

# Verificación del Sistema de Alerta Temprana por Temperaturas Extremas Calor (SAT-TE Calor)

Nota Técnica SMN 2022-129

**Natalia Herrera<sup>1</sup>**

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

Septiembre 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

Se presentan los resultados de la verificación de los alertas emitidos por el Sistema de Alerta Temprana por Olas de Calor y Salud (SAT-OCS) y por el Sistema de Alerta Temprana por Temperaturas Extremas Calor (SAT-TE Calor) durante los semestres cálidos (octubre a marzo) del período 2017-2022. Para el período comprendido entre diciembre 2017 y marzo 2021 se hará la verificación de las 57 estaciones meteorológicas del SAT-OCS y desde octubre de 2021 hasta marzo de 2022 se hará la verificación de las 71 estaciones meteorológicas del SAT-TE Calor. Ambos Sistemas emiten un alerta diario que puede tener 4 niveles (verde, amarillo, naranja y rojo). Las condiciones necesarias para que se activen los niveles de alerta amarillo, naranja y rojo, están relacionadas con el pronóstico de una ola de calor (OC) (alerta amarillo), con la ocurrencia de una OC (alerta naranja), o con la ocurrencia de una OC extrema (alerta rojo), tanto en valores de temperatura como en duración. El alerta verde ocurre cuando no hay ni observaciones ni pronóstico de una OC. En esta Nota Técnica se hará una verificación de los alertas publicados por el SAT-OCS y el SAT-TE Calor a través de los índices de verificación más utilizados a nivel internacional: BIAS, Proporción Correcta (PC ~ Accuracy), Probabilidad de detección (POD), False Alarm Ratio (FAR), Threat Score (TS) y Equitable Threat Score (ETS), y de un Diagrama de performance, que reúne la información de cuatro de esos índices: POD, SR (1-FAR), BIAS y TS.

## Abstract

The alerts issued by the Early Warning System of Heat Waves and Health (SAT-OCS in spanish) and by the Early Warning System for Extreme Heat Temperatures (SAT-TE Calor in spanish) during the warm semesters (October to March) of the period 2017-2022 are verified. For the period between December 2017 and March 2021, 57 meteorological stations of the SAT-OCS will be verified and from October 2021 to March 2022, 71 meteorological stations of the SAT-TE Calor will be verified. Both Systems issue a daily alert that can have 4 levels (green, yellow, orange and red). The conditions necessary for the yellow, orange and red alert levels to be activated are related to the forecast of a heat wave (HW) (yellow alert), with the occurrence of an HW (orange alert), or with the occurrence of an extreme HW (red alert), both in temperature values and in duration. The green alert occurs when there are neither observations nor forecasts of a HW. In this Technical Note, a verification of the alerts published by the SAT-OCS and the SAT-TE Calor will be carried out through the most widely used verification indices at the international level: BIAS, Proportion Correct (PC ~ Accuracy), Probability of Detection (POD), False Alarm Ratio (FAR), Threat Score (TS) y Equitable Threat Score (ETS), and a Performance Diagram, which gathers the information of four of these indices: POD, SR (1-FAR), BIAS and TS.

**Palabras clave:** verificación, SAT-TE Calor, Argentina.

## Citar como:

Herrera, N., 2022: Verificación del Sistema de Alerta Temprana por Temperaturas Extremas Calor (SAT-TE Calor). Nota Técnica SMN 2022-129.

## 1. INTRODUCCION

El bienestar del ser humano está relacionado con la temperatura ambiente y tiene un rango de temperatura óptima, que según la Organización Mundial de la Salud se encuentra entre los 20 y los 27 °C (OMS, 1969). Los eventos extremos de temperatura, tanto de frío como de calor, generan impactos en la salud de la población, que se reflejan en los registros de hospitalizaciones y de mortalidad. Las temperaturas extremas muy elevadas y persistentes, como las olas de calor, son una amenaza natural para la salud humana (McGregor y otros, 2015). A partir de las evidencias del incremento de la frecuencia de los eventos de temperatura extrema y de sus impactos sobre la salud de la población (Chesini y otros, 2021), se pone de manifiesto la importancia de contar con un sistema de alerta temprana por temperaturas extremas que contribuya a reducir los impactos de las mismas sobre la población. Desde el verano 2009-2010 el SMN puso en funcionamiento un sistema de alerta por ola de calor en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires que en 2013-2014 se replicó en Rosario (Almeira y otros, 2016). Desde el verano 2017-2018 este sistema se re-adaptó, tanto las condiciones a partir de las cuales se emitían las alertas, como la zona de influencia, pasando a cubrir de 2 a 57 estaciones meteorológicas, distribuidas en el centro y norte del país, llamándose Sistema de Alerta Temprana por Olas de Calor y Salud (SAT-OCS) (Herrera y otros, 2018). A partir de octubre de 2021 el SAT-OCS pasa a cubrir todo el territorio nacional y se llama Sistema de Alerta Temprana por Temperaturas Extremas Calor (SAT-TE Calor) (Herrera y otros, 2021). Se muestra en este informe los resultados de la verificación de este Sistema, desde diciembre de 2017 hasta marzo de 2022.

El Plan transversal de verificación de pronósticos del SMN (de Elia, 2021) tiene como objetivo establecer criterios y metodologías comunes entre diferentes Direcciones del SMN en lo que respecta a la verificación de pronósticos. Es muy recomendable adoptar un marco general y coherente en la verificación de pronósticos y utilizar métodos comunes de última generación. En los últimos años se han realizado esfuerzos para armonizar las prácticas de verificación internacional. El trabajo de Pertti Nurmi (2003) presenta varios índices simples y fáciles de entender. Se presentan varios índices de verificación para evaluar el funcionamiento del SAT-OCS / SAT-TE Calor.

## 2. METODOLOGÍA

Para cada estación meteorológica se generaron las series diarias de “alertas observados” para los semestres cálidos (octubre a marzo), desde el 21 de diciembre de 2017 (día que comenzó a funcionar el SAT-OCS) hasta el 31 de marzo de 2022 (829 alertas). Para calcular estas series se tomaron de cada estación meteorológica los valores observados de temperatura mínima (Tmin), temperatura máxima (Tmax) y también sus respectivos valores de los percentiles 90, 95 y 99, calculados para los meses de octubre a marzo de 1961-2010. Con estos datos se pudieron aplicar los criterios para determinar los alertas (Tablas I, II y III de Herrera y otros, 2021). Se consideró que las temperaturas observadas del día +1/+2/+3, correspondían a ser exactamente los valores del pronóstico a 24h/48h/72h del día 0 (día que se publica el alerta). Por lo cual se construyó una serie que denominaremos de *alertas observados*, que contiene los siguientes valores: 1 (alerta verde), 2 (alerta amarillo), 3 (alerta naranja) o 4 (alerta rojo).

A la serie de 829 “alertas observados” de cada estación meteorológica se la comparó con la respectiva serie de alertas publicados. La cantidad de alertas publicados por estación varía considerablemente, debido a que durante el período donde estuvo vigente el SAT-OCS (diciembre 2017 - octubre 2021) no estaban incluidas las regiones Patagonia, ni la región de Islas del Atlántico Sur (Islas Malvinas), ni las estaciones

meteorológicas de más de 1500 metros de altura. Por lo tanto las 14 estaciones meteorológicas que se incorporaron con la llegada del SAT-TE Calor (Figura 2, marcadas con “x”) solo contaron con un periodo de alertas de 6 meses comprendido desde octubre de 2021 hasta marzo de 2022 (182 días). Para el resto de las estaciones se cuenta con los alertas publicados entre el 1 de octubre hasta el 31 de marzo de cada año, salvo el 2017 en donde el SAT-OCS empezó el 21 de diciembre. Y debido a que ocasionalmente alguna estación meteorológica no contaba con datos en el momento de calcular el alerta, y a que durante los primeros dos años del SAT-OCS los alertas empezaron a salir en noviembre (en vez de octubre) se obtuvieron entre 715 y 762 alertas totales publicados por estación. Esto deja un total de entre 715 y 762 pares de alertas (observados vs. pronosticados) por estación meteorológica.

En total para todas las estaciones meteorológicas que tuvieron más de un semestre cálido (las correspondientes al SAT-OCS) en el período a verificar se dieron 111.879 alertas, de las cuales 110.253 fueron verde (98.55%), 1.030 fueron amarillo (0.92%), 346 fueron naranja (0.31%) y 250 fueron rojo (0.22%). Debido a que por la naturaleza del evento en proporción se tienen muchos más alertas amarillos que naranjas y rojos, se decidió pasar el sistema de verificación a una forma dicotómica, destacando si hubo alerta (amarillo, naranja o rojo, indistintamente el color) o si no hubo alerta (alerta verde).

Con estos datos se construyó una tabla de contingencia de 2x2 para cada estación meteorológica, como se muestra en la Tabla I. Las cuatro combinaciones de pronósticos (sí/no) y observaciones (sí/no) son:

- A- N° de ACIERTOS: se pronosticó alerta (amarillo, naranja o rojo) y se observó alerta (amarillo, naranja o rojo).
- B- N° de FALSAS ALARMAS: se pronosticó alerta (amarillo, naranja o rojo) y no se observó alerta (amarillo, naranja o rojo) (se observó alerta verde).
- C- N° de SORPRESAS: no se pronosticó alerta (amarillo, naranja o rojo) y se observó alerta (amarillo, naranja o rojo).
- D- N° de ACIERTOS NEGATIVOS: no se pronosticó alerta (amarillo, naranja o rojo) y no se observó alerta (amarillo, naranja o rojo) (se observó alerta verde).

**Tabla I:** Tabla de contingencia.

PRONÓSTICO	OBSERVADO		
	SI	NO	TOTALES
SI	N° de ACIERTOS <b>(A)</b>	N° de FALSAS ALARMAS <b>(B)</b>	TOTAL PRONOSTICADOS SI <b>(A+B)</b>
NO	N° de SORPRESAS <b>(C)</b>	N° de ACIERTOS NEGATIVOS <b>(D)</b>	TOTAL PRONOSTICADOS NO <b>(C+D)</b>
TOTALES	TOTAL OBSERVADOS <b>(A+C)</b>	TOTAL NO OBSERVADOS <b>(B+D)</b>	TOTAL <b>(A+B+C+D) = N</b>

Hay dos casos en los que el pronóstico es correcto (A y D) y dos casos en los que el pronóstico es incorrecto (B y C). Un sistema de pronóstico perfecto tendría solo aciertos (A) y aciertos negativos (D), siendo las otras celdas = 0. A partir de la tabla de contingencia se calcularon los siguientes índices de verificación:

- **BIAS (Bias en frecuencia):** El sesgo de los pronósticos binarios compara la frecuencia de los pronósticos (A+B) con la frecuencia de las ocurrencias observadas (A+C) y está representado por la relación:

$$\text{BIAS} = \frac{(A+B)}{(A+C)} \sim \frac{(\text{Aciertos} + \text{Falsas alarmas})}{(\text{Aciertos} + \text{Sorpresas})}$$

Rango del score: 0 a  $\infty$ , perfecto: 1. Con  $\text{BIAS} > 1$  ( $< 1$ ) el sistema de pronóstico muestra un pronóstico excesivo (insuficiente) del evento. Como en el caso de las variables continuas, el sesgo no es una medida de precisión.

- **Proporción Correcta (Accuracy):** es la medida de verificación más simple e intuitiva que brinda información sobre la precisión de un sistema de pronóstico categórico. Está representado por la relación:

$$\text{PC} = \frac{(A+D)}{N} \sim \frac{(\text{Aciertos} + \text{Acertios negativos})}{\text{total}}$$

Rango del score: 0 a 1, perfecto: 1. La PC suele ser muy engañosa porque recompensa los pronósticos correctos de "sí" y "no" por igual y está fuertemente influenciada por la categoría más común.

- **POD (Probability Of Detection):** es la medida que examina por defecto el evento (extremo) midiendo la proporción de eventos observados que se pronosticaron correctamente. Está representado por la relación:

$$\text{POD} = \frac{A}{(A+C)} \sim \frac{\text{Aciertos}}{(\text{Aciertos} + \text{Sorpresas})}$$

Rango del score: 0 a 1, perfecto: 1. También se denomina tasa de aciertos (Hit Rate), que no debe confundirse con PC. El complemento de POD es la tasa de fallas (Miss Rate) (es decir,  $1 - \text{POD}$  o  $C/(A+C)$ ) que da el número relativo de eventos perdidos. POD es sensible a los aciertos pero no tiene en cuenta las falsas alarmas. Si bien es deseable maximizar el número de aciertos y minimizar el número de falsas alarmas, se requiere que el POD se examine junto con el índice de falsas alarmas (FAR).

- **FAR (False Alarm Ratio):** FAR también es muy sensible a la frecuencia climatológica del evento. A diferencia de POD, FAR es sensible a las falsas alarmas pero no tiene en cuenta las sorpresas. Está representado por la relación:

$$\text{FAR} = \frac{B}{(A+B)} \sim \frac{\text{Falsas Alarmas}}{(\text{Aciertos} + \text{Falsas Alarmas})}$$

Rango del score: 0 a 1, perfecto: 0. Es decir, FAR tiene una orientación negativa. Debido a que el aumento de POD se logra al aumentar FAR y la disminución de FAR al disminuir POD, POD y FAR deben examinarse juntos.

- **TS (Threat Score):** es una medida de verificación ampliamente utilizada en eventos raros. TS es sensible a los aciertos y tiene en cuenta tanto las falsas alarmas como las sorpresas y puede verse como una medida para el evento que se pronostica después de eliminar los aciertos negativos. Está representado por la relación:

$$\text{TS} = \frac{A}{(A+B+C)} \sim \frac{\text{Aciertos}}{(\text{Aciertos} + \text{Falsas Alarmas} + \text{sorpresas})}$$

Rango del score: 0 a 1, perfecto: 1, sin habilidad en el pronóstico: 0. TS es sensible a la frecuencia climatológica de los eventos (produciendo puntajes más bajos para eventos más raros), ya que

algunos aciertos pueden ocurrir debido al azar. Para superar este efecto, un índice similar es el ETS.

- **ETS (Equitable Threat Score):** también conocido como Gilbert's Skill Score (GSS). Está representado por la relación:

$ETS = (A - Ar) / (A + B + C - Ar) \sim (Aciertos - Aciertos\ al\ azar) / (Aciertos + Falsas\ Alarmas + sorpresas - Aciertos\ al\ azar)$

$Ar = (A + B)(A + C) / N$  Ar es el número de aciertos para pronósticos aleatorios.

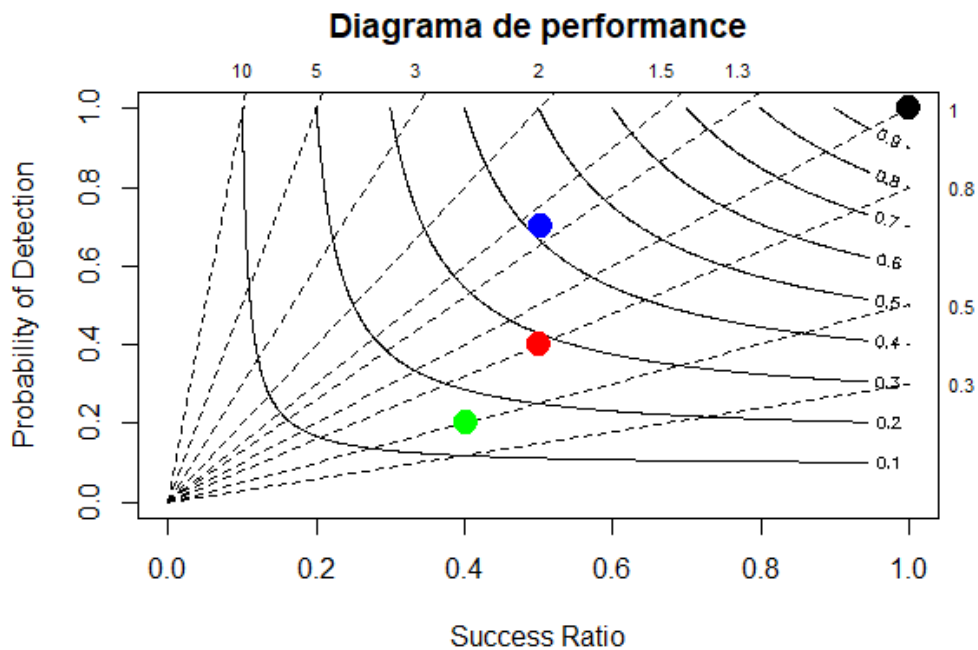
Rango del score: -1/3 a 1, perfecto: 1, sin habilidad en el pronóstico: 0.

Roebber (2009) diseñó un método para representar visualmente en un solo diagrama (Performance Diagram) algunos de estos índices: **POD**, **FAR** (con su equivalente Success Ratio  $SR = 1 - FAR$ ), **BIAS** y **TS**.

De esta forma se obtiene así una visualización inmediata de las diferentes medidas de performance en lo que se llama **Diagrama de performance** (Figura 1). Para buenos pronósticos, POD, SR, BIAS y TS se aproximan a la unidad, de modo que un pronóstico perfecto se encuentra en la parte superior derecha del diagrama (punto negro), con alta probabilidad de detección, sin falsas alarmas y sin BIAS. Las desviaciones en una dirección particular indicarán las diferencias relativas en POD y SR y, en consecuencia, el BIAS y el TS. La abscisa corresponde a  $1 - FAR$ , es decir su máximo en 1 implica la ausencia de falsas alarmas. Las líneas punteadas corresponden a diferentes valores de BIAS, con  $BIAS = 1$  en la diagonal del gráfico. Si  $BIAS > 1$  (punto azul) el sistema de pronóstico exhibe sobrepronóstico del evento, y si  $BIAS < 1$  (puntos rojo y verde) el sistema de pronóstico exhibe subpronóstico del evento. Se puede notar que el punto verde subestima aún más que el punto rojo. Si se comparan los puntos azul y el rojo, se puede ver que el punto azul ( $BIAS \sim 1.4$ ) sobreestima el pronóstico en mayor medida que lo que el punto rojo ( $BIAS \sim 0.8$ ) lo subestima.

### 3. RESULTADOS

En la Figura 2a se muestra el mapa con la frecuencia de las alertas observadas ( $A + C \sim Aciertos + Sorpresas$ ) para cada estación meteorológica. Esta información es útil porque demuestra que en algunas regiones (como en la Patagonia, Islas Malvinas y en centro de Córdoba principalmente) no se observaron o se observaron muy pocas alertas (entre 0 y 4), mientras que en Cuyo, noreste y centro-este del país se observaron las mayores frecuencias. Cabe destacar que la Patagonia, las Islas Malvinas y las estaciones de más de 1500 mts de altura (Figura 2b, cruces negras) fueron agregadas al SAT TE Calor el 1 de octubre de 2021, por lo cual es esperable que sean regiones con la menor cantidad de alertas. Por contar con tan pocos datos para la verificación en estas regiones, no se van a analizar en este documento. Luego hay otras regiones con poca cantidad de alertas (Figura 2b, triángulos negros) por lo cual tampoco se analizarán. La razón por la cual hay regiones que presentan poca cantidad de alertas, es debido a que las alertas están asociadas a la presencia de ola de calor, y la caracterización climática de las olas de calor varía en cada lugar (<https://www.smn.gov.ar/estadisticas>). Por ejemplo en la provincia de Córdoba que presentó varias estaciones meteorológicas con muy poca cantidad de alertas observados, se debió en general a que los extremos de temperatura máxima y mínima se dieron en general en forma separada durante el período de estudio, no en forma simultánea.

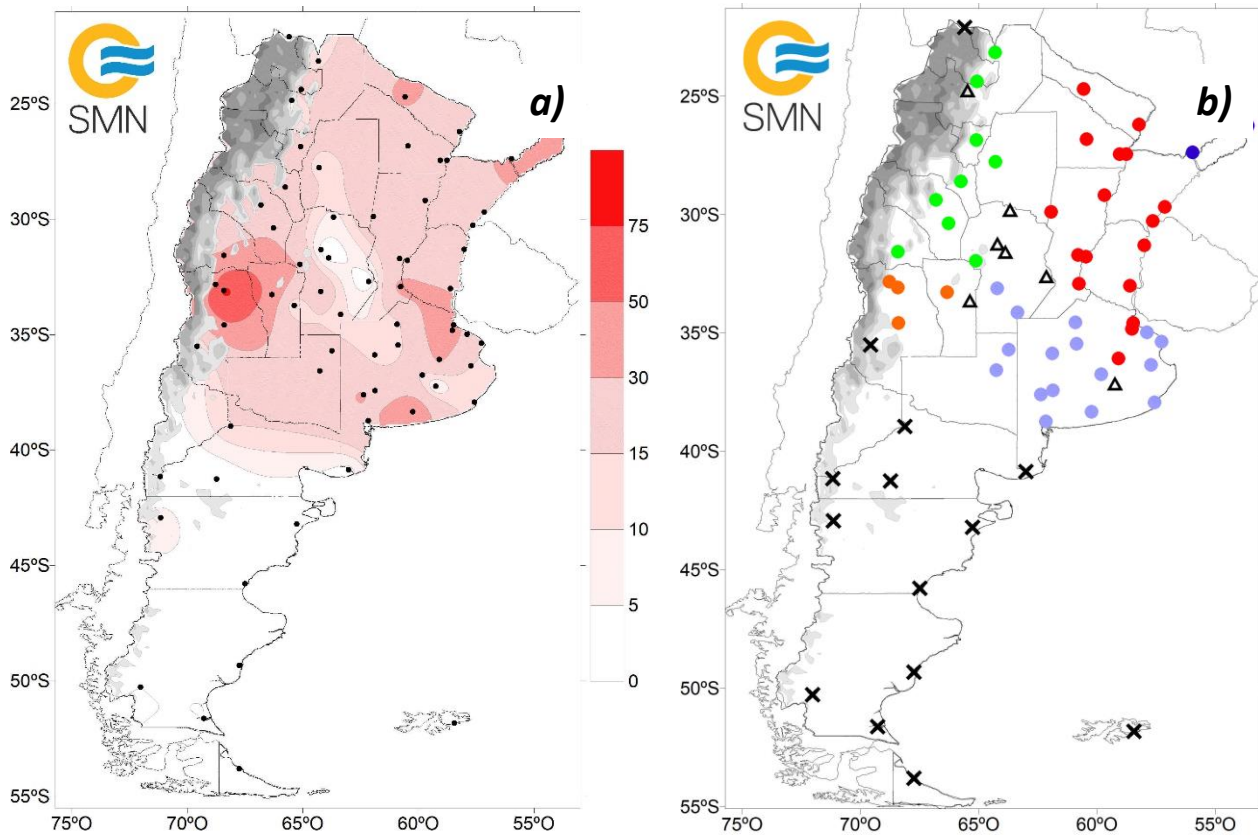


**Fig. 1:** Ejemplo de diagrama de performance. Los puntos (negro, rojo, azul y verde) muestran 4 casos genéricos. El punto negro correspondería a un caso donde hay aciertos y no hay ni falsas alarmas ni sorpresas. El punto verde corresponde a un caso donde se tienen muchas sorpresas y algunas falsas alarmas. El punto rojo corresponde a un caso que tiene casi igual cantidad de aciertos, sorpresas y falsas alarmas, y el punto azul corresponde a un caso que tiene similar cantidad de aciertos y de falsas alarmas, con menor cantidad de sorpresas.

Según las características de las tablas de contingencia de cada estación meteorológica se realizó un agrupamiento de estaciones con similar comportamiento. Se dividió al país en 5 regiones (Figura 2b): Litoral Norte (azul), Noreste (rojo), Noroeste (verde), Cuyo (naranja) y Centro Este (violeta). Las características sobresalientes de cada grupo fueron (ver Apéndice A): las estaciones meteorológicas que componen el Litoral norte se destacaron por presentar un elevado número de falsas alarmas en comparación con los aciertos y también fue el grupo de estaciones que tuvo más proporción de sorpresas en relación con los aciertos. La región Noreste presentó similar cantidad de aciertos que de falsas alarmas y fue la región con menor cantidad de sorpresas en relación a los aciertos. La región Noroeste tuvo similar relación entre falsas alarmas y aciertos que la del Noreste, pero tuvo una mayor proporción de sorpresas en relación a los aciertos. La región Cuyo se destaca entre todas las regiones por presentar la tasa más baja de falsas alarmas con respecto a los aciertos (siendo la única región que presentó mayor cantidad de aciertos que de falsas alarmas) y también presenta una baja tasa de sorpresas respecto a los aciertos. Por último, la región Centro este es la que tiene la mayor cantidad de falsas alarmas respecto a los aciertos.

También se consideró el resultado de unir todas las estaciones meteorológicas (País). Las tablas de contingencia de estas regiones se encuentran disponibles en el APÉNDICE A. A partir de estas tablas se calcularon todos los índices descriptos en la metodología (Tabla II) y también se generó el Diagrama de performance (Figura 3).





**Fig. 2:** a) Frecuencia de los alertas observados en los semestres cálidos durante los semestres cálidos (octubre a marzo) del período 21 de diciembre de 2017 - 31 de marzo de 2022; b) Regiones en las que se dividió la verificación: Litoral norte (azul), Noreste (rojo), Noroeste (verde), Cuyo (naranja) y Centro este (violeta). Triángulos negros: estaciones meteorológicas con pocos alertas observados, cruces negras: estaciones meteorológicas con solo un semestre cálido a verificar.

**Tabla II:** Índices de verificación calculados para cada región. El resaltado en blanco correspondería a un valor perfecto del índice, en rojo correspondería a un valor del índice con mala habilidad.

	BIAS	Proporción Correcta ~ Accuracy	Probability Of Detection ~ POD	False Alarm Ratio ~ FAR	Threat Score ~ TS	Equitable Threat Score ~ ETS
Litoral norte	1.85	0.94	0.77	0.59	0.37	0.34
Noreste	1.76	0.96	0.87	0.51	0.46	0.44
Noroeste	1.88	0.97	0.84	0.55	0.41	0.40
Cuyo	1.42	0.95	0.86	0.40	0.55	0.52
Centro este	2.28	0.96	0.81	0.64	0.33	0.31
PAÍS	1.86	0.96	0.84	0.55	0.42	0.40

Todas las regiones presentaron BIAS > 1, lo que indica que se pronosticó el evento por exceso. Esto es esperable, debido a las consideraciones y estimaciones que hace el SAT-TE Calor (Herrera y otros, 2021), que como no se quiere subestimar la ocurrencia de un evento de temperatura extrema, a todos los pronósticos de temperatura máxima y mínima se les suma 1°C. Para este Sistema, que pretende alertar

tanto a la población como a los organismos de salud, protección civil, emergencias y gestión del riesgo de desastre para que puedan tomar las medidas de prevención, mitigación y de respuesta adecuadas a cada nivel de alerta, es preferible que se dé un alerta por demás, a que no se dé y ocurra (sorpresa).

La Proporción Correcta (Accuracy) de todas las regiones es similar y elevada. Este índice es perfecto cuando es 1. Pero suele ser muy engañosa porque recompensa los pronósticos correctos de "sí" y "no" por igual y está fuertemente influenciada por la categoría más común, que en este caso es "no"- "no" (no se pronosticó alerta y no se observó alerta).

La región que obtuvo la mejor habilidad es Cuyo, que tiene una alta probabilidad de detección (POD = 0.86) y un alto Success Ratio (SR = 1- FAR = 0.60), producto de un bajo valor de falsas alarmas (FAR = 0.40), dejando un BIAS superior, de 1.42, un Threat Score (TS) de 0.55 y un Equitable Threat Score (ETS) de 0.52.

La región que le sigue en cuanto a mejor habilidad es el Noreste, que si bien tiene un BIAS elevado (1.76) obtuvo un POD de 0.87, similar a la región Cuyo, aunque su SR es más bajo (0.49), indicando una mayor tasa de falsas alarmas (FAR = 0.51). El ETS también es el segundo más alto con un valor de 0.44.

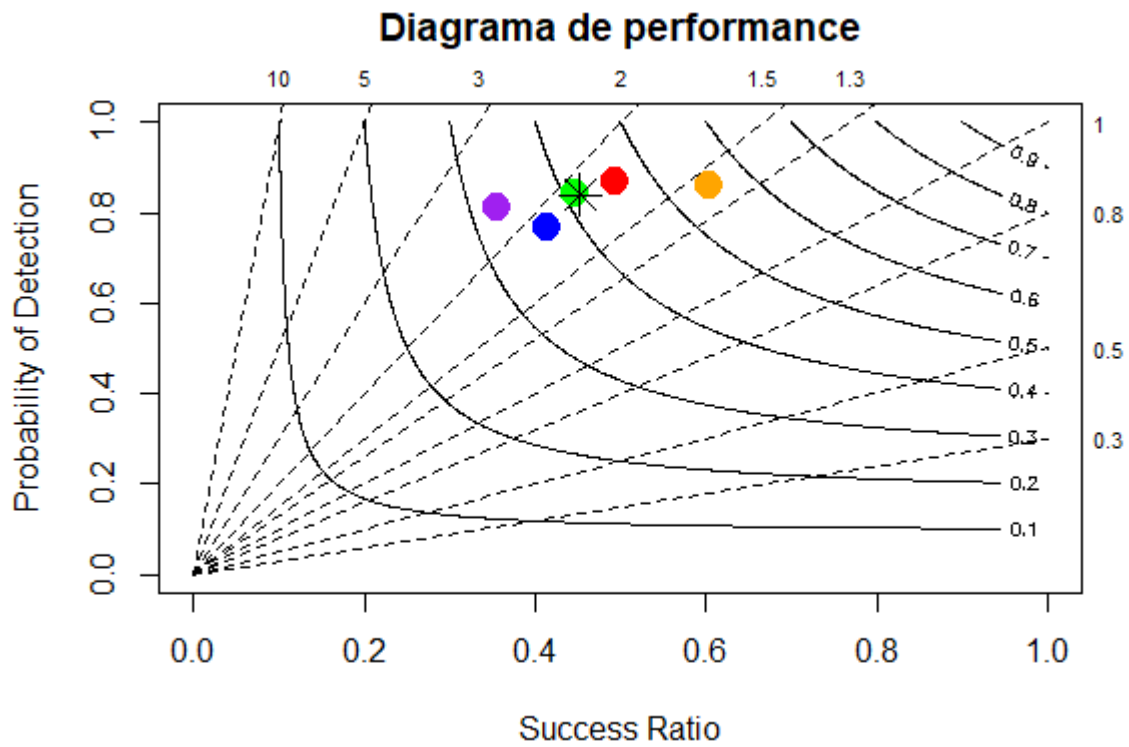
La región que obtuvo la peor habilidad fue el Centro este, con un POD de 0.81, un SR de 0.36, un BIAS de 2.28, un TS de 0.33 y un ETS de 0.31.

Al evaluar los resultados a nivel País, se obtuvo una POD de 0.84, un SR de 0.45, un BIAS de 1.86, un TS de 0.42 y un ETS de 0.40.

## 4. CONCLUSIONES

Se realizó la verificación de los alertas emitidos por el Sistema de Alerta Temprana por Olas de Calor y Salud (SAT-OCS) y por el Sistema de Alerta Temprana por Temperaturas Extremas Calor (SAT-TE Calor) durante los semestres cálidos (octubre a marzo) del período 2017/18-2021/22. Para realizar la verificación se calculó para cada una de las estaciones meteorológicas que comprenden al SAT-TE Calor, una serie de alertas observadas, que indican para cada día si hubo alerta (amarillo, naranja o rojo) o si no hubo (alerta verde). Esta serie de alertas observadas se contrastó con la serie de alertas publicadas por el SAT-OCS / SAT-TE Calor. Se dividió el país en 5 regiones (Litoral norte, Noreste, Noroeste, Cuyo y Centro este) y también se analizaron los resultados a nivel País. Para cada región y para el País se calcularon 6 índices de verificación: BIAS, Proporción correcta (PC ~ Accuracy), Probabilidad de Detección (POD), False Alarm Ratio (FAR), Threat Score (TS) y Equitable Threat Score (ETS) y un Diagrama de performance, que reúne en un diagrama la información de los siguientes 4 índices: POD, SR (1-FAR), BIAS y TS.

Todas las regiones presentaron un sobrepronóstico del evento, que era lo esperable debido a las consideraciones y estimaciones que hace el SAT-TE Calor, ya que se busca prevenir un posible evento extremo cálido y es preferible que se dé un alerta por demás, a que no se dé y ocurra (sorpresa). La Proporción Correcta (Accuracy) de todas las regiones fue similar y elevada, debido a que este índice está fuertemente influenciada por la categoría más común, que en este caso fue de "no"- "no" (no se pronosticó alerta y no se observó alerta). La región que obtuvo la mejor habilidad fue Cuyo, destacándose por tener una alta probabilidad de detección y un alto Success Ratio, producto de un bajo valor de falsas alarmas. La región que le siguió en cuanto a mejor habilidad fue el Noreste. El Centro este fue la región que obtuvo la peor habilidad, presentando la mayor tasa de falsas alarmas en relación con los aciertos.



**Fig. 3:** Diagrama de performance, para las regiones: Litoral norte (azul), Noreste (rojo), Noroeste (verde), Cuyo (naranja), Centro este (violeta).y PAÍS (negro). La abscisa corresponde a SR que es equivalente a 1-FAR. La ordenada corresponde al índice POD.

## APÉNDICE A: Tablas de contingencia

Litoral norte		OBSERVADO		
		SI	NO	TOTALES
PRONÓSTICO	SI	82	116	198
	NO	25	2061	2086
	TOTALES	107	2177	2284

Noreste		OBSERVADO		
		SI	NO	TOTALES
PRONÓSTICO	SI	389	399	788
	NO	59	12064	12123
	TOTALES	448	12463	12911

Noroeste		OBSERVADO		
		SI	NO	TOTALES
PRONÓSTICO	SI	163	201	364
	NO	31	6456	6487
	TOTALES	194	6657	6851

Cuyo		OBSERVADO		
		SI	NO	TOTALES
PRONÓSTICO	SI	188	123	311
	NO	31	2705	2736
	TOTALES	219	2828	3047

Centro este		OBSERVADO		
		SI	NO	TOTALES
PRONÓSTICO	SI	263	475	738
	NO	61	11337	11398
	TOTALES	324	11812	12136

PAÍS		OBSERVADO		
		SI	NO	TOTALES
PRONÓSTICO	SI	1085	1314	2399
	NO	207	34623	34830
	TOTALES	1292	35937	37229

## 5. REFERENCIAS

Almeira, G., M. Rusticucci, M. Suaya, 2016: Relación entre mortalidad y temperaturas extremas en Buenos Aires y Rosario. *Meteorológica*, 41(2): 65-79.

Chesini F., N. Herrera, M. Skansi, C. G. Morinigo, S. Fontán, F. Savoy, E. de Titto, 2021: Mortality risk during heat waves in the summer 2013-2014 in 18 provinces of Argentina. *Ecological study*. *Cien Saude Colet* [periódico na internet] (2021/Ago). Disponible en: <http://www.cienciaesaudecoletiva.com.br/artigos/mortality-risk-during-heat-waves-in-the-summer-20132014-in-18-provinces-of-argentina-ecological-study/18174?id=18174&id=18174>

de Elía, R., 2021: Plan transversal de verificación de pronósticos del SMN. Nota Técnica SMN 2021-84. Disponible en <http://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/1435>

Herrera, N., M.M. Skansi, M.A. Berón, C. Campetella, A. Cejas, J. Chasco, F. Chesini, E. de Titto, M. Gatto, M. Saucedo y 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.gob.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>.

McGregor, G.R., P. Bessemoulin, K. Ebi and B. Menne, 2015: Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development. Geneva: World Meteorological Organization y World Health Organization.

Nurmi, P., 2003: Recommendations on the verification of local weather forecasts. ECMWF Tech. Memo. 430, 18 pp. <https://www.ecmwf.int/en/elibrary/11401-recommendations-verification-local-weather-forecasts>

Organización Mundial de la Salud, 1969: Problemas de salud relacionados con el trabajo en condiciones de sobrecarga térmica. Serie de Informes Técnicos. N° 412. Ginebra, 1969.

Roebber, P. J., 2009: Visualizing Multiple Measures of Forecast Quality. Wea. Forecasting, 24, 601–608, <https://doi.org/10.1175/2008WAF2222159.1>.

## 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](mailto:rdelia@smn.gov.ar)), Luciano Vidal ([lvidal@smn.gov.ar](mailto:lvidal@smn.gov.ar)) o Martín Rugna ([mrugna@smn.gov.ar](mailto:mrugna@smn.gov.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.gov.ar](mailto:macevedo@smn.gov.ar)).