

Informe Entregables Proyecto AlertAr

Grupo II/2018-I

2.6 DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO DE CLASIFICACIÓN DE HIDROMETEOROS CENTRADO EN GRANIZO

Integrantes:

- Luciano Vidal - Servicio Meteorológico Nacional
- Paola Salio - CIMA - CONICET/UBA
- Martin Rugna - Servicio Meteorológico Nacional
- Stephen W. Nesbitt - University of Illinois/USA
- Romina Mezher - INTA

Contenido

Resumen	3
Abstract	3
Detalle del Informe	4
1. Introducción	4
2. Datos	5
3. Metodología	8
4. Resultados	9
5. Conclusiones	11
6. Referencias	11

Resumen	Abstract
<p>La región central de Argentina es una de las zonas en el mundo más favorables para el desarrollo de intensos sistemas convectivos de mesoescala, especialmente durante la temporada cálida austral. Los eventos meteorológicos de alto impacto asociados con estos sistemas son inundaciones repentinas, granizo, vientos fuertes y tornados. Los radares meteorológicos de doble polarización pueden ofrecer la oportunidad de detectar e identificar diferentes clases de hidrometeoros presentes en las tormentas convectivas. En particular, la clasificación de hidrometeoros ayuda a detectar los rayos de granizo dentro de las tormentas, proporcionando así información valiosa para las aplicaciones de predicción inmediata, asistencia de vuelo, entre otras.</p> <p>Argentina tiene una creciente red de radares meteorológicos polarimétricos de banda C desarrollada con recursos locales por el proyecto SiNaRaMe. En los próximos años, esta red se ampliará con la incorporación de diez nuevos radares en diferentes regiones climáticas de latitudes medias y subtropicales. Trabajos previos presentaron algoritmos de clasificación de hidrometeoros para radares de banda C, pero estas evaluaciones se realizaron principalmente en regímenes climáticos tropicales (por ejemplo, Darwin en Australia). Es importante explorar el funcionamiento de estos algoritmos para la identificación de granizo en convección intensa de latitudes medias sobre los radares de banda C.</p> <p>El objetivo de este informe es documentar la aplicación de un esquema de identificación de hidrometeoros para banda C basado en un enfoque de lógica difusa en dos granizadas. El algoritmo se evalúa usando el informe de daños superficiales correspondiente a estos eventos detectados dentro del área del radar polarimétrico EEA INTA Anguil (La Pampa). Se muestran los resultados preliminares del rendimiento del algoritmo de clasificación, haciendo hincapié en la evaluación del rendimiento del algoritmo considerando los reportes de superficie disponibles como validación.</p>	<p>Central Argentina is one of the most favorable regions for strong mesoscale convective systems in the world, especially during austral warm season. High impact weather events associated with these convective systems are flash flood, strong winds, hail, and tornadoes. Dual-polarized weather radars may offer the opportunity to detect and identify different classes of hydrometeors present in convective storms. In particular, hydrometeor classification helps to detect hail shafts within storms, thus providing valuable information for nowcasting applications, flight assistance, among others.</p> <p>Argentina has an increasing C-band polarimetric weather radar network developed with local resources by SiNaRaMe project. In the next years this network will be expanded by the addition of ten new radars in different mid-latitude climate regions. Previous works presented hydrometeor classification algorithms for C-band radars, but these evaluations were performed principally in tropical climate regimes (e.g., Darwin in Australia). It is important to explore about the performance of these algorithms for the identification of hail in mid-latitude intense convection over C-band radars.</p> <p>The aim of this report is to document the application of a hydrometeor identification scheme for C-band based on a fuzzy-logic approach over two hailstorms. The algorithm is evaluated using surface damage report corresponding to these events detected within the area of the EEA INTA Anguil polarimetric radar. Preliminary results of the performance of the classification algorithm will be discussed. Emphasis will be placed on evaluating the performance of the algorithm considering available surface reports as validation.</p>

Detalle del Informe

1. Introducción

El proyecto Alertar se plantea, entre sus objetivos principales mejorar las herramientas y generar nuevos productos para monitorear y pronosticar eventos meteorológicos de alto impacto asociados a tormentas, como precipitaciones intensas, granizo, vientos fuertes y descargas eléctricas.

La región central de Argentina es una de las regiones en el mundo más favorables para el desarrollo de intensos sistemas convectivos de mesoescala, especialmente durante la temporada cálida austral. Los eventos meteorológicos de alto impacto asociados con estos grandes sistemas de tormentas son principalmente las inundaciones repentinas, el granizo e los tornados, entre otros. Una muestra clara de la particularidad de nuestra región se puede ver en la figura 1 que corresponde a una climatología generada a partir de información satelital donde se muestran las regiones a nivel mundial más afectadas por tormentas de granizo.

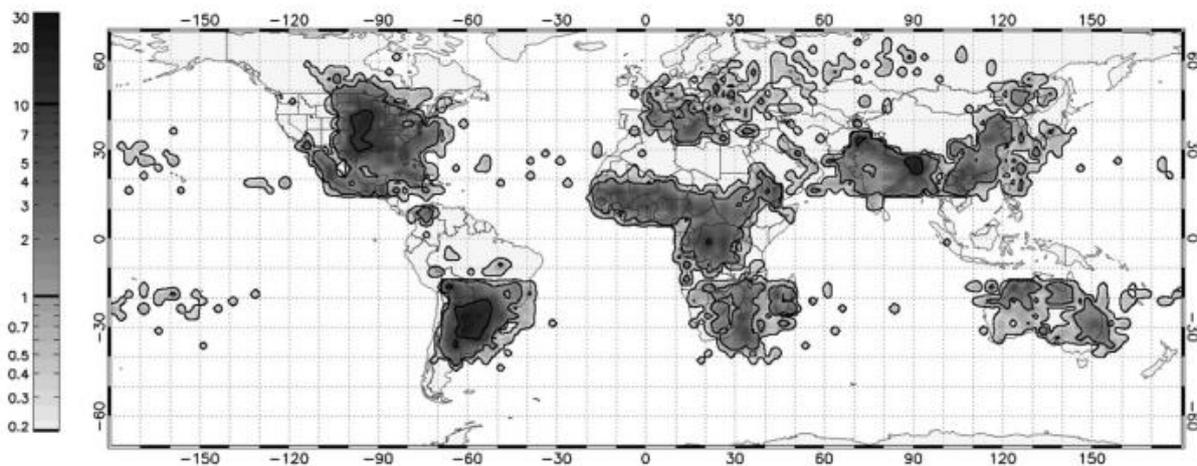


Fig. 1: Frecuencia de tormentas de granizo para el período 2003-2010 estimada a partir del sensor AMSR-E a bordo del satélite Terra. Las unidades son tormentas por 500 km² por año (Fuente: Cecil y Blankenship, 2012).

En la actualidad, las redes de radares meteorológicos junto con otros sensores remotos como los satélites y las descargas eléctricas, son una herramienta primordial en todo el mundo para la detección y el seguimiento de estos sistemas de tormentas que pueden conducir a episodios de alto impacto socio-económico en la población.

Los radares meteorológicos de doble polarización tienen la gran ventaja de detectar e identificar diferentes tipos de hidrometeoros presentes dentro de las grandes nubes de desarrollo vertical asociadas con las tormentas convectivas.

En particular, la clasificación de hidrometeoros ayuda a detectar las regiones con presencia de granizo dentro de las tormentas, proporcionando así información

valiosa para aplicaciones relacionadas con el pronóstico inmediato o la seguridad operacional en el ámbito aeronáutico, entre otras.

El estado actual de las técnicas empleadas para llevar a cabo una clasificación de ecos meteorológicos (lluvia, llovizna, granizo, nieve, entre otros) implica el uso combinado de diferentes variables polarimétricas. Dicho proceso es complejo y una simple definición de umbrales como la habitualmente utilizada, por ejemplo “valores superiores a 50 dBZ en el campo de reflectividad es granizo”, resulta ser falsa ya que la respuesta de los diferentes hidrometeoros en las variables del radar no es mutuamente excluyente y única.

Los esquemas más recientes se basan principalmente en métodos de lógica difusa, los mismos logran reducir la influencia del ruido y el sesgo en las mediciones cuando se compara con las tablas de búsqueda simples (Ryzhkov y otros, 2005; Dolan y Rutledge, 2009; Bechini y Chandrasekar, 2014). Estos algoritmos han sido desarrollados principalmente en los Estados Unidos, presentando una seria dificultad a la hora de la implementación en la Argentina ya que fueron desarrollados en la banda S. Los radares actualmente disponibles, más los provistos por SINARAME operan en banda C.

Trabajos previos presentaron algoritmos de clasificación de hidrometeoros para radares de banda C, pero estas evaluaciones se realizaron principalmente en regímenes climáticos tropicales (por ejemplo, Darwin en Australia). Es importante explorar el funcionamiento de estos algoritmos para la identificación de granizo en convección intensa de latitudes medias sobre los radares de banda C.

El objetivo de este informe es documentar el trabajo exploratorio desarrollado a partir de la adaptación de un esquema de identificación de hidrometeoros para la banda C basado en un enfoque de lógica difusa sobre la parte central de Argentina. El algoritmo se evalúa utilizando reportes de daños en superficie correspondiente a tres eventos de granizadas severas detectados dentro del área del radar polarimétrico ubicado en la EEA INTA Anguil en la provincia de La Pampa.

Se discutirán los resultados preliminares del rendimiento del algoritmo de clasificación. Se hará hincapié en la evaluación del rendimiento del algoritmo considerando los informes de superficie disponibles como validación. Se realiza un estricto protocolo de corrección de atenuación y evaluación de control de calidad de múltiples pasos antes de la identificación de hidrometeoros para validar las variables de entrada, que sufren efectos de resonancia significativos que no son de Rayleigh en estos casos extremos.

2. Datos

El desarrollo y testeo experimental se realizó utilizando datos generados por el radar meteorológico Doppler de doble polarización en banda C ubicado en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Anguil (La Pampa) (Figura 2) en dos tormentas de granizo ocurridas los días 13 y 15 de enero de 2011. La Tabla 1

muestra el detalle de las características técnicas del radar. Del total de variables generadas por el radar se trabajó en esta primera etapa con la reflectividad horizontal (Z_H), la reflectividad diferencial (Z_{DR}) y el coeficiente de correlación (ρ_{HV}). A fin de eliminar ecos de origen no meteorológico, se eliminaron todos aquellos donde se cumpliera la condición de que ρ_{HV} fuese menor que 0,79. Los datos fueron generados con una estrategia de escaneo compuesta por 12 elevaciones, con una resolución en rango de 0,5 kilómetros y un rango máximo de 240 kilómetros.

Tabla 1: Especificaciones del radar

PARÁMETRO	ESPECIFICACIÓN
Localización	36°32'23"S 63°59'24"O
Tipo de radar	SELEX Gematronik Meteor 600C DP
Altura de la antena	170 msnm
Polarización	Doble (H/V)
Longitud de onda	5,635 cm (banda C)
Potencia	250 kW
Rango máximo	240 km
Resolución en rango	0,5 km
Ancho del haz	0,98°/0,98°
PRT	2000 μ s
Ancho del pulso	2 μ s
Estrategia de escaneo	12 elevaciones, desde 0,5 a 15,1 grados
Variables	Reflectividad horizontal (Z_H), velocidad radial (V), ancho espectral (W), reflectividad diferencial (Z_{DR}), coeficiente de correlación (ρ_{HV}), diferencial de fase (ϕ_{DP}) y diferencial de fase específico (K_{DP}).
Resolución temporal	10 minutos

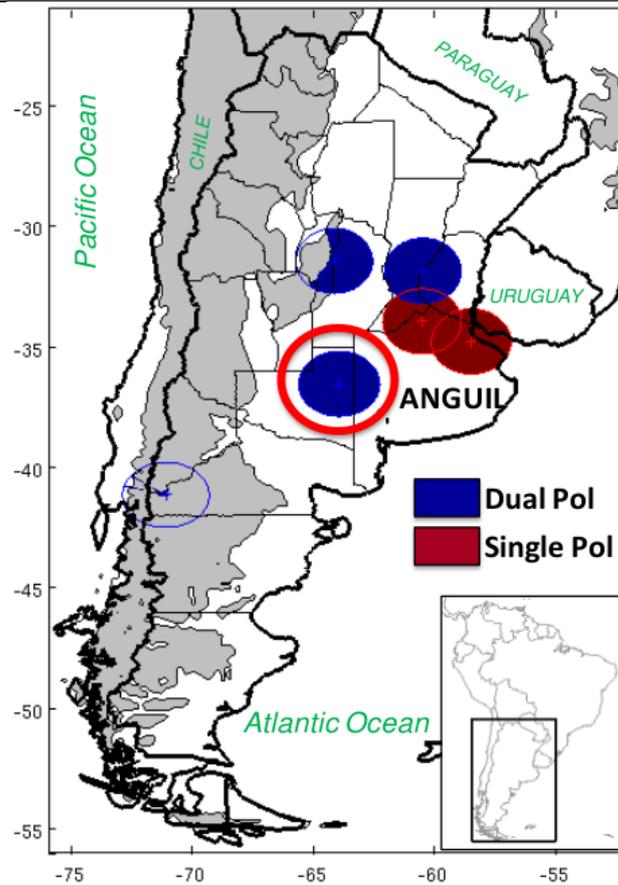


Fig. 2: Ubicación geográfica del radar INTA Anguil

Para realizar una primera verificación del desempeño del algoritmo se utilizaron datos provistos por el INTA correspondientes a reportes de daños en campos (Figura 3).

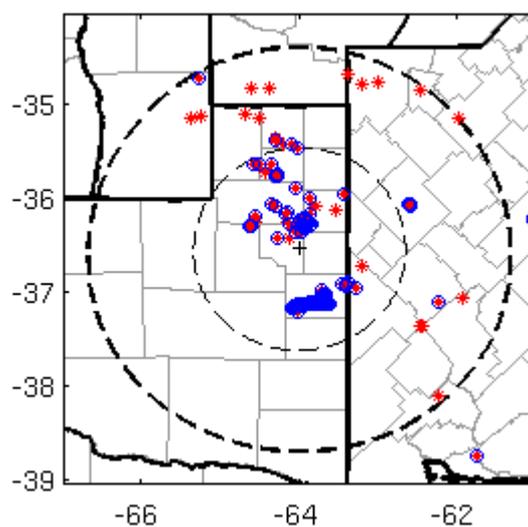


Fig. 3: Reportes de daños en campos correspondiente al día 15 de enero de 2011. La ocurrencia de granizo se indica con un círculo azul. En línea punteada gruesa de indica el radio de cobertura de 240 km, mientras que en línea punteada delgada el radio de cobertura de 120 km.

3. Metodología

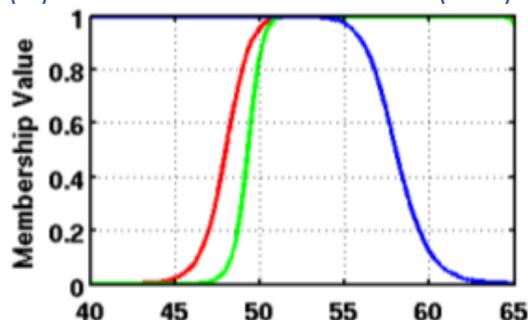
Los algoritmos de identificación de hidrometeoros (en adelante, HID) se han utilizado ampliamente para investigar la microfísica de nubes principalmente y especialmente en la banda S (Ryzhkov y otros 2005c; Tessendorf y otros 2005; Kumjian y Ryzhkov 2008). Muchos de los algoritmos se basan en métodos de lógica difusa, en los que la superposición y los límites suaves pueden reducir la influencia del ruido y el sesgo en las mediciones en comparación con las tablas de búsqueda simples (Liu y Chandrasekar 2000; Lim y otros 2005; Ryzhkov y otros 2005c; Dolan y Rutledge 2009; Chandrasekar y otros 2013).

En los últimos años, los algoritmos de clasificación de tipo lógica difusa se han adaptado a longitudes de onda más cortas, incluida la banda X (Dolan y Rutledge 2009) y la banda C (Meischner y otros 1991; Znic y otros 2000; Keenan y otros 2001; Schuur y otros 2001; Alberoni y otros 2002; Keenan 2003; Baldini y otros 2005; Marzano y otros 2006, 2007; Keranen y otros 2007; Kumjian y Ryzhkov 2008; Anderson y otros 2011).

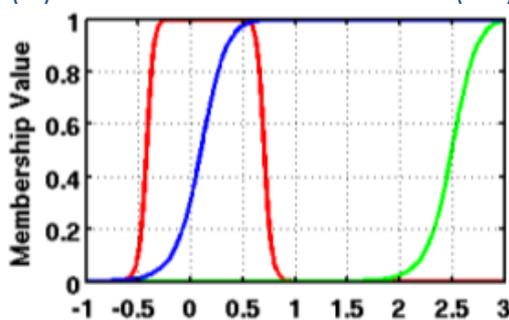
En este trabajo se adaptó y probó el algoritmo desarrollado por el CSU Radar Meteorology Group y que forma parte de un paquete denominado CSU_RadarTools. Este paquete es una colección de programas de código abierto para el control y análisis de la calidad de los datos de radar meteorológico, escritos en lenguaje Python. El paquete recopila una cantidad variable de herramientas que se han desarrollado durante muchos años en la Colorado State University. El código está disponible en la web para bajarlo en https://github.com/CSU-Radarmet/CSU_RadarTools/blob/master/csu_radartools/.

Para los casos de estudio analizados se consideraron sólo tres categorías de hidrometeoros: lluvia (RN), gotas grandes (BD) y granizo (HL). Las funciones beta de pertenencia se definen para cada tipo de hidrometeoro y cada variable: Z_H , Z_{DR} y ρ_{HV} (fig. 4). El hidrometeoro con el puntaje de lógica difusa más alto se identificó como el tipo más probable en cada punto de la red del radar.

(a) Reflectividad horizontal (dBZ)

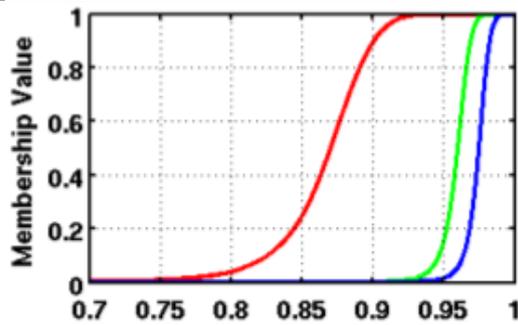


(b) Reflectividad diferencial (dB)



(c) Coeficiente de correlación

(d) Función de pertenencia



$$\beta = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x - m}{a} \right)^2 \right]^b}$$

Fig. 4: Funciones de pertenencia para las tres variables de radar utilizadas y para las tres categorías de hidrometeoros (lluvia, gotas grandes y granizo)

4. Resultados

En primer lugar se estudiaron para ambos eventos las señales características en banda C en los datos de radar asociadas con la presencia de granizo de gran tamaño. Se encontró que se observan típicamente valores altos de reflectividad horizontal (>55dBZ), valores altos también de reflectividad diferencial (3,8 dB) y valores bajos de coeficiente de correlación (<0.8) en los niveles bajos cerca de superficie. Los valores altos de Z_{DR} y de ρ_{HV} bajos pueden explicarse por la fusión de granizo de tamaño resonante y una mezcla de hidrometeoros (gotas de agua de tamaño variable) cerca de la superficie (Kaltenboeck y Ryzhkov, 2012, Anderson y otros, 2011). En los cortes verticales, los valores bajos de Z_{DR} (~0dB) y ρ_{HV} (<0,8) dentro de un núcleo con valores altos de Z_H (>55dBZ) por encima de la capa de fusión podría estar asociado con la presencia de granizo seco y graupel (Figura 7).

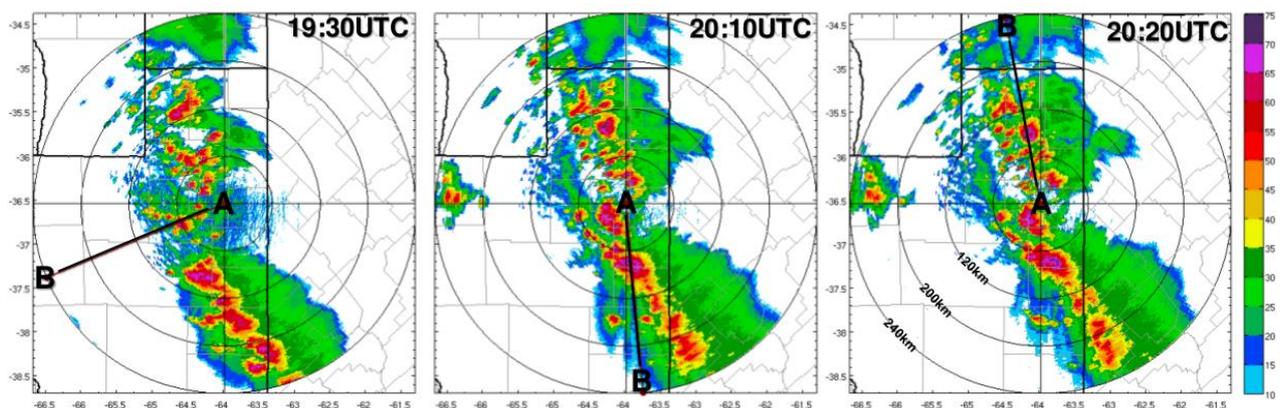


Fig. 5: Secuencia temporal del producto COLMAX de reflectividad horizontal para el día 13 de enero de 2011.

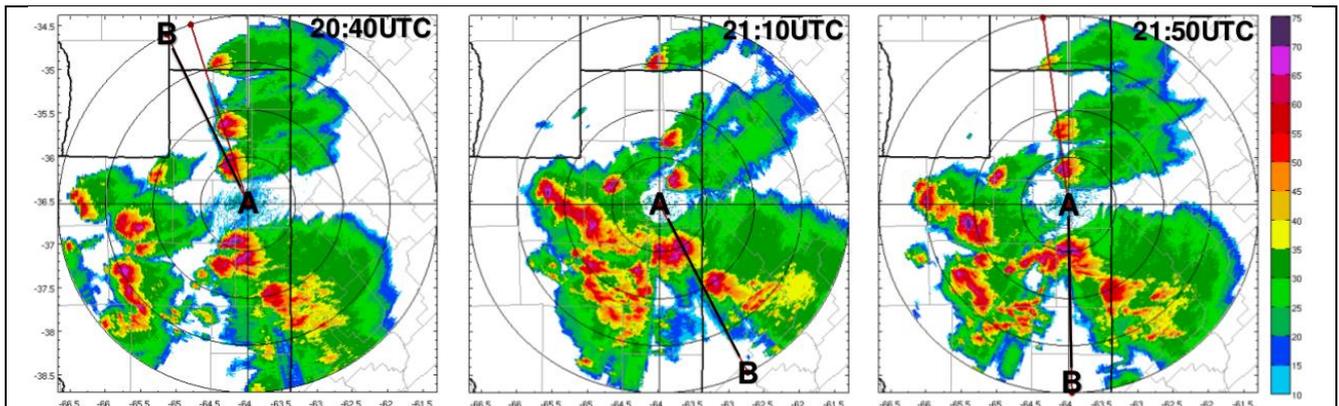


Fig. 6: Secuencia temporal del producto COLMAX de reflectividad horizontal para el día 15 de enero de 2011.

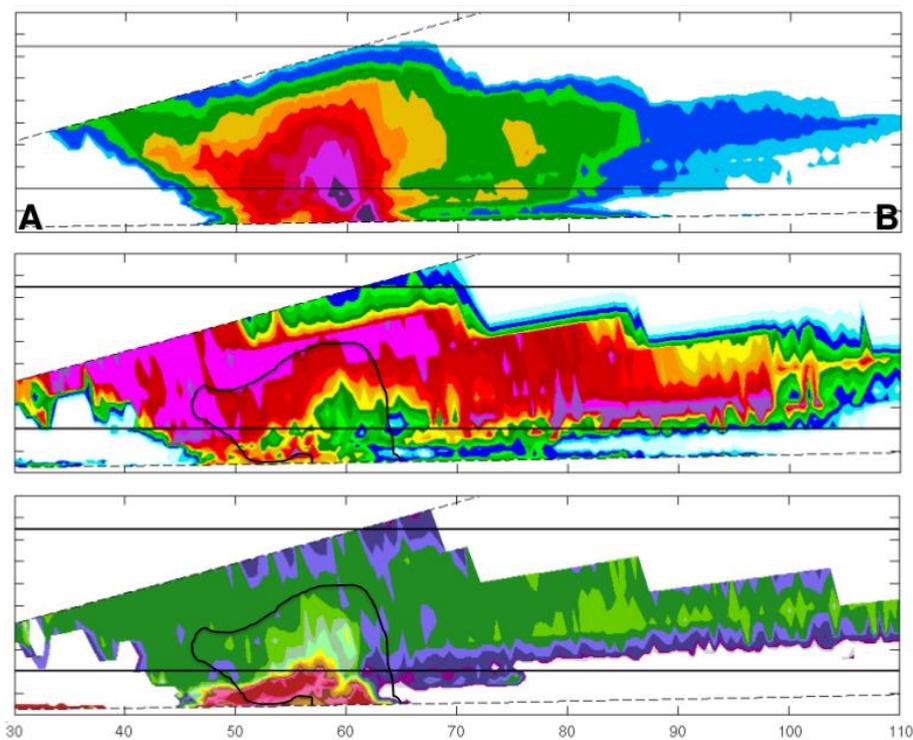


Fig. 7: corte vertical 15/1/2011 a las 2110 UTC azimuth 179°

Las tormentas analizadas muestran en ambos casos una región de eco débil limitada (BWER), un máximo Z_H de proyección y tres firmas de dispersión del cuerpo sobre estos casos de supercelda. La evidencia mencionada anteriormente y los informes de superficie corroboran la presencia de granizo severo en los casos estudiados.

Los resultados observados en el mapa HID (Figura 8) muestran un rendimiento adecuado sobre las tormentas estudiadas, pero se debe avanzar en la base de datos de informes meteorológicos extremos para obtener información con una mayor resolución espacial y temporal.

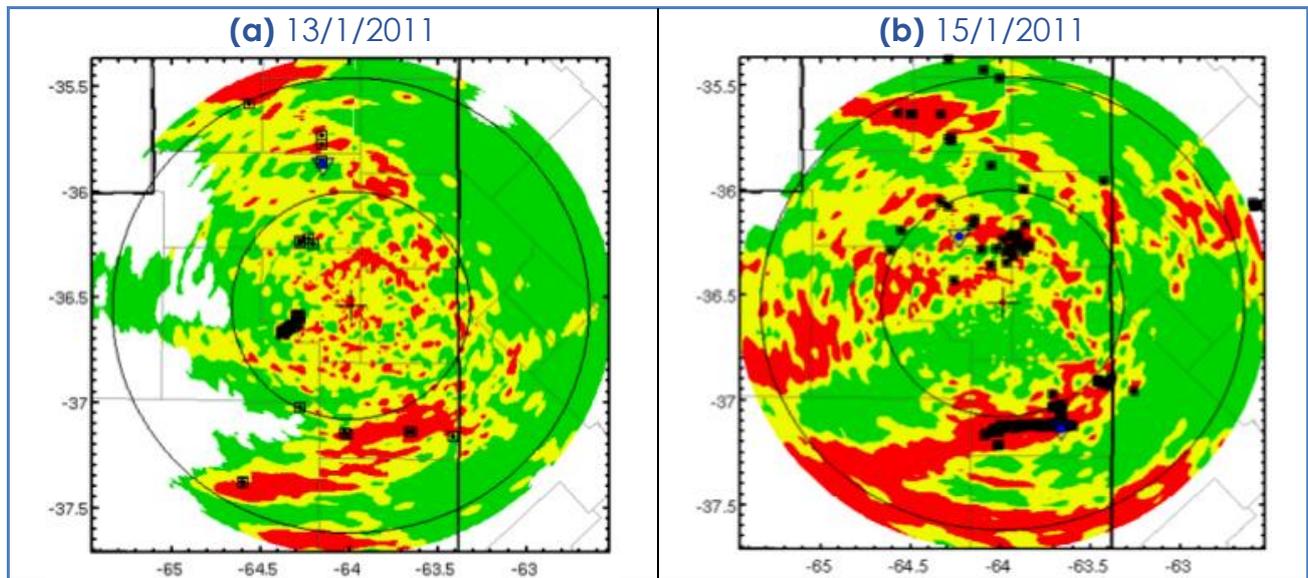


Fig. 8: Mapas HID para cada tormenta analizada con las tres categorías de hidrometeoros consideradas: granizo (rojo), gotas grandes (amarillo) y lluvia (verde). En puntos negros se indican los reportes de daño en superficie por granizo. El espaciamiento entre anillos es de 50 kilómetros.

5. Conclusiones

Con el objetivo de testear un algoritmo de clasificación de hidrometeoros que permita generar un mapa de zonas con potencial presencia de granizo haciendo uso fuertemente de las cualidades de un radar de doble polarización, se adaptó un código implementado en Python (open source) y disponibilizado por el CSU Radar Meteorology Group. El mismo se implementó en dos casos de estudio correspondientes a tormentas de granizo ocurridas durante enero de 2011 sobre el centro-este de la provincia de La Pampa, donde funciona un radar de polarización doble propiedad del INTA. Los resultados obtenidos fueron muy buenos y se espera poder extender las pruebas a otros radares y nuevas variables en la medida de ir contando con datos confiables que permitan implementar operativamente en el ámbito del Servicio Meteorológico Nacional la generación de mapas HID.

6. Referencias

- Baldini, L., E. Gorgucci, V. Chandrasekar, and W. Petersen, 2005: Implementations of CSU hydrometeor classification scheme for C-band polarimetric radars. 32nd AMS Conf. on Radar Meteorology, Amer. Meteor. Soc., Albuquerque, N.M.
- Bechini, R. and V. Chandrasekar, 2015: A Semisupervised Robust Hydrometeor Classification Method for Dual-Polarization Radar Applications. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 32, 22–47, <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-14-00097.1>
- Cecil, D.J. and C.B. Blankenship, 2012: Toward a Global Climatology of Severe Hailstorms as Estimated by Satellite Passive Microwave Imagers. *J. Climate*, 25, 687–

703, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00130.1>

Dolan, B., and S. A. Rutledge, 2009: A theory-based hydrometeor identification algorithm for X-band polarimetric radars. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 26, 2071-2088.

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.

Kaltenboeck, R., and A. Ryzhkov, 2012: Comparison of polarimetric signatures of hail at S and C bands for different hail sizes. *Atmos. Res.*, 123, 323-336.

Ryzhkov, A.V., T.J. Schuur, D.W. Burgess, and D.S. Znic, 2005: Polarimetric Tornado Detection. *J. Appl. Meteor.*, 44, 557-570, <https://doi.org/10.1175/JAM2235.1>