

# EVALUACIÓN DE LA HELICIDAD DE LA ASCENDENTE COMO PREDICTOR DE EVENTOS DE ALTO IMPACTO EN LA REGIÓN CENTRAL DE ARGENTINA Y SU IMPLEMENTACIÓN OPERATIVA EN EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

Gabriela Ishikame<sup>1</sup>, Paula Maldonado<sup>1</sup>, Milagros Alvarez Imaz<sup>1</sup>, Juan Ruíz<sup>3,4,5</sup>, Luciano Vidal<sup>1</sup> y Yanina García Skabar<sup>1,2</sup>  
[gishikame@smn.gob.ar](mailto:gishikame@smn.gob.ar)

<sup>1</sup> Servicio Meteorológico Nacional, Argentina (SMN)

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina (CONICET)

<sup>3</sup> Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/CONICET-UBA)

<sup>4</sup> Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO-FCEN-UBA)

<sup>5</sup> Instituto Franco-Argentino sobre Estudios del Clima y sus Impactos (UMI-3351 IFAECI/CNRS-CONICET-UBA), Argentina

## RESUMEN

En este trabajo se desarrolló y evaluó un algoritmo de detección y seguimiento de ascendentes rotantes (DSAR) a partir de la variable UH utilizando simulaciones numéricas en alta resolución, como indicador de eventos de alto impacto sobre la región central de Argentina. Esta evaluación se aplicó a simulaciones numéricas con el modelo WRF de 2 y 4 km de resolución horizontal sobre 9 casos en los cuales se detectaron fenómenos de alto impacto registrados mediante reportes de diversas fuentes. Se verificó comparando la hora y locación de las estructuras pronosticadas con dichos reportes, mostrando resultados alentadores respecto a la capacidad del algoritmo en identificar áreas potencialmente afectadas por convección profunda. Por este motivo, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) implementó operativamente el algoritmo DSAR utilizando las salidas actuales del Sistema de Asimilación de datos y Pronóstico numérico del SMN (SAP.SMN) para que el pronosticador cuente con esta herramienta.

## ABSTRACT

In this job, we developed and evaluated an algorithm for the detection and tracking of rotating updraft (DSAR) based on the Updraft Helicity Index. Using high resolution numerical models, we assessed this as a proxy of severe phenomena in the central region of Argentina. Thus, 2 and 4 km resolution simulations were run with the WRF model on 9 case studies where citizen reports were collected. A verification was made comparing the hour and location of the forecast rotating updraft and these observations, finding promising results about the skill of this algorithm on identifying potential areas affected by deep convection. So, the National Meteorological Service (SMN) worked on the DSAR implementation operationally through the System of Data Assimilation and Numerical Forecast (SAP.SMN) in order to provide forecasters with this tool.

# EVALUACIÓN DE LA HELICIDAD DE LA ASCENDENTE COMO PREDICTOR DE EVENTOS DE ALTO IMPACTO EN LA REGIÓN CENTRAL DE ARGENTINA Y SU IMPLEMENTACIÓN OPERATIVA EN EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

Gabriela Ishikame<sup>1</sup>, Paula Maldonado<sup>1</sup>, Milagros Alvarez Imaz<sup>1</sup>, Juan Ruíz<sup>3,4,5</sup>, Luciano Vidal<sup>1</sup> y Yanina García Skabar<sup>1,2</sup>  
[gishikame@smn.gob.ar](mailto:gishikame@smn.gob.ar)

<sup>1</sup> Servicio Meteorológico Nacional, Argentina (SMN)

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina (CONICET)

<sup>3</sup> Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/CONICET-UBA)

<sup>4</sup> Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO-FCEN-UBA)

<sup>5</sup> Instituto Franco-Argentino sobre Estudios del Clima y sus Impactos (UMI-3351 IFAECI/CNRS-CONICET-UBA), Argentina

**Palabras clave:** helicidad, WRF, DSAR, SAP.SMN

## 1) INTRODUCCIÓN

Una de las herramientas más utilizadas para el pronóstico de la convección húmeda profunda (CHP) son los modelos numéricos. Si bien en una primera instancia se han utilizado modelos con una representación parametrizada de la convección, estos no logran resolver adecuadamente los fenómenos de alto impacto asociados a CHP. Por este motivo, el avance hacia modelos numéricos de mayor resolución, con una representación explícita de la convección (Kain y otros, 2008), ha sido especialmente beneficioso pues brindan información más precisa sobre los modos de organización, la intensidad y evolución de la convección. En Argentina, en particular, esta mejora se produjo a partir del 2013 cuando se implementó en el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) el modelo *Weather Research and Forecasting* (WRF) con una resolución horizontal de 4 km (García Skabar y otros, 2018).

Estos modelos numéricos de alta resolución pueden producir un gran volumen de información y dado que el pronosticador operativo dispone de un tiempo muy limitado para analizarlo, se recurren a técnicas de post-procesamiento para agilizar la tarea de interpretación de la información meteorológica. Por ejemplo, pueden emplearse variables directamente asociadas con diferentes modos convectivos, como la helicidad de la ascendente (UH, por sus siglas en inglés). Varios estudios han mostrado que esta variable UH puede estar asociada a la ocurrencia de tiempo severo (Sobash y otros, 2011), superceldas (SC; Kain y otros, 2008) e incluso tornados (Clark y otros, 2013). El enfoque principal de este trabajo es desarrollar y evaluar un algoritmo de detección y seguimiento de ascendentes rotantes (DSAR) a partir de la variable UH utilizando simulaciones numéricas en alta resolución, como indicador de eventos de alto impacto sobre la región central de Argentina.

## 2) METODOLOGÍA

Se elaboró un algoritmo para la Detección y Seguimiento de Ascendentes Rotantes (DSAR) considerando la capa 2-5 km sobre el nivel del mar de la variable UH (Kain y otros, 2008). Se calculó el valor absoluto de UH para cada punto de retícula y para cada tiempo, generando así un arreglo tridimensional (Fig. 1), al cual se le realizó una segmentación considerando el valor umbral de  $50 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$  sugerido por Kain y otros (2008). Así se obtuvo una colección de objetos, que consisten en grupos de píxeles adyacentes en tiempo y espacio que deberían reflejar las ascendentes rotantes, las cuales suelen estar asociadas a máximos de UH. Para determinar las características convectivas de los objetos identificados, se realizó una clasificación en 3 grupos basada en diferentes atributos de estos objetos, como su duración o tamaño, que permite categorizarlos en ascendentes rotantes de corta duración

(ARCD), ascendentes rotantes persistentes (ARP) y ascendentes rotantes persistentes de mesoescala (ARPM).

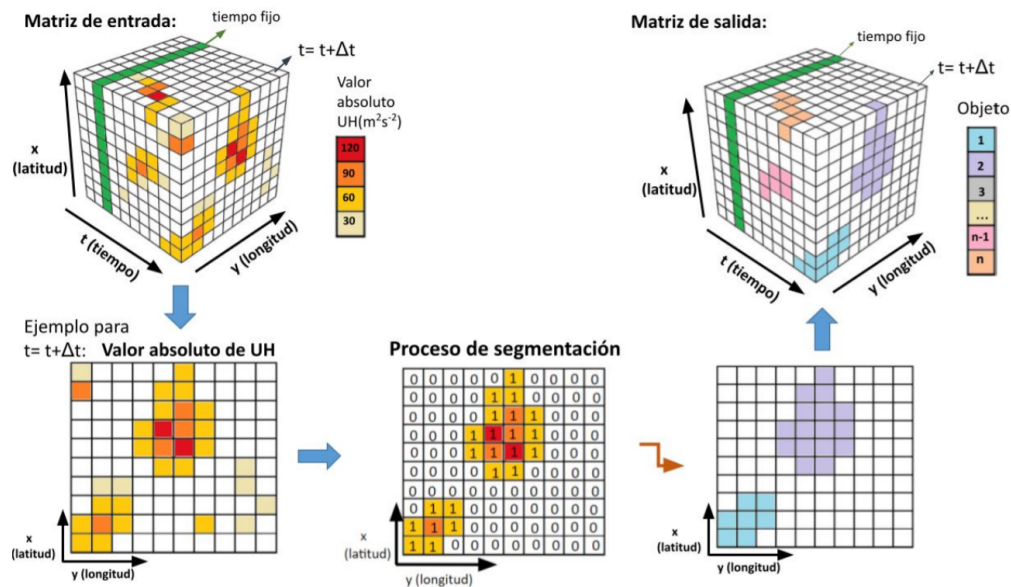


Figura 1: Proceso de segmentación en el cual se basa el algoritmo DSAR.

La verificación del desempeño del algoritmo DSAR se realizó a partir de una métrica que calcula la distancia entre objetos y reportes obtenidos a partir de fuentes periódicas, redes sociales y durante la campaña RELAMPAGO (Nesbitt y otros, 2021). Para cada objeto existe un reporte que minimiza esta distancia, lo que permite identificar si se trata de un acierto (distancias pequeñas) o de una falsa alarma (distancias grandes). Análogamente, para cada reporte se obtuvo la distancia más cercana a un objeto, determinando si es un acierto (distancias pequeñas) o una sorpresa (distancias grandes).

Finalmente, se analizó la sensibilidad del algoritmo DSAR a la resolución horizontal del modelo, generando simulaciones numéricas con una resolución horizontal de 2 km (WRF2K) y 4 km (WRF4K) para 9 casos de estudio, en los cuales se habían detectaron tormentas supercelulares a partir de la información provista por radares meteorológicos. Las simulaciones numéricas con convección permitida fueron inicializadas a las 00 UTC del día en que se detectaron las SC, utilizando el modelo WRF-ARW, versión 3.8.

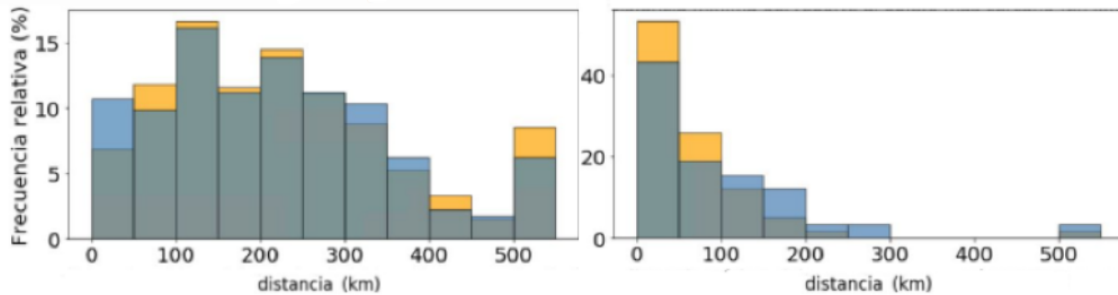
### 3) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El algoritmo DSAR permitió individualizar y caracterizar la continuidad espacial de aquellas zonas de ascenso que presentan rotación. No obstante, se debe tener en cuenta que en caso de existir fusión o bifurcación de ascendentes rotantes, esto impactará, por ejemplo, en la locación del centroide del objeto. De igual manera, los procesos de intensificación/debilitamiento de las ascendentes rotantes podrían incidir en la detección de los objetos.

Respecto al análisis de los objetos encontrados se observó que WRF2K produce más objetos que WRF4K, y que la cantidad de ARCD es mayor que el número de ARP para cada evento. A su vez, se notó que los entornos con mayor (menor) inestabilidad tienden a producir una mayor (menor) cantidad de objetos, y que sólo bajo ciertas condiciones se caracterizaron objetos ARPM.

En cuanto a la verificación, es evidente que si la simulación numérica no representa adecuadamente la situación meteorológica el algoritmo DSAR tampoco tiene un buen desempeño. En general, se encontró que WRF2K tiene un mayor acierto que WRF4K en términos de la ubicación de objetos cercanos a reportes (Fig 2. derecha), mientras que cuando se evalúa la estadística asociada a la distancia mínima del reporte al objeto más cercano WRF4K muestra distancias ligeramente menores que WRF2K (Fig 2. izquierda). Esto se debe a que WRF2K presenta la mayor cantidad de objetos, lo

cual podría ayudar a aumentar las probabilidades de estar más cerca de un reporte (mejorando así la detección) aunque al mismo tiempo genera objetos que se encuentran más lejos que los reportes (aumentando así las falsas alarmas). Finalmente, al comparar las 3 categorías de objetos se encontró que los objetos ARP tienen un mejor desempeño, ya que estadísticos como la mediana y la media de estas distancias son menores (no se muestra).



*Figura 2:* Histogramas de distancias mínimas entre los reportes y los objetos detectados en WRF2K (naranja) y WRF4K (azul). Izq.: Frecuencia relativa de la distancia mínima del reporte al objeto más cercano (medida de la falsa alarma). Der.: Frecuencia relativa de la distancia mínima del objeto al reporte más cercano (medida de la sorpresa).

Debido a los resultados alentadores que se obtuvieron se decidió implementar el algoritmo DSAR en el SMN a partir de las salidas del pronóstico determinístico del Sistema de Asimilación de Datos y Pronóstico Numérico del SMN (SAP.SMN) de 4 km de resolución horizontal. El algoritmo se encuentra operativo en fase experimental desde noviembre de 2021, con el objetivo de facilitar una herramienta nueva para los pronosticadores.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado a través del proyecto “CyT Alerta”.

## REFERENCIAS

- Clark, A. J., Gao, J., Marsh, P. T., Smith, T., Kain, J. S., Correia, J., Xue, M. y Kong, F., 2013:** Tornado Pathlength Forecasts from 2010 to 2011 Using Ensemble Updraft Helicity. *Wea. Forecasting*, 28, 387–407.
- García Skabar Y., Matsudo, C., Sacco, M., Ruiz, J. J. y Righetti S., 2018:** Implementación modelo de pronóstico numérico WRF. *Nota Técnica SMN 2018-45*.
- Kain, J. S., Weiss, S. J., Bright, D. R., Baldwin, M. E., Levit, J. J., Carbin, G. W., Schwartz, C. S., Weisman, M. L., Droegemeier, K. K., Weber, D. B. y Thomas, K. W., 2008:** Some Practical Considerations Regarding Horizontal Resolution in the First Generation of Operational Convection-Allowing NWP. *Wea. Forecasting*, 23, 931–952.
- Nesbitt, S. W., y co-autores, 2021:** A storm safari in Subtropical South America: proyecto RELAMPAGO, *Bulletin of the American Meteorological Society*.
- Sobash, R. A., Kain, J. S., Bright, D. R., Dean, A. R., Coniglio, M. C. y Weiss, S. J., 2011:** Probabilistic Forecast Guidance for Severe Thunderstorms Based on the Identification of Extreme Phenomena in Convection-Allowing Model Forecasts. *Wea. Forecasting*, 26, 714–728.