

Sistema de Alerta Temprana por Temperaturas Extremas Frío (SAT-TE Frío)

Nota Técnica SMN 2022-125

Natalia Herrera¹, Francisco Chesini², Marcos Saucedo³, Matías E. Menalled⁴, Cindy Fernández⁵, Daniela D´Amen⁴, Alicia G. Cejas³

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

² Coordinación de Salud Ambiental, Dirección Nacional de Gestión de Servicios Asistenciales, Ministerio de Salud de la Nación.

³ Dirección de Pronósticos del Tiempo y Avisos (DPTA), SMN.

⁴ Meteorología y Sociedad, Dirección Nacional de Pronósticos y Servicios para la Sociedad, SMN.

⁵ Prensa y Comunicación Ciudadana, SMN.

Abril 2022

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

Las temperaturas frías extremas pueden afectar a la salud de manera de producir un impacto negativo que podría incluso desembocar en la muerte. El impacto de las bajas temperaturas sobre la mortalidad se verifica con posterioridad a los eventos de frío, persistiendo durante rezagos de hasta 14 días. Es indispensable contar con un sistema de alerta temprana, que pueda advertir a la población acerca de la llegada de olas de frío (o temperaturas muy bajas) y a los sistemas de salud, con el fin de aplicar políticas de promoción y protección de la salud. En 2022 se implementará en el Servicio Meteorológico Nacional el Sistema de Alerta Temprana por Temperaturas Extremas Frío (SAT-TE Frío). Este sistema funcionará de manera automatizada para todo el territorio nacional y emitirá un alerta diario. El objetivo es que tanto la población como los organismos de salud, protección civil, emergencias y gestión del riesgo de desastre puedan tomar las medidas de prevención, mitigación y de respuesta adecuadas a cada nivel de alerta. En esta Nota Técnica se describe la metodología utilizada y se ilustra su funcionamiento con resultados del invierno 2021.

Abstract

Extreme cold temperatures can affect health in a way to produce a negative impact that could even lead to death. The impact of low temperatures on mortality is more pronounced days after cold events, persisting for lags of up to 14 days. It is essential to have an early warning system, which can warn the population about the arrival of cold waves (or very low temperatures) and to health services, in order to implement health promotion and protection policies. The Early Warning System of Extreme Cold and Health (SAT-TE Frío in spanish) will be implemented in the argentinian National Meteorological Service in 2022. This system will work in an automated way for the entire national territory and will issue a daily alert. The objective is that both the population and the health organizations, civil protection, emergency and disaster risk management can take the appropriate prevention, mitigation and response measures at each alert level. In this Technical Note the methodology used is described and its operation is illustrated with results of the winter 2021.

Palabras clave: Frío extremo, olas de frío, Argentina, alerta temprana, mortalidad

Citar como:

Herrera N. y otros, 2022: Sistema de Alerta Temprana por Temperaturas Extremas Frío (SAT-TE Frío). Nota Técnica SMN 2022-125.

1. INTRODUCCION

El bienestar del ser humano está relacionado con la temperatura ambiente y tiene un rango de temperatura óptima. Los eventos meteorológicos extremos tanto de frío como de calor, generan impactos sanitarios a nivel poblacional que se ven reflejados en los registros de hospitalizaciones y de mortalidad. Sin embargo, los eventos de temperaturas bajas no han sido tan estudiados como los de temperaturas altas pese a que en ambos extremos se observa que se incrementan los efectos sobre la salud (Carmona Alférez y otros, 2016; Anderson y otros, 2009; Huynen y otros, 2001).

A nivel global la mortalidad es generalmente mayor en invierno que en verano, pero no se le puede atribuir todo el peso a las condiciones meteorológicas (Huynen y otros, 2001). Existe evidencia epidemiológica que asocia la mortalidad diaria con la temperatura ambiente ocurrida durante el día o días anteriores, observándose incrementos en los extremos de temperatura con un patrón de comportamiento en forma de J invertida, V o U (Ryti y otros, 2016). Almeida y otros (2016) describieron que en las ciudades de Buenos Aires y Rosario la relación entre la mortalidad y las temperaturas máximas y mínimas muestra un comportamiento en forma de U.

Estudios realizados en Estados Unidos y en Europa han encontrado una relación inversa entre el descenso de temperatura y la mortalidad general por causas naturales, como así también con incrementos la mortalidad por enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares y respiratorias (Aalitis y otros, 2008; Bhaskaran y otros, 2009; Keatinge y otros, 2004).

Otros estudios refieren al impacto de la variabilidad térmica sobre la salud. No solamente las temperaturas extremas sino también variaciones más pequeñas y frecuentes pueden afectar al organismo de manera de producir un impacto negativo que puede incluso desembocar en la muerte. En el caso de las temperaturas bajas, se reconoce que el efecto sobre la salud manifiesta un rezago más prolongado a partir del momento de la exposición que los relacionados con las temperaturas altas (Armstrong y otros, 2006).

A nivel global no existe un criterio uniforme para definir una ola de frío, sin embargo existe consenso en que es un período de días consecutivos con temperaturas extremas (Ryti y otros, 2016). El Servicio Meteorológico Nacional de Argentina (SMN) las define 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.gov.ar/estadisticas>). El SMN define un día frío (DF) cuando las temperaturas máximas y mínimas de ese día son inferiores o igualan al percentil 10 en forma simultánea.

La definición de una ola de frío (OF) es sitio específica, por tanto los umbrales son calculados para cada una de las localidades. Por ejemplo, las temperaturas que pueden significar ola de frío en La Rioja (1.7°C y 16.2°C de temperatura mínima y máxima respectivamente) pueden no serlo en Rosario (0.2°C y 13.2°C) o Esquel (-6.4°C y 3.4°C).

La evidencia sugiere que los efectos en la salud de las OF son más pronunciados en climas templados (Ryti y otros, 2016). Dada la extensa geografía de la República Argentina, el país presenta una gran variedad de climas, por lo que las OF presentan diferentes características -intensidad, duración y frecuencia de ocurrencia- a lo largo y ancho del país. La mayor frecuencia de las OF se da en el mes de julio, seguido por los meses de junio, agosto y mayo, siendo abril y septiembre los meses en donde es muy raro encontrar una OF en alguna ciudad de Argentina. Con respecto a la duración de las OF, principalmente son de 3 a 5 días, pudiéndose encontrar casos más extensos, como fue en Comodoro Rivadavia que en julio de 2001 presentó una OF de

11 días. Por otro lado, la distribución espacial de la frecuencia de las OF es muy variable, se presenta una menor cantidad de casos en las ciudades del noroeste argentino y en la zona cuyana, y una mayor cantidad de casos hacia el noreste, este y sur del país (<https://www.smn.gov.ar/estadisticas>).

En los últimos 60 años se observó en gran parte del país un aumento en las temperaturas a nivel anual, especialmente en el caso de las temperaturas mínimas. Contrariamente, durante el invierno (junio-julio-agosto), el aumento fue mayor en las temperaturas máximas medias, en tanto que las temperaturas mínimas medias en la zona central del país y parte central del norte de la Patagonia y de la provincia de Buenos Aires no mostraron cambios o incluso disminuyeron (<https://www.smn.gov.ar/clima/tendencias>).

Asociado al aumento de las temperaturas a nivel anual, los días con temperaturas mínimas inferiores al percentil 10 (Tn10p) y los días con temperaturas máximas inferiores al percentil 10 (Tx10p) han disminuido, siendo más coherente espacialmente la disminución en el caso de la Tn10p. Sin embargo, se observa que en gran parte de las localidades analizadas en Argentina estas tendencias fueron débiles y en muchos casos no significativas (Skansi y otros, 2013). Se destaca que en los meses de julio y agosto en general no se observó una disminución en la frecuencia de Tx10p ni de Tn10p, incluso en algunas localidades han aumentado (http://www.crc-sas.org/es/climatologia_extremos_climaticos.php).

En Argentina se han evaluado los efectos de las bajas temperaturas sobre la mortalidad en 21 ciudades para el período 2005-2015, en un estudio realizado por el Ministerio de Salud, el SMN, la Universidad Nacional de Entre Ríos, la Universidad Nacional de La Matanza y la Universidad de Buenos Aires. Allí se reportó que en la semana posterior a un DF el riesgo de morir aumentó significativamente en la mitad de las ciudades analizadas (entre un 4,1% y un 13,9%), mientras que las OF se asocian con un aumento en el riesgo de morir en la semana posterior en ocho ciudades (entre 5,5% y 30,3%) y en 10 ciudades en las dos semanas posteriores, aunque con valores algo más bajos. El riesgo de morir en las personas mayores de 64 años también se incrementó en 8 ciudades en la semana posterior a una OF (entre 7,5% y 62,3%). Además, se observaron incrementos significativos en el riesgo de morir por causas cardiovasculares y respiratorias en la semana posterior a los eventos de frío extremo pero con gran variabilidad. Por último, son destacables los incrementos en el riesgo de morir en ciudades con clima subtropical, como Corrientes, Formosa, Posadas y Resistencia (Chesini y otros, 2019). Esto último refuerza la necesidad de contar con un sistema de alerta temprana de alcance nacional.

A partir de las evidencias de los episodios de frío extremo y de sus impactos sobre la salud de la población, se pone de manifiesto la importancia de contar con un sistema de alerta temprana por temperaturas extremas que contribuya a reducir los impactos del mismo sobre la población. Desde el verano 2017-2018 hasta el verano 2019-2020, el SMN implementó el Sistema de Alerta Temprana por Olas de Calor y Salud. (SAT-OCS) (Herrera y otros, 2018). A partir del 2021 este sistema se reemplaza por el Sistema de Alerta Temprana por Temperaturas Extremas Calor (SAT-TE Calor) (Herrera y otros, 2021), el cual pasa a cubrir todo el territorio continental argentino, incluyendo las Islas Malvinas. De manera análoga pero para los eventos fríos, durante el semestre frío del año 2021 funcionó a nivel interno el Sistema de Alerta Temprana por Temperaturas Extremas Frío (SAT-TE Frío), el cual pasará a fase operativa para todo el público en 2022 y se presenta con detalle en esta Nota Técnica.

2. SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA POR TEMPERATURAS EXTREMAS FRÍO (SAT-TE FRÍO)

El SAT-TE Frío fue implementado a nivel interno desde mayo hasta septiembre de 2021. En 2022 este Sistema estará operativo durante todo el año, sustituyendo las antiguas Advertencias por bajas temperaturas que estuvieron en funcionamiento hasta septiembre de 2021. En el desarrollo de este Sistema participaron distintas áreas del SMN (Dirección Central de Monitoreo del Clima, Dirección de Operaciones y Comunicaciones Meteorológicas, Dirección de Procesamiento y Soporte de Información Meteorológica, Dirección de Pronósticos del Tiempo y Avisos, Prensa y comunicación y Departamento Meteorología y Sociedad), junto con el Programa Nacional de Reducción de Riesgos para la Salud Asociados al Cambio Climático, Coordinación de Salud Ambiental, Dirección Nacional de Gestión de Servicios Asistenciales del Ministerio de Salud. El Sistema ha sido desarrollado para funcionar de manera automatizada emitiendo alertas para todo el territorio continental argentino, incluyendo las Islas Malvinas. La información se agrupa en 168 regiones fijas (Figura 1, izquierda) y se basa en los datos estadísticos recopilados en 71 estaciones meteorológicas (Figura 1, derecha), en las cuales se calculan las condiciones necesarias para que se activen los alertas. Para la creación de estas áreas se tuvieron en cuenta las características geográficas, por ejemplo los sectores costeros o los montañosos se separaron en regiones aparte. Asociadas a cada estación meteorológica se encuentra un área de color, que -en la mayoría de los casos- abarca más de una de las 168 áreas antes mencionadas. La temperatura es una variable donde los extremos de temperatura son espacialmente homogéneos en el espacio. Esto permite extrapolar el alerta de la estación meteorológica a la región considerada en cada caso. El objetivo del SAT-TE Frío es que tanto la población como los organismos de salud y protección civil puedan tomar las medidas de prevención, mitigación y de respuesta adecuadas a cada nivel de alerta.

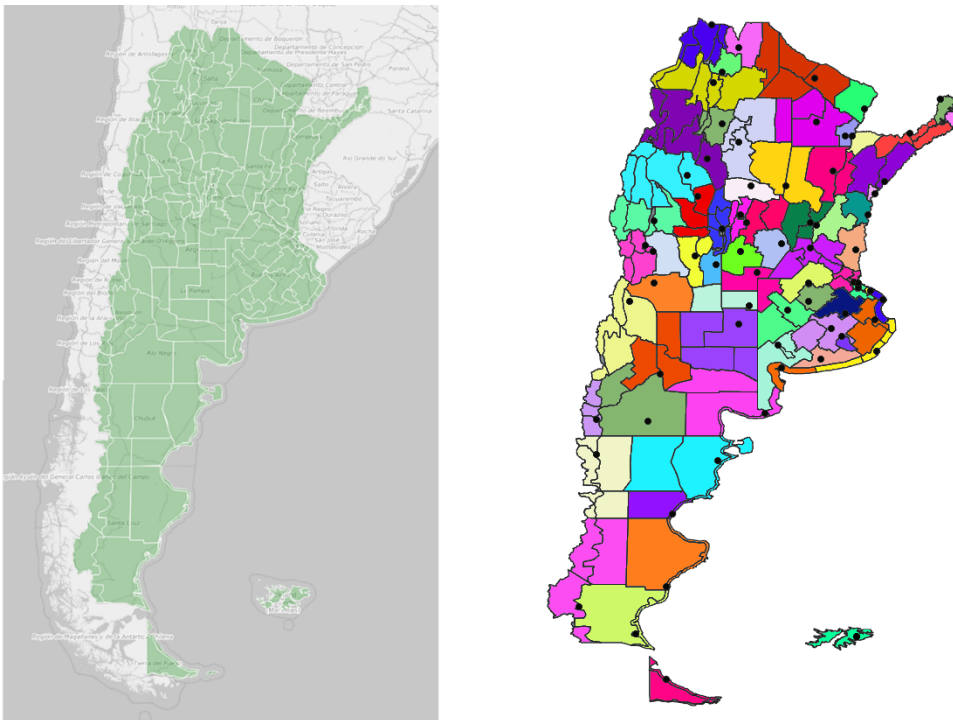


Fig. 1: División del país en 168 áreas (izquierda). Las 71 estaciones meteorológicas y sus áreas de influencia asociadas (derecha). Tomada de Saucedo (2018).

Niveles de alerta y efectos sobre la salud:

El SAT-TE Frío tiene una clasificación de 4 niveles de alerta con su asociado efecto en la salud (Figura 2).

<p>VERDE: Sin efecto sobre la salud Sin peligro sobre la salud de la población.</p>
<p>AMARILLO: Efecto leve a moderado en la salud Las temperaturas extremas pueden ser peligrosas, sobre todo para los grupos de riesgo, como niños y niñas, personas mayores de 65 años, con enfermedades crónicas.</p>
<p>NARANJA: Efecto moderado a alto en la salud Las temperaturas extremas pueden ser muy peligrosas, especialmente para los grupos de riesgo.</p>
<p>ROJO: Efecto alto a extremo en la salud Las temperaturas extremas son muy peligrosas. Pueden afectar a todas las personas, incluso a las saludables.</p>

Fig. 2: Niveles de alerta del SAT-TE Frío y sus efectos sobre la salud. Fuente: Ministerio de Salud.

El SAT-TE Frío emite un alerta diario alrededor de las 19 horas. Dicho alerta tiene una validez de 24 horas. Para definir los alertas se tienen en cuenta para cada estación meteorológica las temperaturas máximas y mínimas observadas en los días previos, las estimaciones de las temperaturas máxima y mínima del día que se emite el alerta y el pronóstico a 24 h de las temperaturas máxima y mínima. En la Tablas I, II y III se describen las condiciones necesarias para que se activen los niveles de alerta ya mencionados (en la Sección 8 - Apéndice se muestra qué indica cada parámetro). En la Sección 9 se muestran los valores de los umbrales mencionados.

Tabla I: Condiciones necesarias para que se active el alerta amarillo. Notar que el mismo alerta puede estar declarado para situaciones diferentes.

ALERTA AMARILLO		
Caso 1. Hay pronóstico de día frío para el día siguiente.	$\text{Prono}(24h) \leq P10$	$\text{Prono_Tmin}(24h) \leq P10_Tmin$ $\text{Prono_Tmax}(24h) \leq P10_Tmax$
Caso 2. Se observa un día frío y hay pronóstico de temperatura mínima extrema para el día siguiente.	$\text{Obs}(0) \leq P10$ $\text{Prono}(24h) \leq P10_Tmin$	$\text{Obs_Tmin}(0) \leq P10_Tmin$ $\text{Obs_Tmax}(0) \leq P10_Tmax$ $\text{Prono_Tmin}(24h) \leq P10_Tmin$

Tabla II: Condiciones necesarias para que se active el alerta naranja. Notar que el mismo alerta puede estar declarado para situaciones diferentes.

ALERTA NARANJA		
Caso 1. Se observan dos días fríos y hay pronóstico de día frío para el día siguiente, con condición de que para la temperatura mínima sea inferior al P1.	$Obs(-1) \leq P10$ $Obs(0) \leq P10$ $Prono(24h) \leq P1_Tmin$ $Prono(24h) \leq P10_Tmax$	$Obs_Tmin(-1) \leq P10_Tmin$ $Obs_Tmax(-1) \leq P10_Tmax$ $Obs_Tmin(0) \leq P10_Tmin$ $Obs_Tmax(0) \leq P10_Tmax$ $Prono_Tmin(24h) \leq P1_Tmin$ $Prono_Tmax(24h) \leq P10_Tmax$
Caso 2. Se observan tres días fríos y hay pronóstico de día frío para el día siguiente.	$Obs(-2) \leq P10$ $Obs(-1) \leq P10$ $Obs(0) \leq P10$ $Prono(24h) \leq P10$	$Obs_Tmin(-2) \leq P10_Tmin$ $Obs_Tmax(-2) \leq P10_Tmax$ $Obs_Tmin(-1) \leq P10_Tmin$ $Obs_Tmax(-1) \leq P10_Tmax$ $Obs_Tmin(0) \leq P10_Tmin$ $Obs_Tmax(0) \leq P10_Tmax$ $Prono_Tmin(24h) \leq P10_Tmin$ $Prono_Tmax(24h) \leq P10_Tmax$

Tabla III: Condiciones necesarias para que se active el alerta rojo. Notar que el mismo alerta puede estar declarado para situaciones diferentes.

ALERTA ROJO		
Caso 1. Se observan tres días con condiciones de ola de frío extrema, con la temperatura mínima debajo del P5, y hay pronóstico de día frío para el día siguiente, con condición de que para la temperatura mínima sea inferior al P1.	$Obs(-2) \leq P5_Tmin$ $Obs(-2) \leq P10_Tmax$ $Obs(-1) \leq P5_Tmin$ $Obs(-1) \leq P10_Tmax$ $Obs(0) \leq P5_Tmin$ $Obs(0) \leq P10_Tmax$ $Prono(24h) \leq P1_Tmin$ $Prono(24h) \leq P10_Tmax$	$Obs_Tmin(-2) \leq P5_Tmin$ $Obs_Tmax(-2) \leq P10_Tmax$ $Obs_Tmin(-1) \leq P5_Tmin$ $Obs_Tmax(-1) \leq P10_Tmax$ $Obs_Tmin(0) \leq P5_Tmin$ $Obs_Tmax(0) \leq P10_Tmax$ $Prono_Tmin(24h) \leq P1_Tmin$ $Prono_Tmax(24h) \leq P10_Tmax$

Caso 2. Se observan cuatro días con condiciones de ola de frío y hay pronóstico de día frío para el día siguiente.	$Obs(-3) \leq P10$	$Obs_Tmin(-3) \leq P10_Tmin$
	$Obs(-2) \leq P10$	$Obs_Tmax(-3) \leq P10_Tmax$
	$Obs(-1) \leq P10$	$Obs_Tmin(-2) \leq P10_Tmin$
	$Obs(0) \leq P10$	$Obs_Tmax(-2) \leq P10_Tmax$
	$Prono(24h) \leq P10$	$Obs_Tmin(-1) \leq P10_Tmin$
		$Obs_Tmax(-1) \leq P10_Tmax$
		$Obs_Tmin(0) \leq P10_Tmin$
		$Obs_Tmax(0) \leq P10_Tmax$
		$Prono_Tmin(24h) \leq P10_Tmin$
		$Prono_Tmax(24h) \leq P10_Tmax$

Casos especiales:

Una vez que se emite alerta naranja, es prácticamente un hecho que la situación de frío extremo está instalada, y si el pronóstico sigue indicando persistencia de bajas temperaturas, la única forma de bajar el nivel de alerta (a verde) es una vez que se superó la situación de frío extremo. Por eso es que:

- Si ayer se emitió alerta naranja y hoy se calculó alerta amarillo, el resultado es alerta naranja.
- Si ayer se emitió alerta rojo y hoy se calculó alerta amarillo o naranja, el resultado es alerta rojo.
- El cambio de nivel de alerta a rojo es solo con criterios meteorológicos (Tabla III). A futuro también va a poder contemplar condiciones locales tales como falta de electricidad, falta de gas, nevadas intensas que produzcan aislamientos de ciudades por cortes de ruta, entre otras, que combinadas con los criterios meteorológicos mencionados arriba (presencia de una OF y con pronóstico de continuidad de temperaturas bajas) resulten en un cambio de nivel de alerta a rojo.

Como los pronósticos tienen su grado de error, y no se quiere subestimar la posible ocurrencia de un día frío, a todos los pronósticos de temperatura se les resta 1°C (es decir, si el pronóstico de temperatura mínima y máxima a 24 h es 5°C y 12°C respectivamente, el sistema considera que el pronóstico es de 4°C y 11°C).

3. TOMA DE DECISIÓN Y ACCIONES DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

El SAT-TE Frío cuenta con dos áreas gubernamentales usuarias de la información a nivel nacional: el Ministerio de Salud (MSal) y la Subsecretaría de Gestión del Riesgo y Protección Civil (SGRPC) del Ministerio de Seguridad.

En el caso del MSal esta información es recibida por la Dirección Nacional de Emergencias Sanitarias y por la Dirección Nacional de Epidemiología e Información Estratégica. Cada una de las áreas remite los alertas a sus contrapartes provinciales para la realización de acciones de prevención en los sistemas de salud pública. La Dirección de Comunicación Institucional y Prensa comunica a través del sitio web y otros medios de comunicación las recomendaciones de acciones a realizar antes y durante un evento de temperatura extrema por frío para la población en general.

Por otro lado, se trabajó con la SGRPC en el envío de la información para la toma de decisión especialmente en lo que refiere a las consecuencias del evento mencionado. En este sentido, la SGRPC toma la información

emitida por el SAT-TE Frío para monitorear poblaciones vulnerables afectadas. Asimismo la SGRPC toma contacto con las áreas provinciales de Defensa Civil y locales en el caso de que fuera necesario.

Para la difusión de la información a los organismos de emergencia y gestión del riesgo de desastres, el Departamento de Meteorología y Sociedad del SMN es responsable de la comunicación previa a todas las Defensas Civiles provinciales, Cruz Roja Argentina y Administración de Parques Nacionales para notificarles del lanzamiento del sistema, junto al envío del instructivo actualizado para una utilización e interpretación óptima del mismo. Adicionalmente, con el objetivo de garantizar que la información se reciba en tiempo y forma, se definió que cada vez que se active un nivel de alerta del SAT-TE Frío se envíe de manera automatizada un correo electrónico a las áreas provinciales de Defensa Civil, Cruz Roja Argentina y Administración de Parques Nacionales incluidas en las regiones bajo alerta. Para ello, se mantiene actualizada la base de datos del SAT para garantizar el envío segmentado de los alertas. Es decir que, cada tomador de decisión recibe solo la información de los municipios de su provincia.

4. DISTRIBUCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Diariamente se envía por correo electrónico una actualización informando el estado del sistema de alerta, solamente cuando se emite algún alerta de riesgo (amarillo, naranja o rojo) para las siguientes 24 horas a:

- El Ministerio de Salud (MSal) y la Subsecretaría de Gestión del Riesgo y Protección Civil (SGRPC) del Ministerio de Seguridad.
- Organismos provinciales de protección civil, emergencias y gestión del riesgo de desastre.
- Cruz Roja Argentina.
- Administración de Parques Nacionales.

Esta información se puede remitir a los organismos locales a través de los canales de comunicación establecidos por cada institución.

- Agencias de prensa y medios de comunicación nacionales, provinciales y locales.

5. RECOMENDACIONES FRENTE A TEMPERATURAS EXTREMAS FRÍO

Las recomendaciones para este tipo de eventos son indicadas por el Ministerio de Salud. A continuación se reseñan algunas de ellas:

- Evitar exponerse por tiempo prolongado al frío en exteriores. De salir, abrigarse con muchas capas de ropa liviana.
- Generar más calor corporal mediante el movimiento (caminar, levantarse y sentarse, mover las extremidades, etc.).
- Mantener la casa calefaccionada de forma segura.
- Evitar los cambios bruscos de temperatura, ya que pueden provocar enfermedades del sistema respiratorio.
- Tomar mucho líquido y evitar el consumo de bebidas alcohólicas.
- En caso de verse afectado por el frío, no automedicarse, consultar con un médico o dirigirse al centro de salud más cercano.
- De tener medicación recetada mantener el plan de acción actualizado.

- No fumar en ambientes cerrados.
- Prestar especial atención a los niños y niñas, a las personas mayores y aquellas con enfermedades crónicas.

6. ALGUNOS EJEMPLOS DEL SAT-TE FRÍO EN EL INVIERNO 2021

En la Figura 3 se muestran los ejemplos de los alertas emitidos para Concordia, Corrientes y Presidencia Roque Saenz Peña durante un periodo comprendido entre el 9 de junio y el 31 de julio de 2021 (el SAT-TE Frío funcionó solamente a nivel interno durante ese año). Junto con los alertas, se encuentran los valores observados de las temperaturas máxima (Tmax) y mínima (Tmin) y los valores del percentil 10 (P10_Tmax y P10_Tmin) de las mismas. En general casi todas las olas de frío pudieron ser advertidas por lo menos un día antes. También se puede observar que existieron alertas amarillas que no concluyeron en ola de frío, pero sí se observa en los días siguientes valores de Tmin y de Tmax que oscilaron en torno al valor de P10_Tmin y P10_Tmax o incluso fueron inferiores en algunos días indicando que hubo un período con temperaturas frías aunque no llegara a definirse como ola de frío.

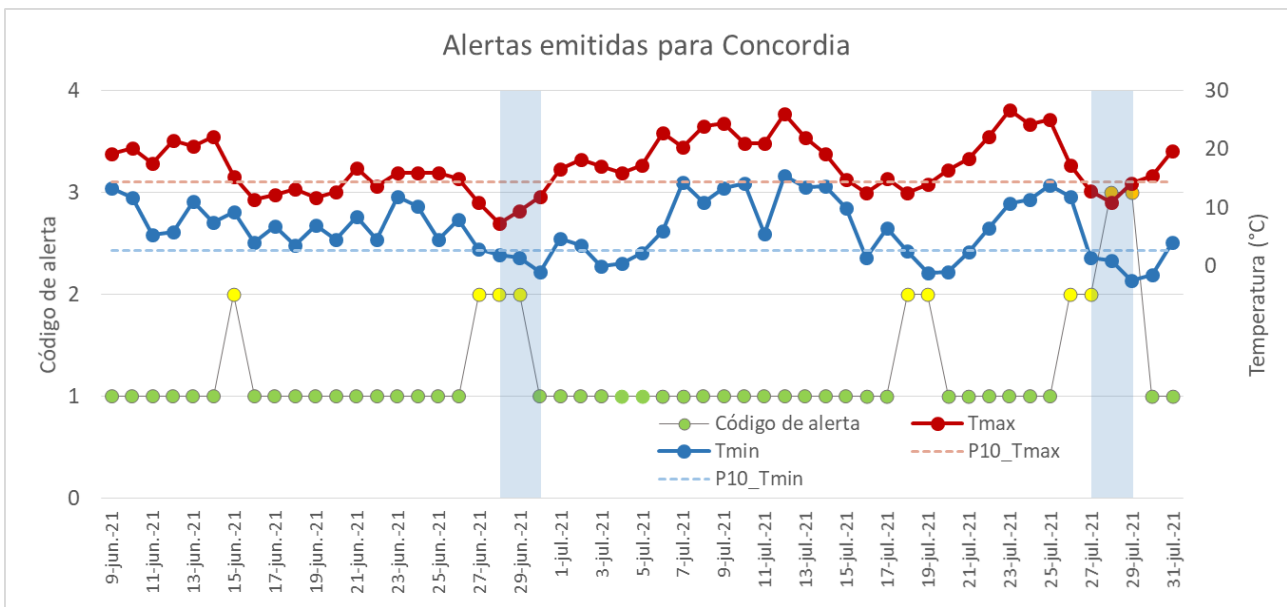


Fig. 3: SAT-TE Frío para Concordia, Corrientes y Presidencia Roque Saenz Peña. Olas de frío observadas en junio y julio de 2021 (sombreadas en azul). Los niveles de alerta son 0 si no se puede calcular (blanco), 1 si es alerta verde, 2 si es alerta amarilla, 3 si es alerta naranja y 4 si es alerta rojo. En líneas con punto de color rojo y azul se muestran las temperaturas máximas y mínimas diarias observadas, respectivamente. El percentil 10 de ambas temperaturas se muestra en línea punteada con el color correspondiente.

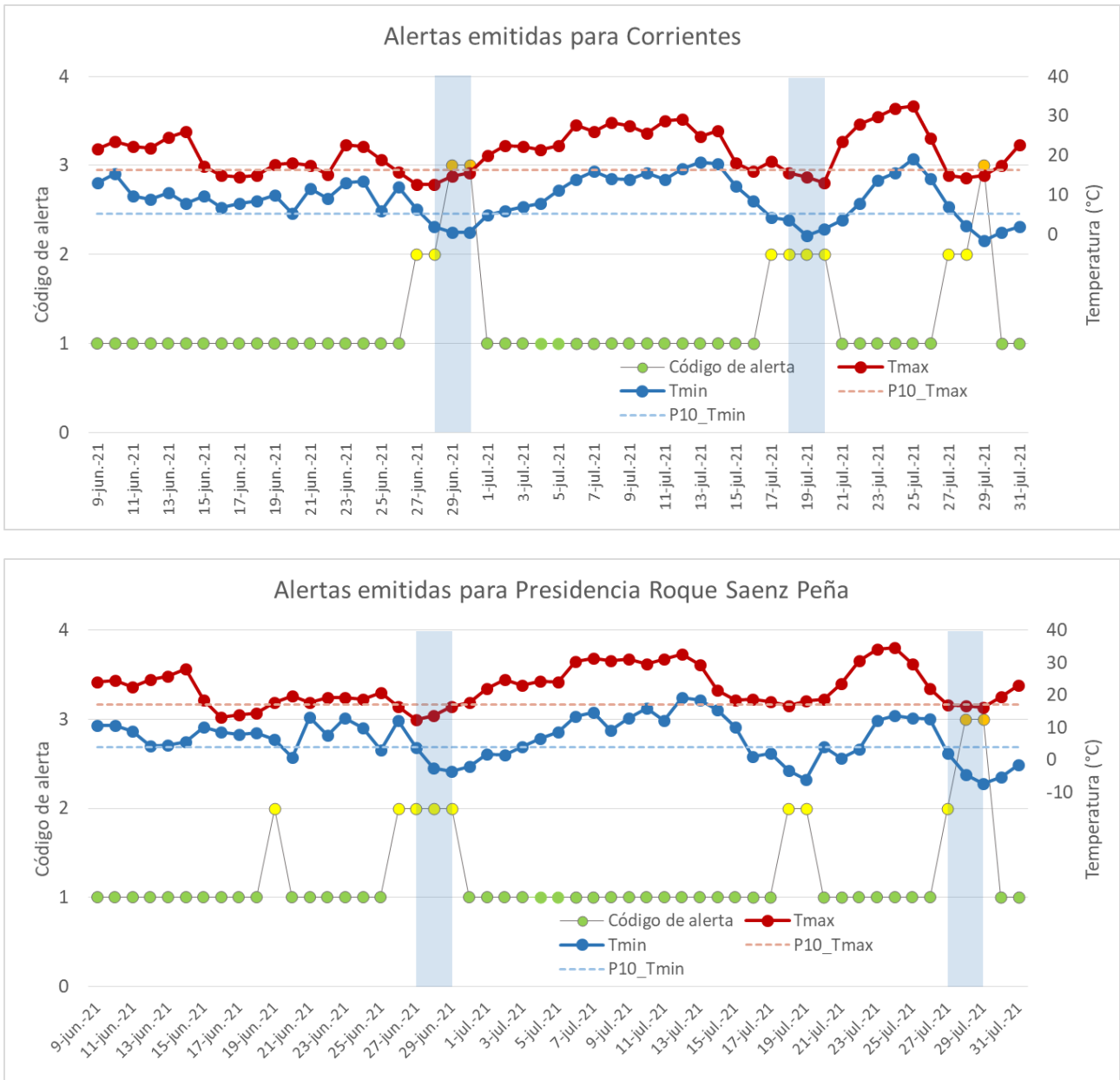


Fig. 3: Continuación.

7. CONCLUSIONES

El Sistema de Alerta Temprana por Temperaturas Extremas Frío (SAT-TE Frío) es el primer sistema automatizado de alerta temprana por frío extremo en Argentina, que abarca a 71 estaciones meteorológicas, cubriendo todo el territorio continental argentino, incluyendo las Islas Malvinas. Este Sistema se basa en la definición de día frío como el día en donde las temperaturas máxima y mínima son inferiores o iguales al percentil 10 en forma simultánea. Si esta condición ocurre por 3 días consecutivos se denomina ola de frío.

Con esta definición de día frío y de ola de frío un estudio previo (Chesini y otros, 2019) evidenció un aumento significativo de la mortalidad. A partir de estas evidencias se pone de manifiesto la importancia de contar con un sistema de alerta temprana por frío extremo que contribuya a reducir los impactos del mismo sobre la salud de la población.

Hay varios aspectos que se pueden reevaluar de este Sistema, entre los más importantes se destacan:

- Se podría evaluar si existiera un aumento significativo de la mortalidad disparado por algún umbral de temperatura específico, sin la necesidad de estar bajo condiciones estrictas de frío extremo.
- El Sistema pretende anticipar a la población sobre la llegada de un día frío, a través de pronósticos y temperaturas observadas. Para esto utiliza estimaciones, las cuales se podrían ajustar para cada estación meteorológica y así evaluar si hay una mejora en el Sistema. Por ejemplo, la temperatura máxima del día que se emite el alerta se estima sumándole 1°C a la temperatura horaria más alta. Pero puede ser que para alguna localidad el valor más correcto sea 2°C y para otra localidad 0.5°C. De esta manera se estaría subestimando o sobreestimando la temperatura máxima absoluta. A partir de un análisis más exhaustivo se puede estimar este valor para cada estación meteorológica y cada mes.
- Coordinación con el Ministerio de Salud y el SINAGIR sobre la activación del alerta rojo por cuestiones que no sean meteorológicas (condiciones locales tales como falta de electricidad u otras).

8. APÉNDICE

Definiciones de las abreviaturas utilizadas:

Prono_Tmin(24h): Pronóstico de temperatura mínima a 24 h.

Prono_Tmax(24h): Pronóstico de temperatura máxima a 24 h.

P10_Tmin / P5_Tmin / P1_Tmin: percentil 10 / 5 / 1 de la temperatura mínima.

P10_Tmax: percentil 10 de la temperatura máxima.

Obs_Tmax(0): temperatura máxima estimada para el día de hoy. Debido a que el dato de temperatura máxima se obtiene a las 21 h, la misma en el "día 0" se estima con las temperaturas horarias, sumándole 1°C a la temperatura horaria más alta.

Obs_Tmin(0): temperatura mínima estimada para el día de hoy. Debido a que el dato de temperatura mínima se obtiene a las 21 h, la misma en el "día 0" se estima con las temperaturas horarias, restándole 1°C a la temperatura horaria más baja.

Obs_Tmin(-1) / Obs_Tmin (-2) / Obs_Tmin (-3): temperaturas mínimas observadas hace un / dos / tres días.

Obs_Tmax(-1) / Obs_Tmax (-2) / Obs_Tmax (-3): temperaturas máximas observadas hace un / dos / tres días.

9. VALORES DE LOS UMBRALES

N° OMM	Localidad	PROVINCIA	Longitud	Latitud	P10 Tmin	P5 Tmin	P1 Tmin	P10 Tmax
87007	La Quiaca Obs	Jujuy	-65.60	-22.10	-9.0	-10.0	-12.0	13.7
87016	Orán Aero	Salta	-64.32	-23.15	5.6	3.8	0.5	17.4
87046	Jujuy Aero	Jujuy	-65.08	-24.38	2.8	1.2	-1.6	15.0
87047	Salta Aero	Salta	-65.48	-24.85	-0.4	-1.9	-4.6	13.8
87078	Las Lomitas	Formosa	-60.58	-24.70	4.7	2.0	-1.9	18.2
87097	Iguazú Aero	Misiones	-54.47	-25.73	5.4	3.5	0.0	17.5
87121	Tucumán Aero	Tucumán	-65.10	-26.85	4.0	2.5	0.3	15.2
87129	Santiago Del Estero Aero	Santiago Del Estero	-64.30	-27.77	0.4	-1.5	-4.3	16.5
87148	Pcia. Roque Saenz Peña Aero	Chaco	-60.45	-26.82	3.8	1.8	-1.6	17.0
87155	Resistencia Aero	Chaco	-59.05	-27.45	3.8	1.9	-1.2	16.3
87162	Formosa Aero	Formosa	-58.23	-26.20	6.5	4.5	1.4	17.2
87163	Bernardo De Irigoyen Aero	Misiones	-53.65	-26.25	5.8	3.6	0.1	14.9
87166	Corrientes Aero	Corrientes	-58.77	-27.45	5.3	3.5	0.9	16.4
87178	Posadas Aero	Misiones	-55.97	-27.37	6.2	4.3	1.4	16.9
87217	La Rioja Aero	La Rioja	-66.82	-29.38	1.7	0.0	-2.3	16.2
87222	Catamarca Aero	Catamarca	-65.77	-28.60	1.6	-0.2	-2.7	16.4
87244	Villa María Del Río Seco	Córdoba	-63.68	-29.90	-1.2	-3.0	-6.0	14.4
87257	Ceres Aero	Santa Fe	-61.95	-29.88	1.8	0.3	-2.4	14.8
87270	Reconquista Aero	Santa Fe	-59.70	-29.18	3.8	2.0	-0.6	15.2
87289	Paso de los Libres Aero	Corrientes	-57.15	-29.68	4.0	2.4	0.0	14.9
87311	San Juan Aero	San Juan	-68.42	-31.57	-1.9	-3.3	-5.5	13.3
87320	Chamical Aero	La Rioja	-66.28	-30.37	2.5	0.7	-2.3	15.3
87328	Villa Dolores Aero	Córdoba	-65.13	-31.95	1.5	-0.2	-3.7	14.4
87344	Córdoba Aero	Córdoba	-64.22	-31.32	0.7	-1.0	-3.8	13.3
87349	Pilar Obs	Córdoba	-63.88	-31.67	0.6	-1.0	-3.5	13.2
87371	Sauce Viejo Aero	Santa Fe	-60.81	-31.70	1.9	-0.1	-2.6	14.0
87374	Paraná Aero	Entre Ríos	-60.48	-31.78	2.6	0.9	-1.8	13.4
87393	Monte Caseros Aero	Corrientes	-57.65	-30.27	4.2	2.5	0.2	14.8
87395	Concordia Aero	Entre Ríos	-58.02	-31.30	2.6	0.8	-1.8	14.3
87416	San Martín (Mza)	Mendoza	-68.42	-33.08	-0.8	-2.2	-4.6	12.2
87418	Mendoza Aero	Mendoza	-68.78	-32.83	-0.6	-1.9	-4.0	12.0
87436	San Luis Aero	San Luis	-66.35	-33.27	0.7	-0.9	-4.0	12.6
87448	Villa Reynolds Aero	San Luis	-65.38	-33.73	-3.7	-5.5	-9.0	12.4
87453	Río Cuarto Aero	Córdoba	-64.23	-33.12	1.2	-0.3	-2.6	11.8
87467	Marcos Juárez Aero	Córdoba	-62.15	-32.70	-0.4	-2.0	-4.7	13.2
87480	Rosario Aero	Santa Fe	-60.78	-32.92	0.2	-1.5	-3.8	13.2
87497	Gualedaychú Aero	Entre Ríos	-58.62	-33.00	1.2	-0.4	-2.8	13.3

87506	Malargüe Aero	Mendoza	-69.58	-35.50	-5.2	-6.9	-10.5	6.8
87509	San Rafael Aero	Mendoza	-68.40	-34.58	-1.4	-2.7	-5.0	11.0
87532	General Pico Aero	La Pampa	-63.75	-35.70	-1.4	-3.0	-6.0	11.7
87534	Laboulaye Aero	Córdoba	-63.37	-34.13	-1.2	-2.7	-5.2	12.5
87544	Pehuajó Aero	Buenos Aires	-61.90	-35.87	-1.0	-2.5	-5.2	11.2
87548	Junín Aero	Buenos Aires	-60.92	-34.55	-0.6	-2.0	-4.5	12.0
87550	Nueve De Julio	Buenos Aires	-60.88	-35.45	0.3	-1.2	-3.4	11.8
87563	Las Flores Aero	Buenos Aires	-59.10	-36.07	-1.0	-2.3	-4.6	11.3
87570	Campo De Mayo	Buenos Aires	-58.67	-34.53	1.5	-0.1	-2.2	12.3
87576	Ezeiza Aero	Buenos Aires	-58.53	-34.82	0.4	-1.0	-3.3	12.1
87585	Buenos Aires	Capital Federal	-58.48	-34.58	3.8	2.3	0.2	12.7
87593	La Plata Aero	Buenos Aires	-57.90	-34.97	1.0	-0.4	-2.4	11.6
87596	Punta Indio B.N.	Buenos Aires	-57.28	-35.37	1.9	0.5	-1.9	11.6
87623	Santa Rosa Aero	La Pampa	-64.27	-36.57	-2.0	-3.6	-6.4	11.1
87637	Coronel Suárez Aero	Buenos Aires	-61.88	-37.43	-2.9	-4.5	-7.0	9.6
87641	Azul Aero	Buenos Aires	-59.83	-36.75	-2.1	-3.5	-6.0	10.5
87645	Tandil Aero	Buenos Aires	-59.25	-37.23	-1.9	-3.2	-5.6	9.8
87648	Dolores Aero	Buenos Aires	-57.73	-36.35	-0.6	-1.9	-4.0	11.4
87679	Pigüé Aero	Buenos Aires	-62.38	-37.60	-2.3	-3.8	-6.1	9.0
87688	Tres Arroyos Aero	Buenos Aires	-60.25	-38.33	-0.5	-1.8	-4.0	9.7
87692	Mar del Plata Aero	Buenos Aires	-57.58	-37.93	-0.5	-1.7	-3.9	10.4
87715	Neuquén Aero	Neuquén	-68.13	-38.95	-3.1	-4.5	-7.2	9.7
87750	Bahía Blanca Aero	Buenos Aires	-62.17	-38.73	-1.4	-2.8	-5.4	10.5
87765	Bariloche Aero	Río Negro	-71.17	-41.15	-6.3	-7.9	-10.5	4.1
87774	Maquinchao	Río Negro	-68.73	-41.25	-8.0	-10.2	-15.2	4.0
87791	Viedma Aero	Río Negro	-63.02	-40.85	-2.3	-3.6	-5.8	10.1
87803	Esquel Aero	Chubut	-71.15	-42.93	-6.4	-8.3	-13.0	3.4
87828	Trelew Aero	Chubut	-65.27	-43.20	-2.7	-4.4	-7.0	9.0
87860	Comodoro Rivadavia Aero	Chubut	-67.50	-45.78	-0.4	-1.7	-4.0	7.5
87904	El Calafate	Santa Cruz	-72.03	-50.27	-6.0	-7.5	-10.8	1.8
87909	San Julián Aero	Santa Cruz	-67.75	-49.32	-3.2	-4.6	-7.0	4.1
87925	Río Gallegos Aero	Santa Cruz	-69.28	-51.62	-5.0	-7.0	-11.1	2.8
87934	Río Grande Aero	Tierra Del Fuego	-67.75	-53.80	-6.2	-8.2	-12.2	1.5
88889	Puerto Argentino	Tierra del Fuego e Islas del Atlántico Sur	-58.45	-51.82	-2.0	-3.2	-5.6	2.3

10. REFERENCIAS

- Aalitis A., K. Katsouyanni, A. Biggeri, M. Baccini, B. Forsberg, L. Bisanti, 2008: Effects of cold weather on mortality: results from 15 European cities within the PHEWE project. *Am J Epidemiol.* 168: 1397-1408.
- Almeira G., M. Rusticucci, M. Suaya, 2016: Relación entre mortalidad y temperaturas extremas en Buenos Aires y Rosario. *Meteorológica*, 41(2): 65-79.
- Anderson BG., M. Bell, 2009: Weather-Related Mortality. How Heat, Cold, and Heat Waves Affect Mortality in the United States. *Epidemiology*, 20(2): 205–213.
- Armstrong B., 2006: Models for the relationship between ambient temperature and daily mortality. *Epidemiology*, 17:624–631.
- Bhaskaran K., S. Hajat, A. Haines, E. Herrett, P. Wilkinson, L. Smeeth, 2009: Effects of ambient temperature on the incidence of myocardial infarction. *Heart*, 95: 1760-1769.
- Carmona Alférez R., J. Díaz Jiménez, I. León Gómez, Y. Luna Rico, IJ. Mirón Pérez, C. Ortiz Burgos, 2016: Temperaturas umbrales de disparo de la mortalidad atribuible al frío en España en el periodo 2000-2009. Comparación con la mortalidad Atribuible al calor. Madrid: Instituto de Salud Carlos III.
- 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>.
- Herrera N, MM. Skansi, M. Berón, C. Campetella, A. Cejas, J. Chasco, F. Chesini, E. de Titto, M. Gatto, M. Saucedo, M. Suaya, 2018: Sistema de Alerta Temprana por Olas de Calor y Salud (SAT-OCS). Nota técnica SMN 2018-50. Disponible en <http://repositorio.smn.gov.ar/handle/20.500.12160/772>
- Herrera N, F. Chesini, M.A. Saucedo, M.E. Menalled, C. Fernández, J. Chasco, A.G. Cejas, 2021: Sistema de Alerta Temprana por Temperaturas Extremas Calor (SAT-TE Calor): la evolución del SAT-OCS. Nota técnica SMN 2021-111. Disponible en <http://repositorio.smn.gov.ar/handle/20.500.12160/1726>
- Huynen MM., P. Martens, D. Schram, MP. Weijenberg, AE. Kunst, 2001: The Impact of Heat Waves and Cold Spells on Mortality Rates in the Dutch Population. *Environ Health Perspect*, 109(5): 463-470.
- Keatinge WR., GC. Donaldson, 2004: Winter mortality in elderly people in Britain. *British Medical Journal*, 329:976.
- Ryti NRI., Y. Guo, JJ. Jaakkola, 2016: Global Association of Cold Spells and Adverse Health Effects: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environ Health Persp*, 124(1): 12-22.
- Saucedo M., 2018: Implementación del Sistema Meteofactory en el Servicio Meteorológico Nacional. Disponible en <http://repositorio.smn.gov.ar/handle/20.500.12160/872>
- Skansi M.M., M. Brunet, J. Sigró, E. Aguilar, J. A. Arevalo Groening, O. J. Bentancur, Y. R. Castellón Geier, R. L. Correa Amaya, H. Jácome, A. Malheiros Ramos, C. Oria Rojas, A. M. Pasten, S. Sallons Mitro, C. Villaroel Jiménez, R. Martínez, L. V. Alexander, P. D. Jones, 2013: Warming and wetting signals emerging from analysis of changes in climate extreme indices over South America. *Global and Planetary Change*, Volume 100, January 2013, Pages 295-307.

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.gov.ar), Luciano Vidal (lvidal@smn.gov.ar) o Martin Rugna (mrugna@smn.gov.ar) de la Gerencia de Investigación, Desarrollo y Capacitación, 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.gov.ar).