

MECANISMOS PRECURSORES DEL EVENTO EXTREMO OCURRIDO EN BAHÍA BLANCA EN MARZO DE 2025

Daiana Martínez^{1,2,3}, Victoria Oruezabal^{1,2,3}, Silvina Solman^{1,2,3}

daiana.martinez@cima.fcen.uba.ar

- 1. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Buenos Aires, Argentina.*
- 2. CONICET – Universidad de Buenos Aires. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA). Buenos Aires, Argentina.*
- 3. CNRS – IRD – CONICET – UBA. Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos (IRL 3351 IFAECI). Buenos Aires, Argentina.*

Palabras clave: detección, entorno sinóptico, tormenta severa

1) INTRODUCCIÓN

El 7 de marzo de 2025 en la ciudad de Bahía Blanca se produjo un evento de precipitación extrema donde se registró un acumulado de precipitación de 290 mm en sólo 12 horas (Servicio Meteorológico Nacional, 2025). Este evento extremo provocó graves inundaciones repentinas, pérdidas de vidas humanas, como así también importantes daños en la infraestructura de la ciudad (Osman y otros, 2025). Considerando que la ocurrencia del evento extremo de precipitación estuvo asociado a la ocurrencia de un sistema convectivo, en este trabajo se propone identificar los mecanismos dinámicos que generaron el evento severo ocurrido en Bahía Blanca en marzo del 2025. La pregunta que se pretende responder es cuáles fueron las razones por las cuales este evento haya alcanzado un grado de severidad tan importante. Para responder esta pregunta se aplican dos técnicas de detección de eventos severos y de precipitación extrema basados en la identificación del entorno sinóptico y termodinámico asociado.

2) DATOS Y METODOLOGÍA

Para realizar el análisis se utilizaron dos fuentes de datos. Por un lado, para el estudio de la circulación sinóptica y el entorno termodinámico se utilizaron datos del reanálisis ERA5 (Hersbach y otros, 2020), con una resolución de 0.25° horizontal con una resolución temporal horaria para estudiar el entorno termodinámico y una resolución temporal diaria para estudiar la circulación. Por otra parte, para el análisis de la precipitación se analizaron las mediciones diarias de pluviómetro del SMN (Servicio Meteorológico Nacional). A su vez, para contar con una resolución temporal mayor de la precipitación se utilizó información de la base de datos precipitación de MSWEP (Beck, H. E. y otros, 2019) que cuenta con información tri-horaria con una resolución horizontal de 0.1° (aproximadamente 11 km).

La identificación de los mecanismos sinópticos y termodinámicos que generaron el evento severo se realizó a partir del análisis de campos horarios y diarios de diversas variables atmosféricas en diversos niveles de presión, como así también de series temporales horarias de las condiciones de los días previos al día del evento.

Se aplicó un modelo de análogos (Martinez y Solman 2025), basado en la ocurrencia de patrones sinópticos asociados a eventos de precipitación extrema en el sudeste de Sudamérica. Este modelo permite identificar la ocurrencia de eventos extremos de precipitación a partir de la ocurrencia de determinadas condiciones anómalas de circulación.

El modelo de análogos se basa en dos criterios de detección: por un lado, que el coeficiente de correlación entre los campos de anomalías diarias estandarizadas (basadas en la climatología mensual del periodo 1979-2013) y los patrones sinópticos (detectados a partir de la metodología detallada en Martínez y Solman 2025) sea superior a un umbral, y por otro, que exista coherencia entre el signo de las anomalías de las variables meteorológicas diarias y el signo de las anomalías de los patrones en determinados puntos de retícula. El modelo de análogos considera las anomalías de las siguientes variables: la componente meridional del viento en 850 hPa ($v'850$), la altura geopotencial en 850 hPa ($z'850$) y en 500 hPa ($z'500$), la intensidad del viento en 200 hPa ($int'V200$) y la temperatura potencial equivalente en 850 hPa ($titaae'850$).

Para complementar la información del método de análogos se utilizó un método mediante el cual se analiza el entorno termodinámico para determinar los factores que generaron la tormenta severa. El desarrollo del método se detalla en Oruezabal y Solman (2025), esencialmente se basa en analizar la actividad del MUCAPE, la cortante (shear) entre la superficie y los 500hPa y la convergencia de humedad verticalmente integrada (VIMFD) alrededor de los 100 km del evento y ver si alguno de los puntos de retícula cumple con la ecuación (1).

$$- 1.6 \log_{10}(MUCAPE) - 1.84 \log_{10}(VIMFD * - 10e4) - 3.2 \log_{10}(shear) < - 9 \quad (1)$$

El cumplimiento de esta condición indica que el entorno en cuestión es favorable para el desarrollo de una tormenta severa. El índice indicado a partir de la ecuación (1) se denomina SSASE (Subtropical South American Severe Index).

3) RESULTADOS

El día 7 de marzo de 2025 el SMN registró 290 mm acumulados de precipitación en la estación Bahía Blanca. Desde las 3 h hasta las 9 h se registraron 210 mm, seguido por otros 80 mm entre las 9 h y 15 h del mismo día. Así mismo se registraron valores elevados de precipitación en estaciones aledañas en los días anteriores. Según la misma institución el récord de precipitación máxima del mes de marzo era de 108 mm, aproximadamente $\frac{1}{3}$ del evento a analizar.

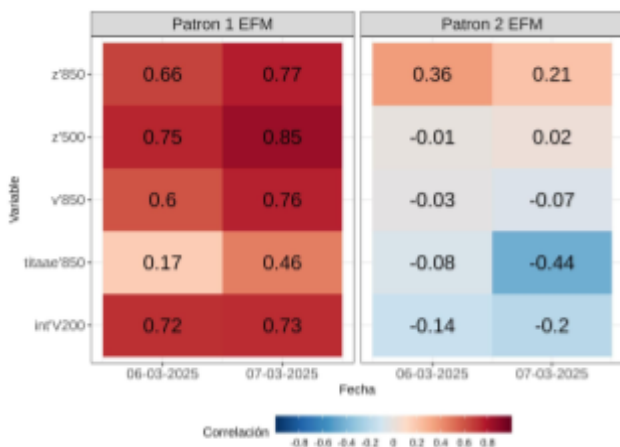


Figura 1: coeficientes de correlación espacial entre el primer patrón (izquierda) y segundo patrón principal (derecha) de EFM y la anomalía de $z'850$, $z'500$, $v'850$, $titaae'850$ y $int'V200$

Analizando los campos de presión de niveles medios y bajos (no mostrados), se puede apreciar que desde el día 4 de marzo se localiza, sobre el Océano Atlántico, un anticiclón de gran extensión horizontal que se intensifica hasta el día del evento, favoreciendo un intenso viento del norte. El ingreso del viento del norte viene asociado con una fuerte advección de calor y humedad, produciendo un fuerte incremento del contenido de vapor de agua precipitable y de la temperatura en la región. Esto último, aumenta la inestabilidad atmosférica, dando lugar a un evento intenso.

La aplicación del método de análogos para los días 6 y 7 de marzo determinó que existirían

condiciones favorables para la ocurrencia de eventos extremos de precipitación. La Figura 1 muestra los coeficientes de correlación espacial entre cada patrón principal de la temporada de enero a marzo (EFM), detallados en el trabajo Martínez y Solman 2025, y los campos diarios de anomalías estandarizadas de cada variable que compone el modelo de análogos para los días 6 y 7 de marzo del 2025. Se observa que los coeficientes asociados al patrón 1, mostraron valores positivos y mayores a 0.5 (excepto para titaae'850) para los dos días analizados. Sin embargo, para el patrón 2 los coeficientes tuvieron valores negativos o menores a 0.4 para todas las variables y para los dos días. Este resultado muestra que el análisis de la implementación del modelo de análogos permite identificar las condiciones favorables para el desarrollo del evento extremo del 7 de marzo asociadas a las condiciones sinópticas del patrón 1 de EFM (no mostrado).

Asimismo, se aplicó el índice SSASE para los días 6 y 7 de marzo y se pudo determinar que las condiciones del entorno fueron favorables para un evento severo en las horas anteriores al evento (Figura 2). En las horas anteriores, debido al ingreso de aire cálido y húmedo del norte, aumentó el contenido de humedad y la convergencia de la misma. Además, esto aumentó la inestabilidad aumentando el CAPE. Todos estos ingredientes son fundamentales para que el índice detecte una tormenta severa.

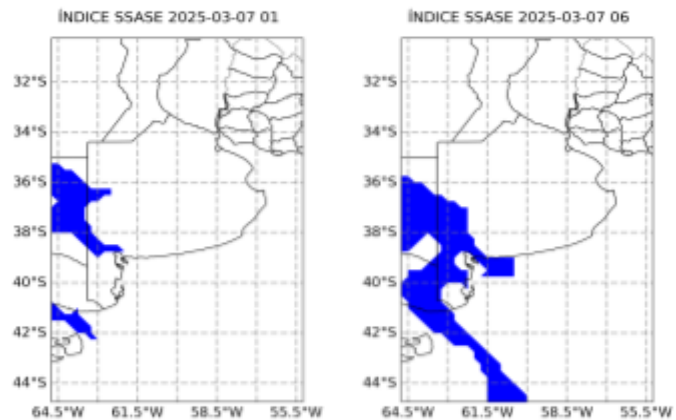


Figura 2: Regiones donde el índice SASSE encuentra entornos favorables para un evento severo para el día 7 de marzo a las 1 hora (izquierda) y 06 hora (derecha)

4) CONCLUSIONES

A partir del análisis realizado, se pudo detectar que la presencia e intensificación de un sistema de alta presión posicionado en el Océano Atlántico propició el ingreso de viento del sector norte, asociado a una fuerte advección de calor y vapor de agua. El aumento del contenido de humedad y convergencia explicarían los mecanismos precursores del evento severo ocurrido en Bahía Blanca el 7 de marzo del 2025. Asimismo, los métodos de detección de eventos resultaron eficaces a la hora de detectar este tipo de fenómenos.

REFERENCIAS

- Beck, H. E. y otros, 2019.** MSWEP V2 global 3-hourly 0.1° precipitation: methodology and quantitative assessment *Bulletin of the American Meteorological Society* 100(3), 473–500,
- Hersbach H, Bell B, Berrisford P, y otros, 2020** The ERA5 global reanalysis. *Q J R Meteorol Soc.*; 146:1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Martínez D., y Solman S., 2025:** Detecting the occurrence of extreme precipitation events in Southeastern South America from synoptic-scale patterns. *Climate Dynamics*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5219584/v1>
- Rasmussen KL., Houze RA Jr., 2016:** Convective initiation near the Andes in subtropical South America. *Monthly Weather Review*, 144, 2351-2374.
- Servicio Meteorológico Nacional, 2025:** Informe Especial de Evento Meteorológico 04 - 08 de marzo de 2025. https://www.smn.gob.ar/sites/default/files/Informe_Bahia%20Blanca_SMN_marzo_2025.pdf
- Oruezabal V., y Solman S., 2025:** Development of a severe storm index based on environmental conditions for Subtropical South America. *Earth System and Environment*.
- Osman M y otros, 2025:** Heavy rain in March 2025 Argentina floods mostly strengthened by human-driven climate change
- Zipser EJ y otros, 2006:** Where are the most intense thunderstorms on Earth? *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 87, 1057–1071