

Evaluación de la Capacidad de Detección de Granizo de un Algoritmo de Clasificación de Hidrometeoros Sobre Una Red de Radares de Banda C

Esteban Garuti ^{1,2}; Paola Salio ^{2,3}; Vito Galligani ³; Maite Cancelada ²; Fernanda Verdelho ⁴; Cesar Beneti ⁴

egaruti@smn.gob.ar

¹Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

² Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (DCAO-FCEN-UBA)

³ CONICET, Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA-CONICET)

⁴ Environmental Technology and Monitoring Services, Curitiba, Brazil (SIMEPAR)

Palabras clave: clasificación de hidrometeoros, granizo, radar polarimétrico

1) RESUMEN

En este trabajo se analizó la capacidad del algoritmo de identificación de hidrometeoros (HID) presentado en Dolan y otros (2013) para detectar granizo en tormentas de diferente organización en Argentina. Se utilizaron datos de radares polarimétricos de banda C pertenecientes a la red del sistema nacional de radares meteorológicos de Argentina (SINARAME) y reportes de granizo de la Base de Datos de Amenazas Meteorológicas y sus Impactos de América del Sur (SAMHI). Se seleccionaron reportes en el periodo de 2018 a 2023 y se emplearon datos de radiosondeos coincidentes con las observaciones de radar para obtener el perfil vertical de temperatura más cercano tanto espacial como temporalmente a cada reporte. Se realizó un procesamiento de los datos de radar. Los pasos incluyen la corrección por atenuación resultante de lluvias intensas de reflectividad horizontal (Zh) y reflectividad diferencial (Zdr) aplicando el método Z-PHI y corrección del diferencial de fase (PHI) para el cálculo del diferencial de fase específico (Kdp). Se evaluó la probabilidad de detección del HID mediante una validación comparando el output del HID y las ubicaciones de los reportes. Se clasificaron los eventos en cuatro categorías de convección según el modo de organización de las tormentas y en tres categorías de severidad según el diámetro máximo estimado del granizo. El HID mostró una probabilidad de detección cercana al 80%, el modo convectivo Multicelular predominó en más del 70% de los casos y la categoría de granizo predominante fue No Severo, con diámetro máximo inferior a 20mm.

Se analizaron tres casos de estudio, uno de los cuales compara dos radares que operan en distinta frecuencia y que comparten área de cobertura, el RMA5 ubicado en Argentina (banda C) y el radar de Cascavel ubicado en Brasil (banda S).

2) INTRODUCCION

El uso de radares de doble polarización ha mostrado una notable mejora en la capacidad de detección de granizo debido a que se pueden obtener variables suplementarias a Zh que proporcionan información sobre diversas propiedades microfísicas de los elementos dispersores (Ryzhkov y Zmic, 2019). Los HID son herramientas estadísticas y de inteligencia artificial que buscan evaluar la presencia de diversas categorías de agua, hielo y ecos no meteorológicos en función del comportamiento de las variables obtenidas por el radar. Entre los métodos que pueden ser utilizados para la clasificación de hidrometeoros se encuentran los que utilizan lógica difusa como es el caso del presentado en Dolan y otros (2013), que utiliza funciones predefinidas para clasificar los datos polarimétricos en las distintas categorías de hidrometeoros para la banda C. El objetivo de este trabajo es analizar la sensibilidad del HID para detectar la presencia de granizo en las celdas convectivas de distinta organización en Argentina y generar una base de datos de eventos de granizo detectados a partir de la aplicación de dicho algoritmo a los datos de radar disponibles en Argentina.

3) DATOS

Se utilizaron datos de Radar Meteorológico Argentino (RMA) provenientes la red SINARAME (De Elia y otros, 2020) que es un radar Doppler de doble polarización que opera en la banda C con

resolución espacial en rango de 500m (250m) y temporal de 10min (5min) en la estrategia de escaneo de 240km (120km). Los datos de reportes de ocurrencia de granizo en superficie fueron extraídos de la base de datos SAMHI (Salio y otros, 2024). Los perfiles verticales de temperatura provinieron de sondeos realizados por el SMN y Instituto Nacional de Meteorología de Brasil (fuente: Global Telecommunication System, <https://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>) y sondeos realizados durante la campaña RELAMPAGO (<https://doi.org/10.26023/3QGG-JQKS-AF0G>).

4) METODOLOGIA

Se seleccionaron reportes de granizo que cumplieran con las siguientes condiciones: distancia mayor a 40km y menor de 180km del radar; disponibilidad de Zh, Zdr, coeficiente de correlación (ROHV) y PHI en una ventana de una hora anterior y posterior a la hora del reporte; datos no afectados por atenuación por radomo mojado, interferencias electromagnéticas o bloqueo del haz. Se realizó un procesamiento de los datos donde se aplicó el método Z-PHI (Testud y otros, 2000) para ajustar los valores de Zh por atenuación resultante de lluvias intensas y partir de este se calculó Zdr corregido. Para calcular el diferencial de fase específico (Kdp), PHI fue sometido a un preprocesamiento involucrando pasos de eliminación de saltos de fase y suavizado. Los perfiles de temperatura se extrapolaron a partir de los datos del radiosondeo más cercano tanto temporal como espacialmente. Se aplicó el HID a todos los casos a partir de los datos procesados dejando un total de 143 reportes distribuidos en Argentina durante el periodo 2018-2023. Se evaluó la capacidad de detección del HID a través de la comparación del output del mismo en la elevación más baja de radar ($\approx 0,5^\circ$) con la ubicación del reporte a través de distintos análisis con distinta definición de acierto y error. Uno de ellos consistió en tomar el dato de radar más cercano al reporte y buscando algún píxel de granizo en una caja de 3x3 pixeles alrededor del reporte, y otro análisis teniendo en cuenta una ventana temporal de 10 minutos y evaluando la presencia de granizo en un radio de 5km alrededor del reporte en alguno de los tiempos considerados.

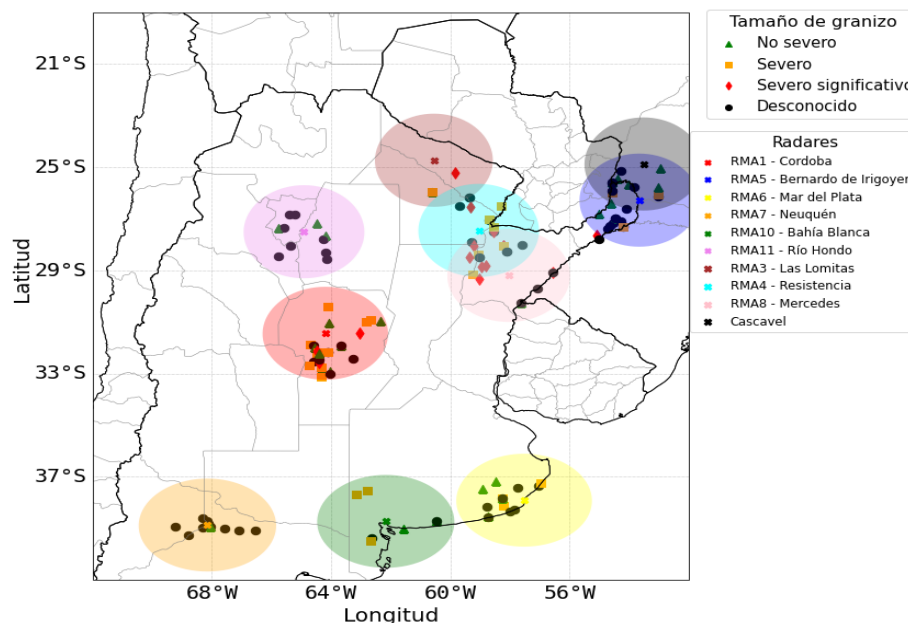


Fig. 1. Ubicaciones de los radares utilizados (cruces de colores) con el rango de cobertura de 200km (círculos de colores) y las ubicaciones de los reportes según tamaño de granizo.

5) RESULTADOS

Luego del filtrado de casos se generó una base de datos que contiene 143 reportes de granizo distribuidos en la región de vigilancia de 9 radares RMA en Argentina (ver Fig.1). Se encontró para el primer análisis de caja de 3x3 pixeles, un total de 42 aciertos y 101 errores, dando la POD un valor de 0.29 (29%). La POD es baja porque este método es restrictivo por la incertidumbre temporal y espacial de los reportes. Al calcular la POD teniendo en cuenta una incertidumbre temporal de 10

minutos y un radio de 5km la cantidad de aciertos asciende a 115 y sólo 28 de ellos son errores dando como resultado una POD de 0,80 (80%). Con este segundo análisis la POD mejora notablemente y se ve que en la mayoría de los casos los reportes fueron cargados a la base de datos SAMHI con una incertidumbre temporal de 10 minutos. Se agrupó a los eventos de granizo según el modo convectivo predominante con la clasificación utilizada en Mulholland y otros (2018). Del total de reportes el 71% estuvo asociado a convección Multicelular (43% multicelular organizada y 28% no organizada) y 29% a convección Discreta (21% no supercelular y 8% supercelular). Se calculó la POD bajo este agrupamiento y los resultados muestran que los modos de convección discreta tienen POD más alto (POD promedio 75%) que los modos multicelulares (POD promedio 60%). Los eventos, también, fueron clasificados a partir del diámetro (D) máximo de granizo (Fig. 2). Del total de casos 23% pertenecen a la categoría No Severo ($D < 25\text{mm}$), 22% Severo ($25\text{mm} < D < 50\text{mm}$), y 12% Severo significativo ($D > 50\text{mm}$), quedando el otro 43% de los casos restantes sin tamaño estimado. Entre los casos en los que el HID no detectó granizo, se encontraron tres posibles causas de fallo, error en la ubicación del reporte (11 casos, 7% del total), error en la hora del reporte (9 casos, 6% del total) y atenuación por lluvias intensas que permaneció sin corregir con la metodología utilizada (8 casos, 6% del total).

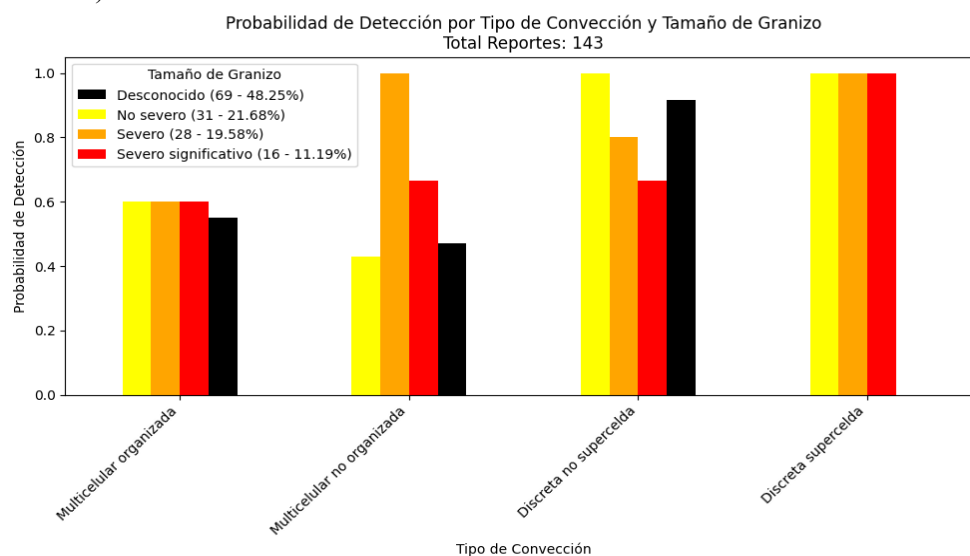


Fig. 2. Probabilidad de detección para cada categoría de tamaño de granizo según el modo convectivo asociado.

REFERENCIAS

- Dolan, B., S. A. Rutledge, S. Lim, V. Chandrasekar, and M. Thurai, 2013: A Robust C-Band Hydrometeor Identification Algorithm and Application to a Long-Term Polarimetric Radar Dataset. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 52, 2162–2186, <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-12-0275.1>.
- Mulholland, J. P., S. W. Nesbitt, R. J. Trapp, K. L. Rasmussen, and P. V. Salio, 2018: Convective Storm Life Cycle and Environments near the Sierras de Córdoba, Argentina. *Mon. Wea. Rev.*, 146, 2541–2557, <https://doi.org/10.1175/MWR-D-18-0081.1>.
- Ryzhkov, A. V.; Zrnica, D. S. Radar Polymetry for Weather Observations; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2019. 10.1007/978-3-030-05093-1
- Salio, P., and Coauthors, 2024: Towards a South American High Impact Weather Reports Database. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-23-0063.1>
- Testud, J., E. Le Bouar, E. Obligis, and M. Ali-Mehenni, 2000: The Rain Profiling Algorithm Applied to Polarimetric Weather Radar. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 17, 332–356, [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(2000\)017<0332:TRPAAT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(2000)017<0332:TRPAAT>2.0.CO;2)