

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 Ishikame¹, Paula Maldonado¹, Milagros Alvarez Imaz¹, Juan Ruiz^{3,4,5}, Luciano Vidal¹ y Yanina García Skabar^{1,2}



¹ Servicio Meteorológico Nacional
² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
³ Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CONICET-UBA)
⁴ Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN-UBA)
⁵ Instituto Franco-Argentino sobre Estudios del Clima y sus Impactos (IRL3351, CNRS-IRD-CONICET-UBA)
gishikame@smn.gob.ar



MOTIVACIÓN

La mejora en la resolución de los modelos numéricos ha permitido brindar información más precisa en los pronósticos del tiempo. Desde 2013, el SMN cuenta con el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) de 4 km de resolución horizontal (García Skabar y otros, 2018). Para asistir al pronóstico operativo, se recurren a técnicas de post-procesamiento de variables para agilizar la interpretación de la información. Aquí se indaga la **helicidad de la ascendente** (UH, por sus siglas en inglés) ya que 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).

OBJETIVO

Desarrollar, evaluar y validar un **algoritmo de detección y seguimiento de ascendentes rotantes** (DSAR) a partir de la variable UH, utilizando el modelo numérico WRF-ARW con una resolución horizontal de 2 km (WRF2K) y de 4 km (WRF4K).

DATOS

El algoritmo DSAR se evaluó sobre 9 casos de estudio asociados a la ocurrencia de SC sobre el centro del país. Los resultados obtenidos se compararon con reportes de fenómenos de alto impacto social provenientes de medios digitales, redes sociales y de la campaña RELAMPAGO (Nesbitt y otros 2021).

METODOLOGÍA

ALGORITMO DSAR:

- Se calculó el valor absoluto de UH (considerando la capa 2-5 km sobre el nivel del mar) dado por:

$$UH(x, y, t) = \left| \int_{z1=2\text{ km}}^{z2=5\text{ km}} w(x, y, t) \zeta(x, y, t) dz \right|$$
 donde w es la componente vertical del viento y ζ vorticidad relativa de eje vertical.
- A este arreglo tridimensional, se le realizó una segmentación considerando el valor umbral de $50 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ sugerido por Kain y otros (2008) y se obtuvieron objetos (**Figura 1**).
- Se realizó una clasificación en 3 grupos basada en diferentes atributos de estos objetos (**Tabla 1**), que permite categorizarlos en ascendentes rotantes de corta duración (**ARCD**), ascendentes rotantes persistentes (**ARP**) y ascendentes rotantes persistentes de mesoescala (**ARPM**).

VALIDACIÓN:

- Se calculó la distancia mínima D_{ij} entre el j -ésimo objeto y el i -ésimo reporte como la norma de las distancias temporal (D_{tmp}) y espacial (D_{esp}) para el k -ésimo tiempo en el que se detecta el objeto dado por la fórmula:

$$D_{ij}(k) = \sqrt{\min(D_{esp}(k)^2 + D_{tmp}(k)^2)}$$

en donde:

$$D_{esp}(k) = \sqrt{(\text{lon}_j(k) - \text{lon}_i(k))^2 + (\text{lat}_j(k) - \text{lat}_i(k))^2}$$

con $\text{lon}_i, \text{lat}_i$ la posición del i -ésimo reporte y $\text{lon}_j(k), \text{lat}_j(k)$ la posición del j -ésimo objeto en el tiempo k ,

$$D_{tmp}(k) = |v_j(t_j(k) - t_i)|$$

con v_j la velocidad escalar de desplazamiento promedio del objeto, $t_j(k)$ el k -ésimo tiempo en el que se detectó el objeto y t_i el tiempo en el que se produjo el reporte.

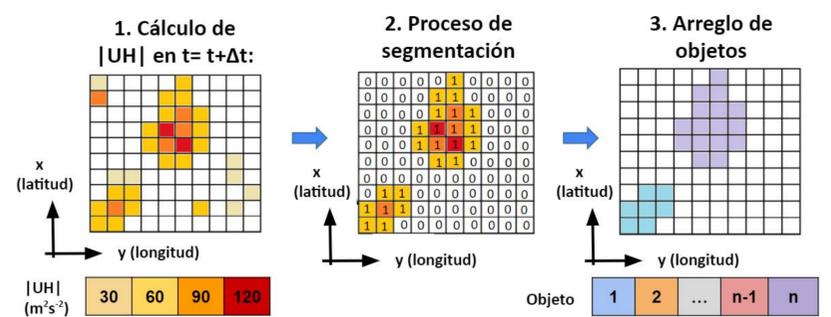


Figura 1: Esquema del proceso de segmentación en base al índice UH para un tiempo $t + \Delta t$. Se guardan los valores del módulo de UH de cada punto de retícula y para cada tiempo en una matriz tridimensional, a la cual se le enmascaran todos los valores mayores que $50 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$. Luego se agrupan los píxeles contiguos en tiempo y espacio, donde el UH supera el umbral seleccionado, y se obtiene el arreglo de objetos.

Tabla 1: Caracterización de los objetos en base a los atributos de duración y área

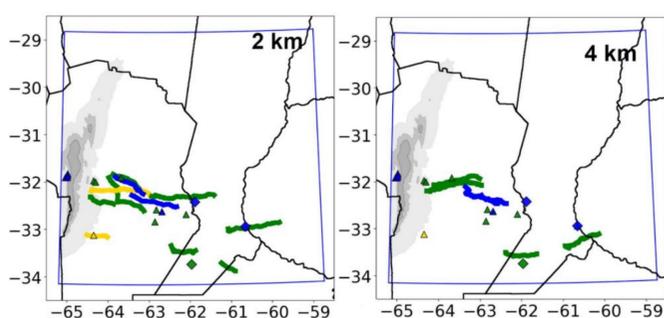
Objeto	ARCD	ARP	ARPM
Objetos que poseen $ UH > 50 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ de forma continua, durante al menos 25 minutos, y que no persisten más de 1 hora.	Objetos que poseen $ UH > 50 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ de forma continua durante al menos 1 hora, y que se mantienen menos del 50% del tiempo de vida con un área instantánea menor a 200 km^2 .	Objetos que poseen $ UH > 50 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ de forma continua durante al menos 1 hora, y que se mantienen más del 50% del tiempo de vida con un área instantánea mayor o igual a 200 km^2 .	

RESULTADOS

SOBRE LA RESOLUCIÓN

- WRF2K produce más objetos que WRF4K; y la cantidad de objetos ARCD es mayor que el número de ARP para cada evento.
- Los entornos con mayor (menor) inestabilidad tienden a producir una mayor (menor) cantidad de objetos. Sólo bajo ciertas condiciones se encontraron objetos ARPM (no se muestra).

SOBRE EL ALGORITMO



REFERENCIAS

- ▲ Granizo (14 reportes)
- ◆ Viento fuerte (3 reportes)

Franja horaria de reportes y objetos respecto a la hora de inicio de la simulación:



Figura 2: Trayectorias de los centroides de los objetos ARP más cercanos a cada uno de los 17 reportes encontrados para el 10 de Noviembre de 2018 utilizando WRF2K (izq.) y WRF4K (der.). El color indica la franja horaria correspondiente al reporte y a los objetos y los marcadores indican la ubicación correspondiente a los reportes según su tipo.

- El algoritmo de seguimiento implementado permite individualizar y caracterizar la continuidad espacial de aquellas zonas de ascenso que presentan rotación (**Figura 2**).
- Limitaciones:** la fusión o bifurcación de ascendentes rotantes impacta particularmente en la ubicación del centroide del objeto. Asimismo, los procesos de intensificación/debililitamiento de las ascendentes rotantes y el borde podrían incidir en la detección de los objetos. Finalmente, depende de la representación adecuada de la situación meteorológica por parte de la simulación numérica.
- WRF2K tiene una mejor habilidad de detección que WRF4K (**Tabla 2**) en términos de la ubicación de objetos cercanos a reportes (por ej, reporte ▲ **Figura 2**) sin aumentar demasiado las falsas alarmas (ya que WRF2K tiende a producir 1 orden de magnitud más de objetos que WRF4K).
- Los objetos ARP simulados muestran una mayor cercanía con los eventos de alto impacto observados en comparación con los otros conjuntos de objetos (**Tabla 2**).

Tabla 2: Medianas (en km) de las distancias considerando los 9 eventos en 2 km (4 km).

	ARCD+ARP+ARPM	ARCD	ARP
Distancia del reporte al objeto más cercano (medida de falsa alarma)	209.79 (213.16)	216.80 (225.93)	138.05 (177.15)
Distancia del objeto al reporte más cercano (medida de sorpresa)	48.48 (92.71)	52.63 (125.51)	52.07 (116.50)

SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN OPERATIVA

- Se adaptó el algoritmo DSAR al sistema de pronóstico del SMN y se lo validó con el caso de estudio del 10 de Noviembre de 2018 (**Figuras 2 y 3**).
- Se implementó 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-DET) de 4 km de resolución horizontal (operativo en fase experimental desde noviembre de 2021).

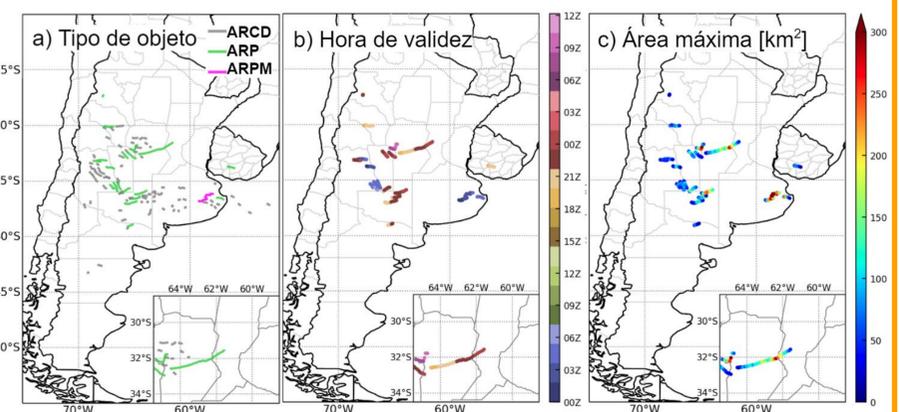


Figura 3: Algoritmo DSAR-SMN para el caso de estudio del 10 de noviembre de 2018. a) Trayectoria y clasificación de los objetos identificados, ARCD (línea gris), ARP (línea verde) y ARPM (línea magenta). b) Trayectoria y evolución temporal de los objetos identificados. c) Trayectoria y área máxima de los objetos identificados.

CONCLUSIONES

- Se resalta la fácil interpretación y la practicidad de este producto para una rápida detección de las áreas con mayor potencial para fenómenos severos en una oficina de pronóstico.
- Se han detectado algunas consideraciones a tener en cuenta para trabajos futuros:
 - segmentación de otras variables para determinar la caracterización en particular de la convección supercelular (por ej, la reflectividad, cortante profunda, etc.)

- estudio del desempeño del algoritmo DSAR en una muestra mayor
- determinación de diferentes criterios de duración del UH de acuerdo a la zona de inicio de la convección (por ej., zonas con pendiente vs. llano)
- análisis de la sensibilidad del algoritmo DSAR a las parametrizaciones del modelo
- implementación de este tipo de técnicas en el contexto de pronósticos por ensambles.

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., Drogemeier, 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.

Más sobre el trabajo:



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Comité Científico CONGREGMET 2022 por aceptar este trabajo y al Proyecto "CyT Alerta" por haber asistido en la financiación del mismo.

