



Climatología de las Olas de Frío en Argentina en el período 1961-2023

Nota Técnica SMN 2024-174

Natalia Herrera¹

¹ *Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios. Dirección Central de Monitoreo del Clima, SMN.*

Julio 2024

Información sobre Copyright

Este reporte ha sido producido por empleados del Servicio Meteorológico Nacional con el fin de documentar sus actividades de investigación y desarrollo. El presente trabajo ha tenido cierto nivel de revisión por otros miembros de la institución, pero ninguno de los resultados o juicios expresados aquí presuponen un aval implícito o explícito del Servicio Meteorológico Nacional.

La información aquí presentada puede ser reproducida a condición que la fuente sea adecuadamente citada.

Resumen

Se presenta una climatología de las Olas de Frío (OF) en Argentina en el período abril-septiembre entre los años 1961 y 2023. Se analizaron 68 estaciones meteorológicas agrupadas en 9 regiones: Litoral Norte, Litoral Sur, Norte, Noroeste, Cuyo, Centro Norte, Centro Sur, Buenos Aires y Patagonia. El Servicio Meteorológico Nacional de Argentina define un evento de OF cuando las temperaturas máximas y mínimas igualan o son inferiores, por lo menos durante 3 días consecutivos y en forma simultánea, a ciertos valores umbrales que dependen de cada localidad (percentil 10 del semestre frío abril-septiembre) y son calculados a partir del período 1961-2010. Se analizó a nivel regional los meses de ocurrencia, la duración de dichos eventos, y la cantidad de eventos durante el período. Se analizaron las tendencias de los eventos de OF observados a nivel local y regional. La mayor cantidad de OF se dio principalmente en las regiones Patagonia, Buenos Aires y Litoral Norte, con un promedio de hasta 1 evento por semestre frío. En cuanto a los meses de ocurrencia de las OF, en todas las regiones julio fue el mes que presentó la mayor cantidad de eventos de OF, seguido por junio. En abril no hubo OF. En septiembre no hubo eventos de OF para las regiones Litoral Sur, Norte y Centro Sur. Las OF más duraderas de la historia en Argentina se dieron en la Patagonia. La región Norte no presentó nunca eventos de más de 6 días de duración, y fue la región con menor cantidad de eventos, presentando en promedio aproximadamente 1 evento de OF cada 5 años. Las tendencias de OF fueron en general negativas, ninguna estadísticamente significativa. Las tendencias positivas se dieron principalmente en el sureste de Buenos Aires, parte del Litoral Norte, del Noroeste y del Centro Norte.

Abstract

A climatic characterization of Cold Waves (CWs) in Argentina is presented in the April-September period between the years 1961 and 2023. 68 meteorological stations grouped into 9 regions (Litoral Norte, Litoral Sur, Norte, Noroeste, Cuyo, Centro Norte, Centro Sur, Buenos Aires y Patagonia) were analyzed. The Argentinian National Meteorological Service defines a CW event when maximum and minimum temperatures are equal or inferior, for at least 3 consecutive days and simultaneously, to certain threshold values that depend on each locality (10th percentile of the cold semester April-September) and are calculated for the 1961-2010 period. The months of occurrence and duration of the CWs, and the number of events of CWs during the period, were analyzed at the regional level. Trends were analyzed at the local and regional level. The largest amount of CWs occurred mainly in Patagonia, Buenos Aires and Litoral Norte, with an average of up to 1 event per cold semester. July was the month that presented the highest number of CWs, followed by June. There were never any CW event in April. The longest CWs in Argentina occurred in Patagonia. Norte region never presented events of duration more than 6 days, and was the region with the lowest number of events, presenting on average of approximately 1 CW event every 5 years. CWs trends were generally negative, none statistically significant. Positive trends occurred mainly in the southeast of Buenos Aires, parts of Litoral Norte, Noroeste and Centro Norte.

Palabras clave: Climatología, Olas de frío, Argentina.

Citar como:

Herrera, N. 2024: Climatología de las Olas de Frío en Argentina en el período 1961-2023. Nota Técnica SMN 2024-174.

1. INTRODUCCION

A nivel global así como no existe un criterio uniforme para definir una ola de calor, tampoco lo hay para definir una de frío. La Organización Meteorológica Mundial a través de las Directrices sobre la definición y caracterización de fenómenos meteorológicos y climáticos extremos (WMO, 2023), la define como “un clima marcado e inusualmente frío, que puede estar asociado con una caída brusca y significativa de la temperatura del aire cerca de la superficie de la Tierra y que persiste durante al menos dos días consecutivos”. El Servicio Meteorológico Nacional de Argentina (SMN) define una ola de frío como el período en el cual las temperaturas máximas y mínimas son inferiores o igualan, por lo menos durante 3 días consecutivos y en forma simultánea, al percentil 10, calculado a partir de los datos diarios durante los meses de abril a septiembre (semestre frío en el hemisferio sur) del período 1961-2010 (<https://www.smn.gob.ar/estadisticas>).

Es más común analizar los riesgos asociados a las olas de calor debido a que desde la década de 1950 las mismas han aumentado en frecuencia e intensidad producto del cambio climático causado por el hombre (IPCC, 2021). En general, y a nivel mundial, hubo una disminución en los nuevos registros de temperaturas frías como resultado del calentamiento global. Sin embargo, las bajas temperaturas continuarán formando parte de los patrones climáticos invernales.

El trabajo de Chesini y otros (2019) demostró que los eventos de frío extremo en Argentina se han relacionado con un aumento significativo en la mortalidad. El estudio mostró una asociación entre los eventos de temperatura extrema y la mortalidad en la mayoría de las ciudades analizadas para el período 2005-2015, impacto que se verifica durante los siete y catorce días posteriores al evento. En nuestro país se observa que en la semana posterior a un evento de frío extremo se incrementa la mortalidad general y en algunos grupos de riesgo (personas mayores y con enfermedades crónicas). Cuando estos eventos son excepcionales (una ola de frío muy extrema) puede afectar incluso a la población sin factores de riesgo.

En esta nota técnica se presenta una climatología de las olas de frío (OF) en Argentina en el período abril-septiembre entre los años 1961 y 2023. Se analizó a nivel regional los meses de ocurrencia, la duración de dichos eventos, y la cantidad de eventos durante el período. También se analizaron las tendencias de los eventos de OF observados a nivel local y regional.

2. DATOS

Se utilizaron datos diarios observados de temperatura máxima y temperatura mínima en 68 estaciones meteorológicas de Argentina (Figura 1), para los meses entre abril y septiembre del período 1961-2023. Las estaciones meteorológicas se agruparon en 9 regiones: Litoral Norte (8 estaciones meteorológicas), Litoral Sur (5 estaciones meteorológicas), Norte (4 estaciones meteorológicas), Noroeste (7 estaciones meteorológicas), Cuyo (6 estaciones meteorológicas), Centro Norte (8 estaciones meteorológicas), Centro Sur (7 estaciones meteorológicas), Buenos Aires (13 estaciones meteorológicas) y Patagonia (10 estaciones meteorológicas). En el Apéndice 1 de la Sección 6 se encuentra la información de cada estación meteorológica utilizada.

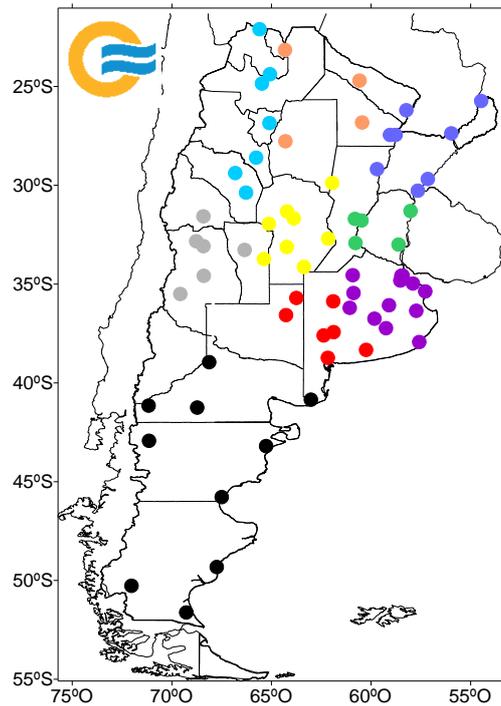


Fig. 1: Estaciones meteorológicas utilizadas. Azul: Litoral Norte; Verde: Litoral Sur; Naranja: Norte; Celeste: Noroeste; Gris: Cuyo; Amarillo: Centro Norte; Rojo: Centro Sur; Violeta: Buenos Aires; Negro: Patagonia.

3. METODOLOGÍA

Un evento de ola de frío (OF) se define cuando las temperaturas máxima y mínima igualan o son inferiores, por lo menos durante 3 días consecutivos y en forma simultánea, a ciertos valores umbrales que dependen de cada localidad (percentil 10 del semestre frío abril-septiembre).

Ola de Frío (OF):

OF: $TX_i \leq P10TX$ & $TN_i \leq P10TN$, en donde TX_i es la temperatura máxima observada el día i , TN_i es la temperatura mínima observada el día i , $P10TX$ es el percentil 10 de la temperatura máxima y $P10TN$ es el percentil 10 de la temperatura mínima. Como esta condición se tiene que cumplir para 3 días consecutivos como mínimo, entonces se tiene que cumplir como mínimo para el día $i-2$, $i-1$ e i , definiendo así una ola de frío de 3 días, comenzando el día $i-2$ y finalizando el día i .

Ola de Frío en temperatura máxima (OF (TX)):

OF (TX): $TX_i \leq P10TX$, en donde TX_i es la temperatura máxima observada el día i , $P10TX$ es el percentil 10 de la temperatura máxima. Esta condición se tiene que cumplir para 3 días consecutivos como mínimo.

Ola de Frío en temperatura mínima (OF (TN)):

OF (TN): $TN_i \leq P10TN$, en donde TN_i es la temperatura mínima observada el día i , $P10TN$ es el percentil 10 de la temperatura mínima. Esta condición se tiene que cumplir para 3 días consecutivos como mínimo.

Percentil 10 de la temperatura máxima P10 (TX):

Para calcular el percentil 10 (P10) de la temperatura máxima, primero se seleccionan todos los datos diarios de la temperatura máxima entre el 1 de abril y el 30 de septiembre del período 1961-2010. Luego se ordena esa serie de menor a mayor, y el percentil 10 es el valor que por debajo del cual queda el 10% de los datos, o también se puede decir que es el valor por encima del cual queda el 90% de los datos. De esta forma, el percentil 10 es un valor extremo. Para cada localidad se obtiene un umbral (valor fijo) para la temperatura máxima. Si durante 3 o más días consecutivos la temperatura máxima es igual o inferior al P10 estamos frente a un evento de OF en temperatura máxima (OF (TX)).

Percentil 10 de la temperatura mínima P10 (TN):

Ídem que P10 (TX) pero para la temperatura mínima.

Si durante 3 o más días consecutivos las temperaturas máxima y mínima son iguales o inferiores a sus respectivos P10 estamos frente a un evento de OF. En la Figura 2 se muestran los valores del P10 para cada una de las estaciones meteorológicas (los valores se encuentran en el Apéndice 1). Los valores más altos del P10 para la temperatura mínima (entre 2°C y 7°C) se encuentran en la región Norte, Litoral Norte y Litoral Sur. Los valores más bajos (entre -2°C y -9°C) se encuentran en la Patagonia, y en el sur de Buenos Aires y Cuyo. Los valores más altos del P10 para la temperatura máxima (entre 14°C y 20°C) se encuentran en el Norte, en el Litoral Norte y en la mayor parte del Noroeste. Los valores más bajos (entre 1°C y 10°C) se encuentran en la Patagonia, sur de Cuyo y sur de Buenos Aires.

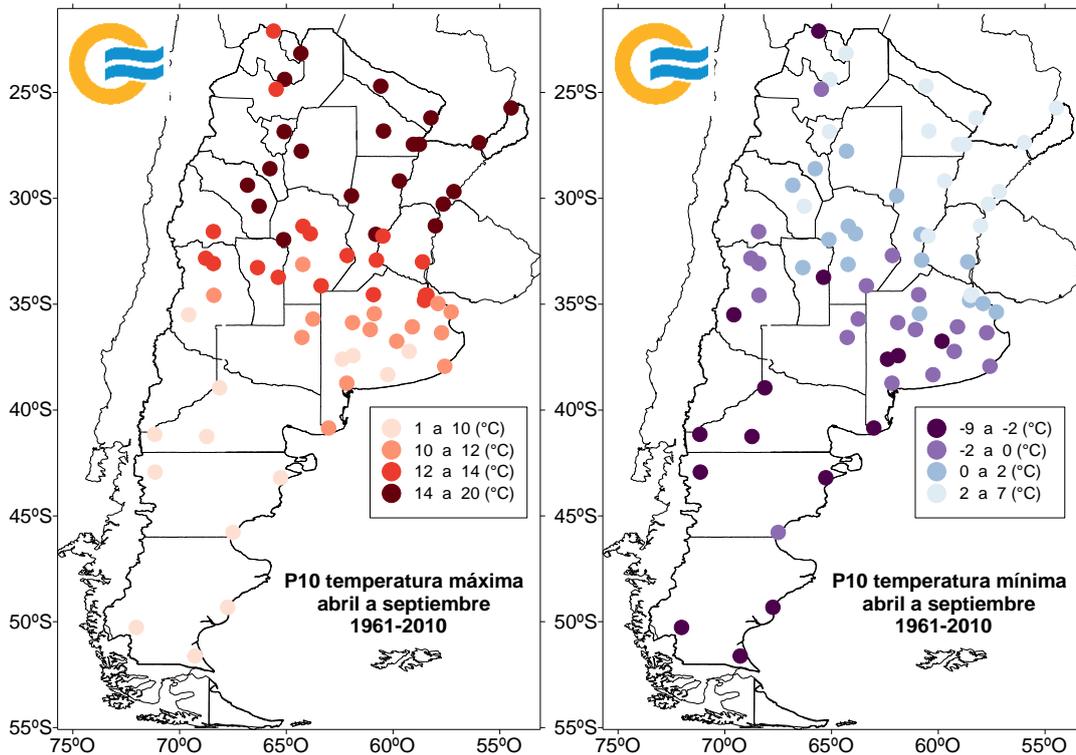


Fig. 2: Valores umbrales. Izquierda: Percentil 10 de la temperatura máxima. Derecha: Percentil 10 de la temperatura mínima.

4. RESULTADOS

4.1 Frecuencia y duración de las OF

Se analizó la cantidad de olas de frío (OF) ocurridas durante los meses de abril a septiembre del período 1961-2023. En la Figura 3 se observa que la menor cantidad de OF (entre 4 y 20) se dio principalmente en el Noroeste, Norte y en partes del Centro Norte, del Centro Sur y de Buenos Aires. Esto implica que en todo el período de estudio (63 años), se dio en promedio menos de 1 ola de frío por cada 3 semestres fríos. La mayor cantidad de OF (entre 35 y 70) se dio en las regiones Litoral Sur, Litoral Norte, Patagonia y noreste de Buenos Aires. En particular la estación meteorológica Aeroparque (en CABA) fue la que presentó la mayor cantidad de OF, con un valor de 69 en todo el período, lo que implica que en promedio tuvo más de una OF (1.10 OF) por semestre frío. Sin embargo, si analizamos la serie temporal (Figura 4), podemos ver que hubo semestres fríos que no tuvieron OF y otros en donde hubo hasta 3 OF. El Calafate y San Julián - ambas en Patagonia- fueron las estaciones meteorológicas que tuvieron la mayor cantidad de eventos de OF (7) en un semestre frío (ambas en 1984).

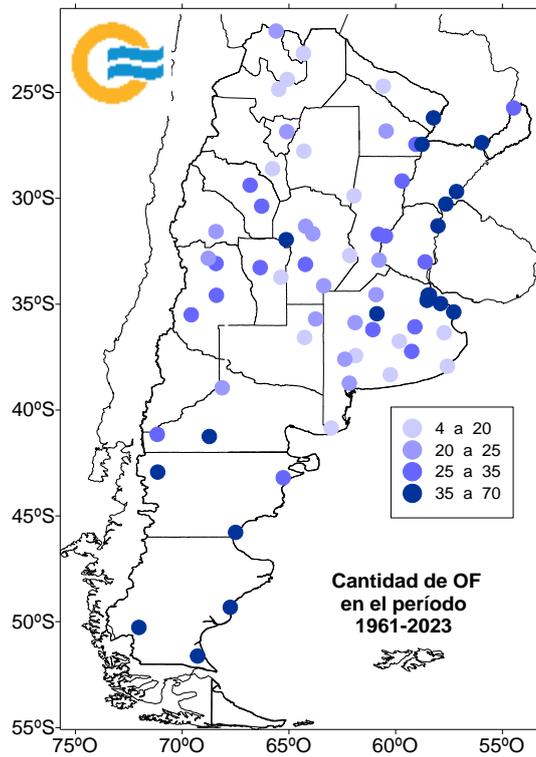


Fig. 3: Cantidad de OF en todo el período 1961-2023.

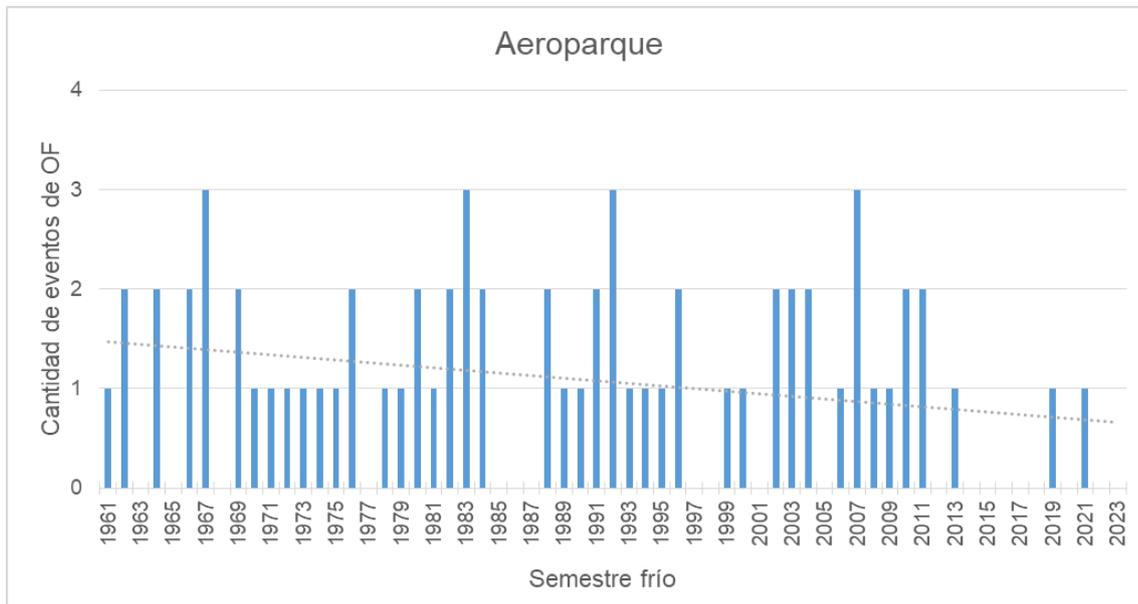


Fig. 4: Serie temporal de eventos de OF en Aeroparque. Línea punteada: tendencia lineal de eventos de OF en el período 1961-2023.

En la Figura 5 se puede ver la cantidad de OF teniendo en cuenta solamente la temperatura máxima- OF (TX)- y la temperatura mínima- OF (TN)-. Se puede ver que en general hay mayor cantidad de eventos de

OF cuando consideramos solamente la temperatura máxima (entre 130 y 170 eventos). La menor cantidad de eventos (entre 50 y 100) se dio en Buenos Aires, Centro Sur y norte de Patagonia para la temperatura mínima. En líneas generales, para todo el país hay en promedio 2 eventos de OF (TX). En cambio para OF (TN) en algunas zonas (Buenos Aires, Centro Sur y norte de Patagonia) hay en promedio entre 1 y 2 eventos por semestre frío.

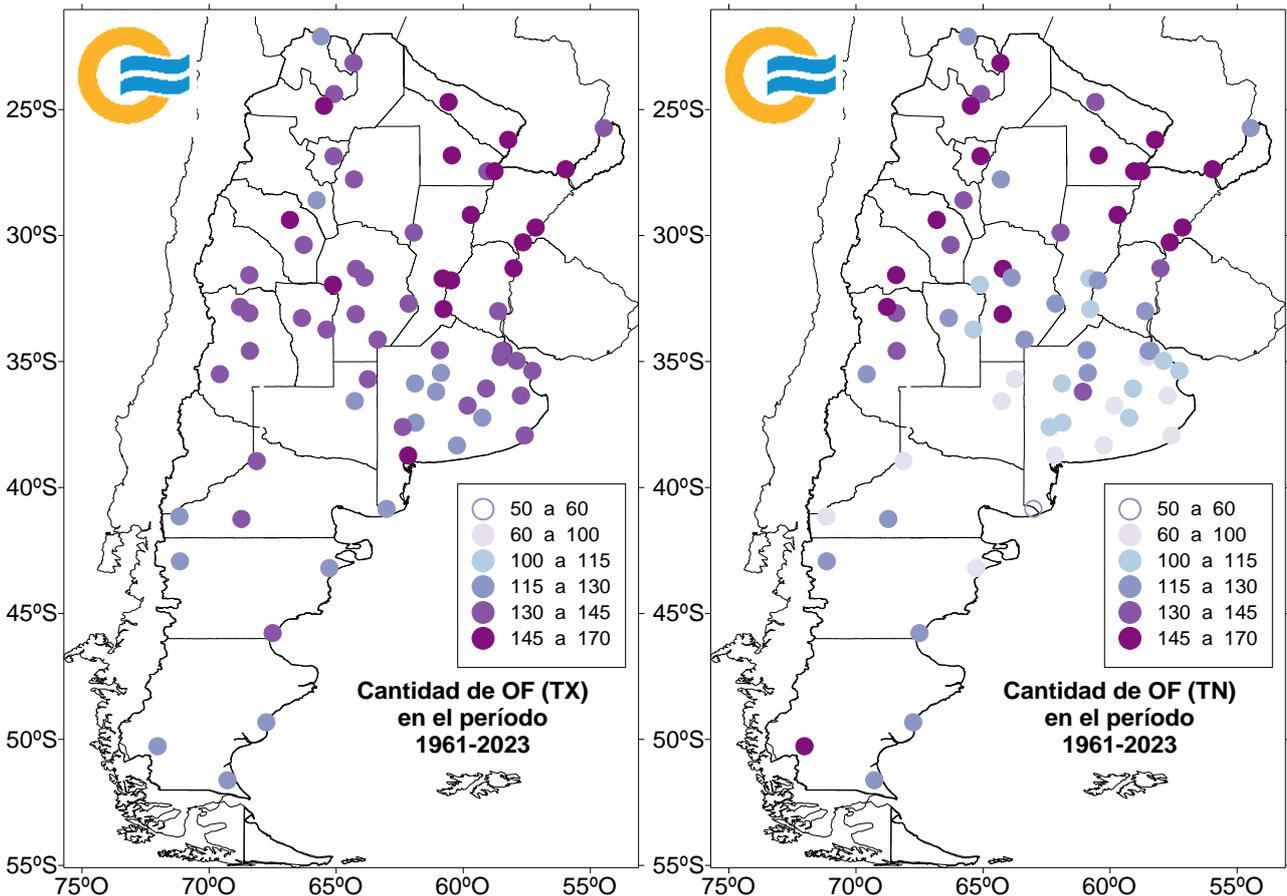


Fig. 5: Izquierda: Cantidad de OF (TX). Derecha: Cantidad de OF (TN). Período 1961-2023 (63 años).

4.2 Distribución mensual y de duración de las OF

En la Figura 6 se observa la distribución mensual normalizada de las OF para cada una de las regiones. Se asigna el mes de la OF al mes correspondiente de la fecha del primer día de la ola. Se sumó la cantidad de OF que ocurrieron en cada una de las estaciones meteorológicas que componen cada región en cada mes entre abril y septiembre, y luego se dividió por la cantidad de estaciones de cada región, de manera que cada región presenta un valor promedio. En todas las regiones, julio fue el mes que presentó la mayor cantidad de eventos de OF, seguido por junio. Agosto fue el tercer mes con mayor frecuencia para Litoral Norte, Litoral Sur, Cuyo, Centro Norte, Centro Sur, Buenos Aires y Patagonia. En cambio para Norte y Noroeste el tercer mes con mayor frecuencia fue mayo. En abril no hubo de OF en ninguna región. En septiembre no hubo eventos de OF para las regiones Litoral Sur, Norte y Centro Sur.

En la Figura 7 se observa la distribución normalizada de la duración de los eventos de OF. Se sumó la cantidad de OF para cada duración (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y de 10 o más días), en cada una de las estaciones meteorológicas que componen cada región, sin discriminar en qué mes ocurrió, y luego se dividió por la cantidad de estaciones de cada región, de manera que cada región presenta un valor promedio para cada una de las duraciones del evento de OF.

En general para todas las regiones se observa mayor cantidad de eventos de menor duración y a medida que aumenta la duración del evento disminuye la frecuencia observada. Se destaca la Patagonia como la región que tiene más eventos de OF que duran 10 o más días. Las regiones que presentan eventos de duración de más de 7 días -además de la Patagonia- son Litoral Norte, Litoral Sur, Noroeste y Buenos Aires. La región Norte no presentó nunca eventos de más de 6 días de duración.

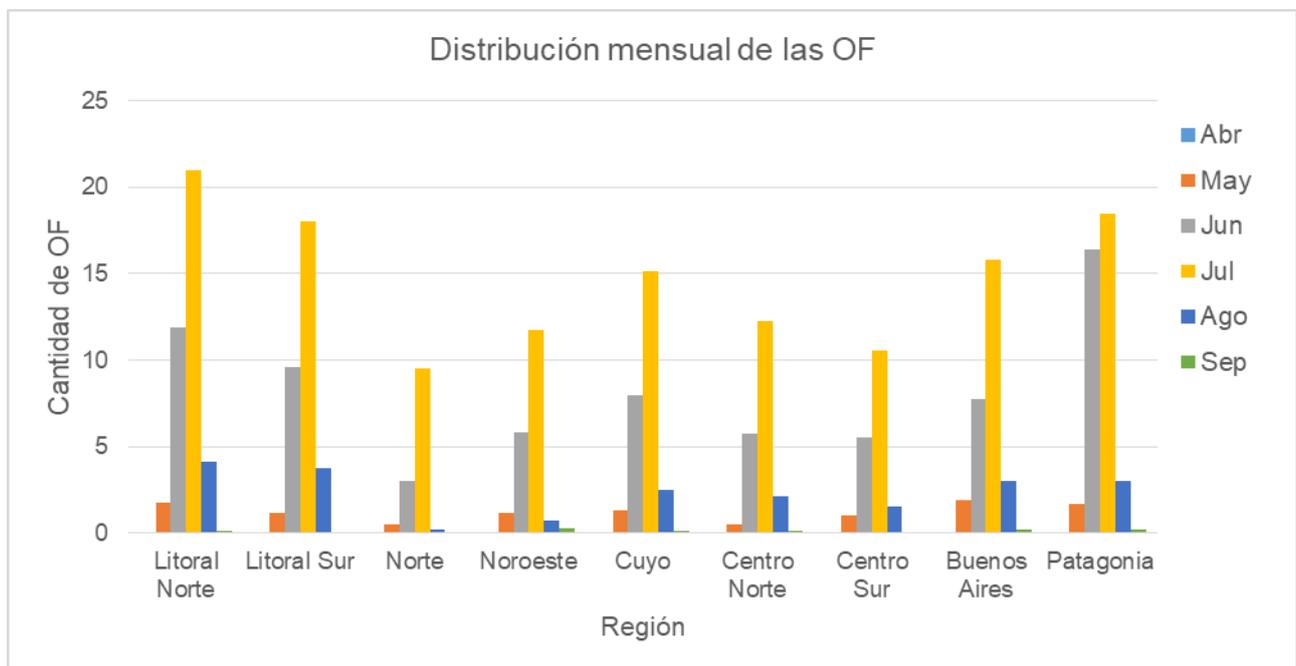


Fig. 6: Distribución mensual normalizada de los eventos de OF para el período 1961-2023.

En la Figura 8 se muestran los resultados de sumar la cantidad de eventos de OF normalizado presentado en la Figura 6. Se concluye que la Patagonia presentó la mayor cantidad de eventos de OF (40), seguido por Litoral Norte (39), Litoral Sur (33), Buenos Aires (29), Cuyo (27), Centro Norte (21), Noroeste (20), Centro Sur (19), y por último Norte (13). A nivel regional se tiene que en promedio ninguna región llega a presentar una OF por cada semestre frío. El Norte fue la región con menor cantidad de eventos, presentando en promedio aproximadamente 1 evento de OF cada 5 años.

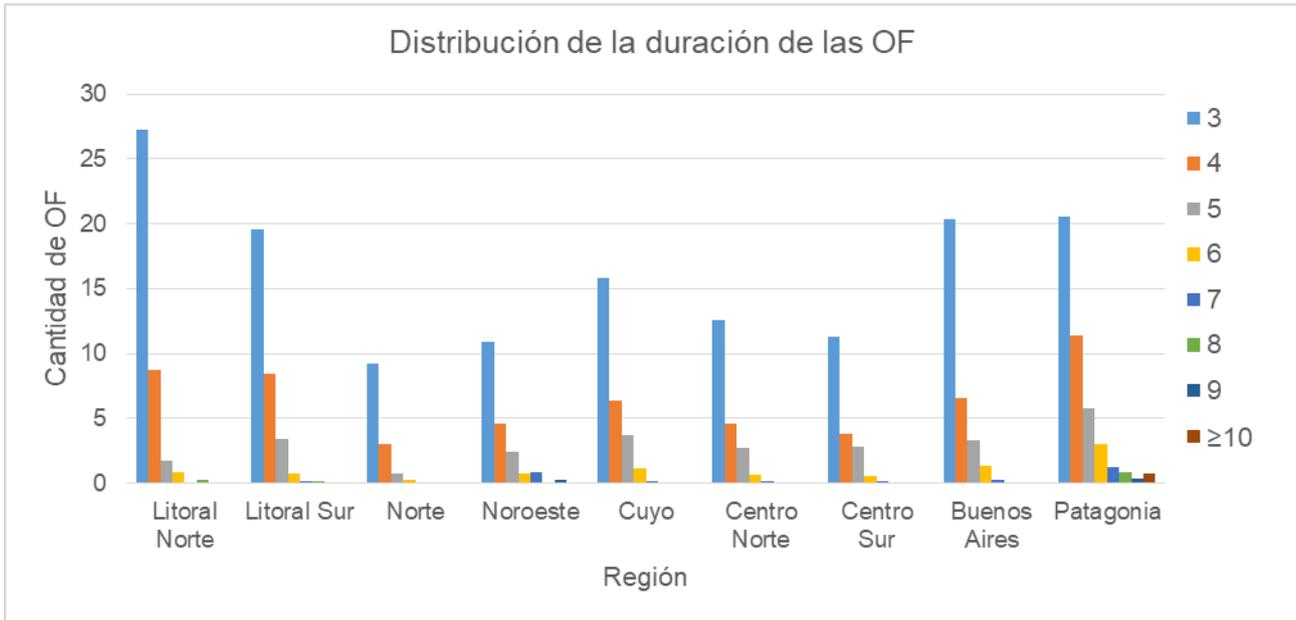


Fig. 7: Distribución de la duración normalizada de las OF para el período 1961-2023.

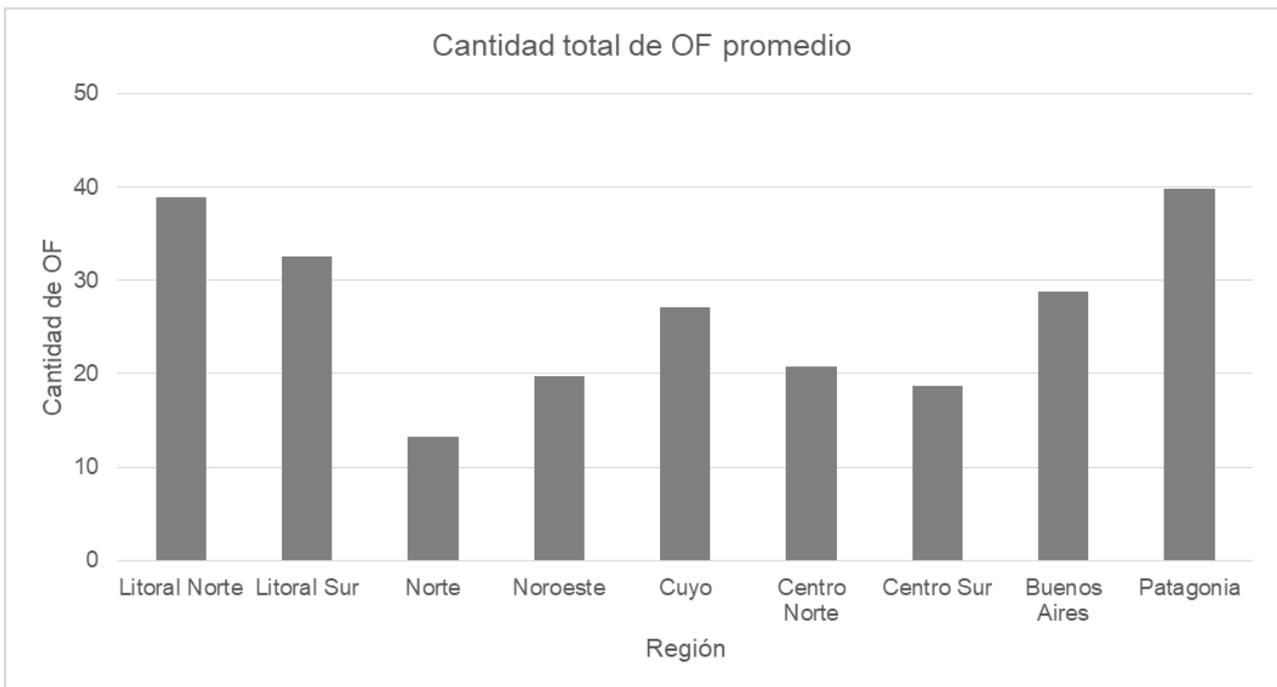


Fig. 8: Cantidad total de eventos de OF normalizado para cada región para el período 1961-2023.

4.3 Duración media de las OF

La información de la cantidad de eventos de OF y la distribución de las duraciones de los eventos sirve para calcular la duración media de las OF para cada estación meteorológica. En la Figura 9 se muestra el resultado de sumar la cantidad de días con OF y dividirla por la cantidad de eventos de OF. La duración media de las OF presenta los valores más bajos (entre 3 y 3.5 días) principalmente en el Norte. Los valores más altos, de entre 4 y 5 días, se observaron principalmente en la Patagonia. Si consideramos eventos de OF con temperatura máxima (Figura 9 centro) se observan en general en todo el país eventos de duración de entre 4 y 5 días. En cambio cuando consideramos los eventos de OF con temperatura mínima (Figura 9 derecha) los eventos son menos duraderos, en general de entre 3.5 y 4.5 días.

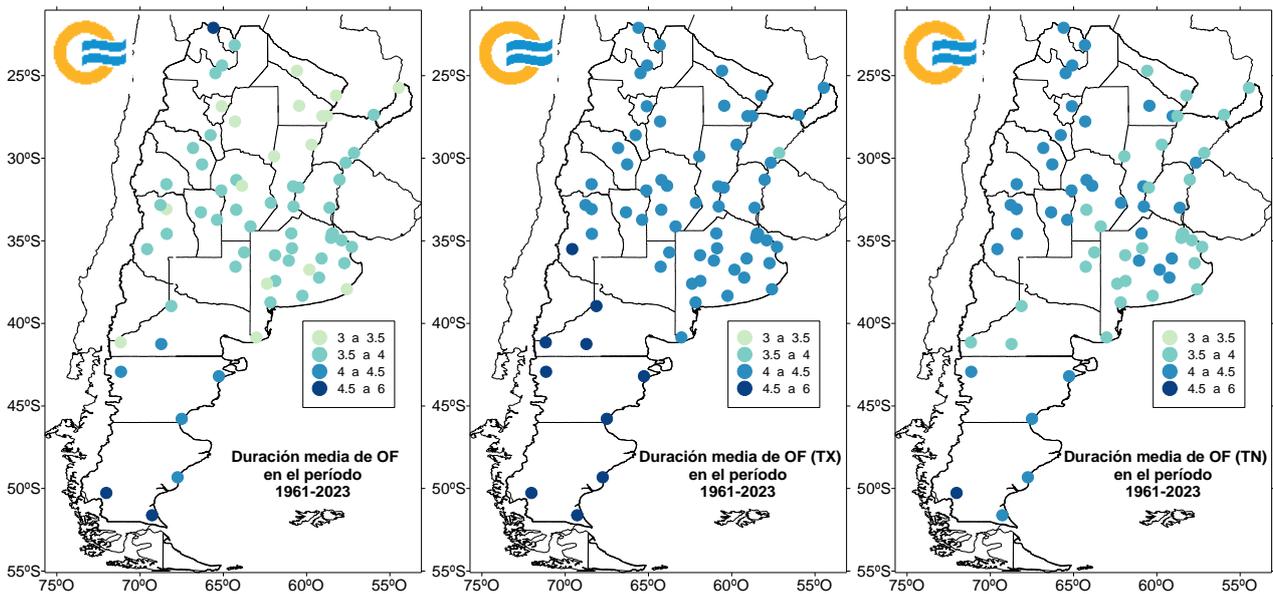


Fig. 9: Duración media de las OF (izquierda), OF (TX) (centro) y OF (TN) (derecha), para el período 1961-2023.

4.4 Tendencia de las OF

En la Figura 10 se muestran las tendencias lineales de la cantidad de eventos de OF, OF (TX) y OF (TN) para el período 1961-2023. El resultado está expresado como la variación total de la cantidad de eventos en el período de estudio (63 años), que es resultado de multiplicar por 63 el valor de la pendiente lineal en ese período. Las tendencias significativas al 90% se muestran con un borde negro. Para los eventos de OF ninguna tendencia fue significativa, y se observan en general tendencias negativas (entre -1 y 0 eventos de OF en 63 años), implicando menor cantidad de eventos con el paso del tiempo. Las tendencias positivas (entre 0 y 1) se dieron principalmente en el sureste de Buenos Aires, parte del Litoral Norte, del Noroeste y del Centro Norte. Si observamos las tendencias de los eventos de OF (TX) y OF (TN) en general los valores de las tendencias son mayores, llegando a alcanzar más fácilmente disminuciones de entre 1 y 2 días. En particular esto ocurre para eventos de OF (TX) en Buenos Aires, Centro Sur y parte de la Patagonia. Al evaluar los eventos de OF (TN) las disminuciones son aún más marcadas, llegando en algunos casos a valores de disminuciones de entre 2 y 4 días en el período. En las tendencias de OF (TN) se encuentran algunas estaciones con tendencias positivas, principalmente en el centro de Buenos Aires y en partes de la

provincia de Córdoba. Esto está asociado a la disminución de la temperatura mínima en esa región (ver mapa de tendencia de temperatura mínima media para el invierno (JJA) en <https://www.smn.gov.ar/clima/tendencias>). La estación meteorológica que presentó los mayores valores de las tendencias tanto de eventos de OF, como de OF (TX) y OF (TN), fue La Quiaca, que en los tres casos fue negativa, y solamente significativa en los eventos de temperatura máxima y mínima por separado (OF (TX) y OF (TN)) (ver Figura 11).

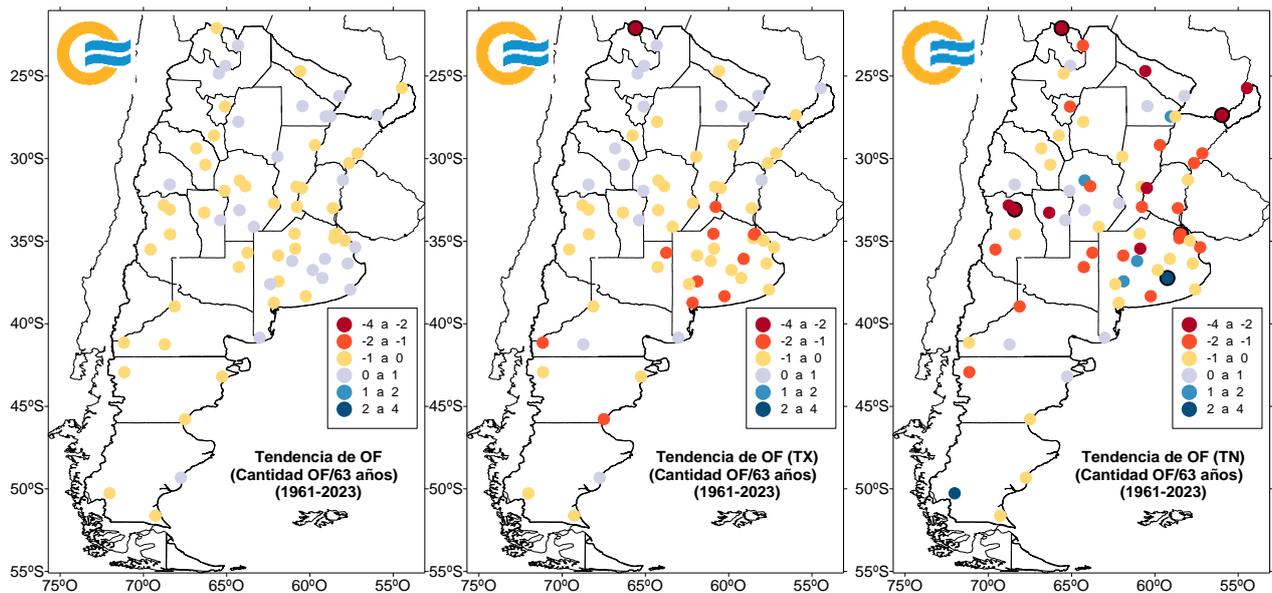


Fig. 10: Tendencia lineal de la cantidad de eventos de: OF (izquierda), OF (TX) (centro) y OF (TN) (derecha), durante el período 1961-2023 (63 años). En las estaciones meteorológicas para las cuales la tendencia es estadísticamente significativa al 90% se muestra el círculo con un borde negro.

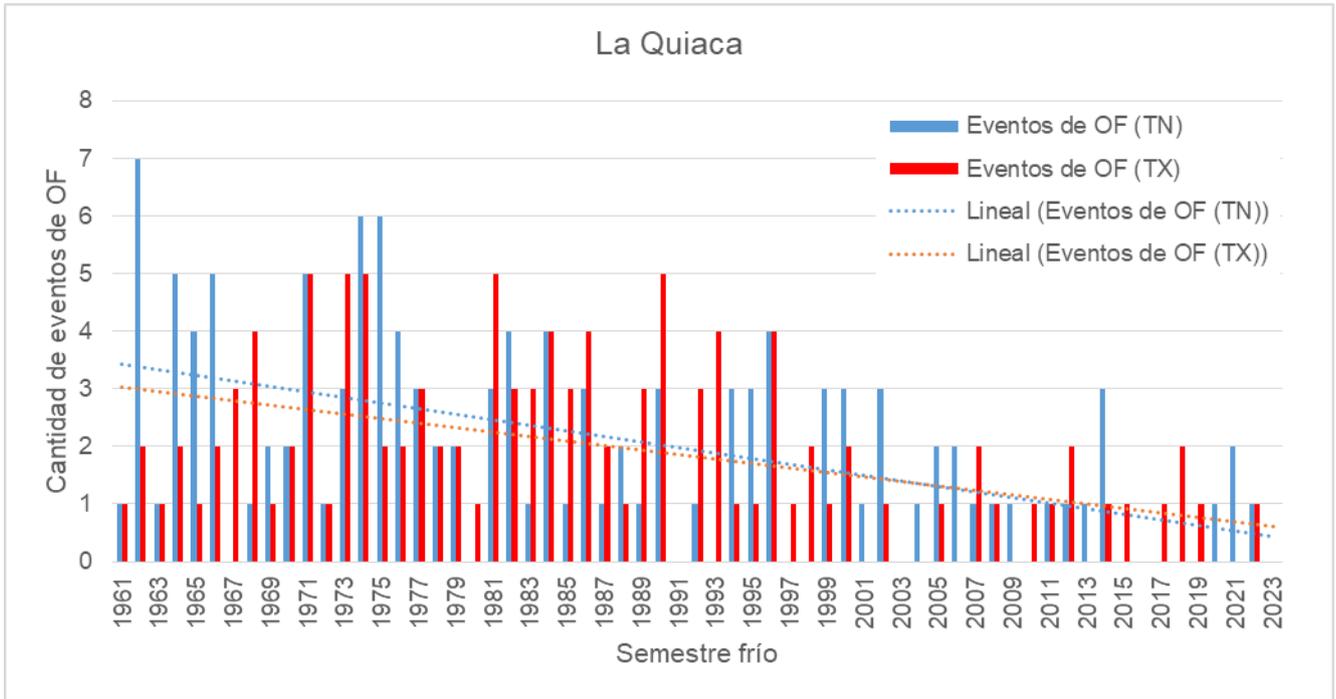


Fig. 11: Serie temporal de eventos de OF (TX) (rojo) y de OF (TN) (azul) de La Quiaca. Líneas punteadas: tendencia lineal de eventos de OF en 1961-2023.

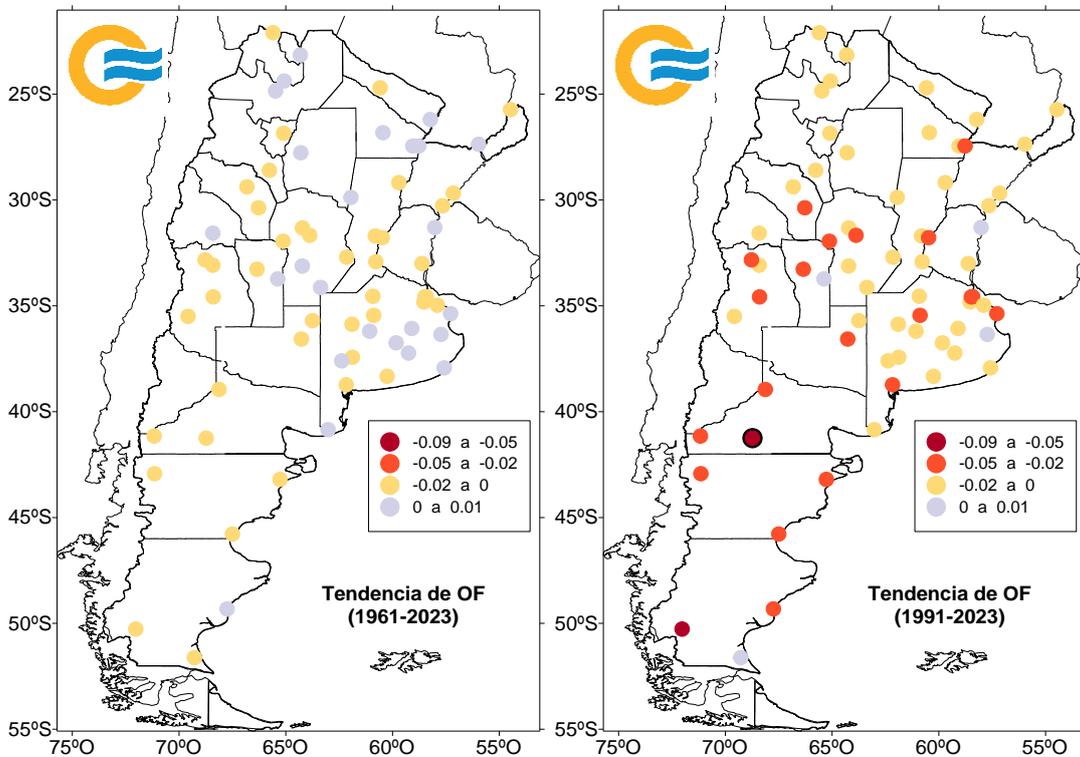


Fig. 12: Valor de la pendiente de la tendencia lineal de la cantidad de eventos de OF durante el período: 1961-2023 (izquierda), 1991-2023 (derecha). En las estaciones meteorológicas para las cuales la tendencia es estadísticamente significativa al 90% se muestra el círculo con un borde negro.

A fines de comparar qué ocurrió con los eventos de OF durante el período de estudio, en la Figura 12 se comparan las tendencias del período completo (Figura 12, izquierda) con las tendencias de las últimas décadas (Figura 12, derecha). El resultado de estas figuras es la variación lineal año a año de la cantidad de OF considerando todo el período (63 años) o considerando un período más corto (33 años) correspondiente a las últimas décadas. La tendencia de OF en el período 1991-2023 muestra que si bien se nota una tasa mayor de disminución de eventos de OF con respecto a los eventos del período completo - principalmente en la Patagonia y en la franja central de Argentina (presentaron los valores absolutos más altos, correspondientes a una disminución de entre 0.02 y 0.09 eventos por año), esta disminución no es significativa. Entonces lo que se esperaría bajo un escenario de aumento de la temperatura en las últimas décadas es que estas tendencias sean más intensas y más significativas que si consideramos el período completo. Se observa que sí son más intensas, y hasta en ciertos casos se revierte el signo de la tendencia (pasando de positivo a negativo), pero no se observa un aumento en la significancia de estas tendencias.

A nivel regional las tendencias de eventos de OF fueron negativas en todas las regiones, excepto en el Norte (ver Tabla 1). Para cada región se suman los eventos de OF de cada estación meteorológica que la compone. Ninguna tendencia fue significativa al 90%. Las series temporales correspondientes se encuentran en el Apéndice 2.

Tabla I: Tendencias de los eventos de OF a nivel regional en el período 1961-2023. La tendencia está expresada en la variación de la cantidad de OF en 63 años. Ninguna tendencia fue significativa al 90%.

Región	Tendencia de OF	Coefficiente de correlación
Litoral Norte	-0.30	0.000
Litoral Sur	-1.50	0.029
Norte	0.17	0.002
Noroeste	-1.75	0.051
Cuyo	-1.29	0.019
Centro Norte	-0.04	0.000
Centro Sur	-1.17	0.012
Buenos Aires	-1.91	0.009
Patagonia	-1.37	0.004

4.5 Los eventos de OF más duraderos

La Tabla II muestra los 10 eventos de OF más duraderos en el período 1961-2023. Notar que de los 10 eventos de OF, 5 se dieron en la década del '80, 4 fueron en la década del 2000, y que 7 de ellos se iniciaron en el mes de julio y 3 en junio. Todos estos eventos se dieron en la Patagonia a excepción de 2 de ellos, que se dieron en La Quiaca y en Nueve de Julio.

Tabla II: Lista de los 10 eventos de OF más duraderos del periodo 1961-2023.

N° OMM	Estación	Duración (días)	Fecha inicio	Fecha fin
87925	Río Gallegos Aero	18	28/06/1982	15/07/1982
87904	El Calafate	16	01/07/1982	16/07/1982
87904	El Calafate	16	11/07/2001	26/07/2001
87909	San Julián Aero	13	03/07/1982	15/07/1982
87860	Comodoro Rivadavia Aero	11	15/07/2001	25/07/2001
87925	Río Gallegos Aero	11	11/06/2005	21/06/2005
87550	Nueve de Julio	10	04/07/1988	13/07/1988
87803	Esquel Aero	10	19/07/2001	28/07/2001
87909	San Julián Aero	10	25/06/1972	04/07/1972
87007	La Quiaca Obs	9	17/07/1981	25/07/1981

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se analizan las Olas de Frío (OF) de Argentina ocurridas en los semestres fríos abril-septiembre del período de estudio 1961-2023 (63 años). Se trabajó tanto a nivel local con 68 estaciones meteorológicas (para cada estación meteorológica) como a nivel regional, agrupando las 68 estaciones meteorológicas en 9 regiones: Litoral Norte, Litoral Sur, Norte, Noroeste, Cuyo, Centro Norte, Centro Sur, Buenos Aires y Patagonia. Primero se analizaron los valores umbrales (percentil 10) para cada estación meteorológica, que son los valores por debajo de los cuales se considera que una temperatura es extrema.

Al analizar la frecuencia total de las OF en todo período de estudio, se tuvieron entre 4 (en Villa Reynolds Aero, San Luis) y 67 eventos (en Aeroparque, CABA). Esto implica que en promedio se tuvieron entre 0.06 y 1.08 eventos por año. La menor cantidad de OF (entre 4 y 20) se dio principalmente en algunas partes del Noroeste, del Centro Norte, del Centro Sur y de Buenos Aires, con un promedio de menos de 1 OF por cada 3 semestres fríos. La mayor cantidad de OF (entre 35 y 70) se dio principalmente en el centro y sur de la Patagonia, en el noreste de Buenos Aires y en el centro y sur del Litoral Norte. Esto implica un promedio de una OF cada 1 o 2 semestres fríos. Sin embargo, al analizar las series temporales de cada estación meteorológica hubo semestres fríos que no tuvieron OF y otros en donde hubo hasta 7 OF.

Al analizar la frecuencia total de OF en temperatura máxima -OF (TX)- y en temperatura mínima -OF (TN)-, se observó una mayor cantidad de eventos de OF cuando consideramos solamente la temperatura máxima principalmente en las regiones Litoral Norte, Litoral Sur y Norte, con un promedio de entre 2 y 3 eventos por semestre frío. La menor cantidad de eventos de OF (TX) ocurrió principalmente en la Patagonia y en el Centro Sur, con un promedio de 1.8 a 2 casos por semestre frío. En el caso de eventos de OF (TN) la mayor ocurrencia se dio en el Litoral Norte, y en partes de Cuyo, Noroeste, Centro Norte, y Norte, con un promedio de entre 2.3 y 2.7 eventos por semestre frío. La menor cantidad de eventos se dio en el norte de la Patagonia, partes del Centro Sur y de Buenos Aires, con un promedio de entre 0.8 y 1.6 eventos por semestre frío.

A nivel regional se analizó la distribución mensual normalizada de las OF. En todas las regiones julio fue el mes que presentó la mayor cantidad de eventos de OF, seguido por junio. Agosto fue el tercer mes con mayor frecuencia para Litoral Norte, Litoral Sur, Cuyo, Centro Norte, Centro Sur, Buenos Aires y Patagonia.

En cambio para las regiones Norte y Noroeste el tercer mes con mayor frecuencia fue mayo. En abril no hubo eventos de OF. En septiembre no hubo eventos de OF para las regiones Litoral Sur, Norte y Centro Sur.

También se analizó la distribución normalizada de la duración de los eventos de OF. En general para todas las regiones se observa una mayor cantidad de eventos de menor duración y a medida que aumenta la duración del evento disminuye la frecuencia observada. Se destaca la Patagonia como la región que tiene más eventos de OF que duran 10 o más días. Las regiones que presentan eventos de duración de más de 7 días -además de la Patagonia- son Litoral Norte, Litoral Sur, Noroeste y Buenos Aires. La región Norte no presentó nunca eventos de más de 6 días de duración.

A nivel regional la Patagonia presentó la mayor cantidad de eventos de OF normalizado, seguido por Litoral Norte, Litoral Sur, Buenos Aires, Cuyo, Centro Norte, Noroeste, Centro Sur, y por último Norte. En promedio ninguna región llega a presentar una OF por cada semestre frío. El Norte fue la región con menor cantidad de eventos, presentando en promedio aproximadamente 1 evento de OF cada 5 años.

A nivel local se analizó la duración media de las OF. Los valores más bajos (entre 3 y 3.5 días) se dieron principalmente en el Norte. Los valores más altos, de entre 4 y 5 días, se observaron principalmente en la Patagonia. Los eventos de OF (TX) tienen una duración de entre 4 y 5 días en todo el país. En cambio los eventos de OF (TN) son menos duraderos, en general de entre 3.5 y 4.5 días.

A nivel local se analizaron las tendencias lineales de la cantidad de eventos de OF, OF (TX) y OF (TN) para el período 1961-2023. Los eventos de OF presentan en general tendencias negativas (con valores que indican disminución de entre 0 y 1 OF en el período), ninguna significativa. Las tendencias positivas se dieron principalmente en el sureste de Buenos Aires, parte del Litoral Norte, del Noroeste y del Centro Norte, con valores que indican un aumento de entre 0 y 1 OF en el período. Las tendencias de los eventos de OF (TX) presentan en general mayores valores que las de OF, llegando a alcanzar más fácilmente disminuciones de entre 1 y 2 días en el período, esto ocurre principalmente en Buenos Aires, Centro Sur y parte de la Patagonia. Las tendencias de OF (TN) son aún más marcadas, llegando a disminuciones de entre 2 y 4 días. Aunque también se encuentran algunas estaciones con tendencias positivas, principalmente en el centro de Buenos Aires y en partes de la provincia de Córdoba. La significancia de estas tendencias solo se dio en 5 estaciones meteorológicas para OF (TN) y en 1 para OF (TX). La Quiaca fue la estación que presentó los mayores valores de tendencia (negativos), las cuales fueron significativas en OF (TX) y OF (TN).

A fines de evaluar si las tendencias fueron muy influenciadas por el calentamiento observado de las últimas décadas, se compararon las tendencias lineales de los eventos de OF durante dos períodos: 1961-2023 (63 años) y 1991-2023 (33 años). La tendencia de OF en el período 1991-2023 muestra que si bien se nota una tasa mayor de disminución de eventos de OF con respecto a los eventos del período completo -principalmente en la Patagonia y en la franja central de Argentina, esta disminución no es significativa.

A nivel regional las tendencias de eventos de OF fueron negativas en todas las regiones, excepto en el Norte. Ninguna tendencia fue significativa al 90%.

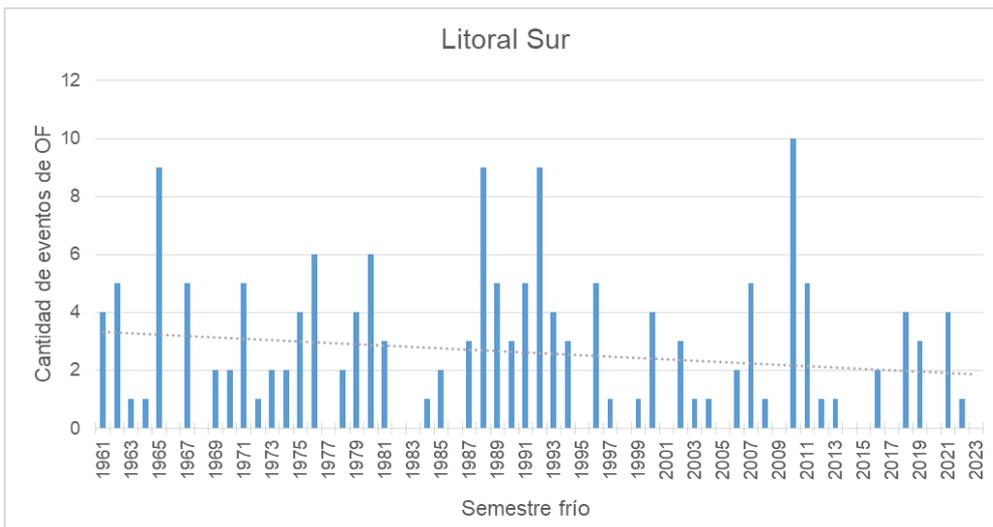
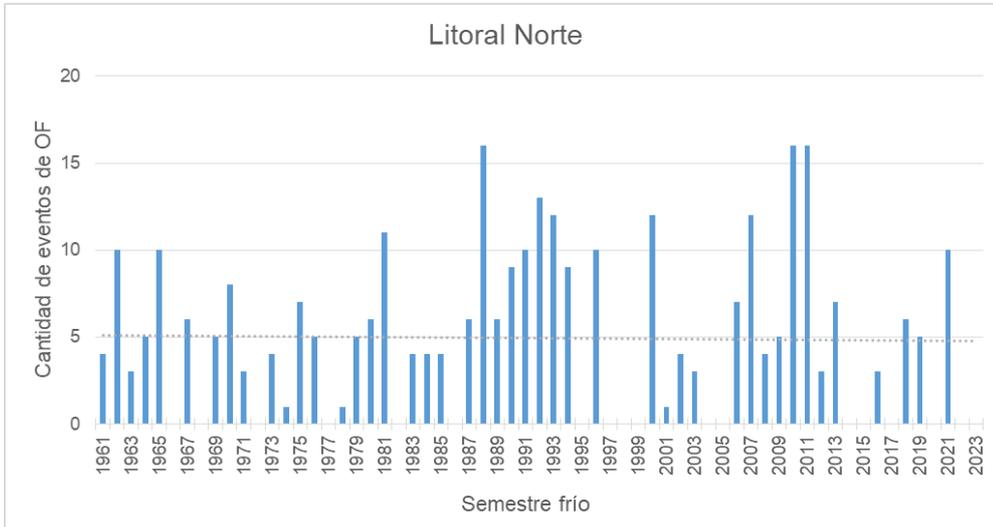
Los 10 eventos de OF más duraderos en el período 1961-2023, se dieron principalmente en las décadas del '80 y del 2000. La mayoría se inició en el mes de julio. Estos eventos se dieron en la Patagonia a excepción de 2.

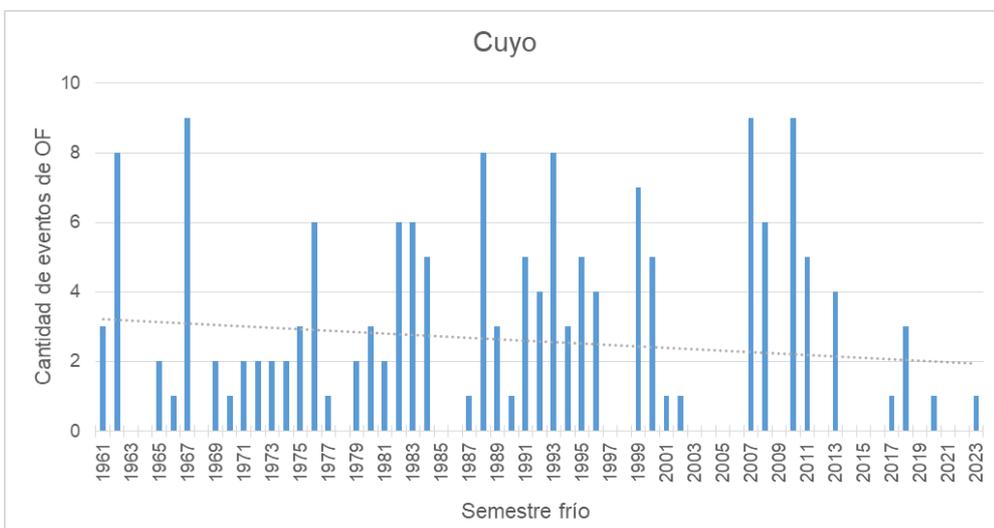
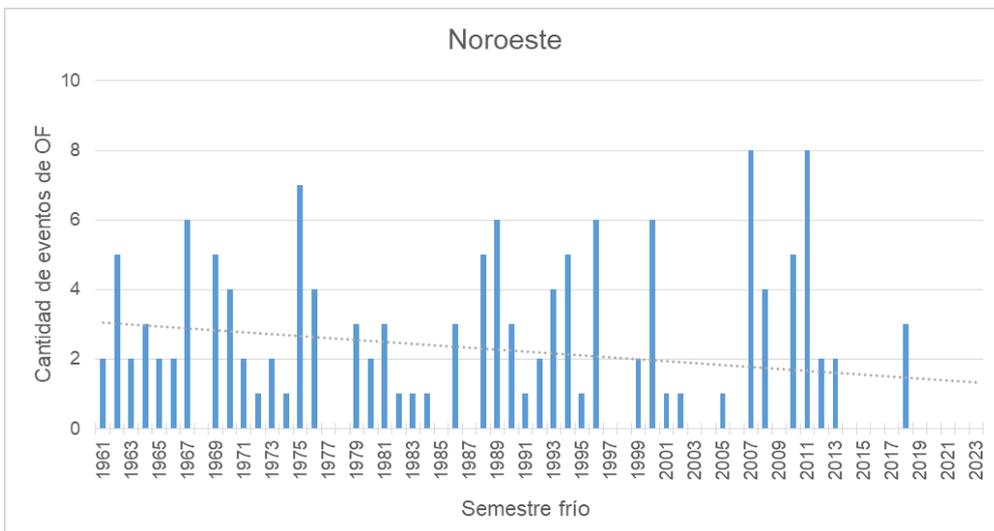
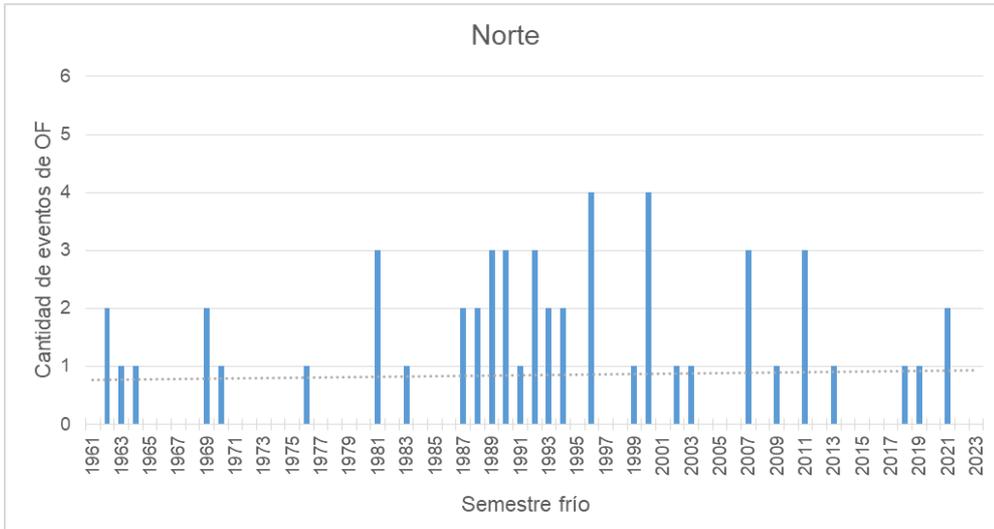
APÉNDICE 1: Estaciones meteorológicas utilizadas

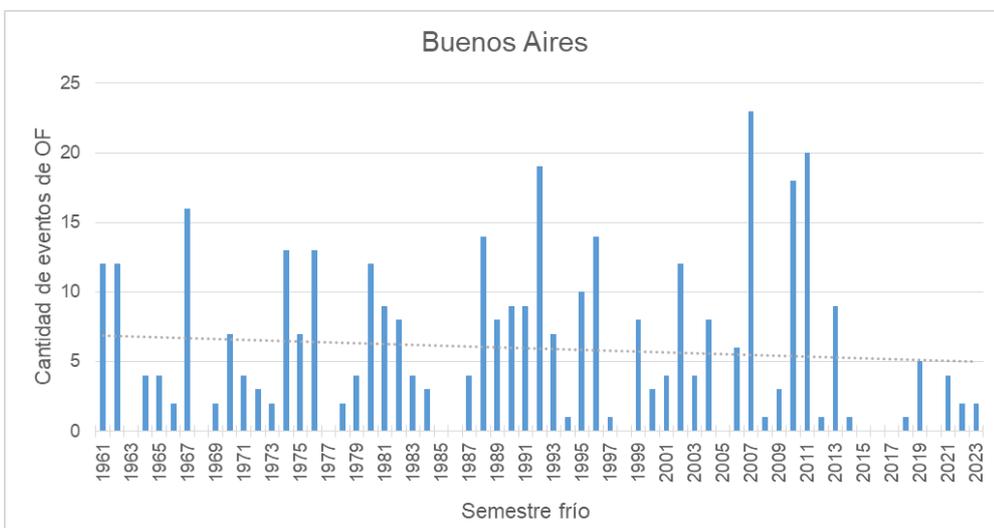
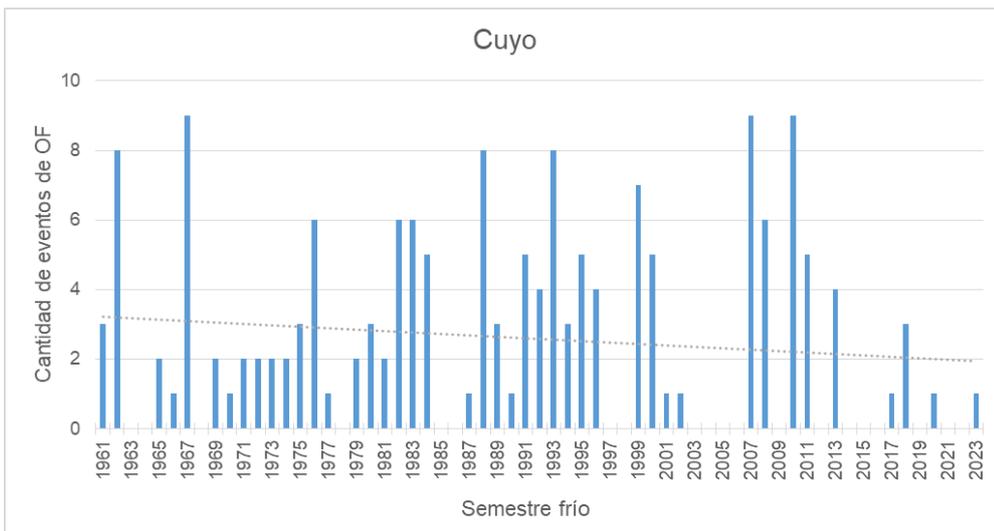
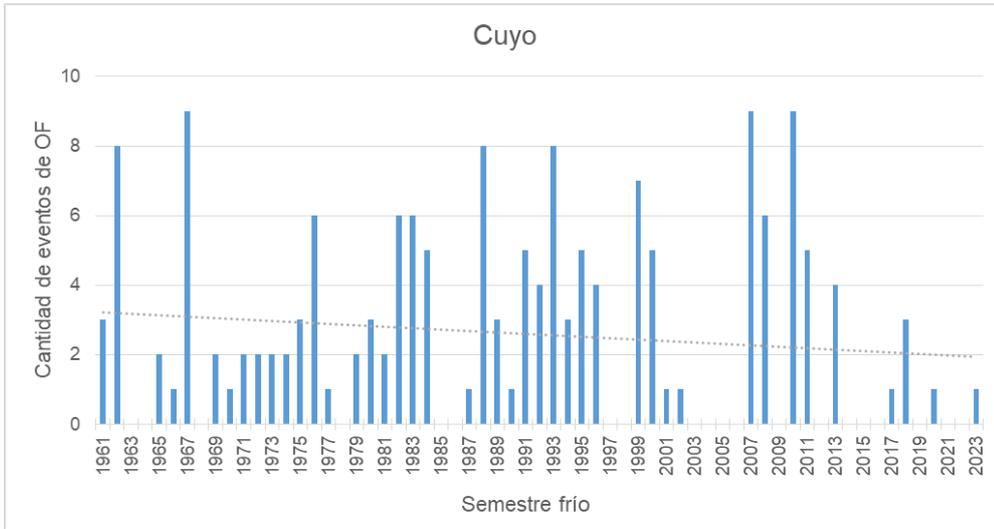
Región	N° OMM	Localidad	Provincia	Longitud	Latitud	P10 (TX)	P10 (TN)
Litoral Norte	87097	Iguazú Aero	Misiones	-54.47	-25.73	17.5	5.4
	87155	Resistencia Aero	Chaco	-59.05	-27.45	16.3	3.8
	87162	Formosa Aero	Formosa	-58.23	-26.20	17.2	6.5
	87166	Corrientes Aero	Corrientes	-58.77	-27.45	16.4	5.3
	87178	Posadas Aero	Misiones	-55.97	-27.37	16.9	6.2
	87270	Reconquista Aero	Santa Fe	-59.70	-29.18	15.2	3.8
	87289	Paso de los Libres Aero	Corrientes	-57.15	-29.68	14.9	4.0
	87393	Monte Caseros Aero	Corrientes	-57.65	-30.27	14.8	4.2
Litoral Sur	87371	Sauce Viejo Aero	Santa Fe	-60.81	-31.70	14.0	1.9
	87374	Paraná Aero	Entre Ríos	-60.48	-31.78	13.4	2.6
	87395	Concordia Aero	Entre Ríos	-58.02	-31.30	14.3	2.6
	87480	Rosario Aero	Santa Fe	-60.78	-32.92	13.2	0.2
	87497	Gualectuaychú Aero	Entre Ríos	-58.62	-33.00	13.3	1.2
Norte	87016	Orán Aero	Salta	-64.32	-23.15	17.4	5.6
	87078	Las Lomitas	Formosa	-60.58	-24.70	18.2	4.7
	87129	Santiago Del Estero Aero	Santiago del Estero	-64.30	-27.77	16.5	0.4
	87148	P. Roque Saenz Peña Aero	Chaco	-60.45	-26.82	17.0	3.8
Noroeste	87007	La Quiaca Obs	Jujuy	-65.60	-22.10	13.7	-9.0
	87046	Jujuy Aero	Jujuy	-65.08	-24.38	15.0	2.8
	87047	Salta Aero	Salta	-65.48	-24.85	13.8	-0.4
	87121	Tucumán Aero	Tucumán	-65.10	-26.85	15.2	4.0
	87217	La Rioja Aero	La Rioja	-66.82	-29.38	16.2	1.7
	87222	Catamarca Aero	Catamarca	-65.77	-28.60	16.4	1.6
	87320	Chamical Aero	La Rioja	-66.28	-30.37	15.3	2.5
Cuyo	87311	San Juan Aero	San Juan	-68.42	-31.57	13.3	-1.9
	87416	San Martín (Mza)	Mendoza	-68.42	-33.08	12.2	-0.8
	87418	Mendoza Aero	Mendoza	-68.78	-32.83	12.0	-0.6
	87436	San Luis Aero	San Luis	-66.35	-33.27	12.6	0.7
	87506	Malargüe Aero	Mendoza	-69.58	-35.50	6.8	-5.2
	87509	San Rafael Aero	Mendoza	-68.40	-34.58	11.0	-1.4
Centro Norte	87257	Ceres Aero	Santa Fe	-61.95	-29.88	14.8	1.8
	87328	Villa Dolores Aero	Córdoba	-65.13	-31.95	14.4	1.5
	87344	Córdoba Aero	Córdoba	-64.22	-31.32	13.3	0.7
	87349	Pilar Obs	Córdoba	-63.88	-31.67	13.2	0.6
	87448	Villa Reynolds Aero	San Luis	-65.38	-33.73	12.4	-3.7
	87453	Río Cuarto Aero	Córdoba	-64.23	-33.12	11.8	1.2
	87467	Marcos Juárez Aero	Córdoba	-62.15	-32.70	13.2	-0.4
	87534	Laboulaye Aero	Córdoba	-63.37	-34.13	12.5	-1.2

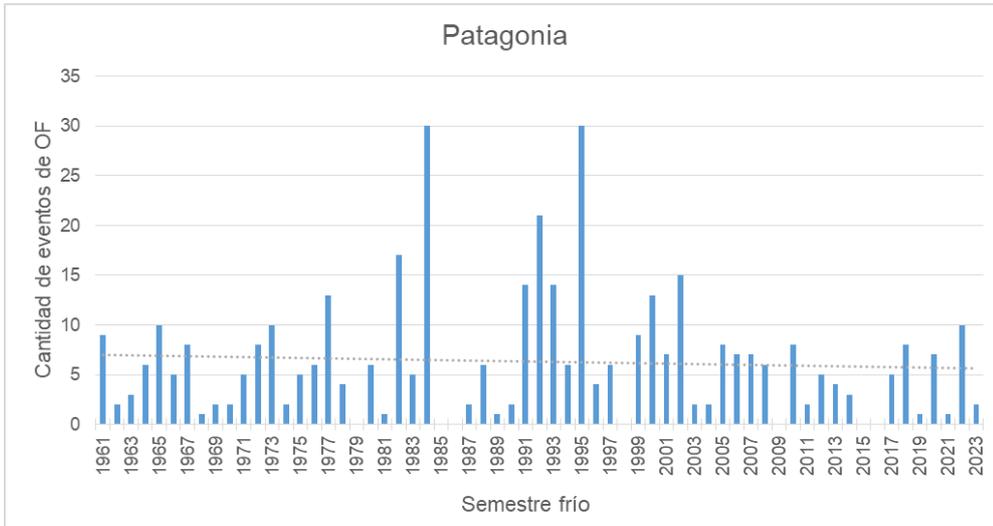
Centro Sur	87532	General Pico Aero	La Pampa	-63.75	-35.70	11.7	-1.4
	87544	Pehuajó Aero	Buenos Aires	-61.90	-35.87	11.2	-1.0
	87623	Santa Rosa Aero	La Pampa	-64.27	-36.57	11.1	-2.0
	87637	Coronel Suárez Aero	Buenos Aires	-61.88	-37.43	9.6	-2.9
	87679	Pigüé Aero	Buenos Aires	-62.38	-37.60	9.0	-2.3
	87688	Tres Arroyos Aero	Buenos Aires	-60.25	-38.33	9.7	-0.5
	87750	Bahía Blanca Aero	Buenos Aires	-62.17	-38.73	10.5	-1.4
Buenos Aires	87548	Junín Aero	Buenos Aires	-60.92	-34.55	12.0	-0.6
	87550	Nueve De Julio	Buenos Aires	-60.88	-35.45	11.8	0.3
	87563	Las Flores Aero	Buenos Aires	-59.10	-36.07	11.3	-1.0
	87576	Ezeiza Aero	Buenos Aires	-58.53	-34.82	12.1	0.4
	87582	Aeroparque	Capital Federal	-58.42	-34.57	12.2	5.1
	87585	Buenos Aires	Capital Federal	-58.48	-34.58	12.7	3.8
	87593	La Plata Aero	Buenos Aires	-57.90	-34.97	11.6	1.0
	87596	Punta Indio B.N.	Buenos Aires	-57.28	-35.37	11.6	1.9
	87640	Bolívar Aero	Buenos Aires	-61.07	-36.20	11.2	-1.0
	87641	Azul Aero	Buenos Aires	-59.83	-36.75	10.5	-2.1
	87645	Tandil Aero	Buenos Aires	-59.25	-37.23	9.8	-1.9
	87648	Dolores Aero	Buenos Aires	-57.73	-36.35	11.4	-0.6
87692	Mar del Plata Aero	Buenos Aires	-57.58	-37.93	10.4	-0.5	
Patagonia	87715	Neuquén Aero	Neuquén	-68.13	-38.95	9.7	-3.1
	87765	Bariloche Aero	Río Negro	-71.17	-41.15	4.1	-6.3
	87774	Maquinchao	Río Negro	-68.73	-41.25	4.0	-8.0
	87791	Viedma Aero	Río Negro	-63.02	-40.85	10.1	-2.3
	87803	Esquel Aero	Chubut	-71.15	-42.93	3.4	-6.4
	87828	Trelew Aero	Chubut	-65.27	-43.20	9.0	-2.7
	87860	Comodoro Rivadavia Aero	Chubut	-67.50	-45.78	7.5	-0.4
	87904	El Calafate	Santa Cruz	-72.03	-50.27	1.8	-6.0
	87909	San Julián Aero	Santa Cruz	-67.75	-49.32	4.1	-3.3
	87925	Río Gallegos Aero	Santa Cruz	-69.28	-51.62	2.8	-5.0

APÉNDICE 2: Series temporales de eventos de OF









6. REFERENCIAS

Chesini F., R. Abrutzky, N. Herrera, M. M. Skansi, S. Fontán, E. Gonzalez Morinigo, F. Savoy, E. de Titto, 2019: Mortalidad asociada a eventos extremos de frío en Argentina, 2005-2015. *Rev Argent Salud Pública*, 2019; 10(41): 28-36. ISSN 1852-8724 impreso, ISSN 1853-810X en línea. Disponible en: <http://rasp.msal.gov.ar/rasp/articulos/volumen41/28-36.pdf>.

IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. doi:10.1017/9781009157896.

World Meteorological Organization (WMO), 2023: *Guidelines on the Definition and Characterization of Extreme Weather and Climate Events*. WMO-No. 1310. 36pp. Geneva: World Meteorological Organization. <https://library.wmo.int/idurl/4/58396>.

Instrucciones para publicar Notas Técnicas

En el SMN existieron y existen una importante cantidad de publicaciones periódicas dedicadas a informar a usuarios distintos aspectos de las actividades del servicio, en general asociados con observaciones o pronósticos meteorológicos.

Existe no obstante abundante material escrito de carácter técnico que no tiene un vehículo de comunicación adecuado ya que no se acomoda a las publicaciones arriba mencionadas ni es apropiado para revistas científicas. Este material, sin embargo, es fundamental para plasmar las actividades y desarrollos de la institución y que esta dé cuenta de su producción técnica. Es importante que las actividades de la institución puedan ser comprendidas con solo acercarse a sus diferentes publicaciones y la longitud de los documentos no debe ser un limitante.

Los interesados en transformar sus trabajos en Notas Técnicas pueden comunicarse con Ramón de Elía (rdelia@smn.gob.ar), Luciano Vidal (lvidal@smn.gob.ar) o Martin Rugna (mrugna@smn.gob.ar) de la Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios, para obtener la plantilla WORD que sirve de modelo para la escritura de la Nota Técnica. Una vez armado el documento deben enviarlo en formato PDF a los correos antes mencionados. Antes del envío final los autores deben informarse del número de serie que le corresponde a su trabajo e incluirlo en la portada.

La versión digital de la Nota Técnica quedará publicada en el Repositorio Digital del Servicio Meteorológico Nacional. Cualquier consulta o duda al respecto, comunicarse con Melisa Acevedo (macevedo@smn.gob.ar).