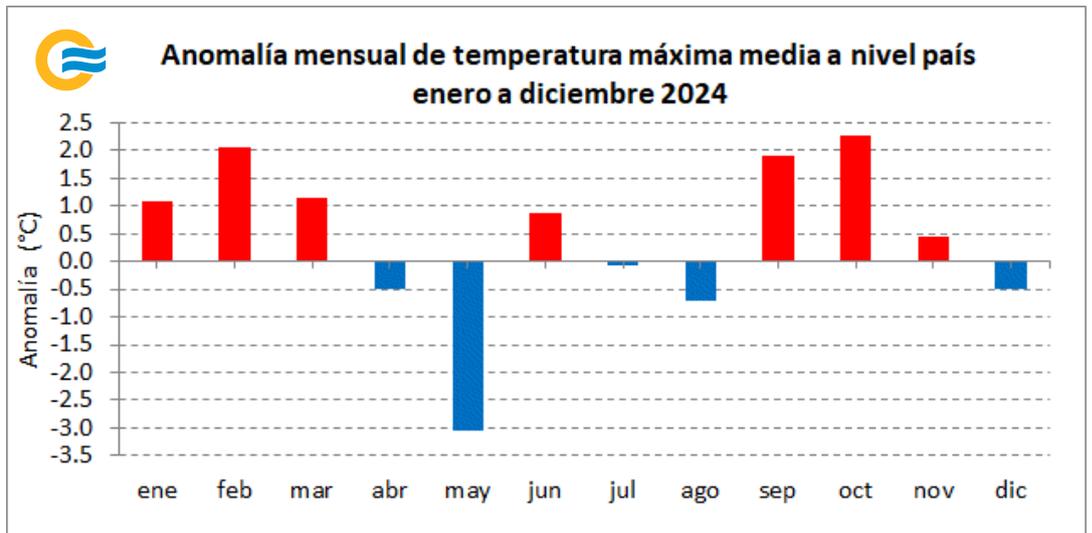
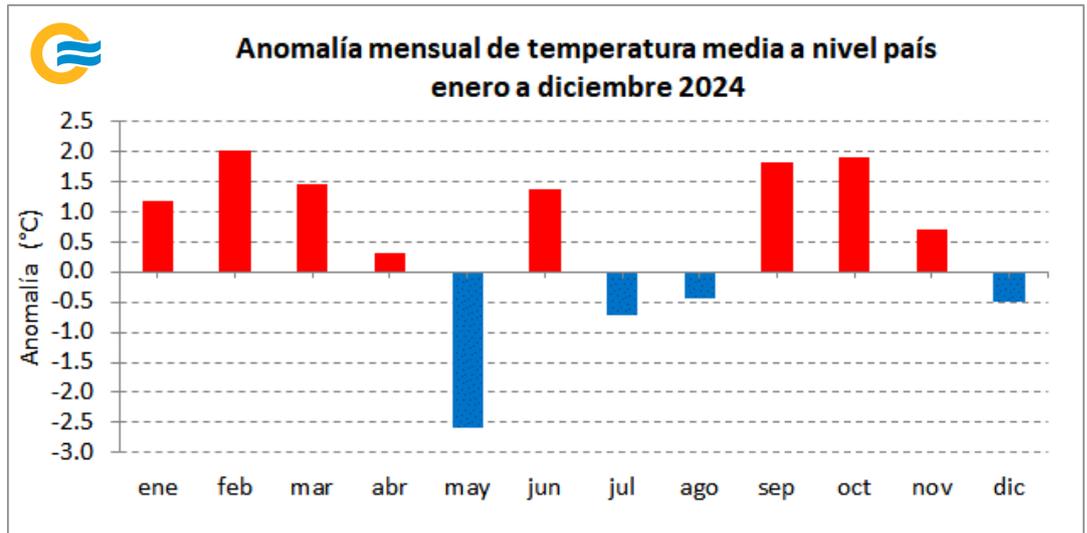
Figura 2.2. Anomalías de temperatura media durante 2024, con respecto al valor medio 1991-2020. En rojo se indican las zonas con anomalías positivas y en azul, con anomalías negativas.



Durante 2024, en promedio, la mayor parte del centro y norte argentino registró temperaturas por encima de lo normal, mayormente entre $+0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 2.2). En las provincias de Patagonia, en cambio, prevalecieron temperaturas dentro del rango normal.

El año comenzó con el predominio de temperaturas extremadamente altas, destacándose el excepcionalmente cálido mes de febrero (Figura 2.3 arriba). 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. La primavera se presentó excepcionalmente cálida en casi todo el país, estableciendo récords en varias localidades. A nivel país, fue la primavera más cálida desde 1961, superando por amplio margen al récord anterior de los años 2012, 2014 y 2020. 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 durante 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, Argentina, durante 2024, registró un desvío estimado de -4.6 %, ubicándolo en el **puesto 26 de los años más secos desde 1961** (Figura 2.4). A pesar de que, según esta estimación, 2024 fue el séptimo año consecutivo con un desvío negativo, fue el menos seco de los últimos seis años. En gran parte del norte de la Patagonia, sur del NOA, parte de la franja central y extremo norte del país predominaron los déficits (Figura 2.6). Por otro lado, los excesos estuvieron limitados al sur de Patagonia y, de forma aislada, al norte de Cuyo y norte del NOA. La porción oriental del país presentó mayormente lluvias anuales cercanas al promedio normal.

A nivel mensual, el año comenzó con una señal errática del fenómeno de El Niño, y Argentina experimentó un enero extremadamente seco (Figura 2.5). La señal típica de El Niño se manifestó hacia el final del verano y otoño, con un mes de abril muy húmedo. 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. En el último trimestre del año, las zonas con excesos y déficits estuvieron bien marcadas y variaron significativamente de un mes a otro, lo que refuerza el predominio de forzantes en la escala subestacional y sinóptica.

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

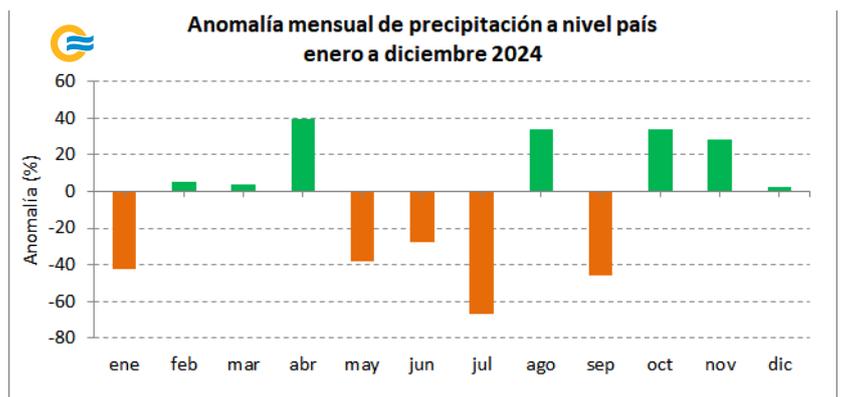
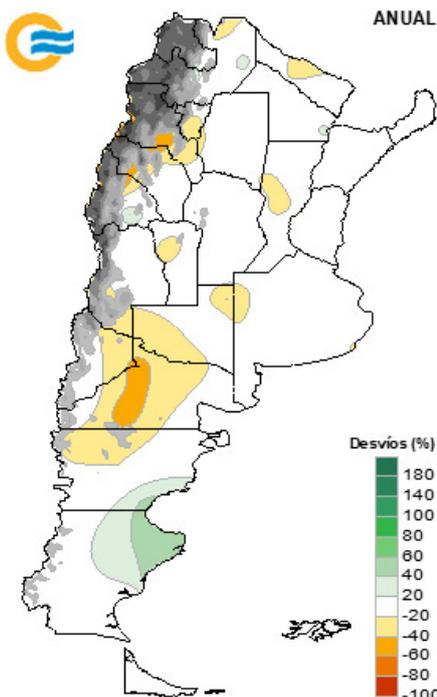
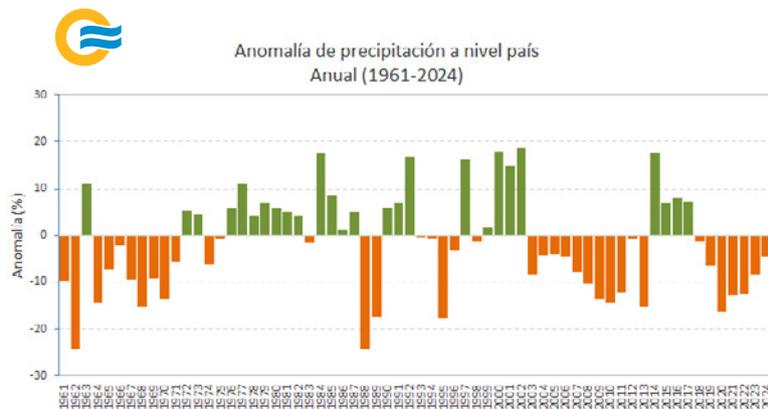


Figura 2.5. Anomalías porcentuales mensuales de precipitación a nivel país durante 2024, con respecto al valor medio 1991-2020. En barras verdes se representan las anomalías positivas y en barras marrones, las negativas.

Figura 2.6. Anomalías porcentuales de precipitación durante 2024, con respecto al valor medio 1991-2020. 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** mostraron un patrón desigual durante las cuatro estaciones del año. El **verano** (diciembre 2023, y enero y febrero 2024) se caracterizó por temperaturas superiores a las normales en gran parte del territorio, con los mayores desvíos en el oeste y el norte (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 de temperatura media más baja (Tabla 2.1). El mes de mayo resultó ser el más significativo dentro del trimestre, siendo el 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.

La **primavera** (septiembre, octubre y noviembre) presentó un predominio de anomalías positivas, con los mayores valores en el centro del territorio, superando los +2 °C (Figura 2.7 der.). Durante este período, se quebraron varios récords (Tabla 2.2). Debido al calor extremo registrado en septiembre y octubre, se estableció un nuevo récord a nivel país (+1.46 °C), superando por amplio margen a las primaveras de 2012, 2014 y 2020.

Figura 2.7. Anomalías de temperatura media de verano (izq.), otoño (centro izq.), invierno (centro der.) y primavera (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.

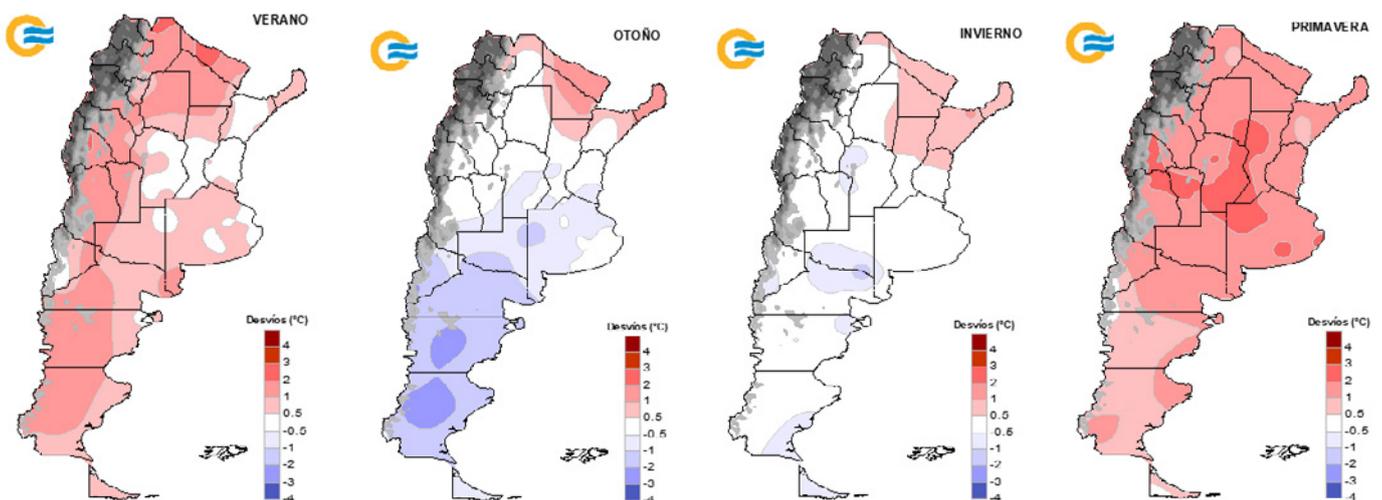


Tabla 2.1. Valores récord de temperatura media más baja en el otoño de 2024, junto con los mínimos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad.

LOCALIDAD	TEMPERATURA MEDIA OTOÑO DE 2024 (°C)	MÍNIMO 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

Tabla 2.2. Valores récord de temperatura media más alta en la primavera de 2024, junto con los máximos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad.

LOCALIDAD	TEMPERATURA MEDIA PRIMAVERA DE 2024 (°C)	MÁXIMO VALOR ANTERIOR (°C)	PERÍODO DE REFERENCIA
La Quiaca	4.8	4.4 (2023)	1961-2023
Malargüe	5.8	5.2 (2022)	1961-2023
San Rafael	10.0	9.5 (2012)	1961-2023
Tinogasta	13.2	12.6 (2014)	1961-2023
San Juan	13.3	12.0 (2012)	1961-2023
Paso de los Libres	16.9	16.3 (2014)	1961-2023
Buenos Aires	15.3	14.6 (2018)	1961-2023
Paraná	14.8	14.3 (2012)	1961-2023
San Luis	14.6	14.2 (2003)	1961-2023
Mendoza	13.9	13.0 (2014)	1962-2023
Oberá	18.2	17.6 (2019)	1961-2023*

* Período con interrupciones

Las **temperaturas máximas** fueron predominantemente más cálidas tanto en **verano** como en **primavera** (Figura 2.8 izq. y centro der.). 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 media más alta (Tabla 2.3; más detalles en la Sección 2.4.2). Por su parte, la **primavera** se ubicó como la más cálida de los últimos 60 años, con anomalías superiores a los +2 °C en el centro del país y norte de Patagonia. En varias localidades se superaron los máximos valores anteriores (Tabla 2.4).

Contrariamente, el **otoño** presentó anomalías negativas en gran parte del territorio, con la excepción del extremo norte del país (Figura 2.8 centro izq.). El mes de mayo se destacó dentro del trimestre, con valores inferiores a -3 °C (Figura 2.8 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 centro).

Figura 2.8. Anomalías de temperatura máxima media de verano (izq.), otoño (centro izq.), invierno (centro), primavera (centro der.) y mayo (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.

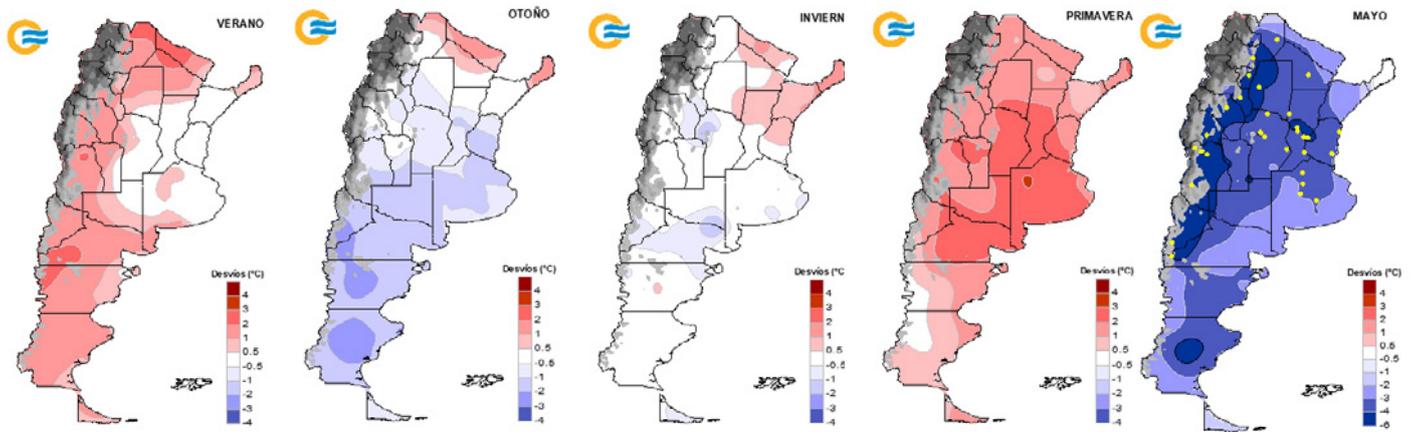


Tabla 2.3. Valores récord de temperatura máxima media más alta en el verano de 2023/24, junto con los máximos anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad.

LOCALIDAD	TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA VERANO DE 2023/24 (°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

Tabla 2.4. Valores récord de temperatura máxima media más alta en la primavera de 2024, junto con los máximos anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad.

LOCALIDAD	TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA PRIMAVERA DE 2024 (°C)	MÁXIMO VALOR ANTERIOR (°C)	PERÍODO DE REFERENCIA
Mar del Plata	21.3	20.5 (1998)	1961-2023
Tandil	22.8	22.2 (2022)	1961-2023
Azul	23.1	22.4 (2022)	1961-2023
Bolívar	24.3	23.6 (1962)	1961-2023
Buenos Aires	24.8	24.2 (2022)	1961-2023
Pehuajó	25.5	24.3 (2022)	1961-2023
Guaqueguaychú	26.0	25.6 (2008)	1961-2023
General Pico	26.4	25.8 (2022)	1961-2023
Pilar	27.7	27.3 (1971)	1961-2023
Marcos Juárez	27.8	27.2 (2008)	1961-2023
Sauce Viejo	28.0	27.0 (2006)	1961-2023
Reconquista	28.7	28.2 (2021)	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 en la **primavera** (Figura 2.9 izq. y der.). En varias localidades se superaron récords de temperaturas mínimas medias más altas durante los dos trimestres (Tabla 2.5 y 2.6). 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 (más detalles en la Sección 2.4.3).

Figura 2.9. Anomalías de temperatura mínima de verano (izq.), otoño (centro izq.), invierno (centro der.) y primavera (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.

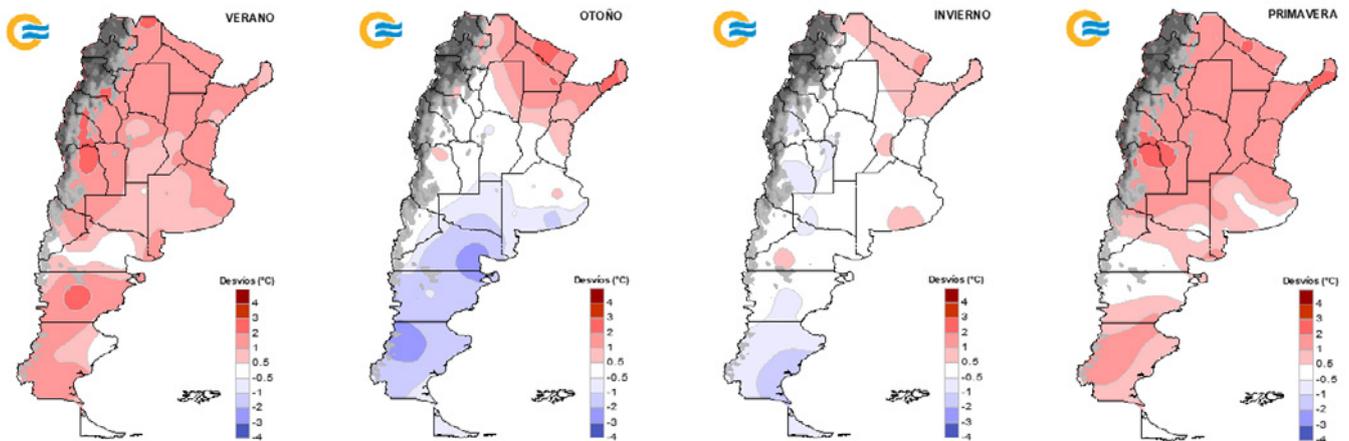


Tabla 2.5. Valores récord de temperatura mínima media más alta en el verano de 2023/24, junto con los máximos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad

LOCALIDAD	TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA VERANO DE 2023/ 2024 (°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.

Tabla 2.6. Valores récord de temperatura mínima media más alta en la primavera de 2024, junto con los máximos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad.

LOCALIDAD	TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA PRIMAVERA DE 2024 (°C)	MÁXIMO VALOR ANTERIOR (°C)	PERÍODO DE REFERENCIA
La Quiaca	4.8	4.4 (2023)	1961-2023
Malargüe	5.8	5.2 (2022)	1961-2023
San Rafael	10.0	9.5 (2012)	1961-2023
Tinogasta	13.2	12.6 (2014)	1961-2023
San Juan	13.3	12.0 (2012)	1961-2023
Paso de los Libres	16.9	16.3 (2014)	1961-2023
Buenos Aires	15.3	14.6 (2018)	1961-2023
Paraná	14.8	14.3 (2012)	1961-2023
San Luis	14.6	14.2 (2003)	1961-2023
Mendoza	13.9	13.0 (2014)	1962-2023
Oberá	18.2	17.6 (2019)	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 arriba 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 de Reconquista (Santa Fe) y Salta (provincia homónima), **para las cuales el verano 2023/2024 fue el más lluvioso desde 1961** (Tabla 2.7). Con respecto a los déficits, estos se presentaron en gran parte del NOA, norte de Cuyo y oeste de la Patagonia. Se destacó el registro de 0 mm en la localidad santacruceña de El Calafate, valor inferior al mínimo anterior de 5 mm del 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 arriba der.), donde la señal de El Niño tomó relevancia. Estos excesos estuvieron condicionados por numerosos e intensos eventos de lluvia que, acompañados de viento y actividad eléctrica, afectaron a las provincias de Corrientes, Santa Fe, Entre Ríos, Formosa y Córdoba durante marzo y abril, generando serios impactos en la población y sus bienes. Uno de los eventos más significativos ocurrió el 3 de marzo, cuando en la ciudad de Corrientes y sus alrededores se registraron precipitaciones intensas de más de 200 mm en solo cuatro horas, desencadenando la inundación más grande de la historia del municipio con más de 400 mil personas afectadas. Las inundaciones provocaron el ingreso de agua en las viviendas y cortes en el suministro eléctrico, lo que generó la declaración del estado de emergencia y la evacuación de al menos 996 personas, de acuerdo con datos de la Dirección Provincial de Protección Civil. Por su parte, entre el 20 y 21 de marzo, otro evento de tormentas impactó en las provincias de Santa Fe, Entre Ríos y Córdoba, provocando inundaciones, caída de árboles y cortes de luz. En Córdoba, las ciudades de San Francisco y la capital provincial sufrieron severos daños por los vientos fuertes, que derribaron árboles y postes de luz, con interrupciones en el servicio eléctrico. Una situación similar se vivió en Santa Fe, con caída de árboles en calles e inmuebles. A nivel provincial, Entre Ríos vivió una situación crítica, con el río Gualeguaychú desbordado, sumideros colapsados y calles inundadas.

El **invierno** se presentó mayormente deficitario. Con el fenómeno de El Niño 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 abajo izq.).

Durante la **primavera**, los mayores déficits se dieron en el extremo norte de Mesopotamia, en el norte de la provincia de Buenos Aires y sur de Entre Ríos. En estas regiones, la precipitación estacional estuvo entre 100 y 200 mm por debajo del valor medio del período 1991-2020 (Figura 2.10 abajo der.). En cuanto a los excesos, se destacaron los registrados en gran parte del norte y noroeste, norte de región de Cuyo y centro sur de la provincia de Buenos Aires y Corrientes. Los valores de estos no superaron los 200 mm para el trimestre. Cabe mencionar que la estación Orán, al norte de la provincia de Salta, presentó la

primavera más lluviosa desde 1961.

Figura 2.10. Anomalías de precipitación acumulada de verano (arriba izq.), otoño (arriba der.), invierno (abajo izq.) y primavera (abajo 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.

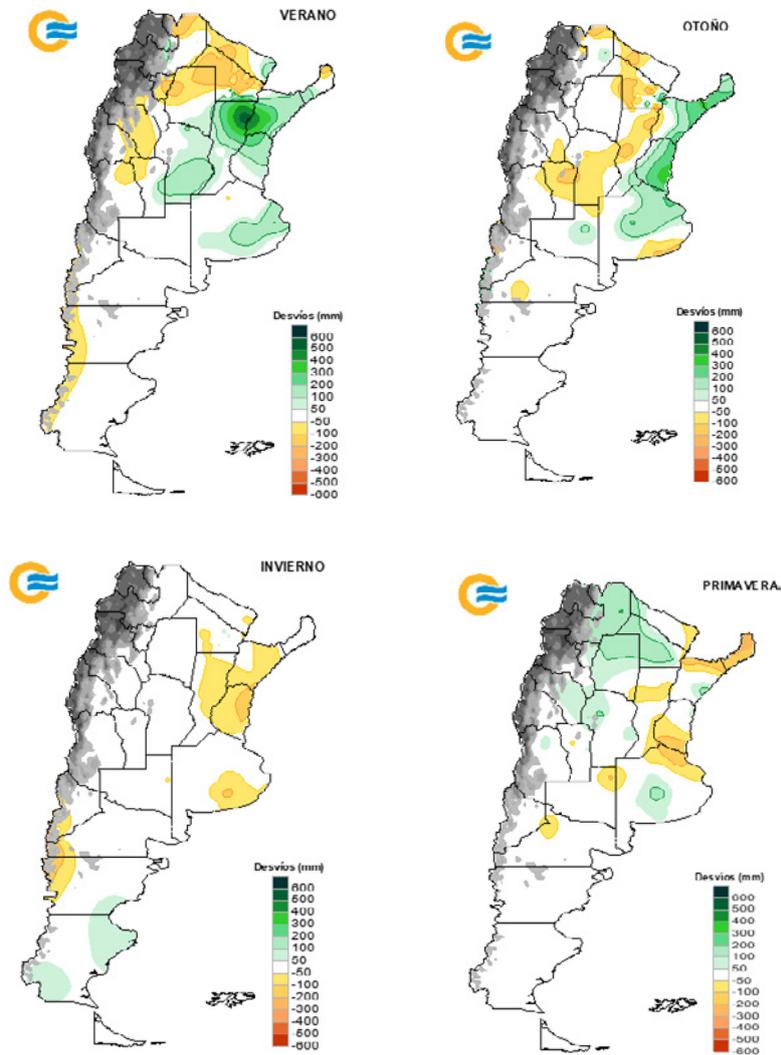
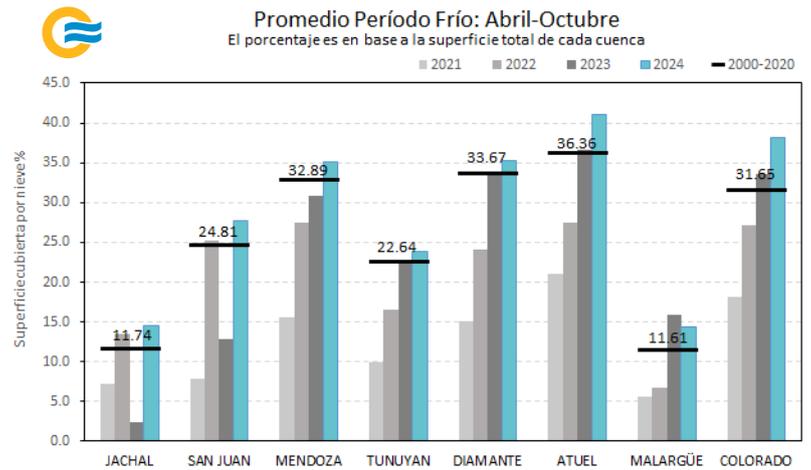
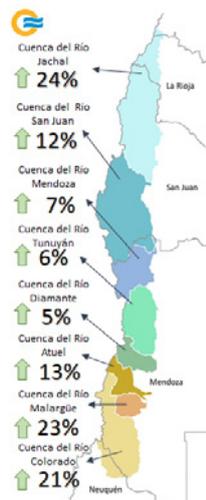


Tabla 2.7. Valores récord de precipitación acumulada más alta en el verano de 2023/24, junto con los máximos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada localidad.

LOCALIDAD	TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA VERANO DE 2023/24 (mm)	MÁXIMO VALOR ANTERIOR (mm)	PERÍODO DE REFERENCIA
Reconquista	1061.0	1039.0 (2014/15)	1961-2023
Salta	730.0	710.1 (2007/08)	1961-2023

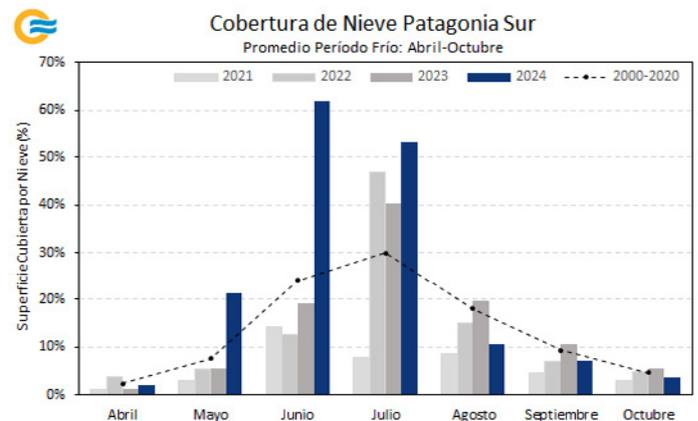
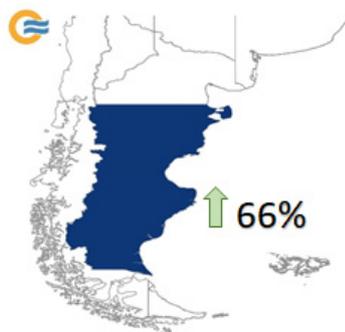
La **extensión de la capa de nieve** en las cuencas hidrográficas de la región de Cuyo es un factor fundamental para evaluar la disponibilidad de agua en zonas con climas áridos y semiáridos. Durante el **período frío** (de abril a octubre) de 2024, todas las cuencas registraron una superficie cubierta por nieve superior al valor de los últimos tres años y al promedio de 2000-2020 (Figura 2.11 der.). Se destacaron las cuencas de Jáchal, Malargüe y Colorado, con anomalías superiores al 20 %, asociadas a factores climáticos locales y al descenso de las temperaturas medias durante el invierno, lo que propició un aumento en las nevadas (Figura 2.11 izq.). Por otro lado, las cuencas de Mendoza, Tunuyán y Diamante presentaron anomalías positivas de menor magnitud en su cobertura nívea.

Figura 2.11. Izq.: Porcentajes anómalos de cobertura de nieve durante el período frío del 2024 en las cuencas hidrográficas de la cordillera central de los Andes, con respecto al valor medio del período frío del 2000-2020. Der.: Porcentajes medios de superficie cubierta por nieve para el período frío del 2024 en las cuencas hidrográficas de la cordillera central de los Andes, mostrado en barras turquesas. En barras grises se indican los valores del período frío del 2023, 2022 y 2021, mientras que los valores con una línea negra indican el valor medio del período frío del 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.



En cuanto a las cuencas hidrográficas de la región de Patagonia sur (Chubut y Santa Cruz), y considerando el período frío de 2024, se registró un incremento significativo en la cobertura de nieve, que abarcó gran parte de la meseta (Figura 2.12 der.). Se observó una anomalía positiva del 66 % en la cobertura de nieve durante dicho período, en comparación con el valor medio del período frío 2000-2020 (Figura 2.12 izq.). Los meses de mayo, junio y julio mostraron una tendencia positiva marcada. Junio fue especialmente excepcional, con más del 60 % de la superficie cubierta por nieve, concentrándose principalmente en Santa Cruz.

Figura 2.12. Izq.: Porcentajes anómalos de cobertura de nieve durante el período frío del 2024 en Patagonia Sur, con respecto al valor medio del período frío 2000-2020. Der.: Porcentajes medios mensuales de superficie cubierta por nieve en Patagonia Sur en el período frío del 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.



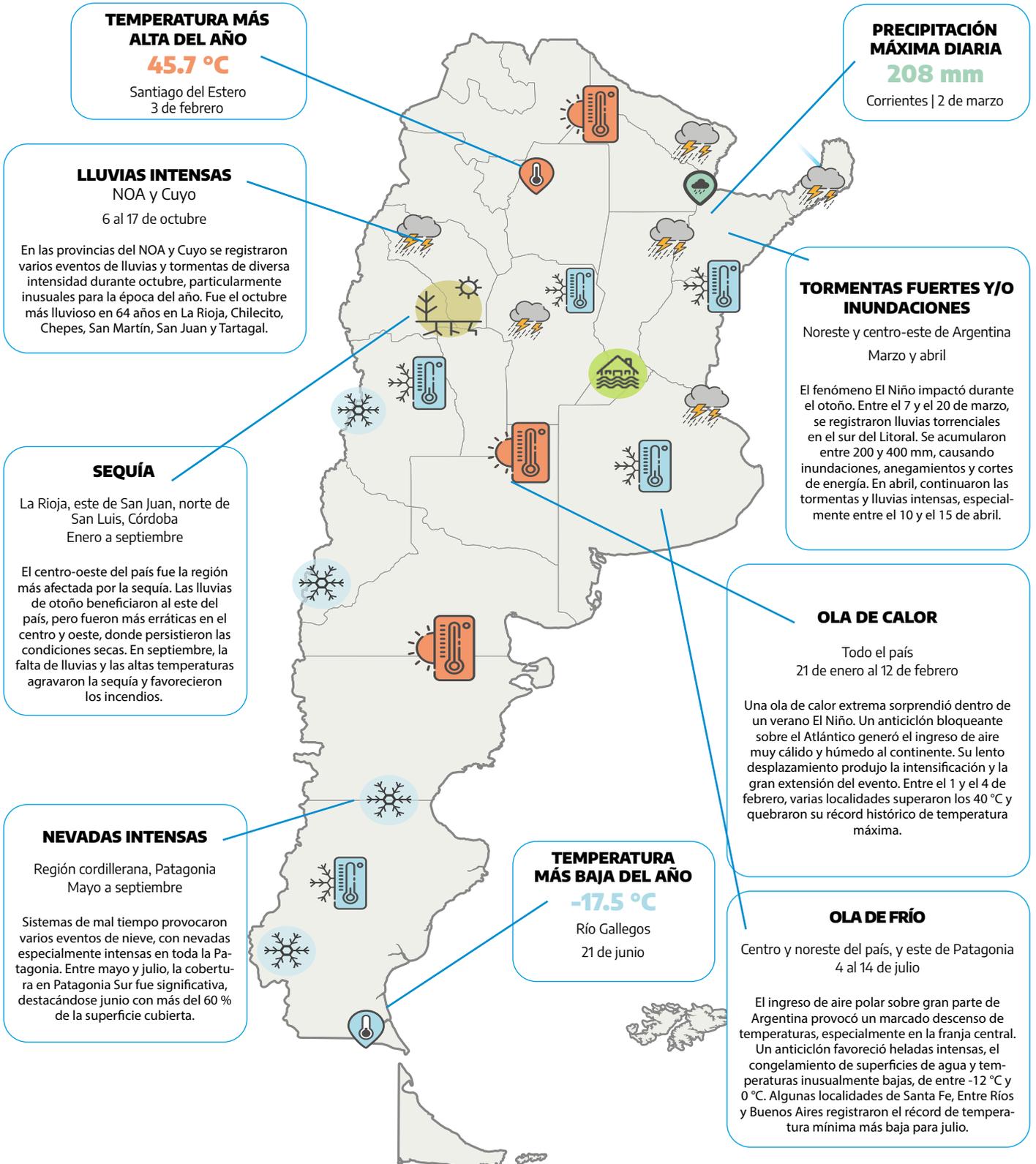
Las intensas nevadas que afectaron el sur patagónico provocaron graves consecuencias en la región. Las pérdidas económicas fueron significativas, ya que incluyeron no solo pérdidas en el ganado, sino también de cosechas y áreas de siembra, lo que impactó en una alta proporción del sector productivo y la economía local. Además, el acumulado de nieve provocó cortes en rutas clave para la circulación en la región. Varias zonas rurales de localidades como Comodoro Rivadavia y Las Lajas quedaron aisladas, así como los pasos internacionales Pino Hachado y Mamuil Malal, que fueron cerrados.

2.4 Eventos extremos

Figura 2.13. Resumen de los eventos meteorológicos más destacados en Argentina durante 2024.

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

2.4.1 EVENTOS DESTACADOS Y VALORES DIARIOS EXTREMOS



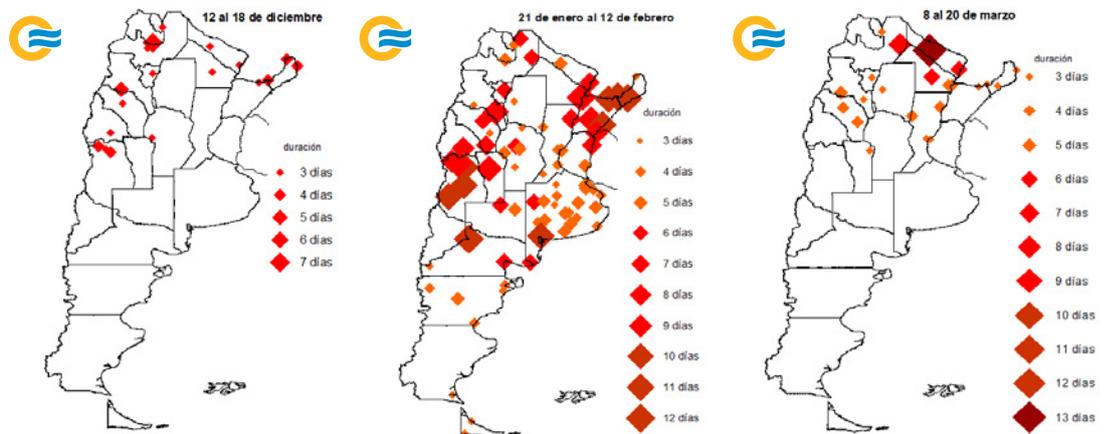
2.4.2 OLAS DE CALOR

¹ 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>.

A pesar de la influencia del fenómeno de El Niño, que generalmente modera las temperaturas en verano, varias **olas de calor**¹ impactaron en nuestro país. **La más significativa ocurrió entre el 21 de enero y el 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 el 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) y 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. Esta ola de calor estuvo asociada a un incremento del 7,3 % en la demanda de energía eléctrica de usuarios residenciales, en relación con el mismo período del año anterior (CAMMESA, 2024). Asimismo, el 1 de febrero se registraron nuevos máximos históricos en la demanda de potencia y energía en el Sistema Argentino de Interconexión (SADI), superando los alcanzados en marzo de 2023.

Otra ola de calor bastante atípica se desarrolló durante marzo, 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 sensaciones térmicas 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 40 °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

²Un evento de ola de frío se define cuando las temperaturas máximas y mínimas igualan o son inferiores, por lo menos durante tres 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>.

La temporada invernal 2024 se presentó muy activa y variable, con dos eventos de **ola de frío**² 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.). **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.** El mismo afectó a toda la franja central del país, 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 provocó 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 -12 °C y 0 °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 una 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.

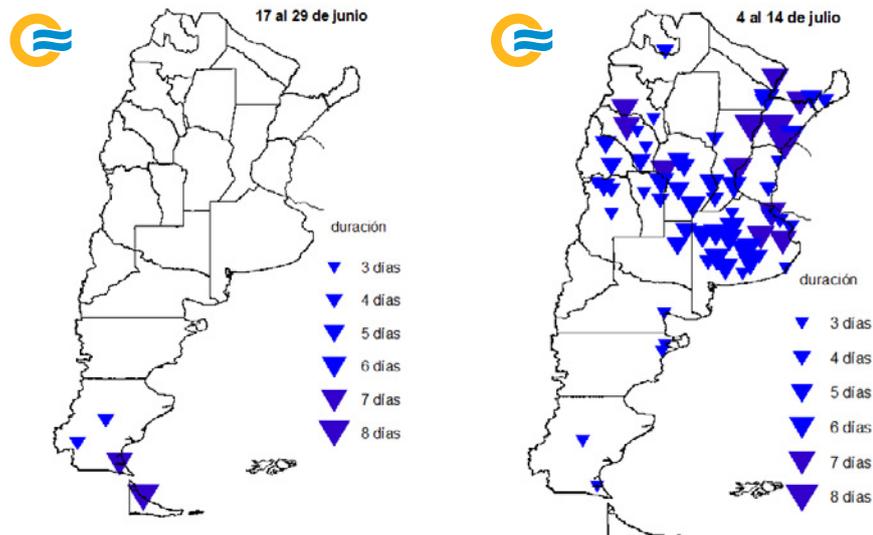
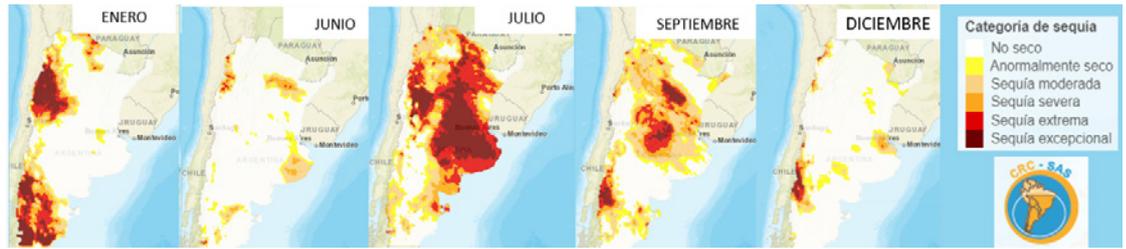


Figura 2.15. Olas de frío ocurridas durante el invierno de 2024. Con el tamaño de los triángulos azules se indica la duración de los eventos.

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), con impactos significativos en la agricultura, la ganadería y los recursos hídricos. 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 moderada a severa 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. Gradualmente, estas condiciones fueron mejorando y, para diciembre, solo algunas regiones del noroeste de la Patagonia y del noreste de la provincia de Buenos Aires registraban condiciones de sequía severa a excepcional, según las estimaciones satelitales de lluvia del producto CHIRPS (Funk y otros, 2015).

Figura 2.16. Evolución de las categorías de sequía durante 2024, de acuerdo con precipitaciones estimadas por el producto CHIRPS para la escala de tres meses. Se muestran los campos de enero, junio, julio, septiembre y diciembre. 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://sisssa.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, desde finales de 2023 y hasta septiembre de 2024 persistieron condiciones de sequía moderada a severa en Cuyo (Figura 2.17), lo que generó complicaciones en el abastecimiento de agua para el ganado y afectó la disponibilidad forrajera. Esta situación se alivió a partir de octubre. En la Patagonia, predominó la sequía leve, que en febrero alcanzó la categoría de moderada, pero se recuperó rápidamente en invierno. Sin embargo, desde octubre, la sequía volvió a intensificarse, alcanzando un nivel moderado y manteniéndose en los últimos meses del año. 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.

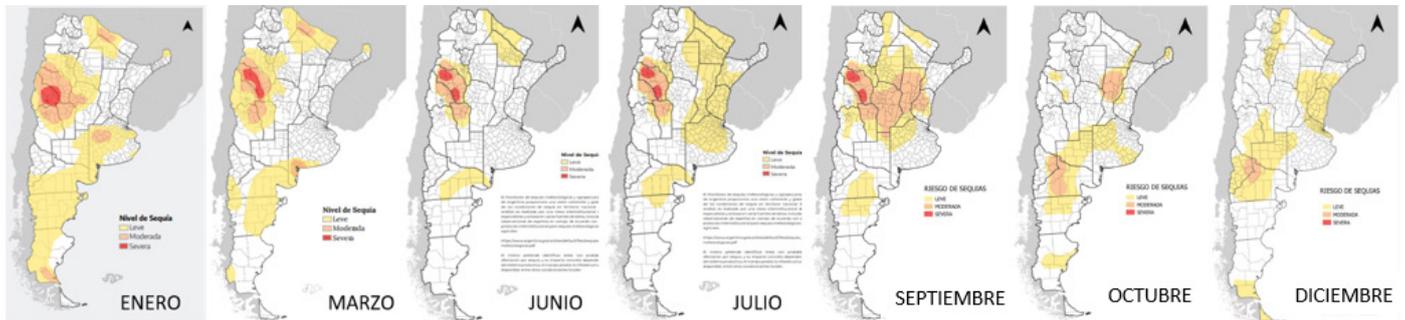
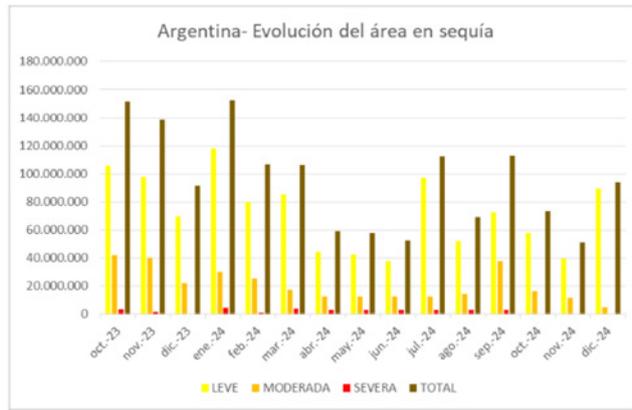


Figura 2.17. Evolución de las regiones de sequía durante 2024, de acuerdo con la Mesa Nacional de Monitoreo de Sequías. Fuente: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/da_sequia/.

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 diciembre de 2024, el área total de sequía fue similar al registrado en diciembre de 2023, aunque con predominancia de sequía leve. Entre octubre y diciembre no se observaron áreas afectadas por sequía severa, de acuerdo con los indicadores analizados en este informe.

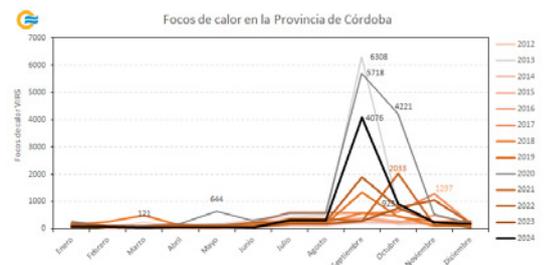
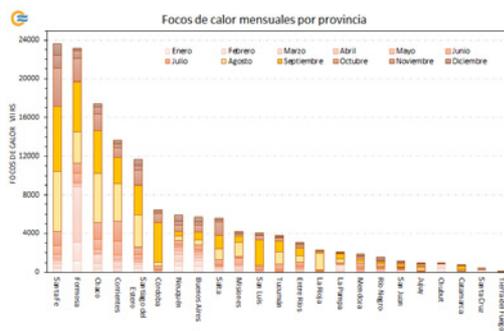
Figura 2.18. Evolución mensual de las hectáreas afectadas por cada categoría de sequías y el total del área en sequía. Fuente: Mesa Nacional de Monitoreo de Sequías.



La sequía y las altas temperaturas afectaron significativamente la agricultura, particularmente en la región pampeana, donde los cultivos de verano, como la soja y el maíz, sufrieron pérdidas considerables. Hubo retrasos en las siembras, redestino de lotes y mermas en los rendimientos de los cultivos de invierno. La ganadería también sufrió las consecuencias, con escasez de agua y forraje, lo que impactó negativamente en el ganado, especialmente en La Rioja, donde se reportaron problemas con rodeos, así como falta de alimento y bebida para los animales. Los recursos hidrológicos se vieron comprometidos, con los principales ríos de la cuenca del Plata mostrando una tendencia descendente y niveles por debajo de los promedios históricos. La situación se agravó en la cuenca del río Paraguay, donde persistieron niveles mínimos históricos a pesar de las lluvias, y en el río Paraná medio e inferior, que se mantuvo en un nivel estable de aguas bajas, generando complicaciones para el transporte fluvial.

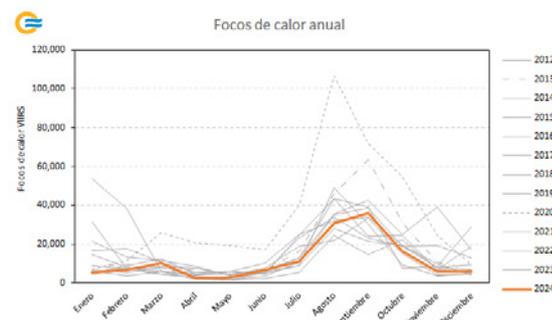
Las sequías y las altas temperaturas también propiciaron incendios de amplia magnitud y cercanos a áreas pobladas, tanto por causas naturales como por actividades humanas. A lo largo del año, se observó un aumento significativo de focos de calor en distintas provincias, siendo Santa Fe y Formosa las que registraron el mayor número (Figura 2.19 izq.). Los meses de agosto y septiembre concentraron la mayor cantidad de registros en casi todas las provincias. En particular, La Rioja presentó un incremento notable en agosto, mientras que en septiembre ocurrió lo mismo en Córdoba y San Luis, coincidiendo con los grandes incendios que afectaron estas zonas. Para Córdoba, los focos de calor registrados en septiembre quedaron en tercer lugar, siendo superado por los años 2020 y 2013 (Figura 2.19 der.). 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. Izq.: Cantidad de focos de calor por provincias durante 2024. Der.: Evolución mensual de los focos de calor en la provincia de Córdoba desde 2012 a 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. Más información del producto en <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>. Graficado por el SMN.



La evolución mensual de los focos de calor durante 2024 mostró un incremento progresivo desde julio, alcanzando su punto máximo en septiembre (Figura 2.20). En términos generales, el comportamiento fue similar al promedio del período 2012-2023, aunque en 2013 y 2020 se registraron valores más altos durante los meses de mayor cantidad de focos de calor.

Figura 2.20. Evolución mensual de los focos de calor en Argentina desde 2012 a 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. Más información del producto en <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>. Graficado por el SMN.



2.5 Temperatura en Antártida

En el 2024, las anomalías de **temperatura media** en cuatro de las seis **estaciones antárticas** estuvieron entre +/-0.2 °C, a diferencia de 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 +1.1 °C, mientras que el mayor desvío negativo ocurrió en Orcadas, con -1.2 °C (Figura 2.21). En ambas estaciones, el comportamiento de las anomalías mensuales fue más regular, con valores del mismo signo durante gran parte del período (Figura 2.22). En Belgrano II, las anomalías positivas se extendieron durante nueve meses, con máximos de +4.5 °C en julio y +4.0 °C en septiembre, mientras que la mayor anomalía negativa ocurrió en noviembre, con -1.3 °C. En Orcadas, casi todos los meses presentaron desvíos negativos, especialmente entre mayo y agosto, alcanzando un mínimo de -6.6 °C en junio. En septiembre, se registró un cambio de signo, con una anomalía positiva de +2.7 °C, que luego volvió a ser negativa en octubre y diciembre.

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

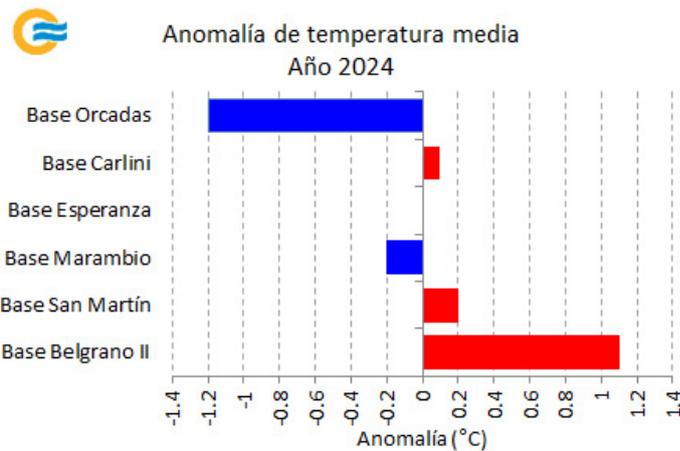
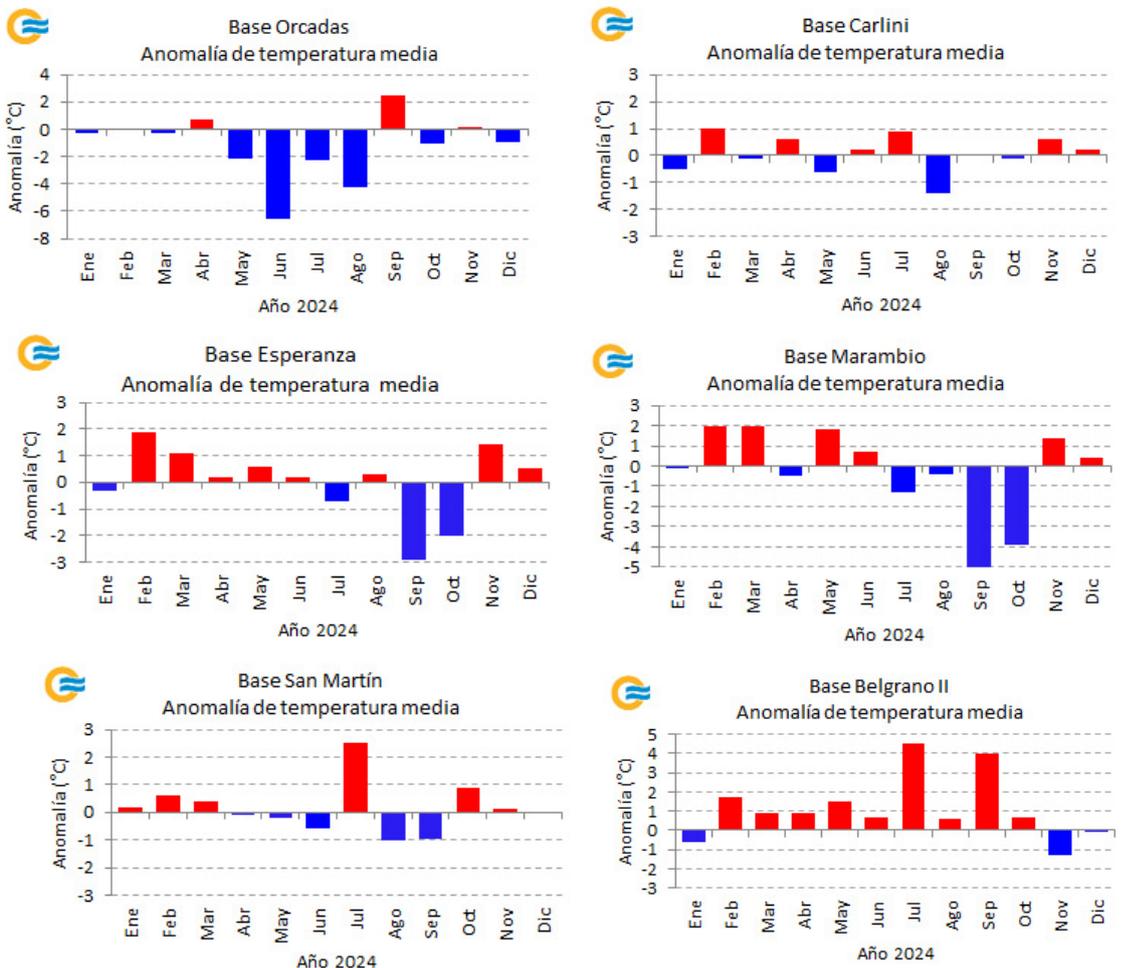
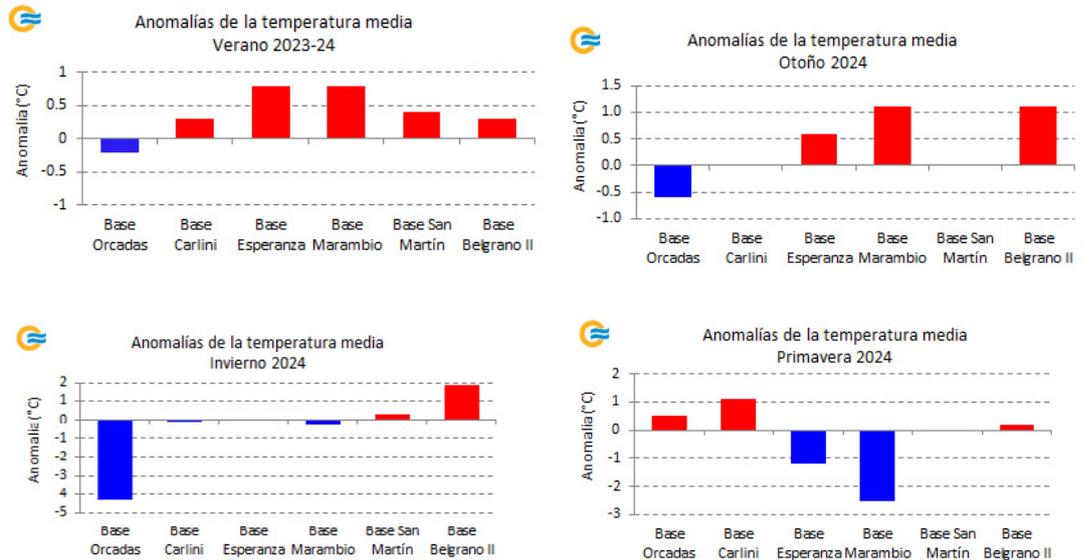


Figura 2.22. Anomalías mensuales de temperatura media para las bases Orcadas (arriba izq.), Carlini (arriba der.), Esperanza (centro izq.), Marambio (centro der.), San Martín (abajo izq.) y Belgrano II (abajo der.) durante 2024, con respecto al valor medio 1991-2020. En barras rojas se representan las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



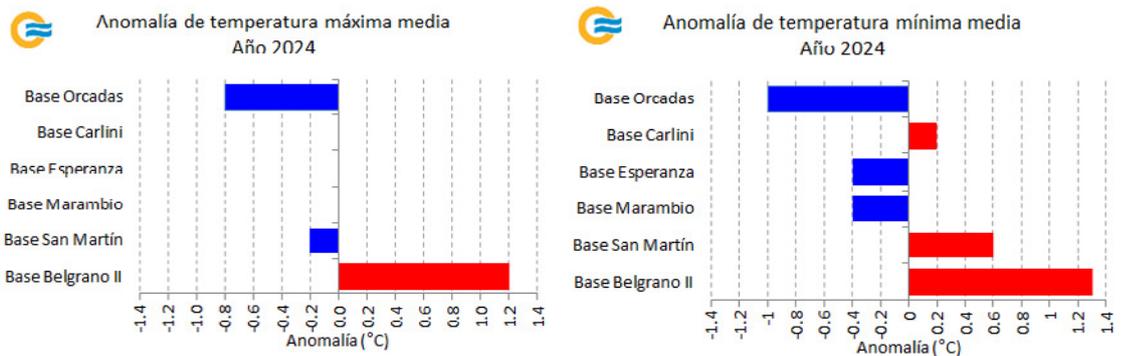
Estacionalmente, en **verano** y **otoño** predominaron las anomalías normales a positivas, con la excepción de Orcadas, que presentó valores levemente negativos (Figura 2.23 arriba izq. y der.). En **invierno**, las mayores anomalías se registraron en Orcadas, con $-4.4\text{ }^{\circ}\text{C}$, y en Belgrano II, con $+1.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 2.23 abajo izq.). La **primavera** presentó anomalías negativas en las bases del extremo norte de la península Antártica, con $-2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en Marambio (Figura 2.23 abajo der.). En el resto, fueron levemente positivas.

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



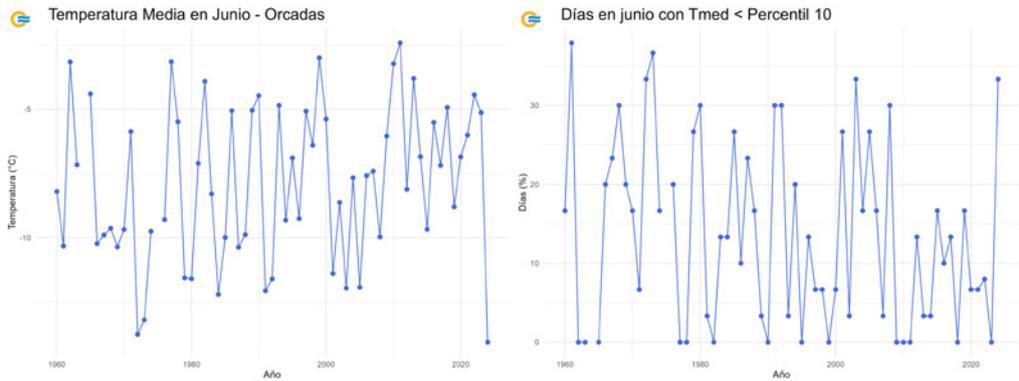
Un comportamiento similar al de la media se observó en las **temperaturas máximas y mínimas** medias (Figura 2.24). Las mayores anomalías se registraron en Belgrano II, con $+1.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la mínima y $+1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la máxima, mientras que las menores anomalías se observaron en Orcadas, con $-1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la mínima y $-0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 durante 2024, con respecto al valor medio 1991-2020. En barras rojas se representan las anomalías positivas y en barras azules, las negativas.



A nivel mensual, se destacaron algunos registros que superaron los récords anteriores (Tabla 2.8). Belgrano II fue la estación con la mayor cantidad de récords superados, especialmente en julio, cuando experimentó un marcado calentamiento. En Orcadas, junio se caracterizó por registrar la temperatura media más baja desde 1972, evidenciando un cambio significativo en comparación con los últimos años (Figura 2.25 izq.). Este descenso estuvo acompañado por una alta frecuencia de días excepcionalmente fríos (Figura 2.25 der.).

Figura 2.25. Temperatura media (izq.) y porcentaje de días con temperatura media por debajo del percentil 10 (der.) en la base antártica Orcadas para el mes de junio.



BASE	MES DEL AÑO	PARÁMETRO	TEMPERATURA Y ANOMALÍA (°C)	MÁXIMO O MÍNIMO ANTERIOR Y ANOMALÍA (°C)	PERÍODO DE REFERENCIA
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 2.8. Valores récord de diversos parámetros de temperaturas mensuales durante 2024 en las bases antárticas, junto con los máximos o mínimos valores anteriores y el período de referencia considerado para cada base.

Durante el 2024 también se superaron algunos récords diarios. En Belgrano II, la temperatura mínima diaria más alta en julio excedió la de 1992, y la temperatura máxima diaria más alta, la del 2000. Además, en octubre, se registró la temperatura máxima diaria más baja. En Marambio, la temperatura mínima diaria de marzo fue la más elevada registrada. En Carlini ocurrió lo mismo en el mes de noviembre.

REFERENCIAS

Base SAMHI, 2024. Boletines de noticias 2024.
<https://samhi.cima.fcen.uba.ar/publicHomePageText/view?id=NEWSLETTER>

CAMMESA, 2024. Informe comportamiento de la demanda de febrero 2024: Distribuidores y GUMA-GUME. Gerencia de Análisis y Control Global.

Cruz Roja Argentina, 2024. Informe de situación: Argentina Flood 03-2024 – Inundaciones en Corrientes. ReliefWeb, 6 de marzo de 2024.
<https://reliefweb.int/report/argentina/argentina-flood-03-2024-inundaciones-en-corrientes-2024-03-06>

Estación Experimental Agropecuaria Santa Cruz del INTA, 2024. Estado de situación de las nevadas en la provincia de Santa Cruz. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Mesa Nacional de Monitoreo de Sequías, 2024. Informes de Sequía 2024.
https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/d_edasequia/

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.

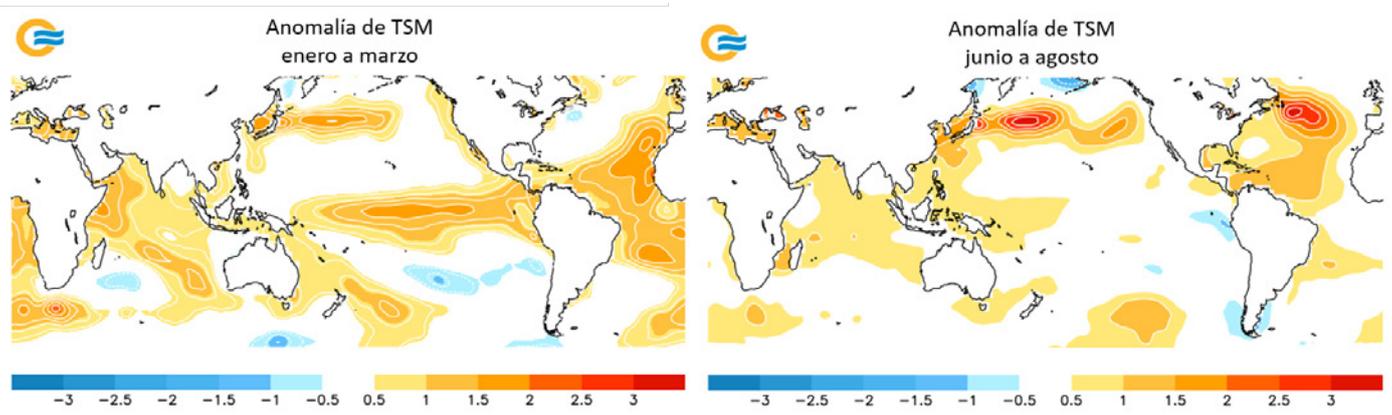
| 3.1 Estado de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)

Una mayor información del fenómeno y sus impactos en Argentina se puede encontrar en https://www.smn.gob.ar/enos_que_es.

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 izq.). Dado que El Niño influye en la precipitación en el sur de la Cuenca del Plata y en la zona húmeda del país, **pudo haber favorecido las lluvias registradas durante el verano 2023/2024.**

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 (Figura 3.1 der.). Entre el invierno y la primavera, este enfriamiento comenzó a debilitarse, resultando en condiciones similares a La Niña, pero sin cumplir los criterios para definir esta fase.

Figura 3.1. Promedio de anomalía de TSM entre el 1 de enero y el 31 de marzo de 2024 (izq.), y entre el 1 de junio y el 31 de agosto de 2024 (der.). Fuente de datos: NOAA/ESRL. Graficado por el SMN.

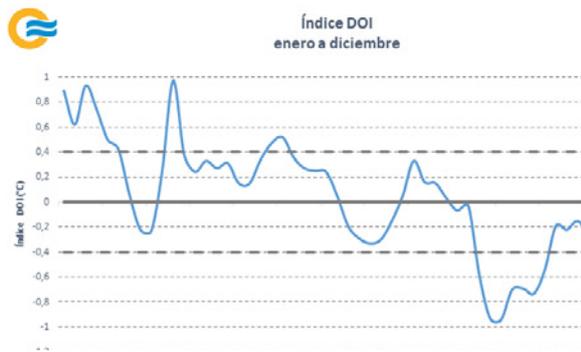


3.2 Estado del Dipolo del Océano Índico (DOI)

En enero de 2024, el DOI se mantuvo en fase positiva, iniciada en la primavera del año previo (Figura 3.2). Entre febrero y junio, su índice presentó valores predominantemente positivos, aunque dentro del rango neutral. Cabe destacar que la fase positiva pudo haber contribuido a las precipitaciones estivales observadas en gran parte del Litoral, Santa Fe, Córdoba, San Luis y el centro y este de Buenos Aires, donde se registraron anomalías positivas. Estas regiones suelen experimentar excesos de precipitación durante este estado del DOI en verano. Asimismo, **también pudo haber influido en las precipitaciones inferiores a lo normal en parte de Cuyo, el NOA y el norte de Argentina.**

El índice presentó valores negativos en períodos breves entre febrero y marzo, en julio y desde septiembre hasta fin de año, aunque siempre dentro del rango de neutralidad.

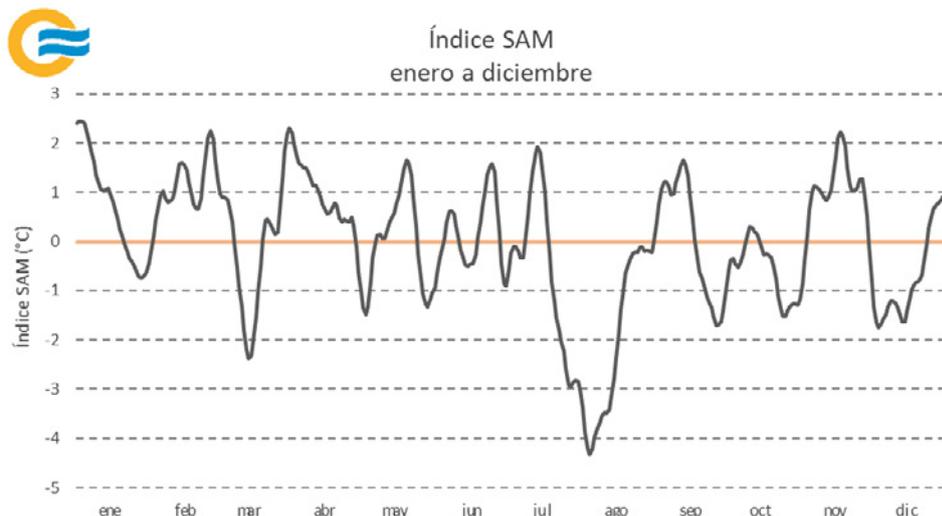
Figura 3.2. Evolución semanal del índice DOI durante 2024. Para determinar una fase positiva (negativa) del DOI, el índice debe ser superior (inferior) a $+0.4$ °C (-0.4 °C) durante ocho semanas consecutivas. Fuente de datos: Bureau of Meteorology, Australia. Graficado por el SMN.



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 registrada entre julio y agosto, que fue más marcada y coincidió con la intensificación del vórtice polar, mientras que de septiembre a diciembre el índice SAM alternó entre ambas fases. Cabe destacar que, 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 durante 2024. Fuente de datos: CPC/NOAA. Graficado por el SMN.

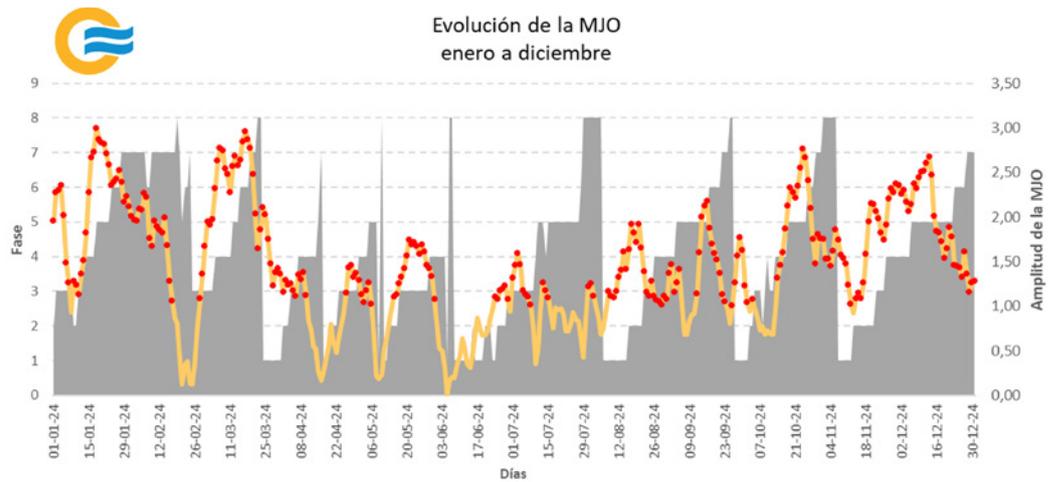


3.4 Estado de la Oscilación de Madden-Julian (MJO)

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 en la circulación atmosférica de la banda tropical a medida que avanza hacia el este, tardando entre 30 y 60 días. En 2024 se registraron varios eventos de la MJO (Figura 3.4), algunos de los cuales generaron impactos en Argentina. **Durante el verano y el otoño austral, 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 el país,** en combinación con otros forzantes subestacionales. **En primavera ocurrieron dos eventos de MJO,** uno entre el 14 de octubre y el 12 de noviembre, y otro entre el 14 de noviembre y el 31 de diciembre.

Los eventos de menor duración de la MJO se registraron entre el 26 de abril y el 6 de mayo, entre el 15 y el 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 debido a la influencia de otros forzantes subestacionales o de menor escala.

Figura 3.4. Evolución de la MJO durante 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.



REFERENCIAS

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

Sección

Sección

Sección

Sección

1 2 3 4 5

ÍNDICE

COMPOSICIÓN ATMOSFÉRICA

4. Composición atmosférica

La atmósfera está compuesta por diversos gases y aerosoles (partículas sólidas y líquidas en suspensión). Entre los primeros, se encuentran los gases de efecto invernadero (GEI) y los gases reactivos (GR). Los GEI absorben y emiten radiación en ciertas longitudes de onda del espectro electromagnético, generando el llamado “efecto invernadero”. Los GR son muy activos químicamente y, si bien tienen un tiempo de vida medio corto, desempeñan un papel clave en procesos como el ciclo del carbono, la lluvia ácida y el smog fotoquímico. Los principales GEI son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O). El vapor de agua y el ozono (O₃) también son GEI, aunque el O₃ troposférico cercano a la superficie (O₃ superficial) actúa como un GR, siendo un contaminante que afecta la calidad del aire y los cultivos. Por otro lado, entre los aerosoles, se destaca el carbono negro (BC, por sus siglas en inglés), también conocido como hollín.

Dado el impacto que tiene la concentración de estos compuestos en la atmósfera y el clima, su monitoreo a nivel global es fundamental. En este contexto, Argentina, a través del SMN, integra desde la década del 90 el programa de Vigilancia Atmosférica Global (VAG), impulsado por la OMM. La misión de este programa se centra en coordinar observaciones sistemáticas de alta calidad sobre la composición fisicoquímica de la atmósfera y su conexión con el clima y el tiempo, para detectar cambios atmosféricos.

4.1 Dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄)

El CO₂ es el GEI más importante en la atmósfera por su largo tiempo de permanencia. Por su parte, el CH₄ tiene un tiempo de residencia mucho menor -aproximadamente 10 años- pero con una eficiencia en el calentamiento 28 veces superior a la del CO₂.

Tanto en Ushuaia como en Marambio, las fracciones molares superficiales observadas de CO₂ y CH₄ 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 CO₂ registradas durante 2024 en las estaciones Ushuaia (arriba) y Marambio (abajo). Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los rojos, a los promedios mensuales.

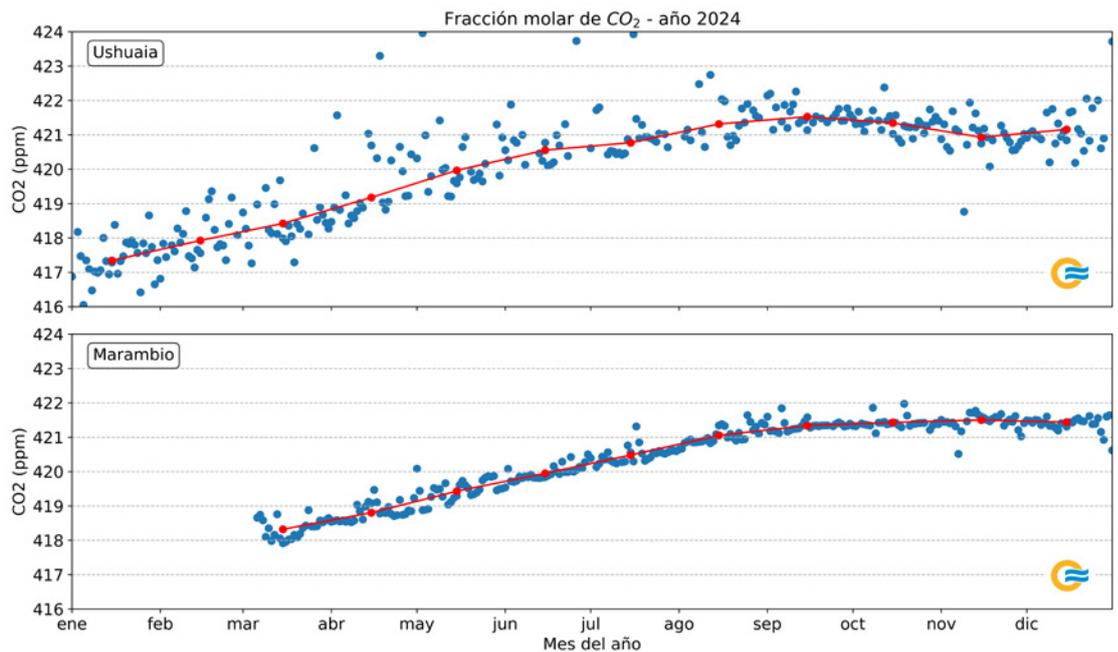


Figura 4.2. Fracciones molar de CH₄ registradas durante 2024 en las estaciones Ushuaia (arriba) y Marambio (abajo). Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los rojos, a los promedios mensuales.

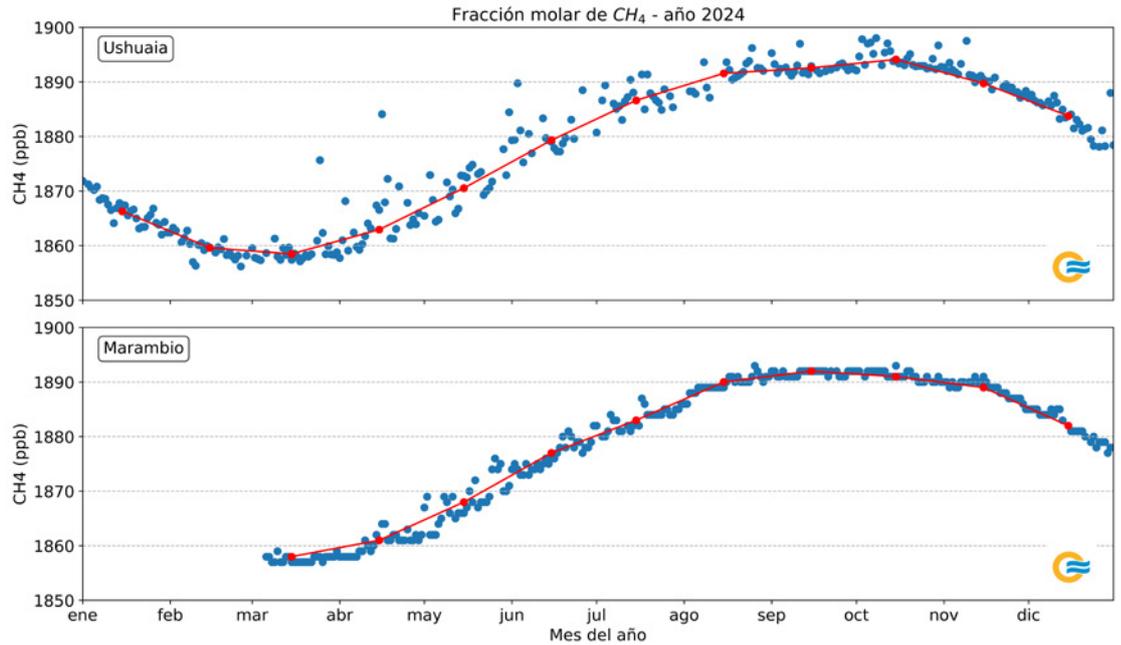


Tabla 4.1. Valores máximos de la fracción molar media mensual registrada en los últimos cuatro años en las estaciones Ushuaia y Marambio.

¹ppm: Partes por millón.
²ppb: Partes por billón.

AÑO	CO ₂ (ppm ¹)		CH ₄ (ppb ²)	
	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	1894.1	1892.0

En la estación Ushuaia también se llevan a cabo mediciones discontinuas de CO₂, CH₄ y N₂O, mediante la toma de muestras de aire en matraces (**flask sampling**), como parte de un proyecto colaborativo con la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA) (Lan et al., 2024). La evolución de las fracciones molares de estos gases, registradas a partir de 1994, junto con los valores máximos y medios anuales y sus respectivas tasas de crecimiento, muestra una tendencia al aumento en la atmósfera (Figuras 4.3 y 4.4).

Figura 4.3. Mediciones de fracciones molares de CO₂, CH₄ y N₂O 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.

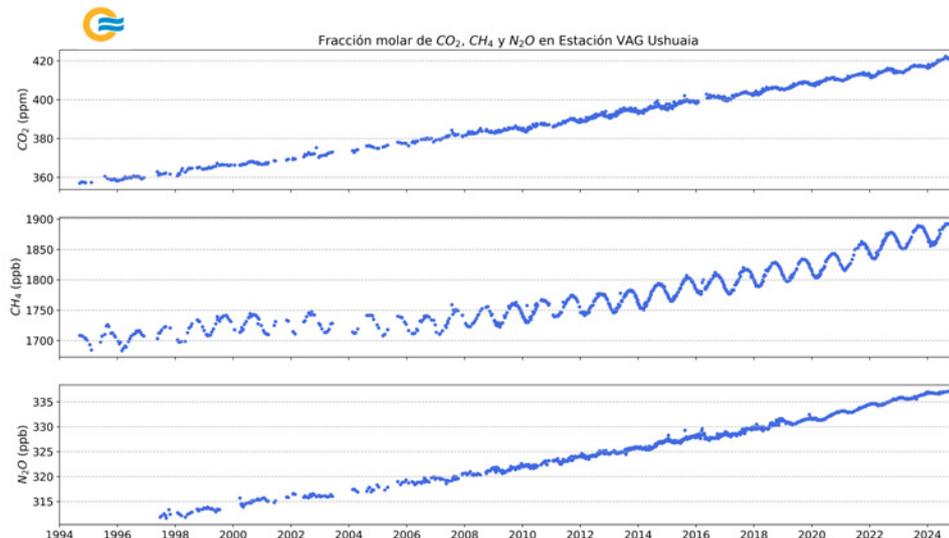
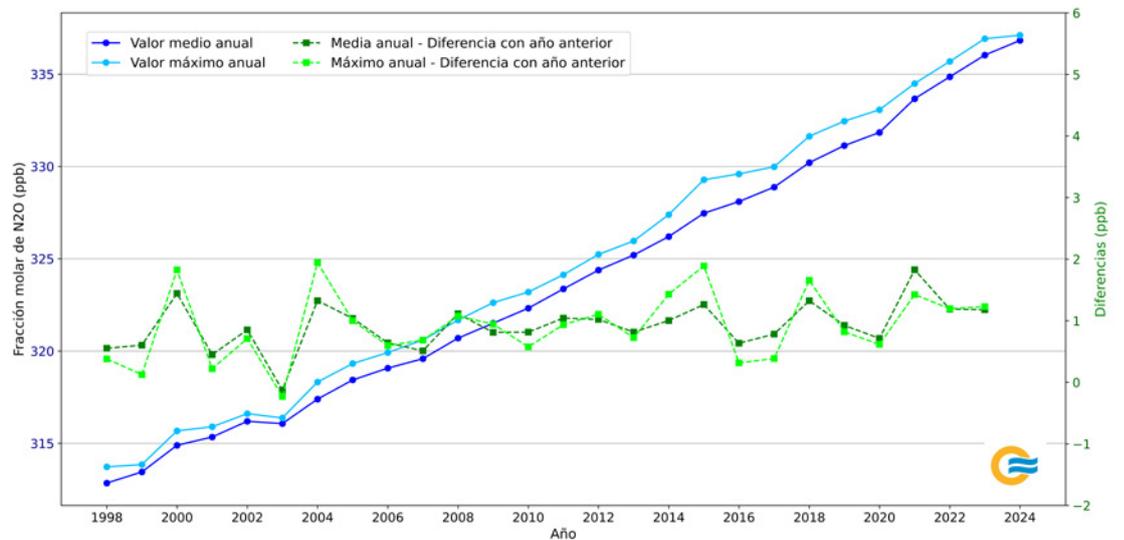
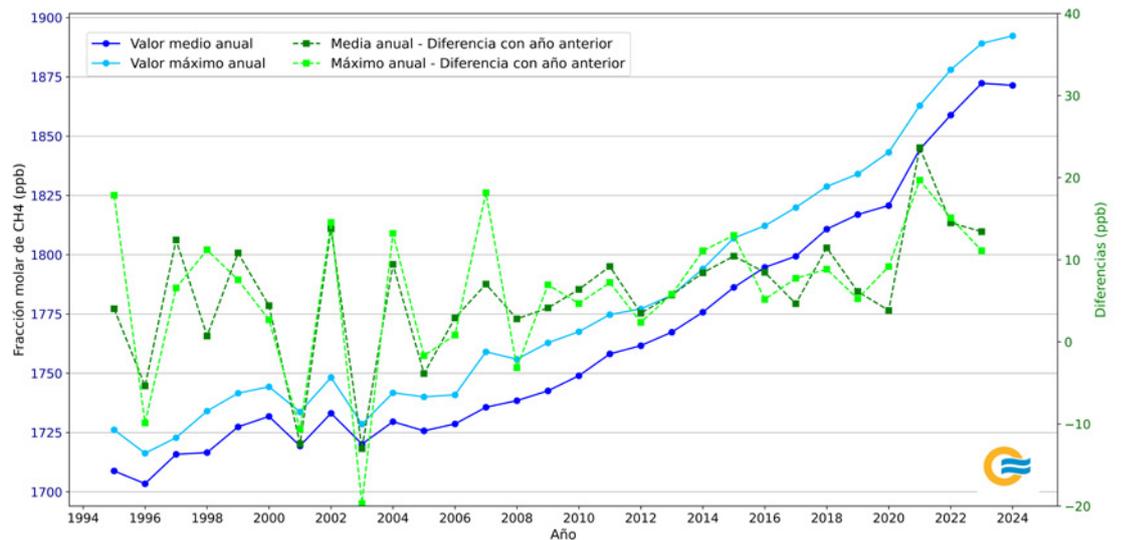
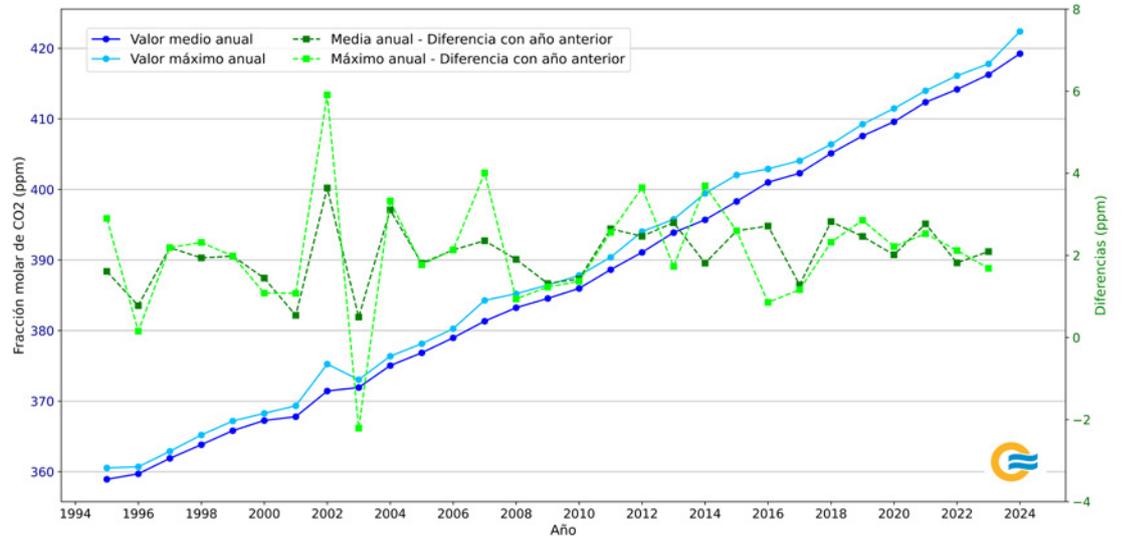


Figura 4.4. Evolución de los valores máximos y valores medio anuales de CO₂, CH₄ y N₂O en la estación Ushuaia y el período 1994-2024. Corresponden a mediciones discontinuas en colaboración con NOAA y sus respectivas tasas de crecimiento.

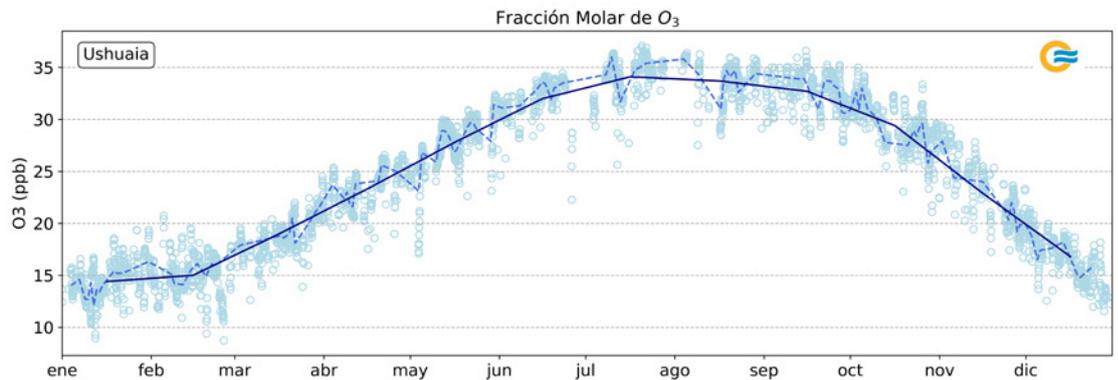


4.2 Ozono (O₃) superficial

El O₃ superficial es una sustancia oxidante que no se emite directamente a la atmósfera, sino que se forma a partir de reacciones fotoquímicas que involucran al dióxido de nitrógeno (NO₂) y otras sustancias que forman el smog urbano.

A lo largo de 2024, se observó un ciclo estacional de O₃ superficial marcado en Ushuaia (Figura 4.5), con máximos en invierno y mínimos en verano. Esto se debe a que, durante otoño e invierno, predominan los procesos de transporte de O₃, mientras que la reducción gradual de la radiación solar limita progresivamente su destrucción química. En primavera, por el contrario, el incremento de la radiación activa las reacciones fotoquímicas, favoreciendo así la remoción de este gas de la atmósfera. En particular, durante julio de 2024 se registró un valor horario máximo de 34.1 ppb en Ushuaia, que resultó menor al máximo alcanzado en 2023, de 36.6 ppb.

Figura 4.5. Mediciones continuas de las fracciones molares de O₃ superficial registradas durante 2024 en Ushuaia. Los puntos celestes corresponden a los promedios horarios, la línea azul punteada, al promedio diario y la línea azul continua, al promedio mensual.



4.3 Carbono negro (BC)

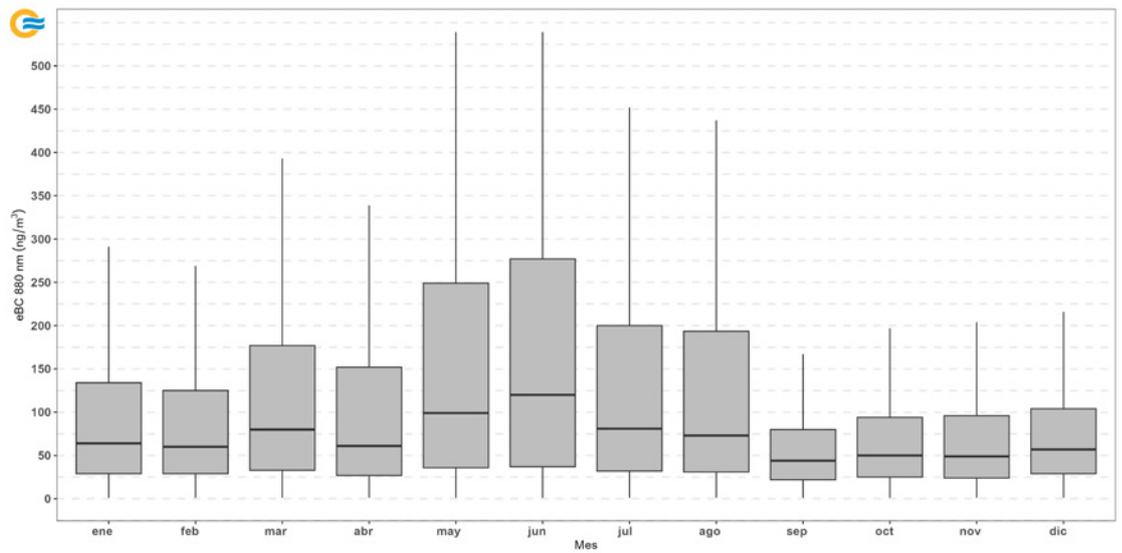
El BC es un aerosol carbonoso con el mayor poder de absorción de la radiación en el espectro electromagnético. Representa entre el 90 % y el 95 % de la absorción total de los aerosoles atmosféricos, lo que lo convierte en un componente clave en la modulación de las propiedades ópticas de la atmósfera. Este aerosol tiene múltiples impactos ambientales y climáticos. Por un lado, reduce significativamente la visibilidad y está asociado con efectos adversos en la salud humana. Por el otro, contribuye a la degradación de la calidad del aire y al forzamiento radiativo positivo, alterando el balance energético del planeta. Un impacto adicional ocurre cuando el BC se deposita sobre superficies cubiertas de hielo o nieve, disminuyendo su albedo y acelerando el derretimiento.

Las principales fuentes de emisión de BC incluyen la combustión incompleta de combustibles fósiles, especialmente el diésel utilizado en el transporte y la industria, así como la quema de biomasa, proveniente de incendios forestales o del sector agrícola.

En Ushuaia, las mediciones de BC con influencia de fuentes de emisión locales mostraron valores que, en general, superaron los 50 ng/m³ (Figura 4.6). Las concentraciones más elevadas se registraron durante los meses de invierno, posiblemente debido a la quema de combustibles fósiles y/o biomasa para calefaccionar los hogares, en respuesta a las condiciones climáticas de la región. Cabe destacar que estas mediciones presentan valores más altos y una mayor variabilidad que aquellas consideradas sin influencia antropogénica, en las cuales predominan valores menores a 40 ng/m³ y están asociadas a masas de aire provenientes del sector “limpio” (entre 90° y 270°).

La medición de BC en Ushuaia se realiza a través de un **Aethalometer AE33** (Marincovich et al., 2021). Debido a la metodología de medición empleada, las concentraciones obtenidas se denominan “carbono negro equivalente” (eBC, por sus siglas en inglés).

Figura 4.6. Distribución mensual de las concentraciones de eBC en condiciones con influencia antropogénica durante 2024 en Ushuaia, en diagramas de caja. La línea horizontal dentro de cada caja representa la mediana de las concentraciones, mientras que los límites de la caja corresponden al primer y tercer cuartil. Los bigotes indican la variabilidad dentro de 1.5 veces el rango intercuartil.



REFERENCIAS

Lan, X., Tans, P. and K.W. Thoning: 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 2024-10 <https://doi.org/10.15138/9NOH-ZH07>

Marincovich, G. L., L. Condori y G. Perez Fogwill, 2021: Aethalometer AE33: Instalación y mantenimiento. Nota Técnica SMN 2021-114. <https://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/1756>

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).

¹UD: Se define como el espesor óptico de 0.001 mm de ozono a temperatura y presión estándar.

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. Recientemente, en la estación Pilar, Córdoba, se reiniciaron las mediciones con un **espectrómetro Pandora**. Ambos instrumentos miden las cantidades de ozono total, o el espesor total de la columna del gas sobre los sitios, en unidades Dobson (UD¹). Una mayor información sobre la medición de ozono a partir de espectrofotómetros se puede encontrar en OMM (2008) y en Carbajal y otros (2012).

5.1.1 EVOLUCIÓN DE OZONO TOTAL

Durante 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 estaciones dentro del continente, y especialmente en Ushuaia, el campo de anomalías también evidenció procesos de producción y transporte de ozono a lo largo del año (Figura 5.1 abajo).

En La Quiaca, los valores de ozono se mantuvieron en ciertos momentos cercanos a su valor medio e incluso por encima de él. Cabe destacar que esta estación, al estar ubicada a una altitud aproximada de 3.452 metros sobre el nivel del mar, presenta una capa de ozono muy delgada y de baja concentración.

En Buenos Aires y Comodoro Rivadavia se observó un fortalecimiento de la capa de ozono debido al pasaje de masas de aire enriquecidas en este gas. Este efecto fue especialmente notable en Ushuaia, donde antes y durante el invierno austral se registraron anomalías positivas, con algunos episodios de pérdida de ozono, incluso en septiembre y octubre, cuando el agujero de ozono pasó sobre la ciudad.

En la estación Pilar, Córdoba, se incorporaron datos provenientes del espectrómetro Pandora. Al no contar aún con una serie histórica, no es posible contrastar las anomalías, pero sus mediciones coinciden de manera coherente con el transporte de ozono.

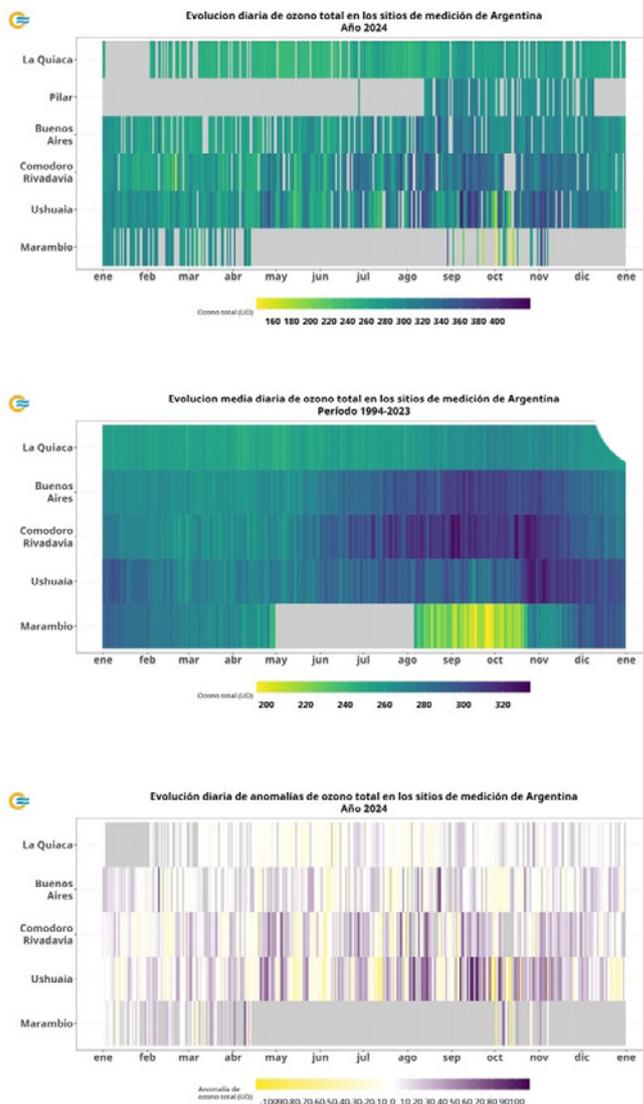


Figura 5.1. Arriba: Evolución diaria de ozono total en seis sitios de medición durante 2024. Los colores amarillos y azules indican menor y mayor concentración de ozono, respectivamente. Centro: Evolución media diaria de ozono total en los puntos de medición, considerando el período de referencia 1994-2023. 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 la estación antártica Marambio, entre enero y abril, se registraron valores de ozono que 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 algunos déficits en las anomalías.

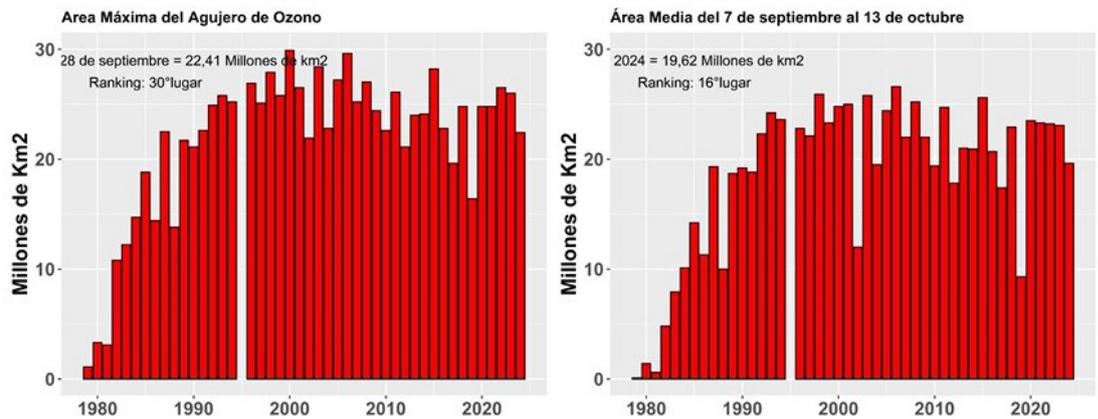
En términos generales, se registró un aumento en los valores de la columna total de ozono en La Quiaca. Del mismo modo, Buenos Aires presentó valores superiores a su media durante los primeros cuatro meses del año. En Comodoro Rivadavia, la columna total de ozono mostró, en la mayoría de los casos, incrementos respecto a sus valores medios. En Ushuaia, los meses de septiembre y octubre fueron particularmente relevantes, con aumentos significativos en la medición de la columna total de ozono, salvo durante los episodios en que el agujero de ozono pasó sobre la ciudad.

5.1.2 AGUJERO DE OZONO

Durante 2024, la temporada del agujero de ozono en la Antártida se caracterizó por cuatro eventos de calentamientos súbitos estratosféricos (CSE), generados por flujos de calor asociados a una intensa actividad de ondas atmosféricas. El primero ocurrió en julio, retrasando el inicio de los mecanismos de destrucción de ozono debido a la inhibición y reducción de las Nubes Estratosféricas Polares (NEP). Más aún, durante ese mes, la amplitud de las ondas atmosféricas asociadas a los CSE alcanzó valores sin precedentes para julio. Otros dos eventos de CSE tuvieron lugar en agosto y septiembre, pero de menor intensidad, por lo que su impacto en las NEP fue menor. Un cuarto CSE ocurrió en octubre, afectando al vórtice polar, ya cuando las NEP estaban cerca de finalizar su presencia en la Antártida.

A lo largo de septiembre, el agujero de ozono se desarrolla y crece, alcanzando su tamaño máximo entre el 7 de septiembre y el 13 de octubre. En 2024, el área promedio del agujero durante estas fechas se ubicó en el puesto 16° entre las más pequeñas, con un valor inferior al promedio de los últimos cinco años (Figura 5.6 der.). Por su parte, el área máxima ocupó el puesto 30° en el ranking de los valores más bajos de los últimos 45 años de medición, siendo además la menor registrada en los últimos cinco años (Figura 5.6 izq.).

Figura 5.2. Área máxima (izq.) y media (der.) del agujero de ozono entre el 7 de septiembre y el 13 de octubre para el período 1979-2024, en barras rojas. Fuente de datos: NASA.



5.2 Radiación solar ultravioleta

Si bien la 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 5.3).

Figura 5.3. 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. La cantidad de días en los que se superaron los umbrales se compara con valores históricos utilizados como referencia en cada sitio.

5.2.1 MONITOREO DEL ÍNDICE UV

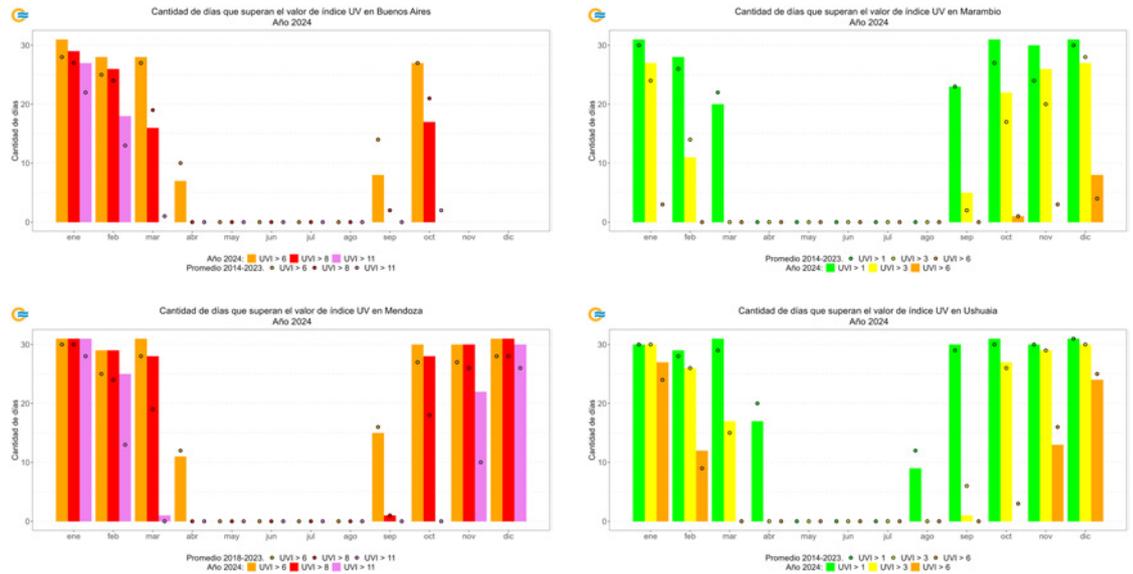
En enero y febrero de 2024, Buenos Aires, una ciudad de alta densidad poblacional, registró 27 y 17 días, respectivamente, con un índice UV máximo superior al umbral de 11, considerado “extremadamente alto”, superando el promedio del período de referencia 2014-2023 (Figura 5.4 arriba izq.). En el resto del año, excepto en noviembre y diciembre, meses sin datos disponibles, los valores se mantuvieron, en general, similares o inferiores al período de referencia.

En Marambio, el índice UV suele ser relativamente bajo debido a su latitud y la frecuente nubosidad que cubre la estación. En términos generales, durante 2024, la cantidad de días en los que se superaron los diferentes umbrales no presentó variaciones significativas respecto a valores históricos (Figura 5.4 arriba der.).

En Mendoza, solo en abril y septiembre se contabilizó una menor cantidad de días por debajo de los umbrales en comparación con los promedios de referencia 2018-2023. En el resto de los meses, la cantidad fue mayor respecto al histórico. Esto puede deberse a la recalibración del radiómetro en 2022 y las condiciones de cielo despejado que se dieron durante 2024 (Figura 5.4 abajo izq.).

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 5.4 abajo der.)

Figura 5.4. 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 2014-2024.



Debido al comportamiento del agujero de ozono y la abundante nubosidad presente en Ushuaia y Marambio, no se observan eventos especiales en la intensidad de radiación solar UV durante la primavera y verano de 2024.

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.

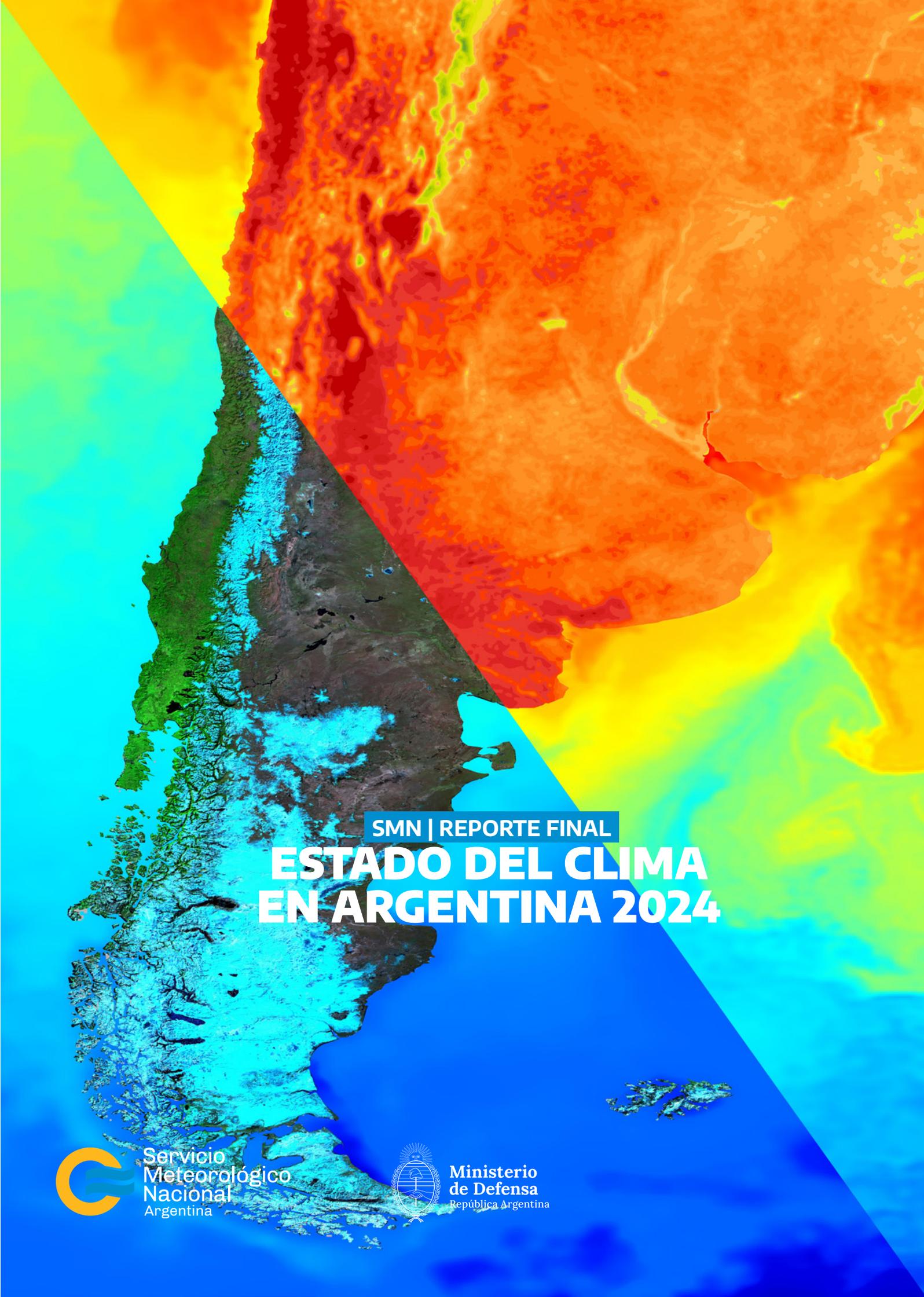
Molina, M. J., y F. S. Rowland, 1974. Stratospheric sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine atom-catalysed destruction of ozone [Sumidero estratosférico de clorofluorometanos: Destrucción del ozono catalizada por átomos de cloro]. Nature, 249.

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

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 2024



Servicio
Meteorológico
Nacional
Argentina



Ministerio
de Defensa
República Argentina