



Ministerio de Defensa
Argentina

Informe provisional del SMN sobre el estado del clima en Argentina durante 2020

Fecha | 15 diciembre 2020

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	3
2. Monitoreo de variables esenciales	5
2.1 Temperatura a nivel país	5
2.2 Precipitación a nivel país	8
2.3 Principales anomalías climáticas	10
2.3.1 Temperatura estacional	10
2.3.2 Precipitación estacional	14
2.4 Eventos extremos	19
2.4.1 Eventos destacados	19
2.4.2 Olas de calor	20
2.4.3 Olas de frío y nevadas	21
2.4.4 Sequía	22
2.5 Temperatura en Antártida	25
3. Forzantes de escala estacional y sub-estacional destacados	28
3.1 Resumen del estado de El Niño Oscilación del Sur (ENOS)	28
3.2 Resumen del estado del Dipolo del Océano Índico (DOI)	29
3.3 Resumen del estado de la Oscilación Antártica o Modo Austral (SAM, AAO)	29
3.4 Resumen del estado de la Oscilación de Madden-Julian (MJO)	30
4. Gases de efecto invernadero, reactivos y aerosoles	30
4.1 Introducción	32
4.2 Métodos	32
4.3 Dióxido de Carbono	33
4.4 Metano	34
4.5 Monóxido de Carbono	35
4.6 Ozono superficial	36
4.7 Aerosoles	37
4.8 Eventos especiales 2020: el impacto de la pandemia COVID-19	38
5. Monitoreo de radiación solar ultravioleta	39
5.1 Radiación solar ultravioleta	44
5.2 Monitoreo del índice UV durante 2020	45

Resumen

El presente informe realiza una evaluación preliminar de las condiciones climáticas que afectaron a la Argentina durante el año 2020, estudiando sus características hasta el 31 de octubre. Un informe definitivo y más amplio será presentado a principios del 2021, con la evaluación del 2020 en su totalidad.

Se observa que, como ocurre a nivel global, la temperatura media del país sigue su tendencia ascendente iniciada hace unas décadas. A octubre, el 2020 es el cuarto año más cálido desde 1961. Entre los récords de altas temperaturas, se destacan los registrados en las bases argentinas en Antártida durante febrero. En agosto, se registró en Formosa un récord invernal de 39.6°C. La tendencia ascendente de la temperatura anual en el país no excluye que se sigan experimentando temporadas o picos de fríos inusuales o extremos como, por ejemplo, durante el invierno en Perito Moreno (con -20 °C registrados) y en la Antártida.

Con respecto a las precipitaciones, el 2020 estuvo marcado por una sostenida y amplia sequía, resultando hasta el mes de octubre el tercer año más seco de los últimos 50. El fin del 2020 estuvo modulado por el desarrollo del fenómeno La Niña, que puede impactar en Argentina particularmente durante el verano 2020/2021.

La pandemia que afectó a la humanidad durante 2020, también dejó sus efectos en el medioambiente a través de las restricciones a actividades y movimientos de la población. Las mediciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de ciertas variables --especialmente aquellas relacionadas con la contaminación provocada por el tránsito de vehículos--, muestran la huella de la pandemia a través de una baja significativa, especialmente durante la Fase 1 del confinamiento. Con respecto a la radiación ultravioleta, el año resultó con características muy cerca al promedio.

1. Introducción

Este informe preliminar sobre el estado del clima en Argentina durante 2020 tiene por objetivo resumir los principales comportamientos del clima del año antes del cierre del mismo. El informe definitivo será publicado en marzo del 2021, pero se creyó conveniente contar con una versión preliminar por dos razones: primero, porque esta información ha servido de insumo a un informe similar producido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) que trata sobre el estado *global* del clima (ver *State of the Global Climate 2020: Provisional report*, WMO 2020), y segundo, porque mucha de esta información ya disponible puede resultar útil si es presentada con antelación.

El contenido de este reporte se concentra en aquella información que pueda ser de interés para quienes deseen evaluar cómo la evolución de factores meteorológicos ha podido afectarlos durante el presente año, tanto desde el punto de vista de la producción industrial, como agropecuaria, de seguridad civil, etc.

Siendo el año 2020 muy particular en el aspecto sanitario y de crisis económico-social asociada a la pandemia del COVID-19, también se presenta información sobre su impacto medioambiental en lo que respecta a las variables observadas por nuestra institución.

La información aquí presentada tiene claramente como contexto el clima global relevado en el mencionado reporte de la OMM. De este, cabe destacar que el año 2020 probablemente termine siendo uno de los tres más calientes nunca registrados (ver Figura 1.1), evidenciando la tendencia del incremento de la temperatura media global atribuida a las emisiones de gases de efecto invernadero.

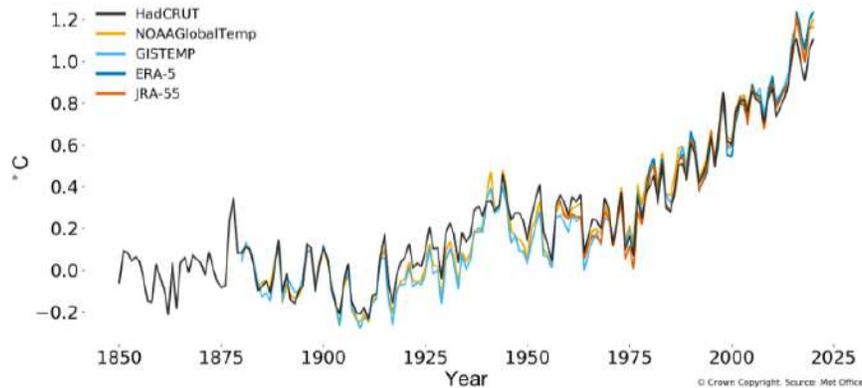


Figura 1.1. Evolución de la temperatura media anual global desde 1850 hasta el presente (octubre 2020), calculadas con diferentes bases de datos. Los valores ilustrados son desvíos con respecto al periodo pre-industrial (1859-1900). (Tomado de WMO 2020).

Acompañado con este aumento de temperatura global, se observa también un aumento general del nivel del mar (Figura 1.2), aunque el año 2020 parece registrar una pequeña caída que es atribuida al fenómeno de La Niña, la cual se confirmó en el último cuatrimestre del año.

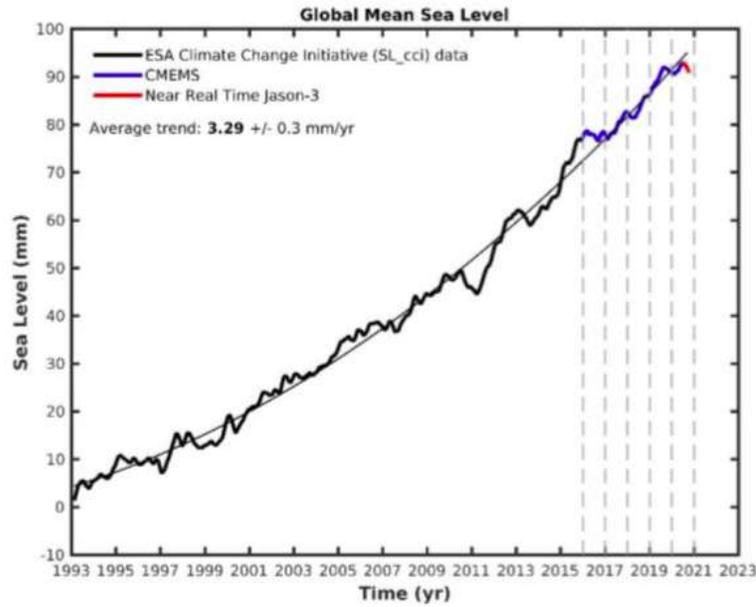


Figura 1.2. Altura del nivel del mar medida desde 1993 hasta el presente con altímetros satelitales. (Tomado de WMO 2020).

Por otro lado, las restricciones a las actividades asociadas a la pandemia del COVID-19 tuvieron un efecto poco marcado en lo que respecta a la acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera, que continuaron creciendo. Esto no implica que en algunos países la baja de emisiones de estos gases no haya sido notable durante el período más marcado en las restricciones al movimiento, como se verá más adelante.

El reporte consta de 5 capítulos. En el capítulo 2 se presenta en abundante detalle la evolución, durante el año y en todo el país, de la temperatura y la precipitación, poniendo énfasis tanto en los valores medios como en los extremos. Cabe destacar de este capítulo una sección sobre la temperatura de la Antártida, donde en este año se registraron algunos récords tanto de altas como de bajas temperaturas.

En el capítulo 3 se presenta un resumen 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 discuten las observaciones relacionadas con las concentraciones de gases de efecto invernadero, gases reactivos, y partículas de aerosol. En general, estas observaciones no registran variaciones llamativas, pero este año fueron altamente marcadas por el impacto de las restricciones a las actividades debido a la pandemia del COVID-19.

En el capítulo 5 se presentan las observaciones de radiación ultravioleta, importantes particularmente por sus implicaciones sanitarias en lo que respecta a enfermedades de la piel.

REFERENCIAS

WMO, 2020: *State of the Global Climate 2020: Provisional report*, 165 páginas.
https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10444

2. Monitoreo de variables esenciales

2.1 | Temperatura a nivel país

De acuerdo a los datos oficiales preliminares entre enero y octubre de 2020, la anomalía de temperatura media estimada a nivel país fue de **+0.6°C** con respecto al período climatológico de referencia 1981-2010. Este valor ubica, de momento, al año 2020 como el cuarto año más cálido desde 1961 (Figura 2.1). Cabe remarcar que todos los años de esta última década registraron, a nivel país, anomalías positivas de temperatura, reforzando la tendencia significativa de este aumento térmico a nivel nacional. Además, fue durante esta última década que se registraron los años más cálidos de todo el período.

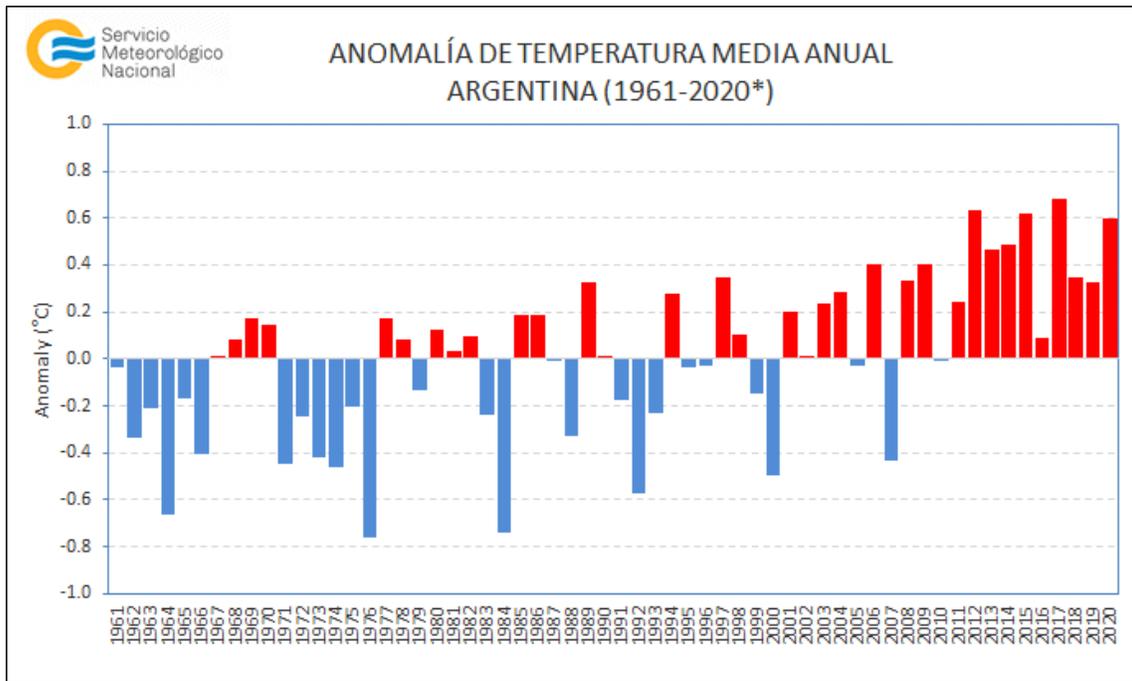


Figura 2.1. Anomalías de la temperatura media anual en la Argentina.

Entre enero y octubre de 2020 la zona norte del país, la región de Cuyo y norte de Patagonia registraron las principales anomalías positivas de temperatura media (entre $+0.5^{\circ}\text{C}$ y $+2.0^{\circ}\text{C}$) (Figura 2.2). De acuerdo al análisis mensual, marzo fue el mes que registró los desvíos positivos más significativos, **siendo el marzo más cálido en 60 años a nivel país** y superando récords históricos en varias localidades. Por otro lado, al momento, el mes de julio fue el único en registrar condiciones anómalamente frías en gran parte del país (Figura 2.3, panel superior). En cuanto a las temperaturas máximas y mínimas medias mensuales, se destaca el predominio de una mayor amplitud térmica a nivel país evidenciándose en la magnitud de dichos desvíos (Figura 2.3, paneles central e inferior).

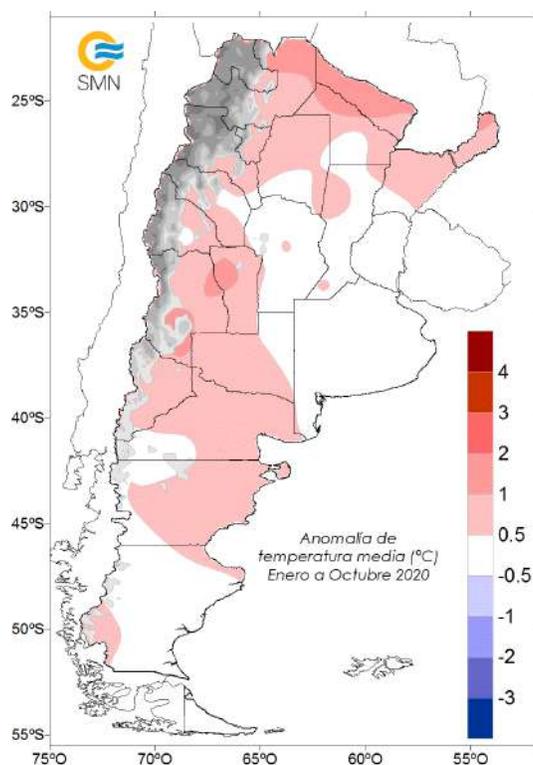


Figura 2.2. Desvíos de la temperatura media con respecto al valor medio 1981-2010 ($^{\circ}\text{C}$).

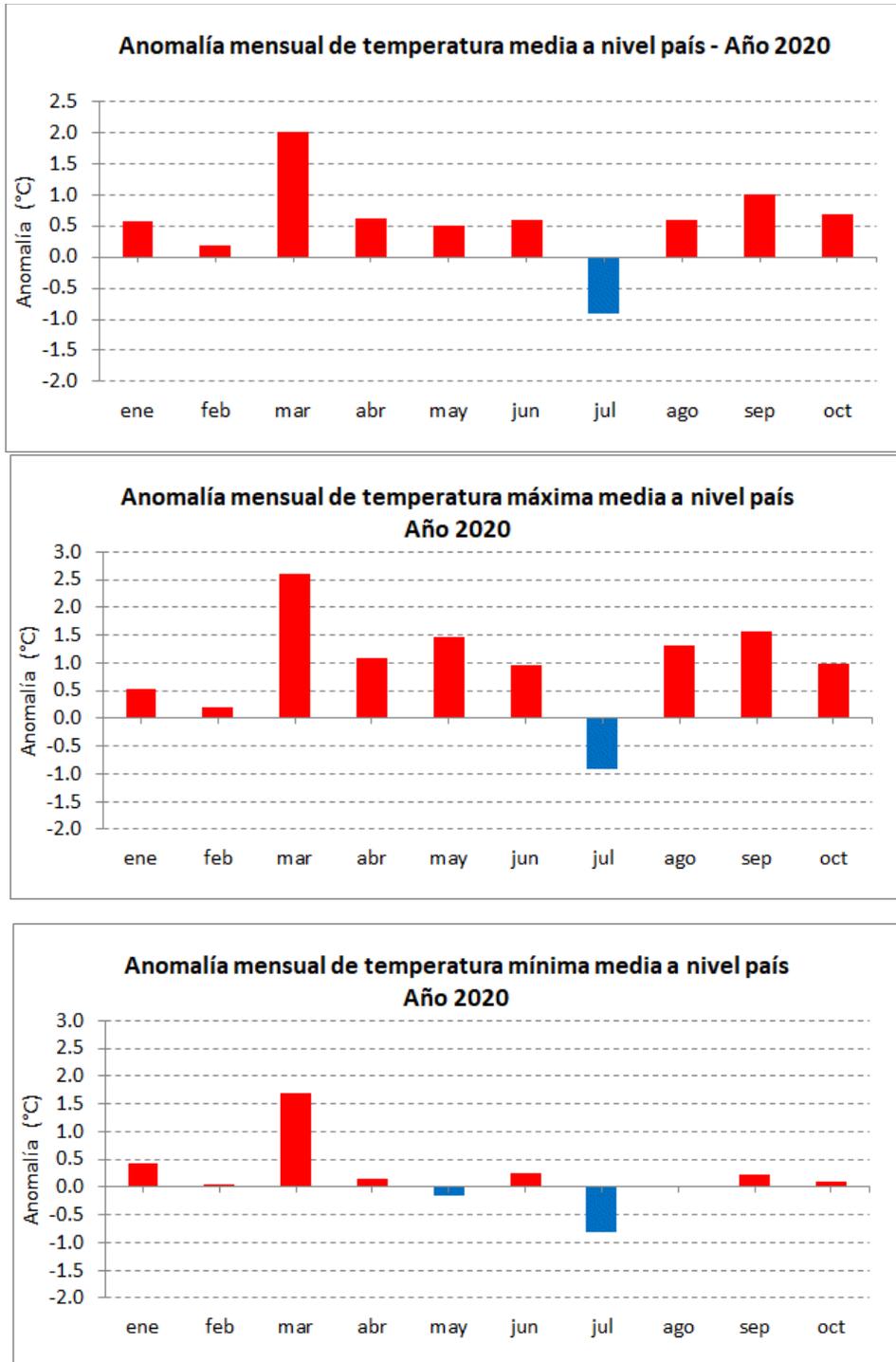


Figura 2.3. Anomalías mensuales de temperatura a nivel país (°C). Temperatura media (panel superior), temperatura máxima media (panel central), y temperatura mínima media (panel inferior).

2.2 | Precipitación a nivel país

De acuerdo a los datos preliminares entre enero y octubre de 2020, Argentina registró un desvío estimado de **-23 %** a nivel país, ubicando al año 2020 como el tercer año más seco desde 1961 (Figura 2.4). La mayor parte del territorio, al norte de 35°S y gran parte de Patagonia, registró lluvias inferiores a la normal. Sobre el centro del país y algunas áreas aisladas de Patagonia, las lluvias acumuladas se ubicaron dentro del rango normal o levemente superiores al mismo (Figura 2.6).

A nivel mensual, hubo un predominio de lluvias por debajo de las normales; sólo los meses de enero y julio se caracterizaron por ser más lluviosos. A partir del mes de marzo, las condiciones de sequía comenzaron a afectar a gran parte de las provincias del centro y norte del país, extendiéndose a lo largo de los meses y caracterizando al año 2020 entre los históricamente más secos (Figura 2.5).

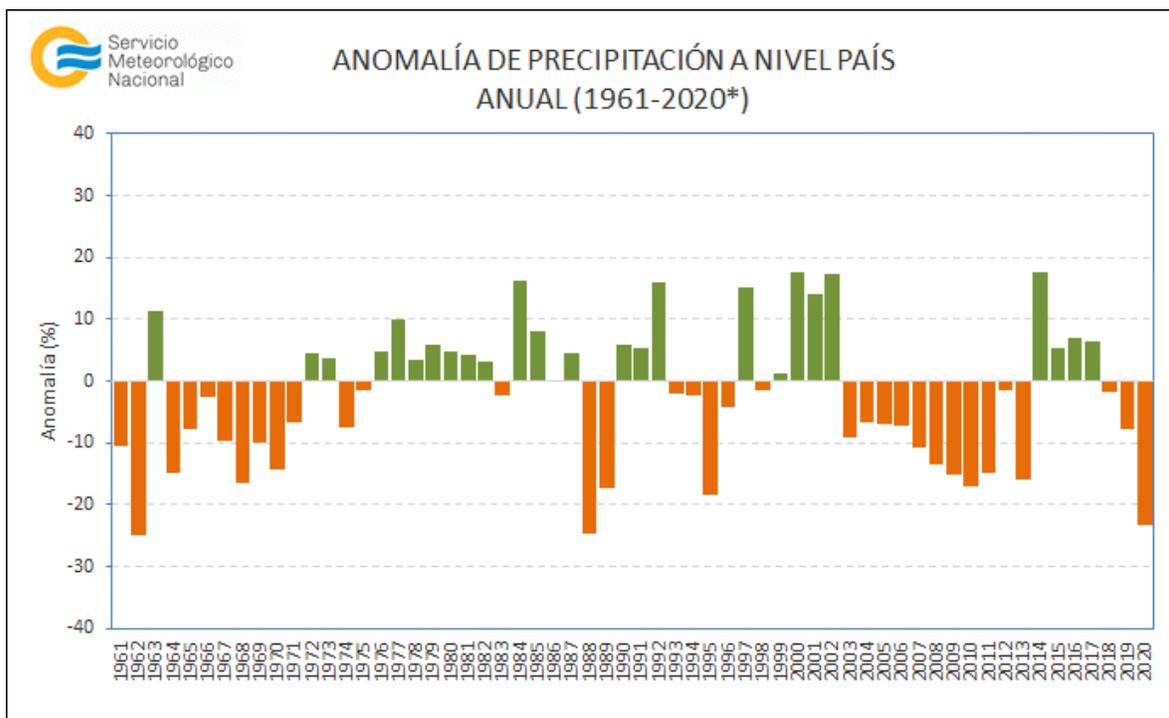


Figura 2.4. Anomalías de la precipitación anual en la Argentina.

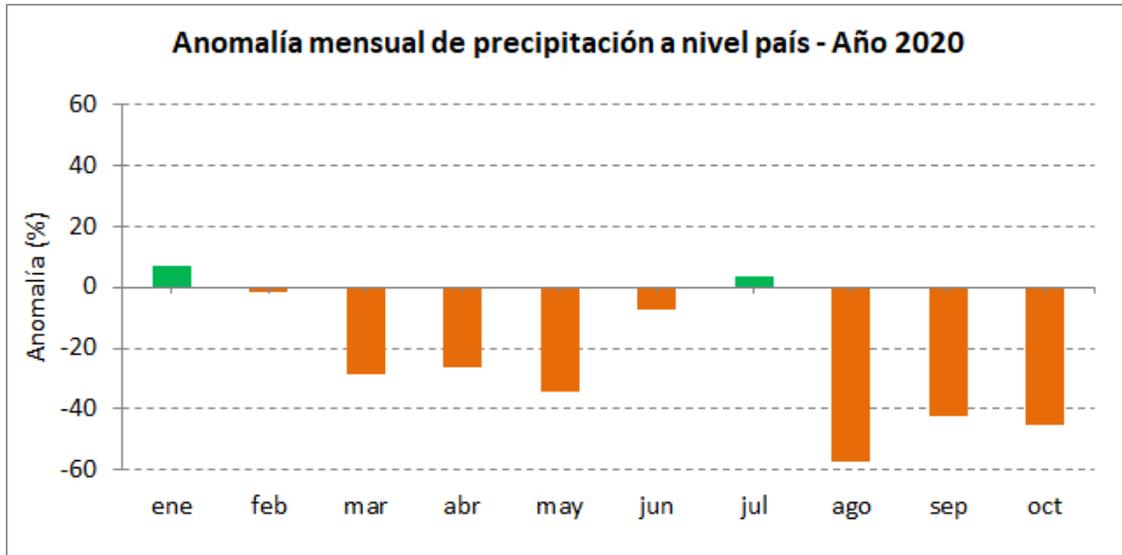


Figura 2.5. Anomalías mensuales de precipitación en la Argentina durante el año 2020.

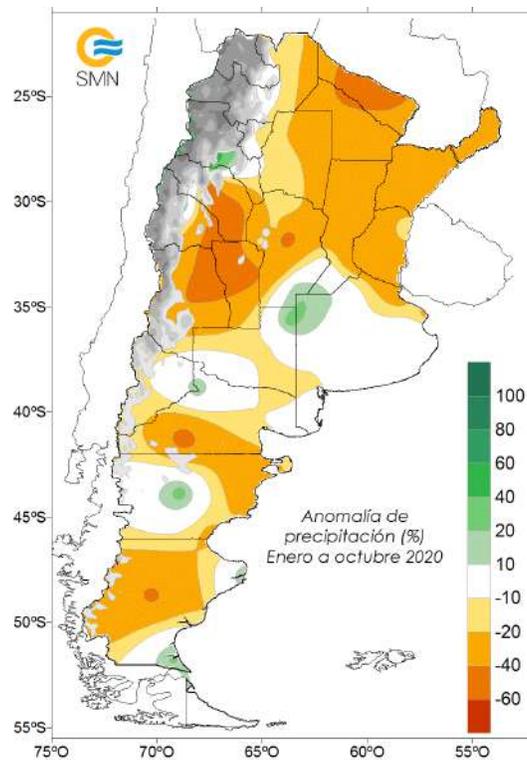


Figura 2.6. Desvío porcentual de la precipitación con respecto al valor medio 1981-2010 (%).

2.3 | Principales anomalías climáticas

2.3.1 | Temperatura estacional

El verano (diciembre-enero-febrero) 2019-2020 fue cálido sobre las provincias del oeste del país. Olas de calor intensas afectaron a las provincias de Mendoza y San Luis. La porción este y sur de Argentina experimentaron condiciones próximas a lo normal con variaciones a lo largo del trimestre, que contribuyeron a que se combinen períodos anómalamente fríos y cálidos. Dentro del trimestre, el mes más anómalamente cálido fue enero, siendo la temperatura máxima la que presentó los mayores desvíos (Figura 2.7). Las anomalías negativas se vieron mayormente reflejadas en la temperatura mínima media, con valores que no superaron -1.5°C , ubicándose en el Litoral y provincia de Buenos Aires. También aquí se observó que las anomalías negativas del mes de enero fueron las que pesaron más en el trimestre en dicha zona (Figura 2.8).

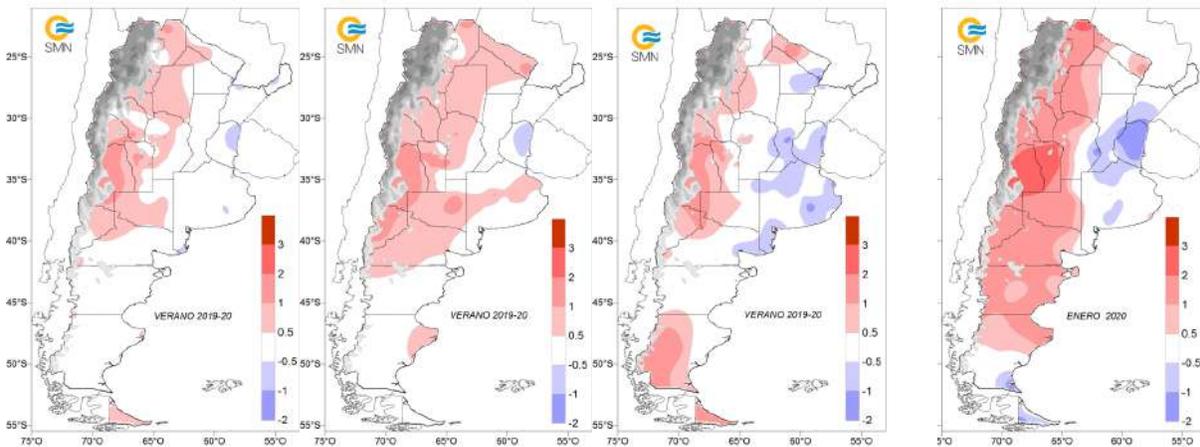


Figura 2.7. Desvíos de la temperatura media, máxima y mínima media para el verano con respecto al valor medio 1981-2010 ($^{\circ}\text{C}$).

Figura 2.8. Desvíos de la temperatura máxima media de enero con respecto al valor medio 1981-2010 ($^{\circ}\text{C}$).

El otoño (marzo-abril-mayo) se presentó extremadamente cálido sobre todo el territorio. Las provincias del oeste y sur registraron uno de los otoños más cálidos desde 1961. Ambos anticiclones semipermanentes (Pacífico y Atlántico) estuvieron debilitados durante este trimestre, favoreciendo un patrón anticiclónico de bloqueo sobre el continente que no permitió el normal pasaje de frentes fríos sobre la región, por lo que días soleados y templados predominaron durante este otoño. Las temperaturas máximas estuvieron por encima de los valores medios, en tanto que las mínimas fueron más frías en el norte y centro del país asociado a la muy poca nubosidad y a la falta de lluvias (Figura 2.9).

El mes de marzo resultó extremadamente cálido sobre todo el país, batiendo récords históricos de calor en varias localidades. La anomalía de temperatura media a nivel país fue de $+2.0^{\circ}\text{C}$, rompiendo el récord anterior de marzo de 1980 ($+1.8^{\circ}\text{C}$). Una ola de calor tardía tuvo lugar durante la primera quincena de marzo, afectando a parte del centro y norte argentino. Las anomalías de la temperatura máxima media (Figura 2.10) alcanzaron valores superiores

a +3°C. Cabe remarcar que en varias localidades se batieron récords en la temperatura media y temperatura máxima absoluta.

De igual forma, en el trimestre se han superado los máximos valores anteriores en varias localidades, como se detalla en la Tabla 2.1.

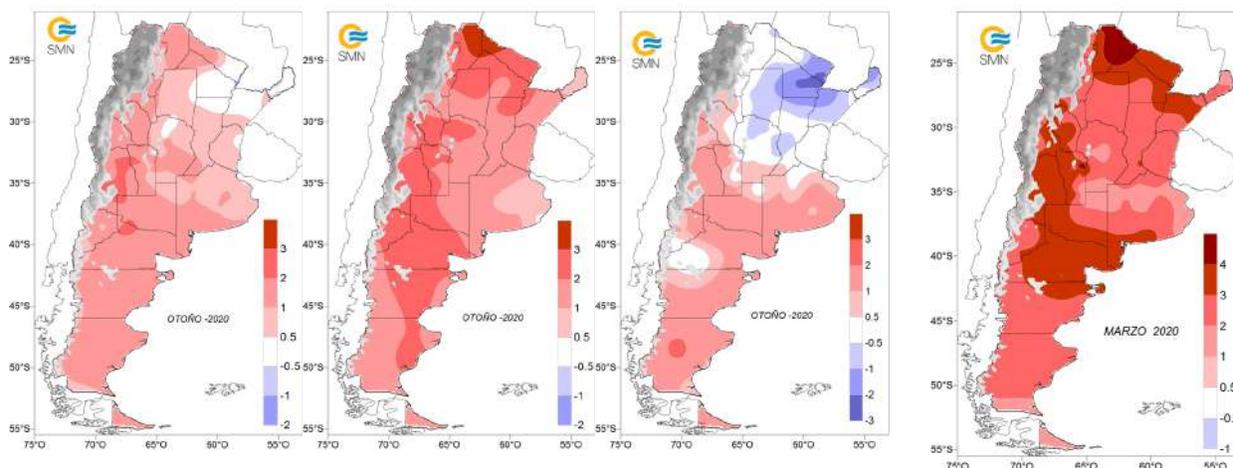


Figura 2.9. Desvíos de la temperatura media, máxima y mínima media para el otoño con respecto al valor medio 1981-2010 (°C).

Figura 2.10: Desvíos de la temperatura máxima media de marzo con respecto al valor medio 1981-2010 (°C).

Tabla 2.1: Valores récords durante el otoño para distintas localidades. El asterisco (*) indica la existencia de interrupciones en el periodo de observación mencionado.

	Localidad	Temperatura (°C)	Record anterior (°C)	Periodo
Media	Río Colorado	17.1	16.7 (2015)	1961-2019 (*)
	Neuquén	15.9	15.4 (2009)	1961-2019
	Comodoro Rivadavia	14.8	14.3 (2009)	1961-2019
	Paso De Indios	13.0	12.7 (1982)	1971-2019 (*)
	San Julián	11.1	11.0 (1982)	1961-2019
	Gobernador Gregores	10.7	10.1 (2013)	1961-2019 (*)
	Ushuaia	7.6	7.4 (1998)	1961-2019
	Río Grande	6.7	6.6 (2013)	1961-2019
Máxima media	Las Lomitas	31.8	31.6 (2009)	1961-2019
	Chilecito	27.8	27.2 (1997)	1961-2019
	San Luis	25.8	25.7 (1997)	1961-2019
	Neuquén	24.4	24.0 (2009)	1961-2019
	San Antonio Oeste	23.8	23.4 (2009)	1961-2019
	Comodoro Rivadavia	20.5	20.0 (1996)	1961-2019
	Paso De Indios	19.7	19.3 (1982)	1971-2019 (*)
	San Julián	17.6	16.9 (2013)	1961-2019

	Bariloche	16.8	16.6 (2015)	1961-2019
	Esquel	16.2	16.1 (1982)	1961-2019
	Perito Moreno	15.4	15.2 (2019)	1983-2019
	Río Gallegos	14.7	14.5 (1982)	1961-2019
	El Calafate	14.1	13.6 (2019)	1961-2019
Mínima media	San Rafael	10.3	10.2 (2015)	1961-2019
	Comodoro Rivadavia	9.9	9.5 (1962)	1961-2019
	Gobernador Gregores	5.8	5.5 (2019)	1961-2019 (*)
	Ushuaia	5.1	4.7 (1998)	1961-2019

El invierno (junio-julio-agosto) presentó, en promedio, temperaturas cercanas a lo normal en gran parte del país, excepto sobre el extremo norte y extremo sur, que fueron más cálidas y más frías que lo normal, respectivamente. La variabilidad a lo largo de los meses fue predominante durante esta estación, por lo que se observaron períodos extremadamente fríos y cálidos (Figura 2.11). La última semana de junio y el mes de julio fueron anómalamente fríos sobre el sur de Argentina, registrándose olas de frío extremas que afectaron a varias localidades (Figura 2.12). Las temperaturas descendieron hasta los -20°C . Por otro lado, temperaturas extremadamente altas se observaron en varias oportunidades sobre el extremo norte del país a mediados de junio, mediados de julio y agosto. La temperatura diaria más alta (39.6°C) se registró en Formosa durante el 29 de agosto.

En el trimestre se superaron los máximos valores anteriores en dos localidades (ver Tabla 2.2).

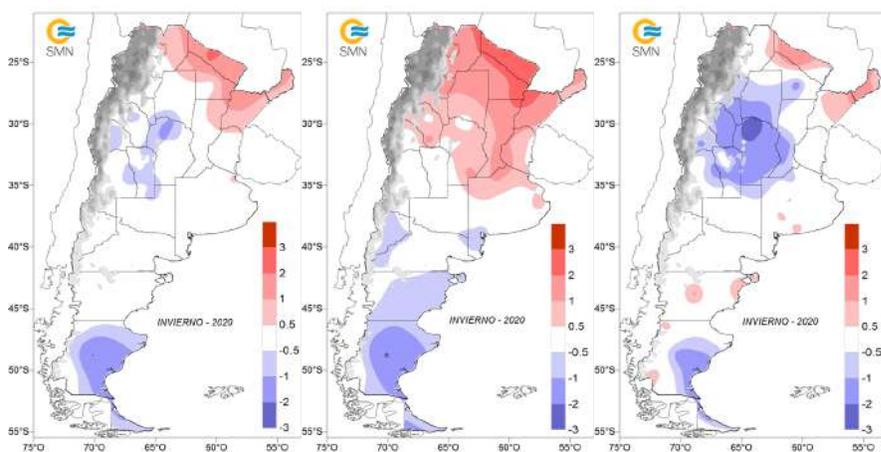


Figura 2.11. Desvíos de la temperatura media, máxima y mínima media para el invierno con respecto al valor medio 1981-2010 ($^{\circ}\text{C}$).

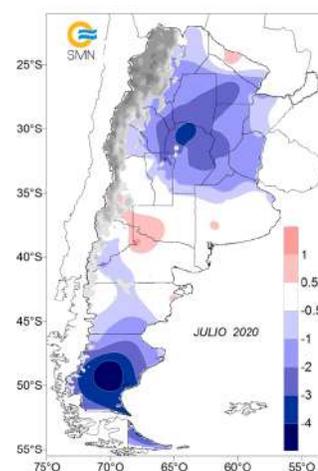


Figura 2.12. Desvíos de la temperatura mínima media de julio con respecto al valor medio 1981-2010 ($^{\circ}\text{C}$).

Tabla 2.2: Valores récords de temperatura durante el invierno 2020.

	Localidad	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Record anterior ($^{\circ}\text{C}$)	Periodo
Media	La Quiaca	6.7	6.5 (2016)	1961-2019
Máxima media	Resistencia	24.8	24.7 (2006)	1961-2019

Durante septiembre y octubre se observó una alta variabilidad térmica, si bien predominaron las anomalías positivas de temperatura. En particular, el extremo norte de Argentina fue afectado por un período excepcionalmente cálido durante la última semana de septiembre y los primeros días de octubre, cuando las temperaturas superaron ampliamente los 40°C por varios días consecutivos, rompiendo récords históricos de calor en varias localidades. El primer mes de la primavera se ha presentado con condiciones anómalamente cálidas. En prácticamente todo el territorio las temperaturas medias y máximas medias han sido superiores a los valores normales, no así la mínima, la que ha presentado anomalías negativas en el este de Río Negro, Buenos Aires, Entre Ríos, centro y sur de Santa Fe y norte y este de Córdoba (Figura 2.13). Las temperaturas máximas absolutas de varias localidades del norte del país registraron el valor más alto desde 1961, como se muestra en la Tabla 2.3.

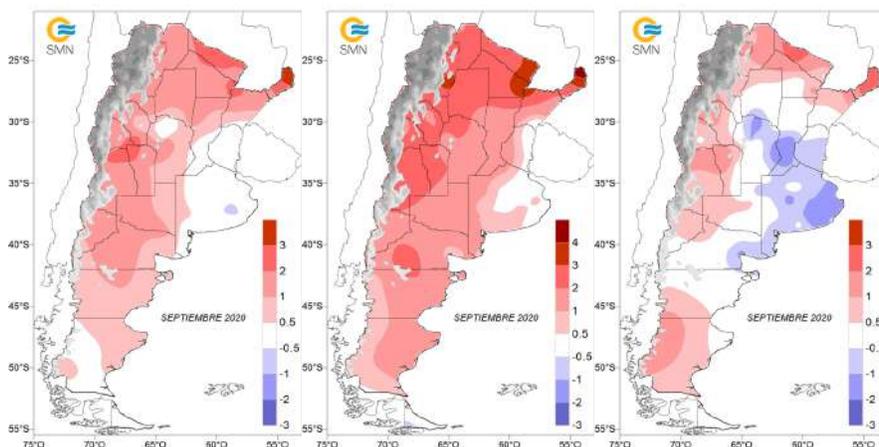


Figura 2.13. Desvíos de la temperatura media, máxima y mínima media para el mes de septiembre con respecto al valor medio 1981-2010 (°C).

Tabla 2.3: Valores récords durante septiembre.

LOCALIDAD	Temperatura máxima absoluta (°C)	Record anterior (°C)	Periodo de referencia
Rivadavia	45.5°C (día 25)	43.7 (15/9/1969)	1956-2019
Resistencia	43.5°C (día 30)	40.6 (23/9/2018)	1964-2019
Presidencia Roque Sáenz Peña	43.5°C (día 30)	41.6 (23/9/2018)	1961-2019
Las Lomitas	43.4°C (día 30)	43.0 (16/9/2019)	1956-2019
Corrientes	43.3°C (día 30)	40.9 (23/9/2003)	1961-2019
Tartagal	43.0°C (día 25)	43.0 (7/9/1999)	1961-2019
Formosa	42.5°C (día 30)	40.3 (23/9/2003)	1962-2019
Reconquista	42.5°C (día 26)	40.3 (23/9/2018)	1948-2019
Orán	42.0°C (día 26)	41.5 (23/9/2016)	1957-2019
Iguazú	40.0°C (día 30)	38.2 (9/9/2019)	1961-2019
Posadas	39.3°C (día 30)	37.2 (28/9/1958)	1956-2019
Oberá	38.5°C (día 30)	37.0 (16/9/2012)	1961-2019
Bernardo de Irigoyen	35.3°C (día 30)	34.0 (26/9/1988)	1984-2019

2.3.2 | Precipitación estacional

Durante el **verano (diciembre 2019 - enero-febrero 2020)** gran parte del país registró precipitaciones inferiores a las normales. Los mayores desvíos se registraron en el norte del país, con valores hasta 250 mm por debajo de los promedios (Figura 2.14).

Precipitaciones superiores a las normales se observaron en el sur del país y algunas regiones del centro y noroeste de la Argentina. Los mayores valores de anomalías positivas de precipitación se registraron en la región comprendida entre el noroeste de la provincia de Buenos Aires, extremo norte de La Pampa, sudeste de Córdoba y gran parte de Santa Fe, con valores entre 100 mm y 150 mm superiores al promedio de 1981-2010. Algunos eventos de lluvia intensa afectaron a ciertas zonas del país, especialmente sobre las provincias de Tucumán, Salta, Jujuy, Chaco, Santiago del Estero y Córdoba entre el 4 y 15 de febrero. Lluvias diarias de hasta 175 mm fueron registradas en este período.

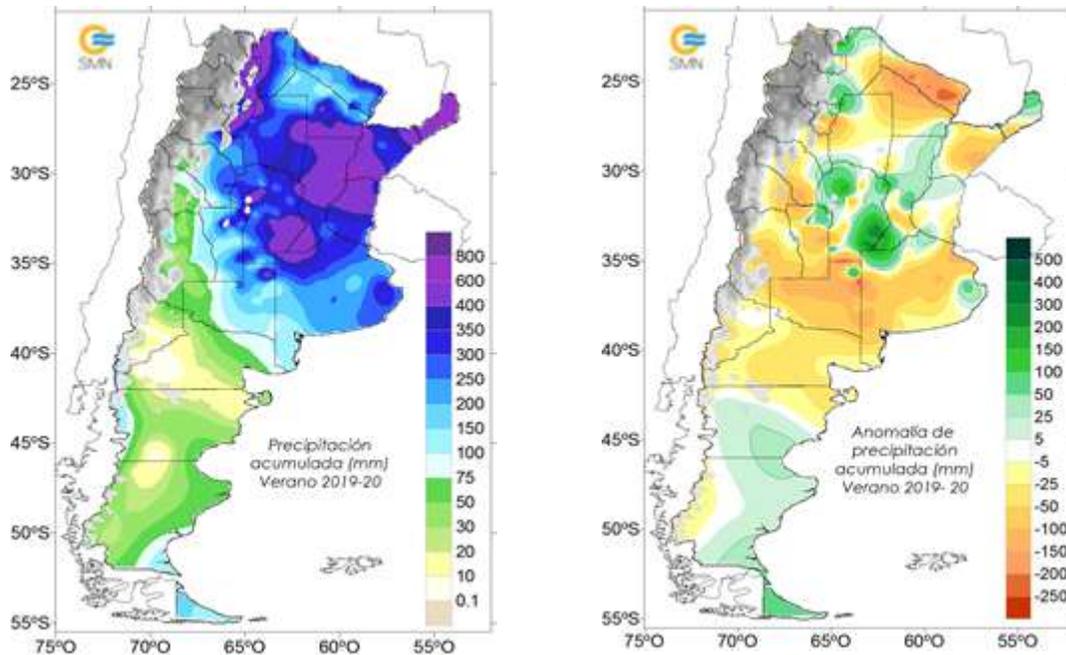


Figura 2.14. Precipitación acumulada y anomalía con respecto al valor medio 1981-2010 para el verano (mm).

Con respecto al Índice de Precipitación Estandarizado (IPE) trimestral (Figura 2.15), se pueden observar regiones localizadas donde las condiciones registradas corresponden a la categoría muy seco o extremadamente seco como, por ejemplo, en el este de la provincia de Salta y Formosa, como así también en algunas estaciones de las provincias de Mendoza, San Luis y La Rioja. Por el contrario, se advierten condiciones moderadamente húmedas o húmedas en la provincia de Córdoba, al norte de la provincia de La Pampa y el extremo sur de la Patagonia.

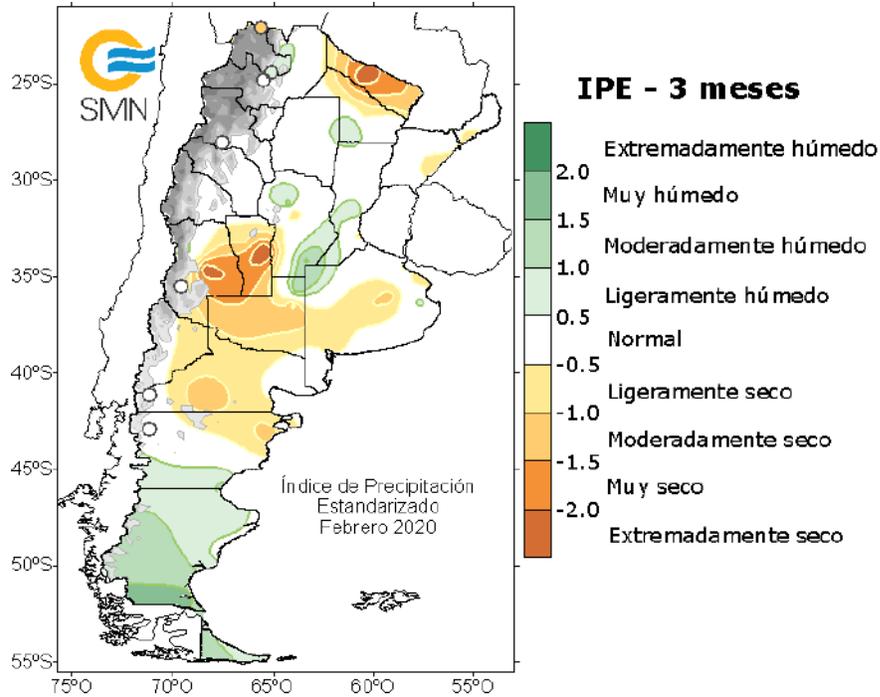


Figura 2.15. Índice de Precipitación Estandarizado de 3 meses (IPE-3) calculado en febrero 2020. Este índice indica la cantidad de desviaciones estándar que el valor medio trimestral se aleja de su promedio climatológico. Notar que el aspecto circular de los extremos no se debe a la forma real de los eventos sino al hecho de que la información proviene de una red de medición de baja densidad.

Durante el **otoño (marzo-abril-mayo 2020)** las mayores precipitaciones se registraron en el centro-este y noreste del país. Sin embargo, las mismas fueron predominantemente inferiores a los valores medios en gran parte del país, excepto en la región centro-este donde se registraron precipitaciones entre 50 mm y 100 mm superiores al valor medio 1981-2010. Por otro lado, entre los días 27 y 29 de mayo tuvo lugar la primera nevada importante del año en la provincia de Chubut (Figura 2.16).

Los mayores desvíos negativos se registraron en la región noreste, con desvíos que van desde 50 mm hasta incluso superiores a 250 mm por debajo de los valores medios esperados para el trimestre.

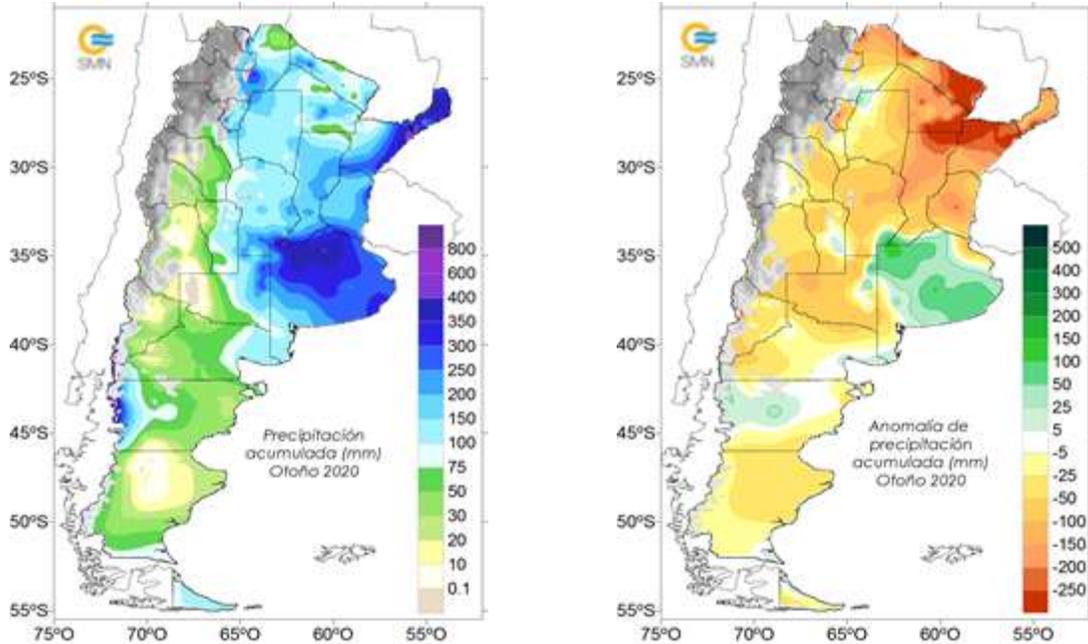


Figura 2.16. Precipitación acumulada y anomalía con respecto al valor medio 1981-2010 para el otoño (mm).

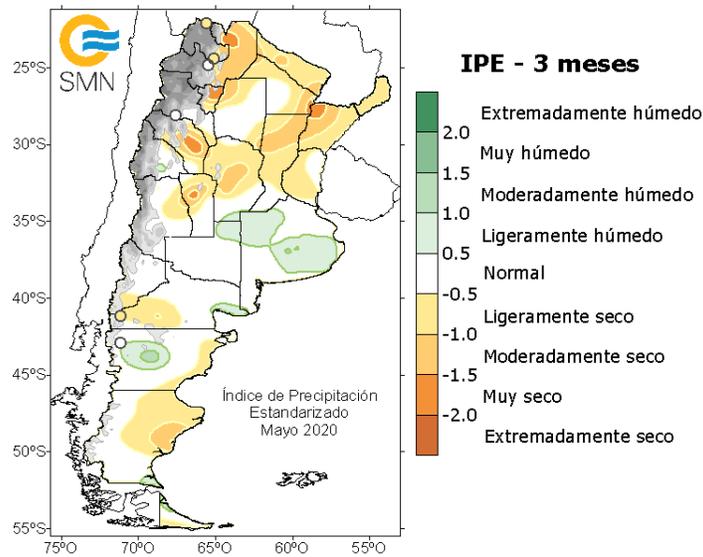


Figura 2.17. Idem a figura 2.15, calculado en mayo 2020.

El índice IPE-3 durante el otoño (Figura 2.17) muestra toda la región al norte de 35°S con condiciones ligeramente o moderadamente secas, como las provincias de Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, Misiones, noroeste de Santiago del Estero y Formosa, y condiciones muy secas en el noroeste de Corrientes, Tucumán, La Rioja y Salta. La región central

del país presenta condiciones normales a húmedas en la provincia de Buenos Aires. En la Patagonia se destacan zonas moderadamente secas al este y zonas húmedas en la provincia de Chubut.

Las precipitaciones en el **invierno (junio – julio – agosto 2020)** se observaron principalmente en la Patagonia, con máximos localizados al oeste de esta región. Estas precipitaciones fueron registradas mayormente en forma de nevadas; los máximos valores alcanzados en la región cordillerana fueron de hasta 300 mm de equivalencia agua-nieve. También se presentaron precipitaciones en la región centro-este y noreste del país. Cabe mencionar que la región noroeste transita su estación seca en esta época del año. En cuanto a las anomalías, se destacaron los déficits de precipitación en la región central y norte del país, entre 50 y hasta 150 mm por debajo de la media 1981-2010. Se exceptuaron algunas regiones muy puntuales con excesos, como la provincia de Misiones y el extremo noreste de Entre Ríos. Las precipitaciones registradas en la región patagónica fueron mayormente superiores a la media, de hasta 100 mm superiores al norte de la región, mientras que en la región cordillerana las anomalías fueron de entre 50 y 100 mm por debajo de la media, al igual que en la provincia de Tierra del Fuego (Figura 2.18).

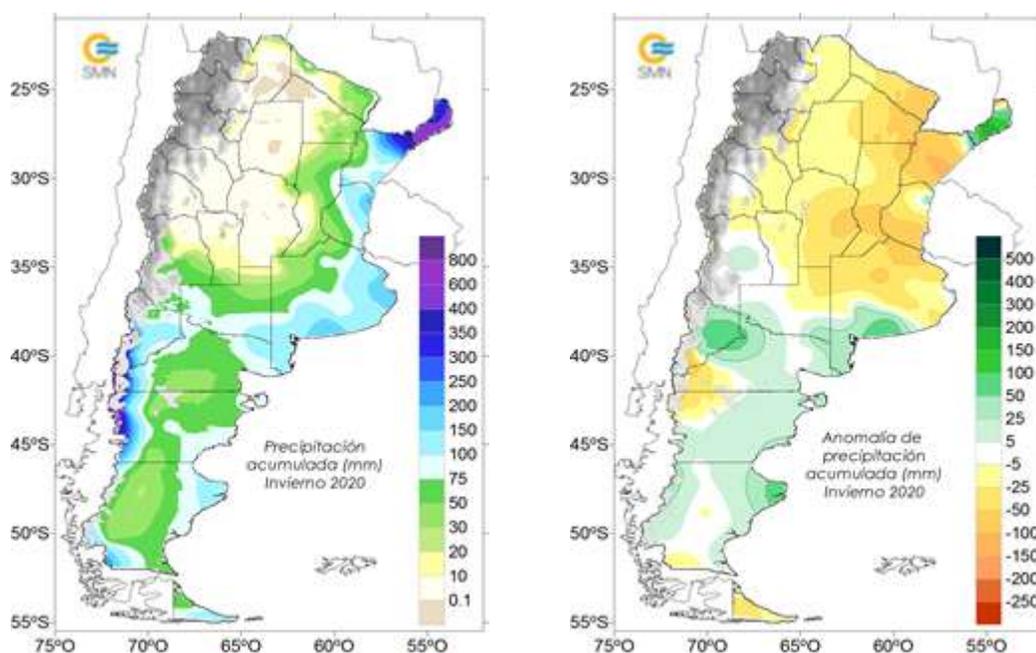


Figura 2.18. Precipitación acumulada y anomalía con respecto al valor medio 1981-2010 para el invierno (mm).

En la figura 2.19 se observa el índice IPE-3 para el invierno. Se destacan la provincia de Córdoba y sur de Santa Fe con condiciones extremadamente secas. Hacia el sur, las condiciones son moderadamente húmedas, como por ejemplo al norte de Patagonia, sur de La Pampa, sur de Mendoza y sur de Buenos Aires.

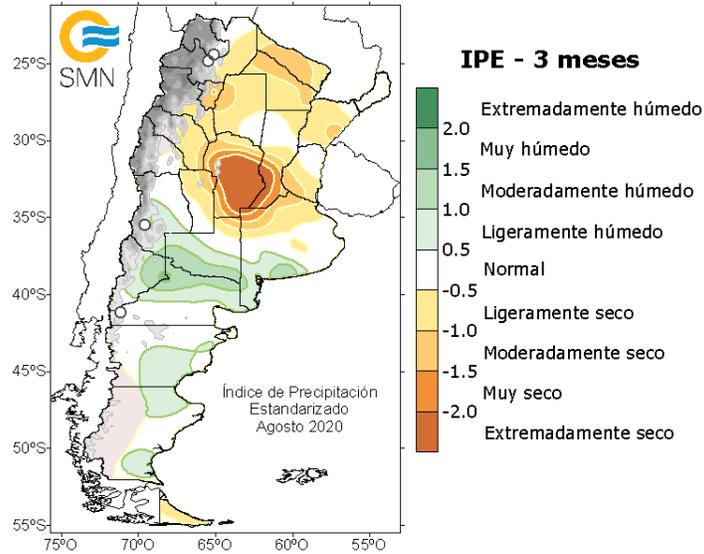


Figura 2.19. Idem a figura 2.15, calculado en agosto 2020.

En el **comienzo de la primavera** (septiembre y octubre) no se observaron grandes cambios en los patrones de lluvia, lo que produjo que las condiciones deficitarias se intensificaran en prácticamente todo el oeste y norte argentino. En septiembre se registraron eventos de lluvia que superaron los valores normales del mes en la región central del país (provincias de Buenos Aires y La Pampa). En octubre, por el contrario, las precipitaciones acumuladas del mes mostraron un patrón deficitario en toda la región, a excepción de algunas estaciones localizadas, principalmente en la provincia de Buenos Aires y Corrientes.

2.4 | Eventos extremos

La Figura 2.20 muestra un resumen de los eventos meteorológicos más destacados del año 2020. En las siguientes secciones se hace una descripción más detallada de los eventos seleccionados.

2.4.1 | Eventos destacados

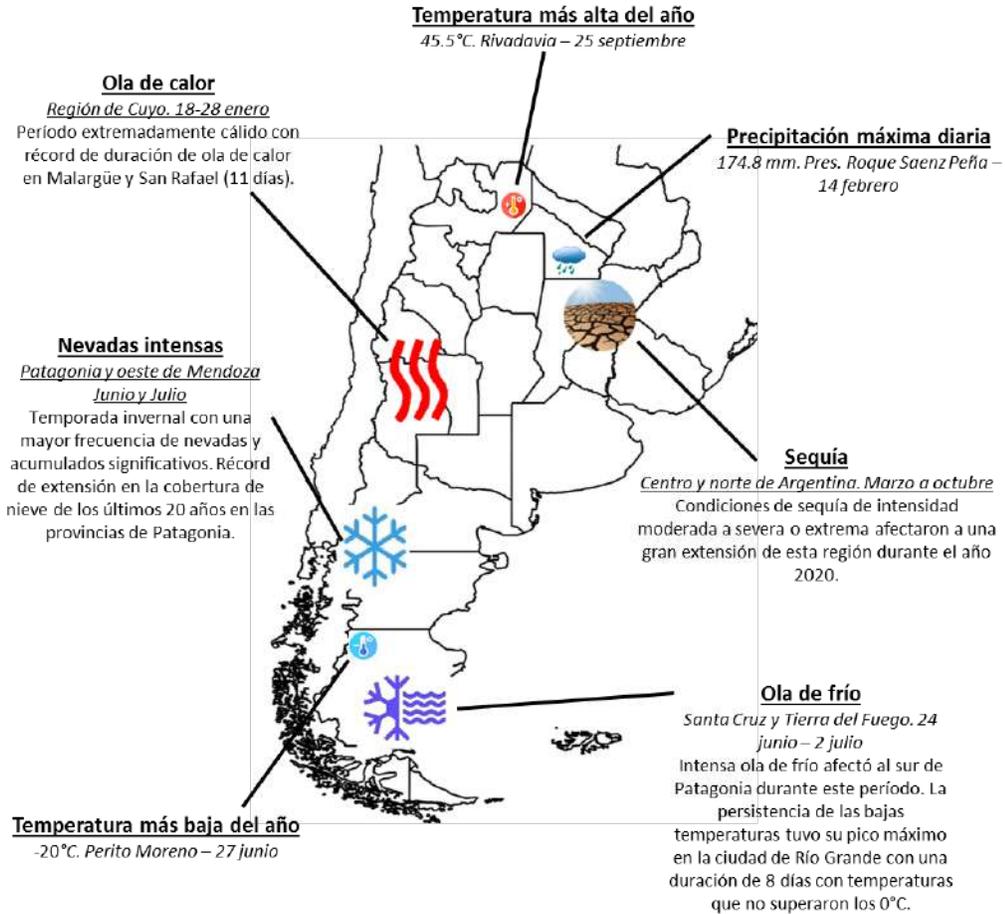


Figura 2.20 . Resumen de los eventos meteorológicos más destacados del año 2020 en Argentina.

2.4.2 | Olas de calor

Durante el verano 2019/2020 varios episodios de olas de calor afectaron a diferentes regiones de Argentina. Durante la última semana de diciembre la zona del Noreste se vio afectada por calor extremo y olas de calor de hasta 6 días de duración (Figura 2.21, superior izquierda). Durante enero las temperaturas extremas afectaron principalmente a la región de Cuyo (Figura 2.21, superior derecha), en donde se batió el récord de duración de ola de calor en las localidades de San Rafael y Malargüe (11 días). Entre el 18 y 28 de enero se alcanzaron temperaturas entre 34°C y 41°C en la región. Otra ola de calor impactó durante los primeros días de febrero a la zona central del país (Figura 2.21, inferior izquierda), afectando principalmente a la zona de Capital Federal y Gran Buenos Aires, noreste de Entre Ríos, sur de Corrientes, oeste de Córdoba y Mendoza. Este episodio, de leve a moderada intensidad, tuvo una duración de entre 3 y 5 días, y se alcanzaron valores de temperatura máxima entre 32°C y 40°C. Dentro de un marzo extremadamente cálido, el fenómeno de ola de calor, algo inusual para la época, sorprendió a varias zonas del país durante la primera quincena del mes (Figura 2.21, inferior derecha). La región de Cuyo, el norte de Patagonia, norte del Litoral y este del NOA fueron las áreas más afectadas, con una duración de las olas de entre 3 y 7 días. Se alcanzaron temperaturas entre 35°C y 45°C, superando en varias localidades el récord histórico para un mes de marzo.

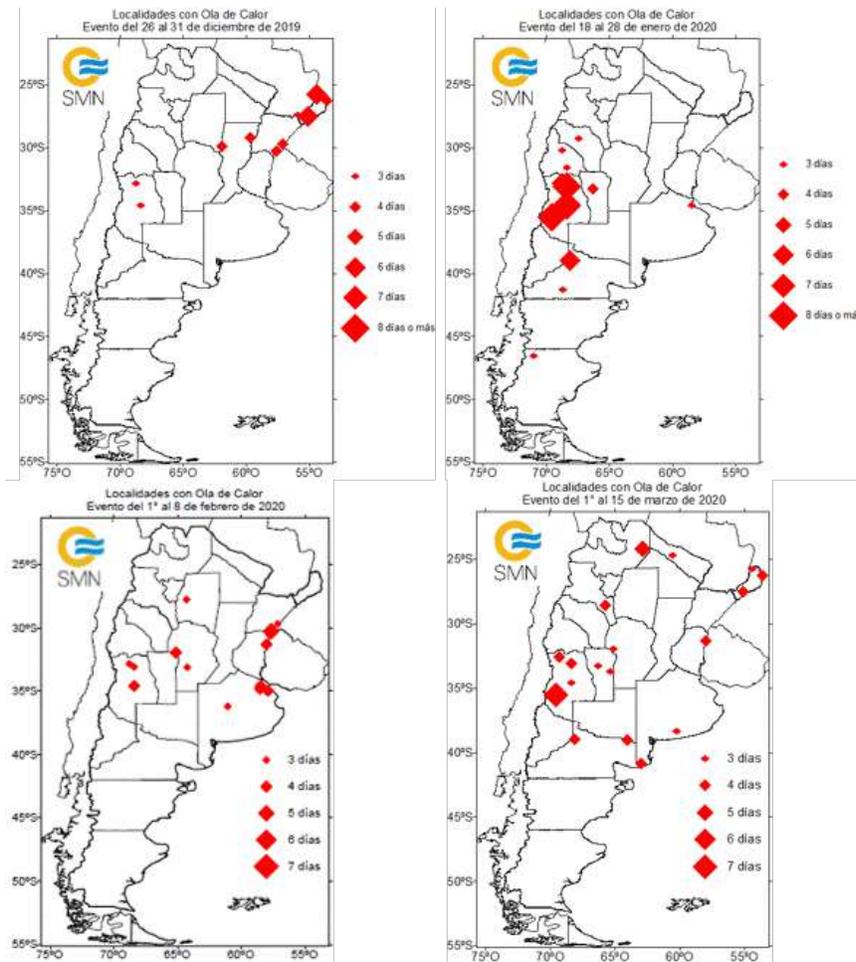


Figura 2.21. Ocurrencia de ola de calor durante el verano de 2019/2020.

2.4.3 | Olas de frío y nevadas

La región de Patagonia fue afectada por intensas olas de frío y nevadas durante el invierno de 2020. El primer episodio tuvo lugar durante el final del mes de junio y comienzo de julio (Figura 2.22, izquierda). Sobre Santa Cruz y Tierra del Fuego un centro de alta presión se posicionó y se bloqueó sobre la región, produciendo un enfriamiento muy pronunciado y persistente que dio lugar al fenómeno de ola de frío, con temperaturas de hasta -20°C . La ciudad de Río Grande no registraba un evento de frío tan extremo desde julio de 1995. La duración de esta ola de frío fue de entre 3 y 8 días, con temperaturas mínimas que oscilaron entre -20°C y -5°C , y temperaturas máximas entre -9°C y 4°C . Más al norte de la región, en las provincias de Chubut, Río Negro y Neuquén, las nevadas fueron intensas y persistentes, estimándose que en las zonas más elevadas se alcanzaron alturas de nieve de hasta 2 metros.

Durante el mes de julio siguieron registrándose importantes nevadas y olas de frío en la región, volviendo a impactar severamente a la ciudad de Río Grande, que registró 9 días con temperaturas bajo cero (Figura 2.22, derecha). Según datos de estimaciones satelitales, la extensión de cobertura de nieve en las provincias de Patagonia fue la mayor de los últimos 20 años (Figura 2.23).

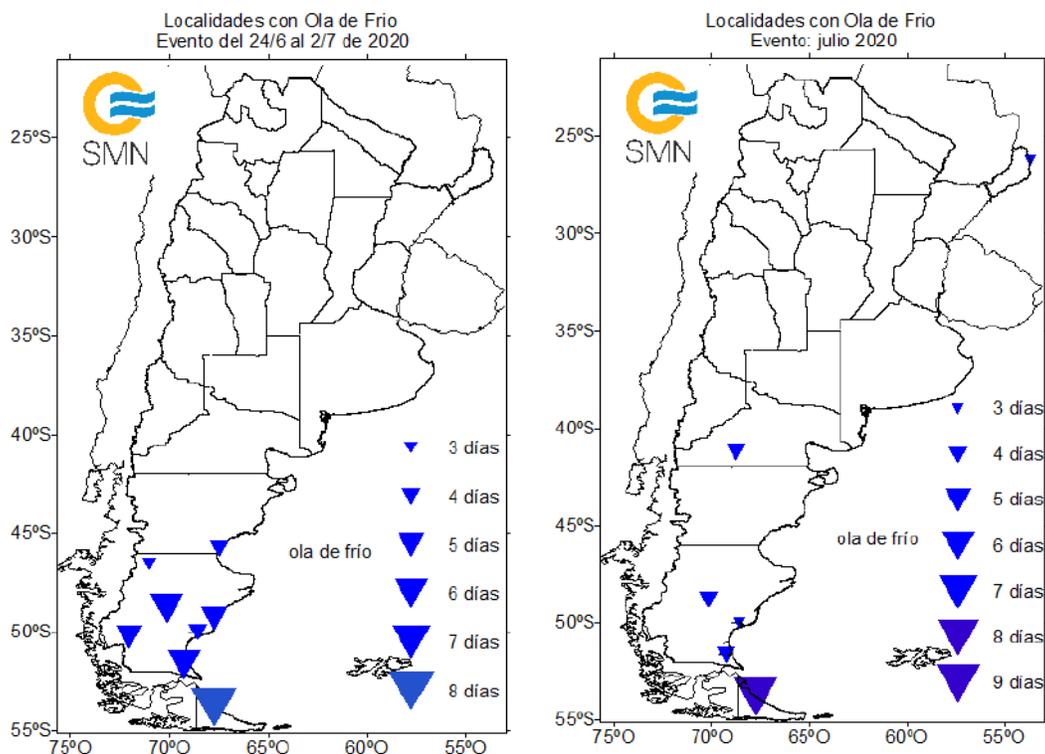


Figura 2.22. Ocurrencia de ola de frío durante el invierno de 2020.

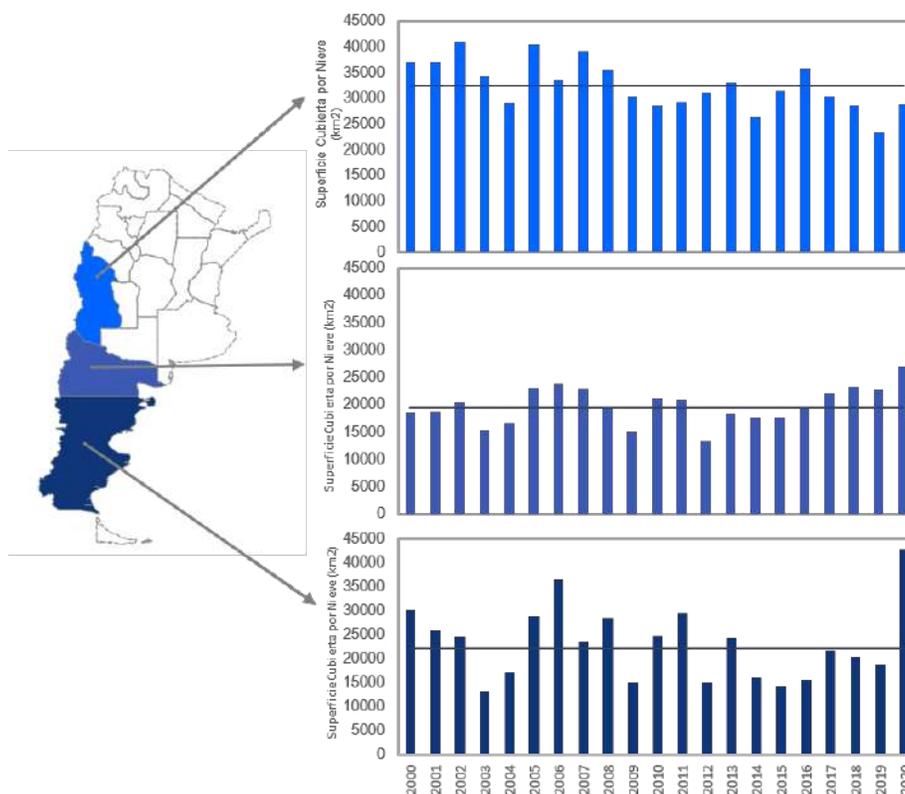


Figura 2.23. Estimación de la superficie cubierta por nieve (km²) entre 2000 y 2020. Fuente: Sensor MODIS MOD-10A1.

2.4.4 | Sequía

La evolución de las lluvias descritas más arriba dio lugar a un evento de sequía de importantes dimensiones y relevancia histórica. Hasta octubre de 2020, los datos de anomalía de precipitación a nivel país ubican a este año como uno de los más secos desde 1961.

Este evento de sequía se inició en el mes de diciembre de 2019, cuando se registraron precipitaciones inferiores a las normales en gran parte de la Cuenca del Plata. Estos déficits de precipitación se intensificaron con el transcurso de los meses, y se extendió el área de sequía hacia el norte de Argentina. Durante el mes de abril, los ríos de la región se vieron afectados por este déficit, alcanzando valores de caudales mínimos históricos.

En las Figuras 2.15, 2.17 y 2.19 puede observarse la evolución de los índices IPE-3 computados para cada estación del año. Inicialmente, las regiones con peores condiciones de sequía se observaron al norte del país durante el verano; en el otoño, el área abarcada por condiciones ligera a moderadamente secas se extendió desde los 35°S hacia el norte. Por último, en el invierno se intensificaron las condiciones de sequía, siendo más severas en el centro del país, principalmente en la provincia de Córdoba.

Para tener una idea del alcance territorial de este evento de sequía, en la Figura 2.24 puede observarse el índice de IPE-6 (índice de Precipitación Estandarizado para un período de 6 meses), calculado entre el 1 de marzo y el 31 de agosto de 2020 mediante estimaciones satelitales y mediciones in situ de precipitación. Se destacan las

provincias del norte argentino, Formosa, noroeste de Corrientes, norte de Misiones, con condiciones excepcionalmente secas. También se evidencian condiciones de sequía moderada a extrema en las provincias de Mendoza, San Luis, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos y parte de Chaco. La ventaja de utilizar este índice calculado mediante estimaciones satelitales es que brinda un panorama más detallado de la situación de la sequía en aquellas áreas que no cuentan con datos medidos en superficie.

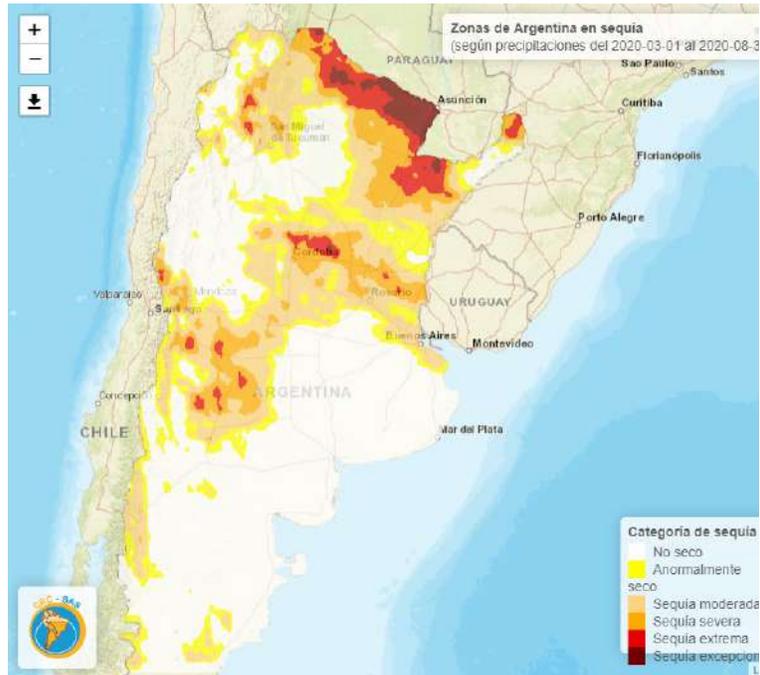


Figura 2.24. Índice de Precipitación Estandarizado de 6 meses (IPE-6).

Este evento de sequía también dio lugar a la propagación de incendios forestales en gran parte del territorio. Las provincias afectadas por estos incendios son 13, principalmente las del centro y norte del país. La cantidad de incendios puede ser estimada a través de la cantidad de focos de calor (Figuras 2.25 y 2.26).

En el **comienzo de la primavera** (septiembre y octubre) las condiciones de sequía continuaron intensificándose, como así también los incendios asociados que afectaron a gran parte del centro-norte argentino, convirtiéndose el 2020 en el año con más focos de incendios reportados según la información suministrada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS). De los últimos años, el 2020 es el que registra la mayor cantidad de focos de calor según datos provenientes de estimación satelital (Figura 2.26).

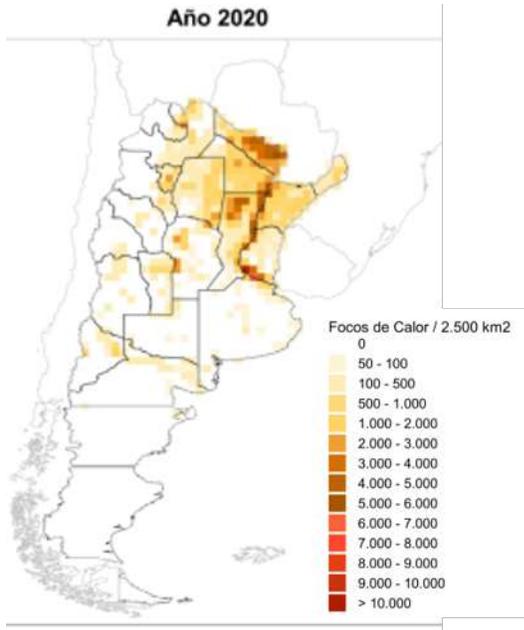


Figura 2.25. Focos de calor observados en 2020.

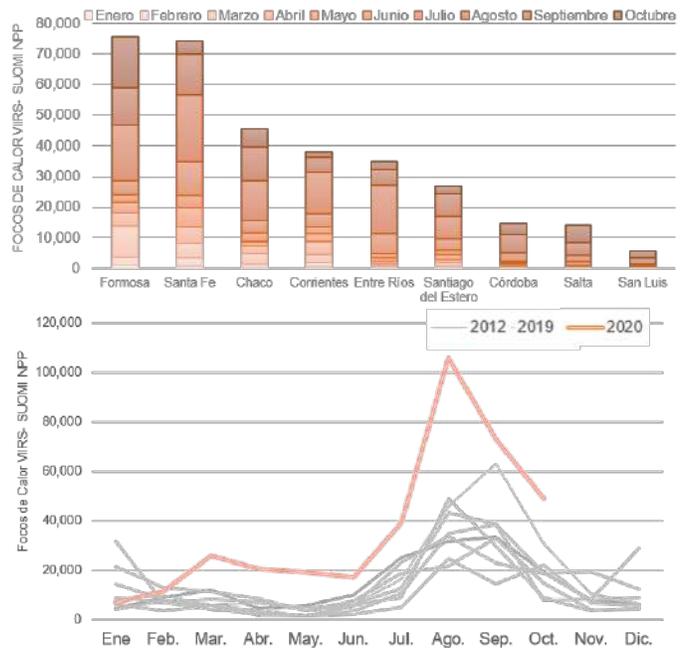
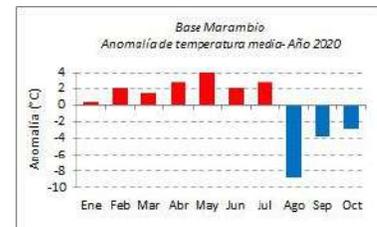
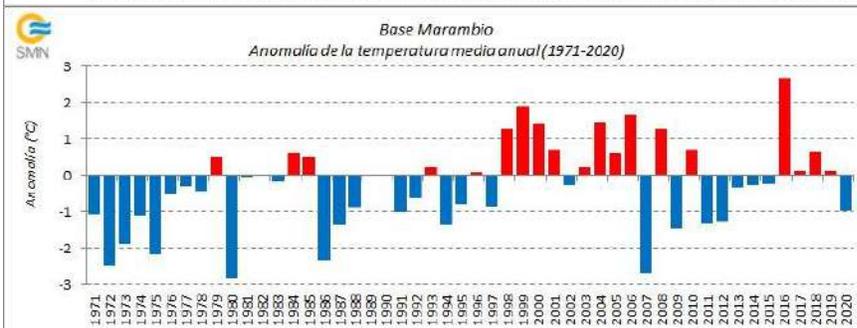
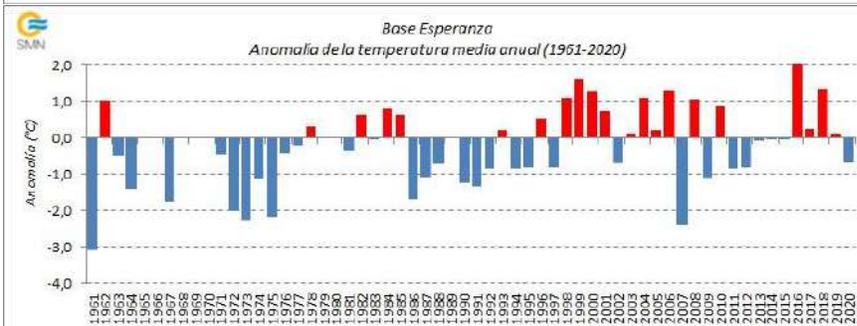
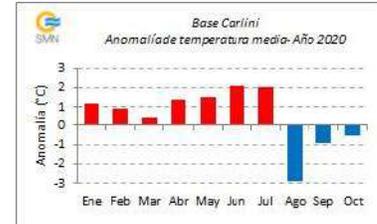
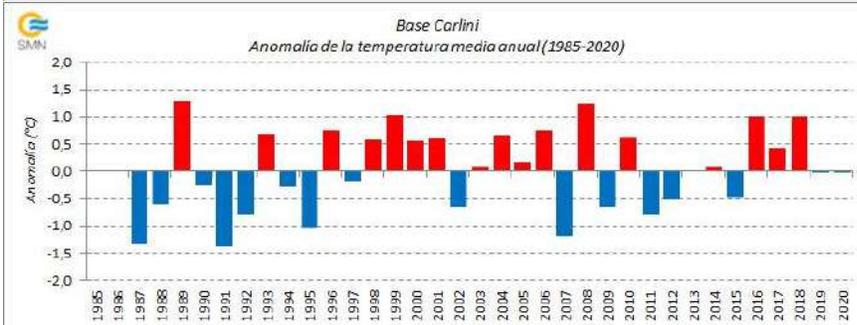
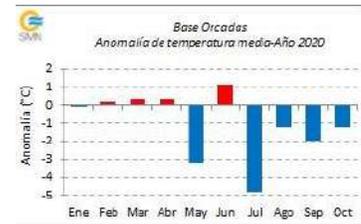
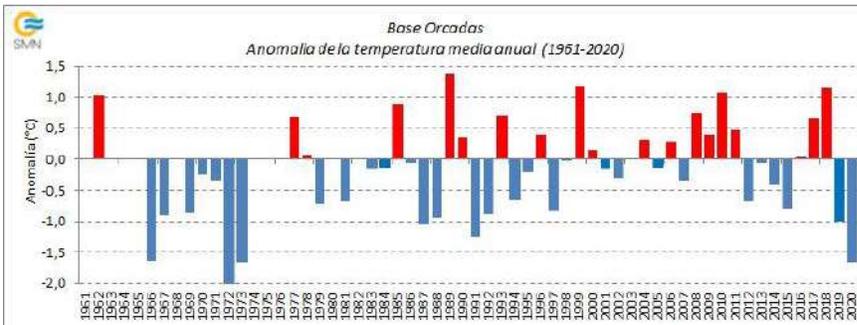


Figura 2.26. Focos de calor discriminados por provincias, entre enero y octubre 2020 (arriba). Evolución mensual de los focos de calor para el año 2020 comparada con los años 2012-2019 (abajo).

2.5 | Temperatura en Antártida

La temperatura media hasta octubre de 2020 presentó valores por debajo del promedio en las bases Orcadas, Esperanza, Marambio y Belgrano II, como consecuencia de un invierno muy frío marcado por un agosto extremo. Se destaca la anomalía de -1.8°C en Belgrano II y de -1.7°C en Orcadas que ubican al 2020, por el momento, como el año más frío y el segundo más frío, respectivamente. Contrariamente, en San Martín, la temperatura fue algo más cálida que la normal (Figura 2.27, izquierda).

La Figura 2.27 (derecha) muestra las anomalías mensuales; a partir de ella se observa que estas han sido positivas en la mayoría de los meses del año.



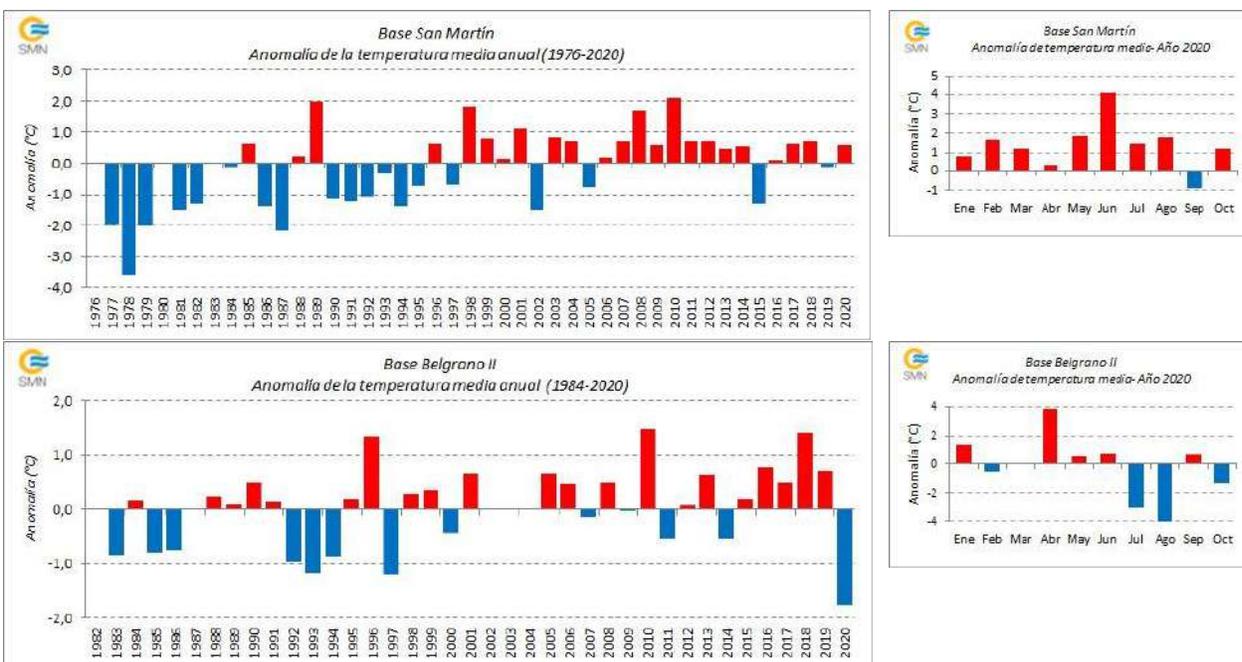


Figura 2.27. Anomalías de la temperatura media anual para las bases Orcadas, Carlini, Esperanza, Marambio, San Martín, Belgrano II (izquierda), con sus respectivas anomalías mensuales para 2020 (derecha).

Las anomalías de temperatura media en el **verano y otoño** han sido de normal a positivas en la mayoría de las bases, con la salvedad de la Base Orcadas, que presentó temperaturas por debajo de los valores medios. El otoño fue el trimestre con los mayores desvíos positivos, llegando a +2.8°C en la Base Marambio.

Durante el verano, específicamente durante el mes de febrero, se dieron registros históricos de altas temperaturas en cuatro de las seis estaciones meteorológicas antárticas de Argentina: Base Esperanza, Base Marambio, Base Orcadas y Base Carlini. En particular, el registro en la Base Esperanza está en proceso de evaluación internacional, dado que ha superado al anterior récord de temperatura más alta de la región antártica que incluye tierra firme e islas adyacentes.

La Base Esperanza alcanzó su temperatura máxima de 18.4°C el 6 de febrero, superando al máximo anterior de 15.5°C del 17 de febrero de 1998 (para el periodo 1961-2019) y el máximo anual de 17.5°C del 24 de marzo de 2015. La Base Marambio también registró su temperatura máxima el 6 de febrero, siendo ésta de 15.8°C. Dicha temperatura superó los 13.8°C del 13 de febrero de 2013 (para el periodo 1971-2019). En la Base Carlini se observó una temperatura máxima absoluta de 10.8°C, excediendo los 10.4°C del 1 de febrero de 2002 (para el periodo 1985-2019). Por su parte, la Base Orcadas alcanzó una temperatura mínima de 3.4°C, transformándose en la temperatura mínima más alta de febrero en el período 1956-2019. El anterior récord había sido de 3.1°C, ocurrido el 13 de febrero de 1990.

Las temperaturas mínimas y máximas medias también estuvieron por encima de los valores medios, siendo otoño donde se observaron los mayores apartamientos. La anomalía de temperatura máxima alcanzó los 2.8°C en la Base Marambio y la de temperatura mínima, los 3.1°C en la Base Esperanza.

Durante el invierno, las bases ubicadas en las costas del Mar de Bellingshausen (Carlini y San Martín) continuaron presentando temperaturas más cálidas que las normales, en tanto que las bases localizadas hacia el Mar de Weddell (Orcadas, Esperanza, Marambio y Belgrano II) tuvieron un invierno muy frío, siendo el mayor desvío de -2.1°C en Belgrano II. En el mes de agosto se dieron los mayores apartamientos, y se alcanzó un valor récord en la base Marambio de -8.8°C , que superó al récord anterior de -5.8°C del año 1975 para el periodo 1971-2019. También se observó el segundo valor más bajo en la Base Esperanza con -6.4°C ; el récord más bajo fue en el año 1964 con -11.8°C en el periodo 1961-2019.

Las temperaturas máximas medias fueron más frías que las normales (Orcadas, por ejemplo, registró un desvío de -1.2°C), excepto en la Base San Martín, que presentó una anomalía de 1.9°C . Los desvíos negativos se dieron en el mes de agosto, con los máximos en Marambio y Esperanza. La Base Marambio, con un desvío de -8.2°C , superó el valor anterior de -5.6°C ocurrido en 2006 para el periodo 1971-2019. En la Base Esperanza, el desvío fue de -7.1°C , siendo el segundo valor después del -11.9°C de 1964 para el periodo de 1961-2010.

En cuanto a las temperaturas mínimas, se destacó la anomalía registrada en la Base Belgrano II de -2.5°C , que resultó ser el segundo valor después del -3.4°C en el invierno de 2004. A nivel mensual, se distinguieron los -8.4°C de agosto en la Base Marambio, que superó al valor anterior de -6.6°C ocurrido en 1986 para el periodo 1971-2019, y los -6.4°C en la Base Esperanza, siendo el segundo valor después del -11.2°C en 1964 para el periodo de 1961-2010.

La Base Esperanza alcanzó una temperatura mínima de 1.8°C , transformándose en la temperatura mínima más alta de junio en el período 1961-2019. El anterior récord había sido de 1.3°C , registrada el 8 de junio de 2018.

3. Forzantes de escala estacional y sub-estacional destacados

Las variaciones climáticas que ocurren en la Argentina tienen cierta relación con fenómenos que ocurren mucho más allá de su territorio. En las secciones que siguen se describe el estado durante 2020 de cuatro de estos fenómenos de conocida influencia sobre nuestro país. Es importante recalcar que estas relaciones funcionan de tal manera que el estado de un dado fenómeno favorece ciertas condiciones climáticas en Argentina, pero no las determinan.

El fenómeno más conocido de los abajo presentados --y el de más consecuencia en el clima mundial-- es el comúnmente conocido como “El Niño”, pero es posible que en los próximos años el público interesado en el clima comience a familiarizarse también con los otros aquí discutidos.

3.1 | Resumen del estado de El Niño Oscilación del Sur (ENOS)

El fenómeno ENOS se mantuvo neutral desde el inicio de 2020 hasta finales del otoño, cuando la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) en el océano Pacífico ecuatorial comenzó a registrar un enfriamiento. Dicho enfriamiento se intensificó durante el invierno y los primeros meses de primavera. La atmósfera comenzó a responder al enfriamiento, acoplándose a finales de agosto y estableciendo una fase fría o La Niña. En la Figura 3.1 se muestran las anomalías de TSM en el trimestre agosto-septiembre-octubre 2020 donde puede observarse el enfriamiento mencionado al este de la línea de fecha (180 en la abscisa).

Para mayor información ver: https://www.smn.gob.ar/enos_que_es

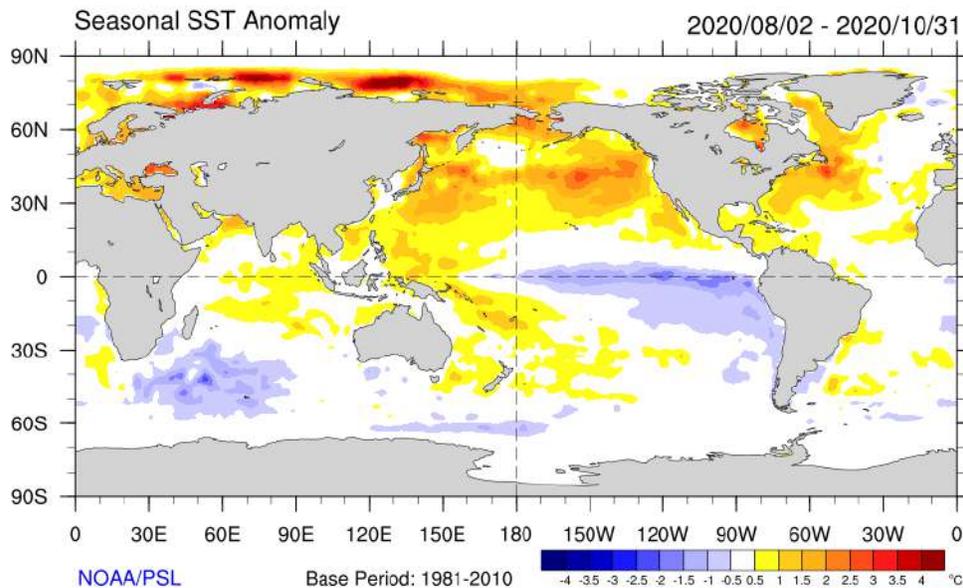


Figura 3.1: Anomalía de TSM como promedio de 90 días, desde el 02 de agosto hasta el 31 de octubre de 2020. Fuente: NOAA/ESRL.

3.2 Resumen del estado del Dipolo del Océano Índico (DOI)

A lo largo del año el Dipolo del Océano Índico (DOI) permaneció en la fase neutral, a pesar de que entre los meses de mayo a junio su índice tuvo valores positivos cercanos al límite con la fase positiva (+0,4 °C) y durante el mes de agosto el indicador permaneció un mes cercano a la fase negativa (Figura 3.2).

Hacia el mes de octubre, gran parte del Océano Índico permaneció más cálido que el promedio, pero el DOI continuó siendo neutral. El último valor semanal del índice DOI al 25 de octubre fue de +0,09°C.

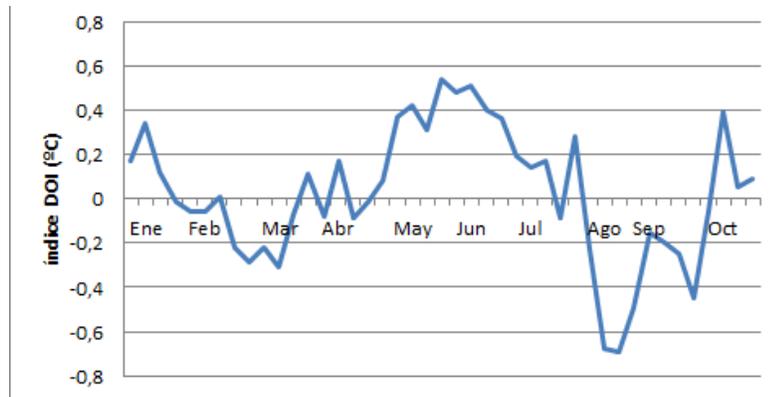


Figura 3.2: Índice DOI semanal, desde el 5 de enero hasta el 25 de octubre. Fuente: Bureau of Meteorology. Australia.

3.3 | Resumen del estado de la Oscilación Antártica o Modo Austral (SAM, AAO)

El índice diario de la Oscilación Antártica se puede ver en la Figura 3.3. Se observa un predominio de la fase positiva entre marzo y abril, entre mediados de mayo y principios de julio, parte de agosto, septiembre y la mayor parte de octubre. La fase negativa de la SAM tuvo mayor predominancia entre abril y mayo, entre julio y principios de agosto, entre mediados de agosto y septiembre y a principios de octubre. Cada una de estas fases puede tener correlación con la temperatura y la precipitación, dependiendo del mes del año y de cada región del país.

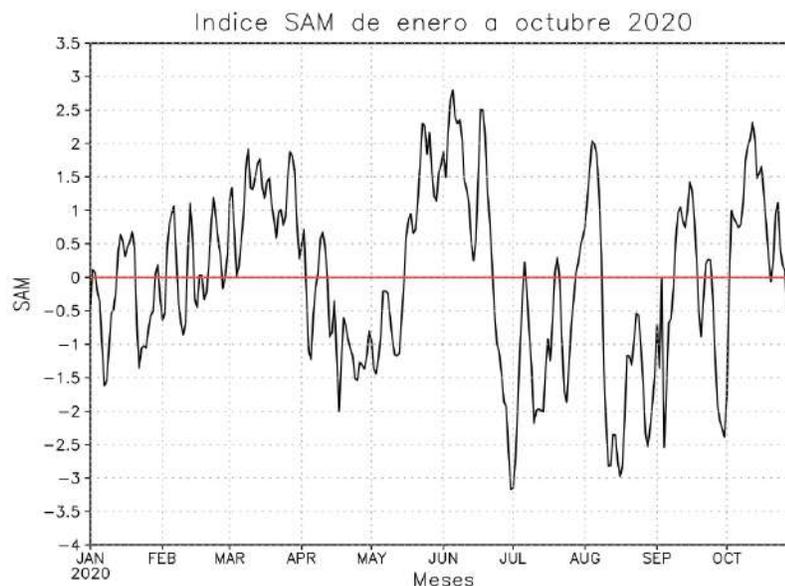


Figura 3.3: Índice diario SAM, desde el 01 de enero hasta 31 de octubre de 2020. Fuente: CPC/NOAA

3.4 | Resumen del estado de la Oscilación de Madden-Julian (MJO)

La Oscilación de Madden-Julian, conocida por MJO (sus siglas en inglés), es el patrón principal de variabilidad climática en los trópicos con períodos entre 20 y 70 días. La MJO induce anomalías en la lluvia y en la circulación atmosférica de la banda tropical a medida que avanza hacia el este, tardando entre 30 y 60 días.

Entre enero y agosto del 2020 se registraron varios eventos de la MJO (Figura 3.4), de los cuales se destacan algunos a continuación que presentaron un impacto en Argentina. Entre el 5 y 24 de enero 2020 se desarrolló un evento intenso de MJO presentando una señal significativa. Asimismo, la MJO se desplazó entre el continente marítimo y el Pacífico Oeste durante los 19 días. En ese período se observó precipitación por encima de lo normal en varias localidades del centro y norte del territorio. En el verano, cuando la MJO se encuentra sobre el Índico, se favorece la precipitación por encima de lo normal en regiones del centro este y noreste del país. En el otoño se distingue un evento moderado que presentó señal y dio la vuelta al globo entre el 18 de marzo y el 20 de abril, y continuó hasta el 3 de mayo hasta el continente marítimo. Se destaca el período entre el 10 al 20 de abril, cuando la MJO se ubicó en el Pacífico central, donde se observó precipitación por debajo de lo normal en el Litoral y norte del país. En el resto del período se registraron otros eventos de MJO pero sus señales no son coherentes con los patrones de precipitación y temperatura esperados en nuestro país, indicando la presencia de otros forzantes atmosféricos.

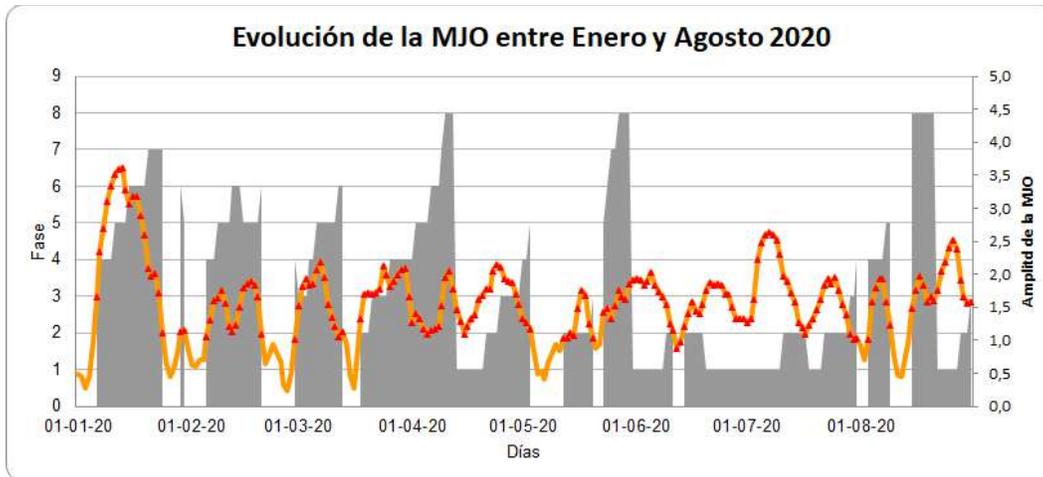


Figura 3.4: Evolución de la Oscilación de Madden-Julian Fuente: Datos del www.bom.gov.au/climate, Australia 2020, Bureau of Meteorology.

BIOGRAFÍA RECOMENDADA

Revista Meteoros - Año 9 N° 4. Nota: "Oscilaciones, el Mundo en Movimiento". P. 52

<http://repositorio.smn.gov.ar/bitstream/handle/20.500.12160/1188/MET09-4.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

4. Gases de efecto invernadero, reactivos y aerosoles

4.1 | Introducción

Las mediciones de la composición atmosférica desde mediados del siglo XX mostraron que las concentraciones globales de los gases de efecto invernadero (GEI) y otros componentes de la atmósfera fueron creciendo, provocando el inicio del calentamiento global y el cambio climático.

La OMM coordina diversos programas de monitoreo para ayudar a dirigir acciones de reducción de emisiones en respuesta al cambio climático. Entre los programas, se distingue el Programa de mediciones de VAG (Vigilancia Atmosférica Global), que dispone a nivel mundial las observaciones de GEI, gases reactivos (GR), aerosoles y ozono estratosférico y troposférico. Todos estos programas de medición se desarrollan con el fin de determinar variaciones en la composición atmosférica y respaldar acuerdos internacionales sobre el medio ambiente como parte esencial de los esfuerzos de mitigación del cambio climático.

Los gases GEI y GR son componentes gaseosos de la atmósfera de origen natural y antropogénico. En particular, los GEI absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro electromagnético provocando el efecto invernadero, que existe de forma natural en la atmósfera, y gracias a ello se mantiene la temperatura necesaria para la vida en el planeta.

La radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes, es absorbida por los GEI. Cuando la concentración de estos gases aumenta de manera significativa, aumenta también el calentamiento que producen, dando lugar al fenómeno que se estudia como “calentamiento global”, que trae consecuencias sobre los ecosistemas y las especies del planeta.

Los principales GEI naturales y antropogénicos son el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono superficial (O₃), mientras que el monóxido de carbono (CO) es considerado GR. Además, en la atmósfera hay una serie de GEI creados únicamente por las actividades humanas, como los clorofluorocarbonos (CFCs), que son los principales responsables del deterioro de la capa de ozono, y los halocarbonos como hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) e hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), y las sustancias fluoradas, como el hexafluoruro de azufre (SF₆). Todos estos últimos son regulados por el Protocolo de Montreal, debido a su alto poder para causar el agotamiento de la capa de ozono.

Otro de los componentes de la atmósfera son los aerosoles. Los aerosoles atmosféricos son pequeñas partículas (< 100 µm) sólidas o líquidas en suspensión. Algunos se producen de forma natural por los volcanes, la bruma marina, la arena, o por la erosión del viento sobre la superficie del suelo. Otros son el resultado de las acciones humanas, como el polvo de las actividades agrícolas, el humo de la combustión de la biomasa y de combustibles fósiles. Los aerosoles de origen antropogénico son emitidos en grandes cantidades, alcanzando niveles que afectan tanto al clima como a la salud humana. El efecto climático se produce de una manera directa por fenómenos de absorción y dispersión de la radiación solar, al funcionar los aerosoles como núcleos de condensación que modifican las propiedades radiativas y la persistencia de las nubes. Los efectos en la salud humana se deben al hecho de que los aerosoles inferiores a 10 µm pueden ser fácilmente inhalados y, por lo tanto, son potencialmente dañinos para las funciones tanto pulmonar como cardiovascular.

A diferencia de los otros componentes de la atmósfera, las partículas de aerosol tienen un tiempo de residencia atmosférico corto (días) y se transportan, mezclan, envejecen químicamente y se eliminan mediante deposición seca y húmeda, lo que da como resultado una distribución muy heterogénea en el espacio y el tiempo. A su vez, tienen

variaciones estacionales y diarias, así como cambios repentinos debido a eventos como grandes tormentas de polvo y erupciones volcánicas. Por lo tanto, conocer las propiedades radiativas de los aerosoles es importante para poder evaluar los efectos que tienen en el clima, la calidad del aire y la visibilidad sobre una región.

4.2 | Métodos

Las mediciones de gases y aerosoles se sitúan en observatorios y estaciones dependientes del SMN que se distribuyen latitudinalmente en nuestro país. Las mismas se detallan en la Tabla 4.1 y los parámetros medidos se detallan en la Tabla 4.2.

Tabla 4.1. Localización y mediciones realizadas en estaciones del SMN. * Las mediciones de aerosoles en el Observatorio Central de Buenos Aires son transitorias; su destino será VAG Ushuaia.

Estación	Ubicación	Elevación	Medición
Observatorio Central de Buenos Aires (CABA)	34.5900 ° S 58.4838 ° W	25 m	Aerosoles *
Marambio (Antártida)	64.2400 ° S 56.6247 ° W	198 m	GEI, Aerosoles, Ozono Troposférico
Observatorio La Quiaca (Jujuy)	22.1000 ° S 65.5999 ° W	3459 m	Ozono troposférico
Observatorio Pilar (Córdoba)	31.4009 ° S 63.5290 ° W	339 m	Ozono troposférico
VAG Ushuaia	54.8484 ° S 68.3106 ° W	18m	GEI, GR, Ozono Troposférico

Tabla 4.2. Parámetros y técnicas de medición realizadas en las estaciones del SMN.

Parámetro	Equipos	Sistema de medición
Carbono negro	Aethalometer AE33	Recolección de partículas de aerosol continua a través de un punto en la cinta de filtro. Se analiza el aerosol midiendo la transmisión de luz a través de una porción de la cinta de filtro que contiene la muestra, en comparación con la transmisión a través de una porción descargada que actúa como área de referencia
Ozono Superficial	Thermo Environmental Instruments Modelo 49C	Medición a través de absorción fotométrica UV con doble celda, midiendo en forma simultánea aire sin ozono (aire cero) y muestra.

Dióxido de Carbono	Picarro G2401	Permite mediciones simultáneas de CO ₂ , CH ₄ , CO en ppb utilizando espectroscopía de anillo de cavidad (CRDS) de Picarro.
Metano		
Monóxido de Carbono		

A continuación se detalla la variación anual de los diferentes parámetros medidos en las estaciones del SMN.

4.3 | Dióxido de Carbono

El CO₂ es el GEI antropogénico más significativo por su larga duración en la atmósfera y es un elemento fundamental en el ciclo del carbono. Por el gran impacto que tiene el CO₂ en la atmósfera, es importante medir su concentración y así analizar las interacciones con el medio ambiente y las consecuencias de las actividades humanas. A continuación, se muestran las mediciones continuas registradas de CO₂ en la estación VAG Ushuaia y Marambio durante el año 2020.

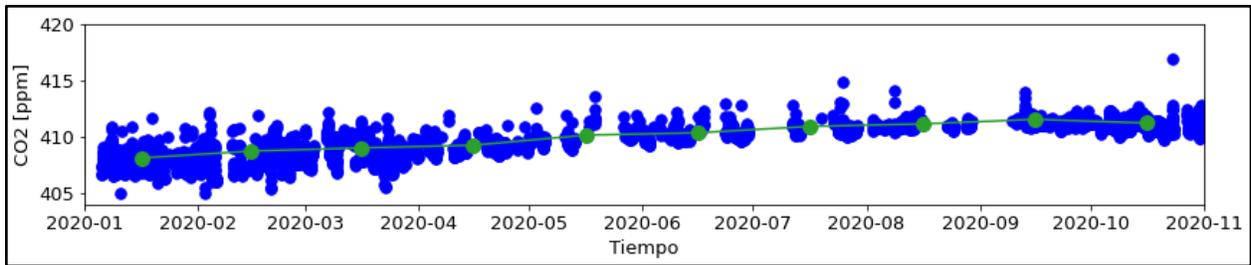


Figura 4.1. Mediciones continuas de las fracciones molares de CO₂ registradas en la estación VAG Ushuaia durante el año 2020. Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los verdes, a los promedios mensuales.

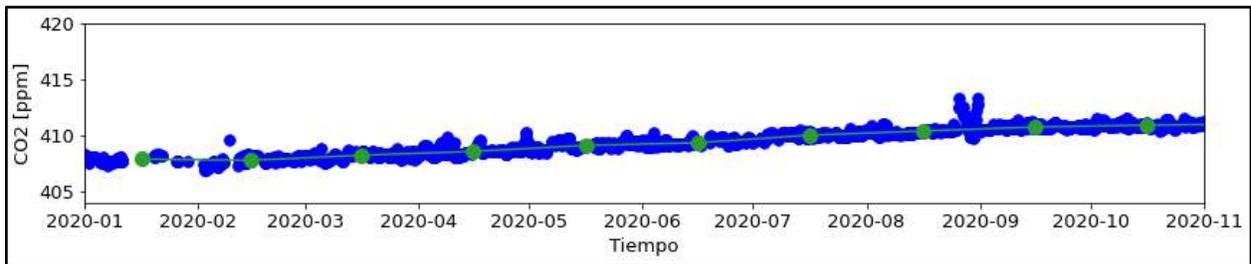


Figura 4.2. Mediciones continuas de las fracciones molares de CO₂ registradas en la estación Marambio durante el año 2020. Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los verdes, a los promedios mensuales.

En las gráficas de concentración de CO₂ se registra un crecimiento sostenido cada año y, a la vez, se observa un ciclo anual en todo el planeta que se debe a los ciclos en el crecimiento de la vegetación, principalmente del hemisferio Norte. Durante la primavera y el verano del hemisferio Norte, las plantas toman el CO₂ de la atmósfera para su crecimiento y reproducción, provocando una disminución del CO₂ en la atmósfera (fotosíntesis) mientras que, en el otoño y el invierno, las plantas y las hojas mueren y se descomponen, absorbiendo oxígeno (respiración) y liberando CO₂ a la atmósfera, causando un aumento en la medición. Esto se observa en las Figuras 4.1 y 4.2, donde las

diferencias entre los registros de otoño invierno y primavera verano es de 3 ppb para ambos puntos de medición. Con un valor máximo en Ushuaia de 411 ppb y Marambio de 410 ppb, en ambos casos se rompen récords año tras año.

En Ushuaia y Marambio se alcanzó el valor promedio para el mes de julio de 2020 de 410 ppb de CO₂, coincidiendo con el registrado en el mismo mes a nivel global por NOAA a través de su programa Global Monitoring Division of NOAA/Earth System Research Laboratory.

4.4 | Metano

El CH₄ es un GEI muy potente, con una eficiencia en el calentamiento global 28 veces superior a la del CO₂ y con un tiempo de residencia de aproximadamente 10 años. El efecto neto de su tiempo de residencia relativamente corto y su mayor absorción de energía hace que el CH₄ sea el segundo GEI de origen antropogénico en importancia, después del CO₂, que contribuye al calentamiento global (Figuras 4.3 y 4.4).

En las estaciones VAG Ushuaia y Marambio se registran mediciones continuas de CH₄. Durante el año 2020 se obtuvieron las siguientes concentraciones.

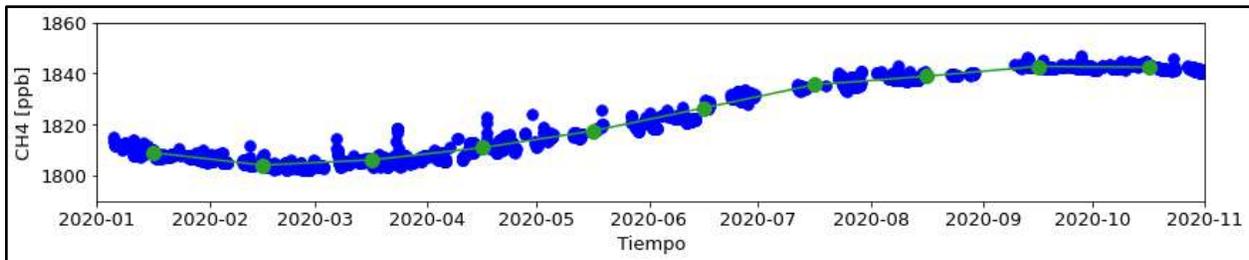


Figura 4.3. Mediciones continuas de las fracciones molares de CH₄ registradas en la estación VAG Ushuaia durante el año 2020. Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los verdes, a los promedios mensuales.

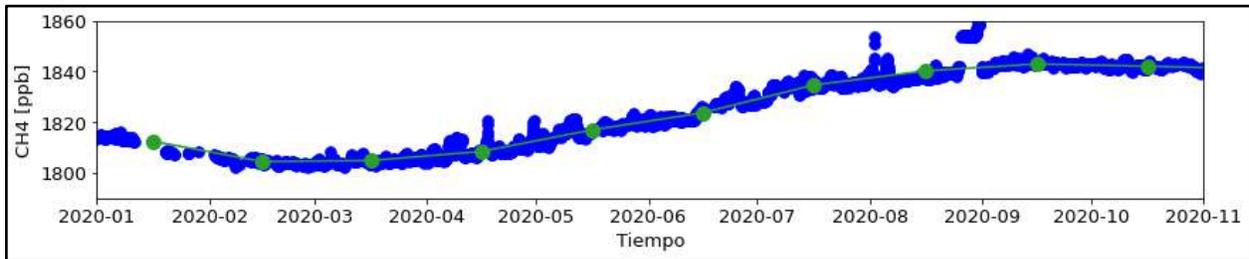


Figura 4.4. Mediciones continuas de las fracciones molares de CH₄ registradas en la estación Marambio durante el año 2020. Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los verdes, a los promedios mensuales.

De la misma manera que sucede con la concentración de CO₂, la concentración de CH₄ tiene un incremento año con año y las variaciones interanuales que tiene el CH₄ dependen de distintos factores como el transporte y su mezcla a nivel global. Los principales emisores son las actividades agropecuarias, así como algunos cultivos como el arroz y, de manera natural, los pantanos y humedales. Pero debido al actual calentamiento de la atmósfera, lugares como la Antártida sufren procesos de deshielo, descubriendo el llamado permafrost, que es materia orgánica y gran emisor de CH₄. La liberación de metano en humedales y la destrucción de metano en la atmósfera por la presencia de radicales hidroxilos (-OH) son otros factores que influyen en la concentración de CH₄ en la atmósfera; esto hace que

en el hemisferio Sur los ciclos estacionales de concentración de CH₄ sufran bajas en sus valores a fines del verano y otoño.

El programa Global Monitoring Division of NOAA/Earth System Research Laboratory publicó el promedio global del planeta para CH₄ del mes de junio de este año de 1872 ppb. En Ushuaia y Marambio se registraron promedios para el mismo mes de 1826 ppb y 1823 ppb, respectivamente.

4.5 | Monóxido de Carbono

El CO es un gas de origen natural y antropogénico. Se produce naturalmente debido a la emisión de volcanes, incendios o tormentas eléctricas, y, en mayor medida, por la degradación atmosférica del CH₄, mientras que el aporte antropogénico lo realiza la combustión incompleta de los combustibles fósiles.

El CO puede ser eliminado de la atmósfera por diferentes procesos; los más importantes son su conversión a CO₂ y su eliminación biológica (eliminación del CO por los seres vivos).

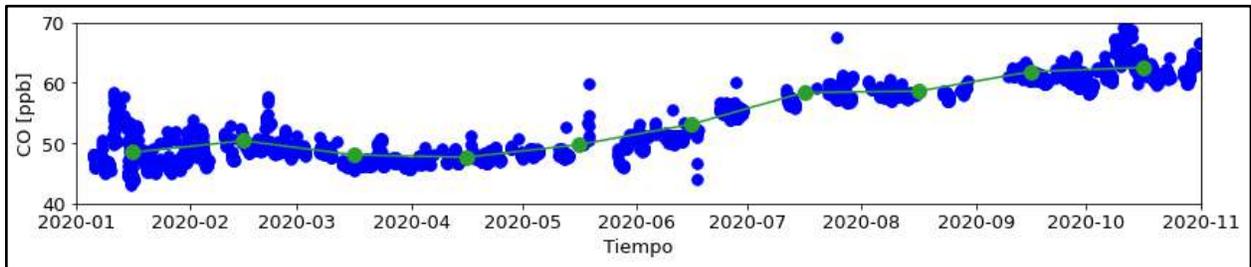


Figura 4.5. Mediciones continuas de las fracciones molares de CO registradas en la estación VAG Ushuaia durante el año 2020. Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los verdes, a los promedios mensuales.

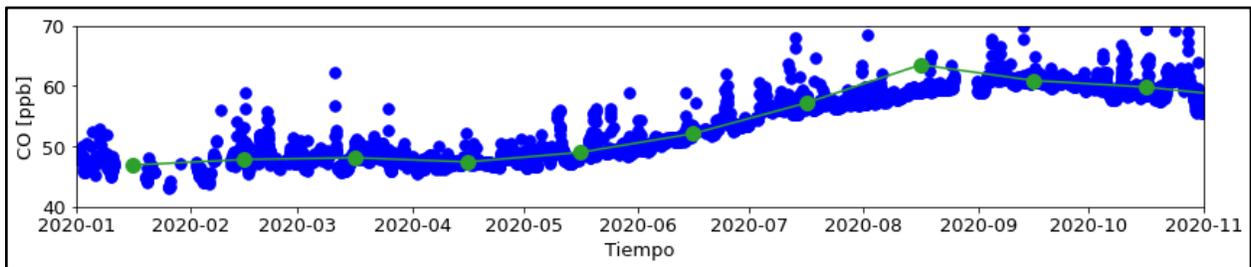


Figura 4.6. Mediciones continuas de las fracciones molares de CO registradas en la estación Marambio durante el año 2020. Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los verdes, a los promedios mensuales.

Los registros de las concentraciones de CO a escala global evidencian un aumento continuo, y las Figuras 4.5 y 4.6 muestran ese incremento en Ushuaia y Marambio durante el año 2020. En Ushuaia (Figura 4.5) se observan valores de 48 ppb en enero y de 62 ppb en octubre. En Marambio, con la misma tendencia en el aumento de CO, se midieron 46 ppb en enero y 59 ppb en octubre.

4.6 | Ozono superficial

El ozono superficial es una sustancia oxidante que no se emite directamente a la atmósfera, sino que se produce a partir de reacciones con el NO₂ y otras sustancias que forman el smog urbano. El ozono superficial contribuye a generar un calentamiento en la superficie de la Tierra al igual que el CO₂, CH₄, N₂O y los gases halogenados, considerados como GEI.

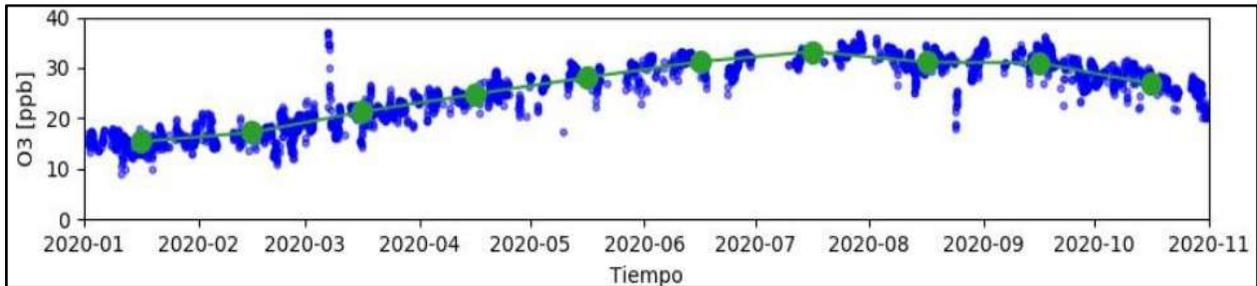


Figura 4.7. Mediciones continuas de las fracciones molares de ozono superficial registradas en la estación VAG Ushuaia durante el año 2020. Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los verdes, a los promedios mensuales.

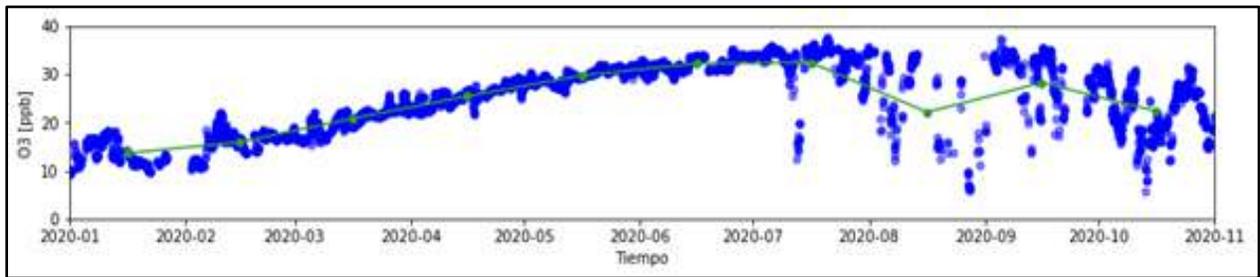


Figura 4.8. Mediciones continuas de las fracciones molares de ozono superficial registradas en la estación Marambio durante el año 2020. Los círculos azules corresponden a los promedios diarios y los verdes, a los promedios mensuales.

El ozono superficial para las estaciones de Marambio y Ushuaia presenta ciclos estacionales con máximos en invierno y mínimos en verano. Durante el otoño e invierno, dominan los procesos de transporte de ozono, y la disminución de la luz solar poco a poco deja de ser un factor en el proceso de destrucción. Al iniciar la primavera, los procesos radiativos se hacen presentes con la aparición del sol y generan los procesos fotoquímicos que predominan y producen la destrucción del ozono.

Esto se observa en Ushuaia (Figura 4.7), donde se presenta un promedio de 15 ppb en enero y 33 ppb en julio, y en Marambio (Figura 4.8), donde el mínimo se registra en enero y el máximo en julio, con 13 ppb y 32 ppb, respectivamente. Las variaciones están caracterizadas por pérdidas repentinas y considerables de ozono en la capa límite polar. Este fenómeno se ha observado y reportado principalmente en zonas costeras de la Antártida (Wessel y otros, 1998). Dicha pérdida de ozono superficial está asociada a la presencia de Bromo (Br).

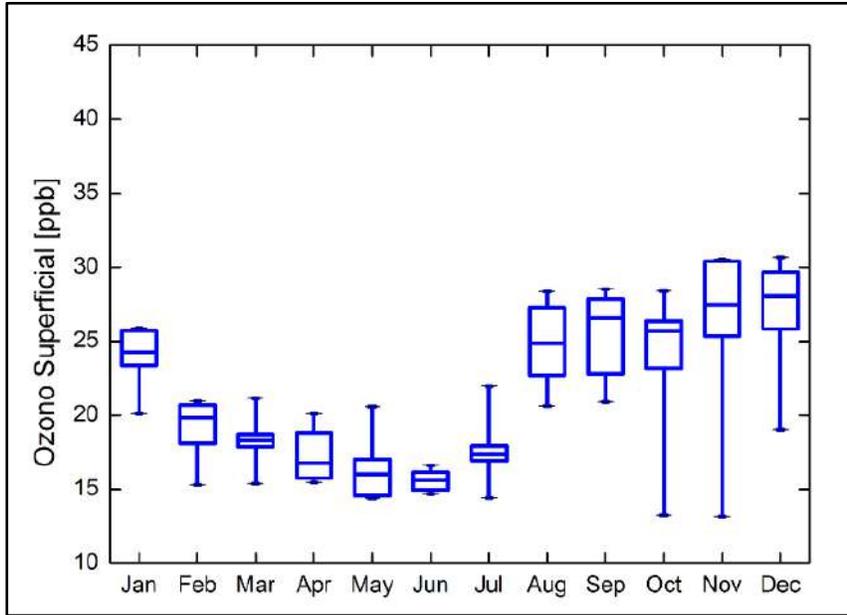


Figura 4.9. Valores medios mensuales de las fracciones molares de ozono superficial registradas en el Observatorio Pilar.

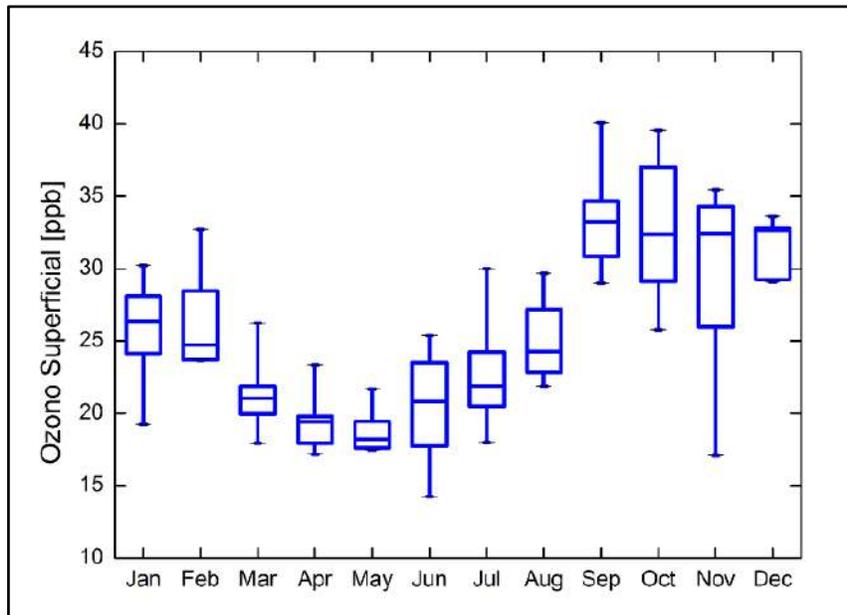


Figura 4.10. Valores medios mensuales de las fracciones molares de ozono superficial registradas en el Observatorio La Quiaca.

En contraposición a los ciclos de la regiones continentales de latitudes tropicales y medias, los ciclos anuales del ozono superficial registrados en el Observatorio Pilar y La Quiaca presentan máximos en primavera-verano y mínimos en otoño-invierno, y pueden observarse en las Figuras 4.9 y 4.10, que muestran los promedios mensuales para cada estación.

4.7 | Aerosoles

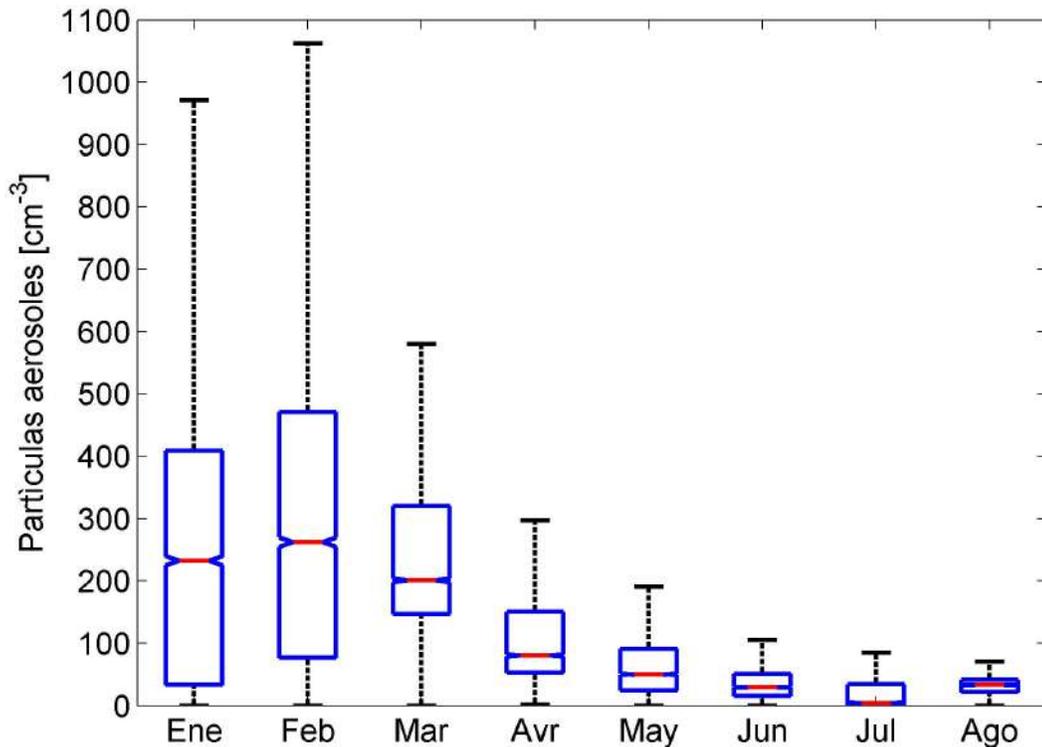


Figura 4.11. Variación de la cantidad de las partículas aerosoles en Marambio, Antártida, durante los 8 primeros meses del año 2020. La línea roja muestra la mediana mensual y las barras azules muestran los cuartiles.

La mayoría de las partículas de aerosoles observadas en la Antártida se forman naturalmente en reacciones fotoquímicas en la atmósfera. Por lo tanto, su variación típica muestra un ciclo anual bien notable con las más altas concentraciones durante el verano cuando hay radiación de sol, y las concentraciones muy bajas durante el invierno. En la Península Antártica también se encuentran partículas originadas de la sal marina y del polvo, que forman la mayor parte de la masa de las partículas (Asmi y otros, 2018). En el año 2020 las más altas concentraciones se observan en el mes de febrero, cuando hay en promedio 250 partículas cm^{-3} , y la mínima ocurre en julio, cuando la cantidad media de las partículas es de 10 cm^{-3} (Figura 4.11). En general, la concentración de las partículas aerosoles en Marambio es muy baja todo el año.

4.8 | Eventos especiales 2020: el impacto de la pandemia COVID-19

Las medidas restrictivas o de aislamiento social que se impusieron a raíz de la pandemia de COVID-19 provocaron cambios en el medio ambiente y la Argentina no fue la excepción. Por el Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO), que se aplicó desde marzo, se pudieron percibir cambios localmente registrados por las mediciones del SMN.

En el Observatorio Central de Buenos Aires (OCBA) se instaló temporalmente un aethalometer AE33, permitiendo registrar las concentraciones de carbono negro durante los primeros meses de pandemia. El carbono negro es un aerosol resultante de la combustión incompleta de combustibles fósiles y biomasa. Es conocido como un contaminante que causa efectos en la salud debido a que ingresa fácilmente a las fosas nasales, pudiendo alojarse en los pulmones, provocando padecimientos respiratorios y cardíacos. Este tipo de aerosol es de gran importancia ya que ocasiona un cambio en la atmósfera, al afectar sus propiedades ópticas, por lo cual es reconocido como el segundo agente antropogénico más importante para el cambio climático, después del CO₂ (Drinovec y otros, 2015). Contribuye al calentamiento global, mediante la absorción directa de la luz en todas las longitudes de onda. Además reduce el albedo, a través del derretimiento de la nieve cuando se deposita y al interactuar con las nubes (EPA, 2012).

Con el registro de datos fue posible evidenciar la disminución en la concentración de partículas de carbono negro en la Ciudad de Buenos Aires a partir del día 20 de marzo, como resultado de la restricción de circulación impuestas por el gobierno nacional, luego de que fue decretada la pandemia a nivel global. En el promedio diario de las concentraciones se observa una fuerte caída en la primera etapa del aislamiento y, a medida que las restricciones fueron disminuyendo, un aumento progresivo. Estos cambios pueden observarse en la Figura 4.12. El promedio de la caída de los valores fue cercano al 45% entre la semana sin restricciones y la primera etapa de la ASPO. En la fase 3, las concentraciones casi alcanzaron los valores pre-pandemia, y el retorno a la fase 1 del mes de julio (F1.2) mostró una caída en los valores del 35% respecto a la etapa de referencia.

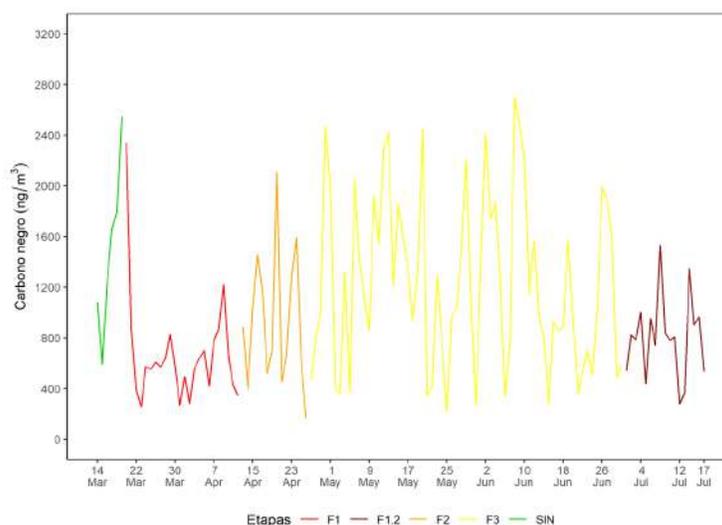


Figura 4.12. Promedio diario de las concentraciones de carbono negro en función del tiempo. Los puntos verdes corresponden a la etapa sin ASPO; los puntos rojos, naranjas, amarillos y bordo, a la fase 1, 2, 3 y 1.2 de la ASPO, respectivamente. Como se puede ver, la concentración de carbono negro tiene una gran variación diaria; esto se debe a su dependencia con hábitos sociales (baja de actividad durante fines de semana o feriados), y a factores ambientales, como la dirección del viento, la presencia de lluvias, las condiciones de estabilidad atmosférica, etc.

A su vez, se analizó el promedio de las concentraciones a lo largo de las horas del día, en las diferentes fases de la cuarentena obligatoria (ASPO, 20 de marzo al 17 de julio) y cuando no estaba decretada (Sin ASPO, 14 al 19 de marzo del 2020) (Figura 4.13). En todas las etapas se observa el ciclo diario de las concentraciones, con un máximo en las primeras horas de la mañana, asociado a la mayor circulación vehicular debido a que la población se moviliza hacia su lugar de trabajo, y otro durante la noche, vinculado al retorno hacia los hogares y a las condiciones meteorológicas de pequeña escala.

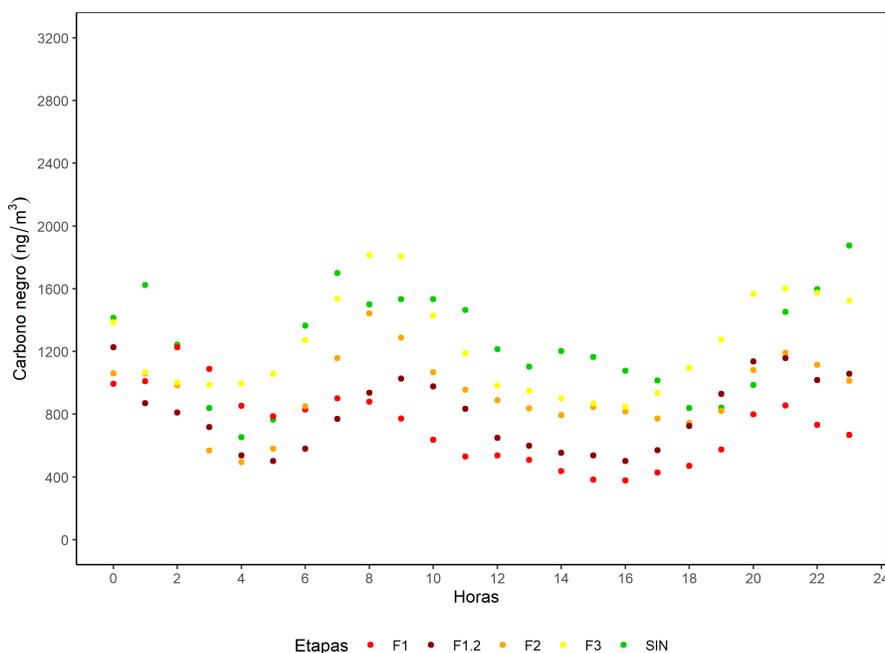


Figura 4.13. Promedio de las concentraciones de carbono negro en función de las horas del día. Los puntos verdes, etapa sin ASPO; los puntos rojos, naranjas, amarillos y bordó, a la fase 1, 2, 3 y 1.2 de la ASPO, respectivamente.

Si bien no se tiene un registro de mucho tiempo antes de decretada la ASPO, ambas figuras muestran los cambios asociados a la pandemia y las restricciones impuestas. Durante las primeras semanas de cuarentena, los bajos valores de las concentraciones muestran la mejora de la calidad del aire. También se pone en evidencia la influencia de la acción del hombre, pues a medida que las restricciones disminuyen, las concentraciones de carbono negro aumentan.

En la estación de VAG Ushuaia, situada en las proximidades de la ciudad de Ushuaia, se registraron las concentraciones de gases, como dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO) y ozono superficial (O_3). Estos gases se generan a partir de las actividades antropogénicas. El monóxido y dióxido de carbono son contaminantes primarios que se obtienen como resultados de la combustión, mientras que el ozono superficial, un contaminante secundario, se obtiene como resultado de la combinación de ciertos componentes, como los óxidos de nitrógeno

(NO y NO₂) y los componentes orgánicos volátiles (COV). Todos ellos, en elevadas concentraciones, causan efectos adversos para la salud y los ecosistemas.

En los registros de concentraciones obtenidos en la estación VAG, se observó que, debido al ASPO y la consecuente restricción de circulación en la ciudad de Ushuaia, hubo una disminución en los gases mencionados. Se comparó días de circulación normal, previos a la cuarentena, con días de aislamiento y se observó una disminución en la concentración del CO y CO₂.

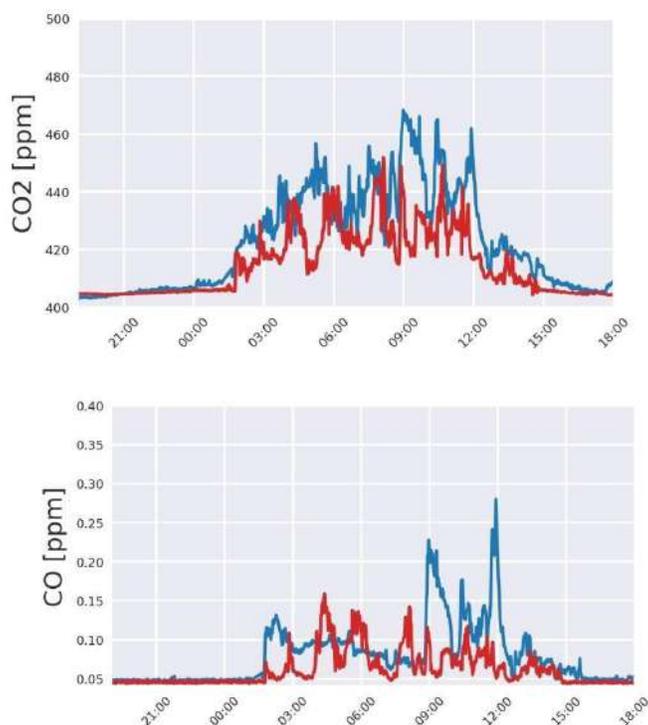


Figura 4.14. Mediciones de concentración de CO₂ (arriba) y CO (abajo) para días de actividad normal (línea azul) y días de la cuarentena (línea roja) para la ciudad de Ushuaia, registradas en la estación VAG Ushuaia.

En la Figura 4.14 se muestran los valores de concentración de los gases en la ciudad en días de actividad normal (12 y 13 de marzo 2020) y en días de la cuarentena (27 y 28 de marzo 2020).

Las mediciones de ozono superficial en la estación VAG Ushuaia también han mostrado una variación en sus concentraciones en las masas de aire proveniente de la ciudad de Ushuaia. En los días 12 y 13 de marzo se observó una disminución importante del ozono superficial como consecuencia del aumento en la concentración de CO. Durante los días de la cuarentena se registraron concentraciones más altas y cercanas a los valores de base de ozono superficial del planeta, debido a la disminución de CO en las masas de aire de la ciudad de Ushuaia. La Figura 4.15 muestra esta variación.

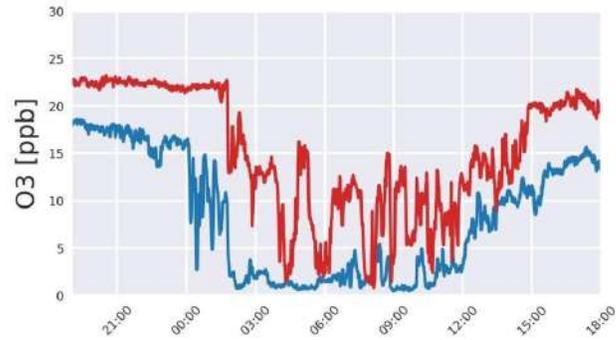


Figura 4.15. Mediciones de concentración de ozono superficial para días de actividad normal (línea azul) y días de la cuarentena (línea roja) para la ciudad de Ushuaia, registradas en la estación VAG Ushuaia.

La estación VAG Ushuaia tiene por objetivo registrar datos de concentración de gases en condiciones de base del planeta pero, en esta oportunidad, se registraron las concentraciones provenientes de las masas de aire de la ciudad de Ushuaia, para conocer el impacto que tuvo el ASPO sobre estos gases en el ambiente, ya que los mismos son consecuencia directa de las actividades antropogénicas e impactan claramente en la calidad del aire.

REFERENCIAS

Asmi, E., Neitola, K., Teinilä, K., Rodríguez, E., Virkkula, A., Backman, J., ... & Paatero, J., 2018: Primary sources control the variability of aerosol optical properties in the Antarctic Peninsula. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 70(1), 1-16.

Drinovec, L., Močnik, G., Zotter, P., Prévôt, A. S. H., Ruckstuhl, C., Coz, y otros, 2015: The " dual-spot" Aethalometer: an improved measurement of aerosol black carbon with real-time loading compensation.

EPA, 2012: Report to Congress on Black Carbon. Marzo de 2012. <https://www3.epa.gov/blackcarbon/2012report/fullreport.pdf>

Wessel, S., Aoki, S., Winkler, P., Weller, R., Herber, A., Gernandt, H., & Schrems, O., 1998: Tropospheric ozone depletion in Polar regions A comparison of observations in the Arctic and Antarctic. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 50(1), 34-50.

5. Monitoreo de radiación solar ultravioleta

5.1 | Radiación solar ultravioleta

La radiación solar que alcanza la superficie comprende longitudes de onda que pertenecen al espectro de radiación infrarroja, visible y en menor medida, pero no menos importante, la radiación ultravioleta (UV). Esta última se divide en UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) y UVC (100-280 nm).

El porcentaje de radiación UV que alcanza la superficie es mucho menor que las restantes longitudes de onda. Sin embargo, su capacidad de influir en cuestiones biológicas la vuelve tan importante como las demás. Este tipo de longitudes de onda se encuentra en estrecha relación con el incremento de incidencia de cáncer de piel en la población, y está relacionado directamente con la concentración de ozono local.

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

El índice UV está representado por un valor numérico cuyas categorías están caracterizadas por colores específicos, como se muestra en la Figura 5.1.

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

Figura 5.1. Escala de categorías para los distintos índices UV.

<https://www.who.int/uv/publications/en/UVIGuide.pdf>

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

El SMN monitorea los niveles de radiación solar eritémica UV en diferentes estaciones y observatorios meteorológicos dentro del país en el marco del proyecto de Vigilancia Atmosférica Global (GAW) de la OMM. Asimismo, el SMN formó parte del proyecto internacional SATREPS-SAVERNET entre Japón, Chile y Argentina para la adquisición e instalación de equipamiento especial para monitoreo de calidad de aire y distintos parámetros atmosféricos. El proyecto permitió al SMN aumentar la cantidad de sitios en superficie en donde se realicen mediciones de radiación solar UV, entre otros. De igual manera, el SMN firmó un convenio con el Finnish

Meteorological Institute, institución encargada de proveer el sensor que mide radiación solar UV en la base antártica Marambio. En la tabla 5.1 se listan los sitios pertenecientes al SMN en los que se monitorea la radiación solar UV.

Tabla 5.1. Estaciones pertenecientes al SMN en las que se mide irradiancia solar UV eritémica. Las estaciones con un asterisco (*) son las que forman parte del proyecto SAVER-NET.

Sitio	Latitud	Longitud	Elevación (m)	Sensor	Modelo	Datalogger
La Quiaca	-22.1	-65.6	3468	YES	UVB-1	CR10X
Tucumán*	-26.83	-65.1	451	Kipp&Zonen	UVS-E-T	CR1000
Pilar*	-31.67	-63.88	335	Kipp&Zonen	UVS-E-T	CR1000
Mendoza	-32.89	-68.87	837	Solar Light	501	Solar Light
Buenos Aires	-34.59	-58.48	30	Solar Light	501	Solar Light
Neuquén*	-38.95	-68.14	269	YES	UVB-1	CR800
Bariloche*	-41.14	-71.16	839	YES	UVB-1	CR800
Comodoro Rivadavia*	-45.78	-67.46	51	YES	UVB-1	CR800
Rio Gallegos*	-51.61	-69.3	15	YES	UVB-1	CR800
Ushuaia	-54.85	-68.31	11	Solar Light	501	Solar Light
Marambio	-64.23	-56.63	0	Solar Light	501	CR1000

Se aclara que, si bien Tucumán y Bariloche son estaciones que forman parte de la red SAVER-NET, actualmente no realizan mediciones. Se espera, en el corto plazo, que retomen sus registros. Por dicho motivo, el presente reporte no muestra mediciones de estos sitios. Asimismo, debido a problemas técnicos, no se cuenta con datos de La Quiaca para el año 2020.

Los sensores de radiación solar UV fueron calibrados por última vez en el año 2018 (Nollas y otros, 2019) y están referenciados al Centro Mundial de Radiación (WRC) en Davos-Suiza. En todos los sitios, las mediciones de radiación solar ultravioleta se realizan sobre el plano horizontal con radiómetros conectados a dataloggers marca Campbell o los propios del fabricante como Solar Light. Los dataloggers de todas las estaciones están configurados para adquirir un valor minutar.

5.2 | Monitoreo del índice UV durante 2020

A fin de analizar los valores de radiación solar UV medidos en las estaciones del SMN, en las figuras 5.2 y 5.3 se presenta el índice UV máximo diario medido en Buenos Aires y Ushuaia desde comienzo del año. En estas figuras se puede observar un comportamiento estacional, en donde los valores aumentan hacia el verano austral y disminuyen hacia el invierno austral. También se advierte que los valores del índice UV máximo diario disminuyen tanto en verano como en invierno a medida que la latitud del sitio se aleja del Ecuador.

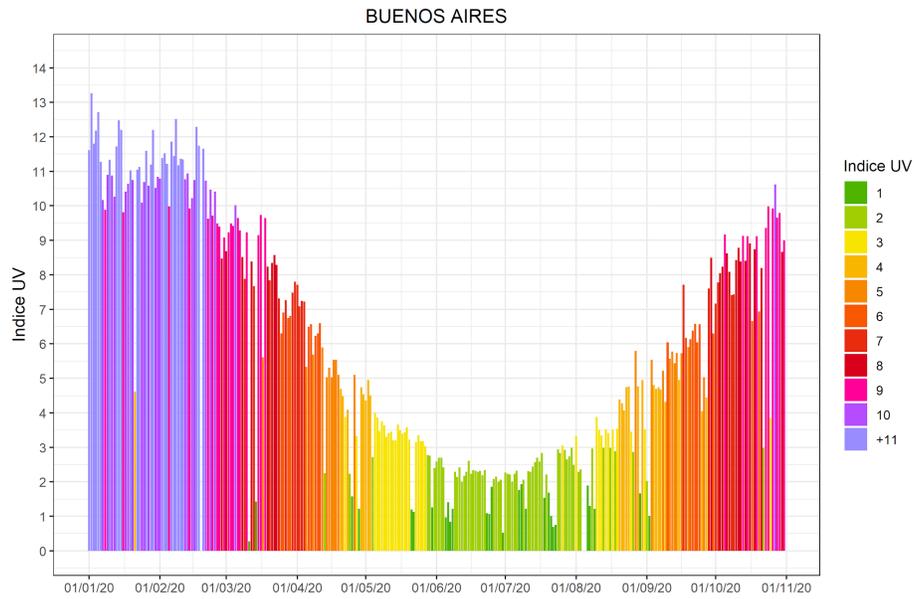


Figura 5.2. Índice UV máximo diario medido en Buenos Aires.

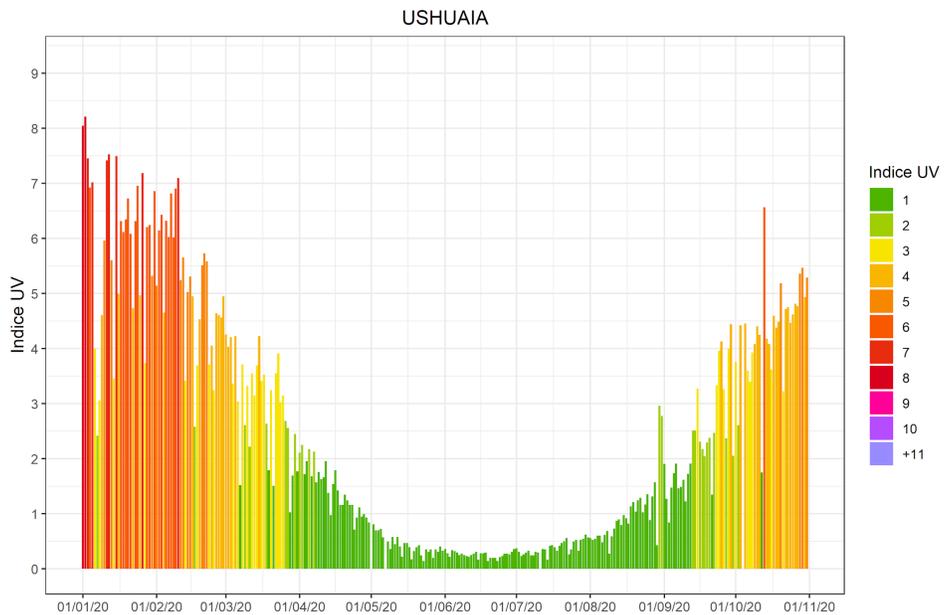


Figura 5.3. Índice UV máximo diario medido en Ushuaia.

Con el fin de contrastar las mediciones obtenidas durante 2020 contra las históricas, las Figuras 5.4-5.11 muestran los promedios mensuales del índice UV medidos durante el año junto con la media, máxima y mínima mensual histórica de cada sitio. Esto es importante a fin de detectar anomalías o posibles eventos que se relacionen con algún fenómeno. En la tabla 5.2 se informan los años de datos utilizados para cálculo de los promedios mensuales históricos.

Tabla 5.2. Años de medición utilizados para calcular los promedios mensuales históricos.

Sitio	Años
Pilar	1995-2003; 2012-2019
Mendoza	1999-2019
Buenos Aires	1995-2002; 2005-2019
Neuquén	2016-2019
Bariloche	2016-2019
Comodoro Rivadavia	1997-2001; 2004-2019
Rio Gallegos	2014-2019
Ushuaia	1998-2001; 2004-2006; 2008-2019
Marambio	1998-2019

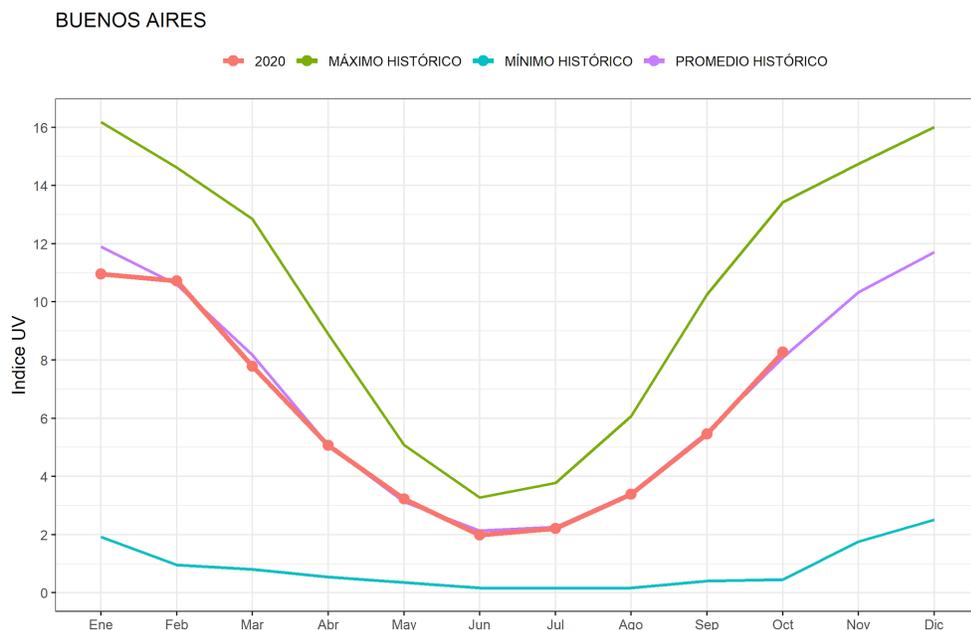


Figura 5.4. Promedios mensuales de índice UV máximo diario junto con los valores históricos disponibles de Buenos Aires.

COM. RIVADAVIA

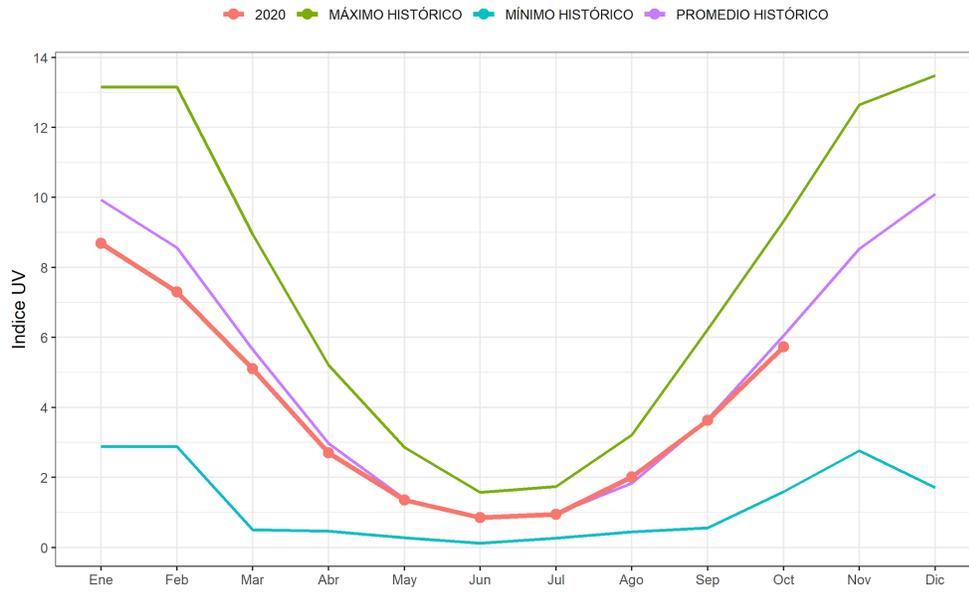


Figura 5.5. Promedios mensuales de índice UV máximo diario junto con los valores históricos disponibles de Comodoro Rivadavia.

MENDOZA

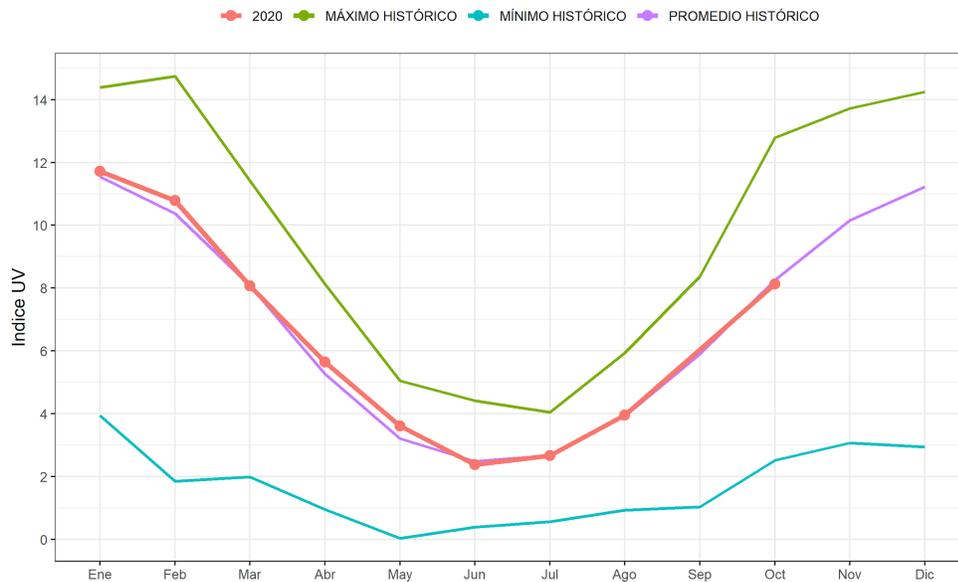


Figura 5.6. Promedios mensuales de índice UV máximo diario junto con los valores históricos disponibles de Mendoza.

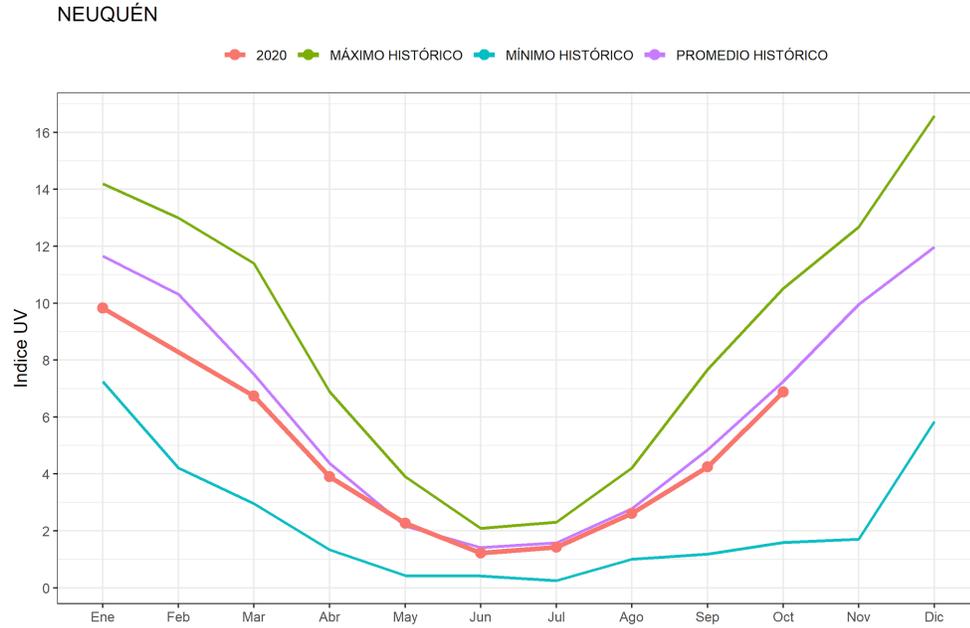


Figura 5.7. Promedios mensuales de índice UV máximo diario junto con los valores históricos disponibles de Neuquén.



Figura 5.8. Promedios mensuales de índice UV máximo diario junto con los valores históricos disponibles de Pilar.

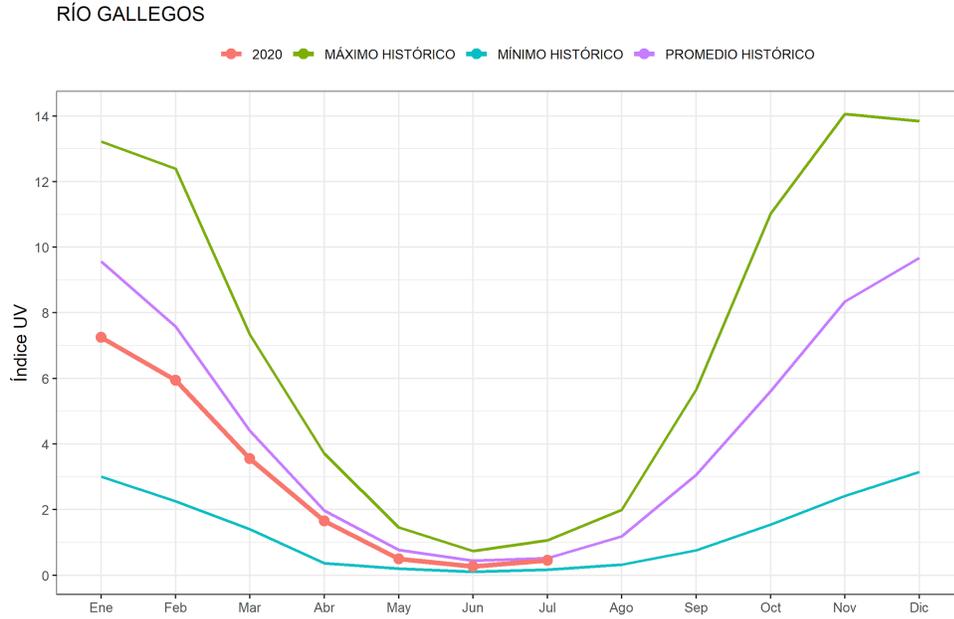


Figura 5.9. Promedios mensuales de índice UV máximo diario junto con los valores históricos disponibles de Río Gallegos.

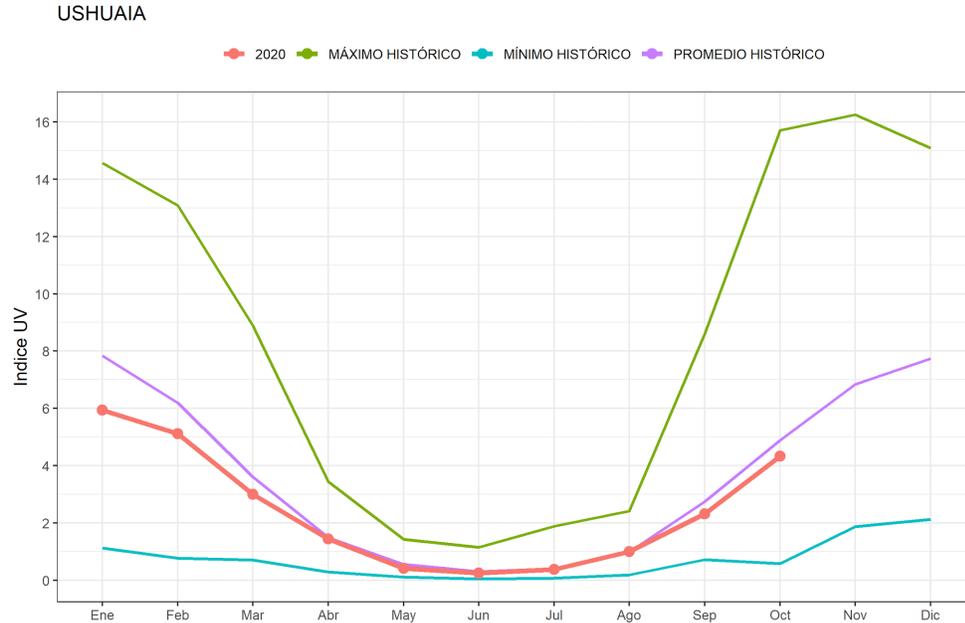


Figura 5.10. Promedios mensuales de índice UV máximo diario junto con los valores históricos disponibles de Ushuaia.

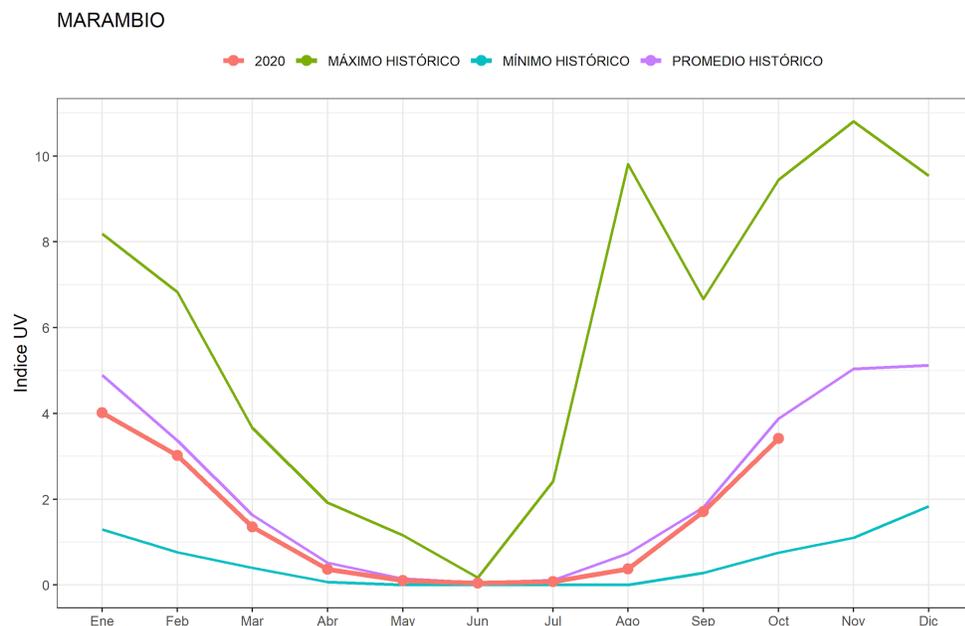


Figura 5.11. Promedios mensuales de índice UV máximo diario junto con los valores históricos disponibles de Marambio.

Todos los valores mensuales del presente año se encuentran relativamente cercanos al promedio histórico mensual. El comportamiento mensual histórico observado en Marambio es diferente del resto de los sitios. Allí se puede observar un pico en los valores máximos en agosto y esto está relacionado con el paso del agujero de ozono por dicho sitio. En Ushuaia se puede observar un efecto similar aunque atenuado donde, entre los meses de agosto y octubre, se observa una pendiente más empinada en el aumento del índice UV.

REFERENCIAS

McKinlay, A. F., y B. L. Diffey, 1987: A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin, in Human Exposure to Ultraviolet Radiation: Risks and Regulations, edited by W. R. Passchier and B. M. F. Bosnjakovich, pp. 83– 87, Elsevier Sci., New York.

OMS, 2000: Organización Mundial de la Salud. Global Solar UV Index: A Practical Guide. <https://www.who.int/uv/publications/en/UVIGuide.pdf>.

Nollas F., E. Luccini, G. Carbajal, F. Orte, E. Wolfram, G. Hülsen, J. Gröbner, 2019: Report of the Fifth Erythema UV Radiometers Intercomparison (Buenos Aires, Argentina, 2018). GAW report No.243, May 2019. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=20791#.XN6kuyBKgdV

EDITORES

María de los Milagros Skansi y Ramón de Elía

AUTORES

Elja Asmi	Capítulo 4
Laura Aldeco	Capítulo 3
María Elena Barlasina	Capítulo 4
Gerardo Carbajal	Capítulo 4
Lino Condori	Capítulo 4
Diana Dominguez	Capítulo 3
Ramón de Elía	Capítulo 1
Norma Garay	Capítulo 2
Alejandro Godoy	Capítulo 3
Karina Flores	Capítulo 2
Giselle Marincovich	Capítulo 4
Fernando Nollas	Capítulo 5
María de los Milagros Skansi	Capítulo 2
Jose Luis Stella	Capítulo 2
Hernán Veiga	Capítulo 2

REVISORES

María Mercedes Poggi
María Eugenia Bontempi

DISEÑO

Guadalupe Cruz Díaz