

Análisis de tormentas medidas en superficie para la calibración hidrológica del Radar Meteorológico Argentino RMA1 - Córdoba

Petroli, Gastón Hernan⁽¹⁾ / García, Mariano Enrique⁽¹⁾ / Masin, Federico Rafael⁽¹⁾ / Corral, Mariano⁽¹⁾ / Ingaramo, Ricardo⁽¹⁾ / Villa Uria, Alberto⁽¹⁾ / Rodriguez, Andres⁽¹⁾.

(1) Laboratorio de Hidráulica – Centro de Estudios y Tecnología del Agua (CETA) – Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFN) – Universidad Nacional de Córdoba (UNC)

E-mail: mariog1290@gmail.com/ fedee.masin@gmail.com/ gaston.petroli@gmail.com

RESUMEN

Los radares meteorológicos permiten la elaboración de pronósticos con una adecuada definición espacial y temporal, pero producen estimaciones muy poco precisas de la intensidad de lluvia caída en un punto. Por ello es necesario integrar los datos del radar con registros pluviométricos de superficie, a fin de ajustar los algoritmos que permiten realizar la transformación de los ecos medidos por el radar en precipitación u otras variables meteorológicas de interés.

En este trabajo se presenta el relevamiento de eventos pluviométricos en la Provincia de Córdoba ocurridos dentro del área de cobertura del radar meteorológico RMA1 (perteneciente al Sistema Nacional de Radares Meteorológicos), registrados simultáneamente por el radar desde su puesta en operación y por estaciones meteorológicas automáticas.

Para cada tormenta individual, se superpone la mancha abarcada por el evento detectado por el radar con un mapa que contiene las estaciones meteorológicas de superficie. En esta intersección de imágenes se determina qué estaciones abarca la tormenta para bajar los datos correspondientes de las bases de datos pluviométricos administradas por diferentes organismos: Instituto Nacional del Agua CIRSA INA (19 estaciones – tecnología Alert), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA (8 estaciones), Ministerio de Agricultura y Agua de Cba. (19 estaciones – tecnología Omixom), Subsecretaría de Recursos Hídricos de Cba (45 estaciones – tecnología Alert y Omixom), Bolsa de Cereales (36 estaciones). Con esos datos se procede a la construcción de los hietogramas para cada estación correspondientes a las tormentas analizadas. Adicionalmente se han analizado datos de viento en superficie medido en algunas de las estaciones.

Esta información es la base para iniciar el proceso de calibración hidrológica del radar RMA1, experiencia de este tipo pionera en el país.

PALABRAS CLAVE: Radar Meteorológico – Estaciones Meteorológicas – Datos Hidrometeorológicos

INTRODUCCIÓN

Los radares meteorológicos y sus sistemas asociados permiten la identificación, análisis, monitoreo, pronóstico y evaluación de los fenómenos hidrometeorológicos y de los procesos físicos involucrados. Entre sus principales aplicaciones se puede mencionar:

- Descripción del estado del tiempo, generación de pronósticos a mediano y corto plazo;
- Provisión y monitoreo de contingencias ambientales;
- Estudios de la física de la atmósfera;
- Suministro de datos para la investigación científica y tecnológica.

La posibilidad de disponer de pronósticos inmediatos y a corto plazo hace del radar una herramienta imprescindible para anticipar la ocurrencia de eventos extremos y generar la información necesaria para la puesta en marcha de planes de emergencia, evitando desastres que pongan en riesgo la vida y los bienes de los habitantes afectados por tales eventos.

Sin embargo, la utilización de los radares meteorológicos en hidrología requiere la validación de los datos monitoreados, ya que el radar no mide directamente la lluvia y para su estimación se vale de la relación entre la reflectividad Z, medida a partir de la potencia recibida (la cual está relacionada con la distribución de tamaños de gotas detectadas en el volumen de muestreo) y la intensidad de la lluvia R medida en los pluviógrafos.

Las estaciones pluviométricas proporcionan datos puntuales de precipitación muy precisos, pero con una pobre definición espacial debido precisamente a la forma en que se mide la lluvia en cada estación. La interpolación entre estaciones que normalmente se realiza a los fines prácticos difícilmente refleja la realidad del fenómeno. Los radares meteorológicos, en cambio, permiten una cobertura espacial muy detallada de la precipitación dentro de su radio de cobertura, pero la estimación puntual de la lluvia caída en un punto suele ser poco precisa debido a la diversidad de factores que afectan las mediciones realizadas por el radar (como viento, distribución de las gotas, presencia de granizo, atenuación del haz del radar, etc.) y a la complejidad del fenómeno físico involucrado.

Con lo antes expresado queda planteado el problema: es necesario realizar la integración de los datos medidos por el radar con los datos de lluvia medidos en estaciones meteorológicas de superficie, para la estimación y eventualmente la predicción de la precipitación en proximidades de las mismas.

Este trabajo tiene como objetivo mostrar de qué manera se llevó a cabo el relevamiento de datos pluviométricos y de vientos en estaciones meteorológicas de la Provincia de Córdoba, que se encuentren dentro del área de cobertura del Radar Meteorológico Argentino (RMA1), construido por la empresa Invap e instalado en un predio de la Universidad Nacional de Córdoba, y describir las primeras actividades encaradas para su calibración hidrológica (Bertoni et al., 2015).

MATERIAL Y MÉTODOS

En este apartado se presenta la metodología utilizada para cumplir con los objetivos buscados. Como primera medida se muestran los datos de partida y en que se basó el análisis.

Datos de partida

Lo primero que es necesario conocer es hasta donde llega la cobertura del radar. Dentro de esa área se identifican las estaciones meteorológicas de superficie de donde se pueden obtener los datos de lluvia. La

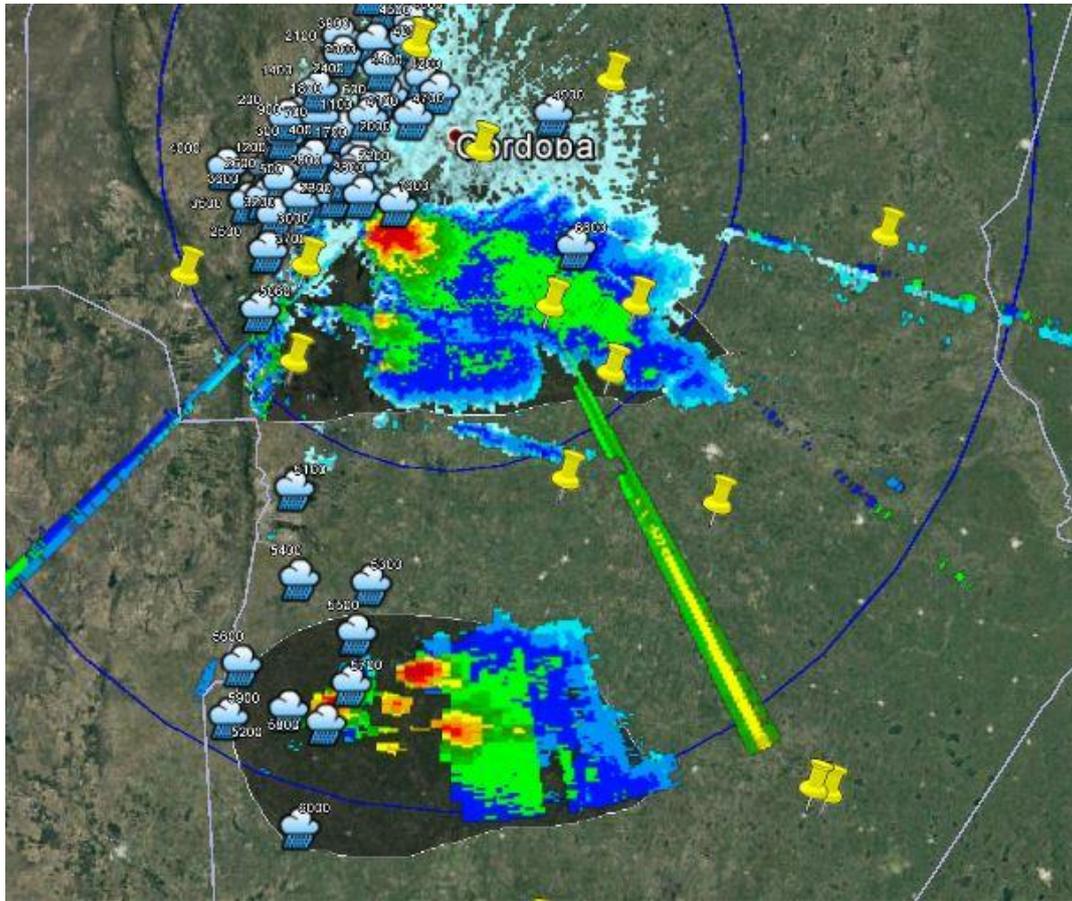


Figura 2: Mosaico de la tormenta y estaciones involucradas

Tabla 1: Sector de la tabla de la estación 60 cuadras del Ministerio de Agronomía y Agua de la tormenta del 07/03/2016

Fecha	Hora (UTC)	Precipitación [mm]	Precipitación Acumulada [mm]	Velocidad Viento [Km/h]	Dirección Viento	Ráfaga Máxima [Km/h]
07/03/2016 22:20	08/03/2016 01:20	0	0	9,7	SUR	20,4
07/03/2016 22:30	08/03/2016 01:30	0,2	0,2	9,1	SUR	19,1
07/03/2016 22:40	08/03/2016 01:40	0,4	0,6	8,4	SUR	18,2
07/03/2016 22:50	08/03/2016 01:50	0,8	1,4	8,3	SUR	18,5
07/03/2016 23:00	08/03/2016 02:00	0	1,4	8,5	SUR	20,3
07/03/2016 23:10	08/03/2016 02:10	0,4	1,8	9,1	SUR	19,8
07/03/2016 23:20	08/03/2016 02:20	0,4	2,2	6,7	SUR	17,9
07/03/2016 23:30	08/03/2016 02:30	0,4	2,6	4,9	SUDOESTE SUR	11
07/03/2016 23:40	08/03/2016 02:40	4,2	6,8	5,4	SUDOESTE SUR	15,6
07/03/2016 23:50	08/03/2016 02:50	4	10,8	5,6	SUR	15,6
08/03/2016 00:00	08/03/2016 03:00	1,4	12,2	5,3	SUR	11,3
08/03/2016 00:10	08/03/2016 03:10	1,2	13,4	4,7	SUDESTE SUR	12,3
08/03/2016 00:20	08/03/2016 03:20	1	14,4	3,6	SUDESTE SUR	8,6
08/03/2016 00:30	08/03/2016 03:30	1,2	15,6	2,5	SUDESTE SUR	8,2
08/03/2016 00:40	08/03/2016 03:40	0,6	16,2	2,1	ESTE	7,1

Para un evento determinado, como primera medida se buscan reseñas históricas relacionadas con la tormenta. Esto da una referencia de la magnitud de la misma y en qué lugares tuvo mayor repercusión, lo que ayuda en la identificación de las características de la tormenta.

Posteriormente, se comienza con la búsqueda de datos. Los mismos se almacenan en una planilla Excel, la cual contiene la fecha y horario en que se registran los datos de lluvia, y en el caso de las estaciones que usan tecnología Omixom se relevan además datos de velocidad de viento, consistente en un promedio de la magnitud en el intervalo considerado, velocidad de ráfaga máxima y dirección del viento.

Adicionalmente, se encuentra disponible información referida a temperatura ambiente, presión atmosférica, humedad relativa, radiación, etc., que por el momento no se ha tomado en cuenta para el análisis.

Para compatibilizar los datos del Radar (que vienen en horario UTC) con los de las estaciones (que vienen con la hora de Argentina), fue necesario plantear un horario común a ambas fuentes de medición, optándose por expresarlo en Hora UTC (Tiempo Universal Coordinado).

RESULTADOS

Se identificaron un total de 9 tormentas monitoreadas simultáneamente por el radar RMA1 y las estaciones meteorológicas de superficie, en el período que va de Septiembre del 2015 hasta Abril del 2016.

La Tabla 2 resume para esos eventos la fecha de ocurrencia, la duración aproximada, la cantidad de estaciones involucradas y la precipitación acumulada (para el evento) máxima registrada.

Tabla 2: Resumen de eventos relevados

Tormenta Fecha	Cantidad de Estaciones con datos > 5mm	Maxima Precipitacion en los tres días	Estacion con Precip. Max
8-sep-2015	16	37	Los Chañaritos (SSRH 5200)
4-nov-2015	49	202	Tres arboles(SSRH 5060)
7-nov-2015	19	65	Anizacate (SSRH 1600)
10-nov-2015	67	83	Pueto Garay (INA CIRSA 900)
17-nov-2015	67	95	Santo Tomas (INA CIRSA 100)
15-feb-2016	39	60	La Posta (INA CIRSA 3400)
23-feb-2016	54	116	COSAG (SSRH 3800)
24-feb-2016			
29-feb-2016	25	88	COSAG (SSRH 3800)
7-mar-2016	68	144	Tres arboles(SSRH 5060)

Entre los diversos eventos analizados, una tormenta interesante es la del 07/03/16, por la cantidad de estaciones involucradas (68 de 78) y la intensidad del evento. En la Tabla 3 se muestran algunos datos relevados durante el pico de la tormenta para la estación Tres Arboles de la Sub-Secretaría de Recursos Hídricos de Córdoba (Código de Identificación 5060), que fue la que registró la mayor intensidad de precipitación durante este evento. En ésta tabla se le agregó una columna llamada "Hora (n°)", con el fin de facilitar la visualización del hietograma correspondiente.

Para obtener mejor perspectiva a la hora de comparar el comportamiento de las tormentas, se volcaron estos datos en gráficos como el de la Figura 3, donde se muestra la Precipitación a lo largo del Tiempo y en forma superpuesta la Precipitación Acumulada. Se tomaron los valores máximos como referencia, para obtener todos los gráficos en la misma escala.

Tabla 3: Datos relevados de la estación Tres Arboles

Fecha	Hora (CBA)	Hora (UTC)	Hora (n°)	Precipitación (mm)	Precipitación Acumulada (mm)
03/08/2016	19:06:21	22:06:21	2,92	0	144
03/08/2016	2:57:20	5:57:20	2,25	1	144
03/08/2016	1:09:54	4:09:54	2,17	1	143
03/08/2016	1:06:34	4:06:34	2,17	1	142
03/08/2016	1:02:49	4:02:49	2,17	1	141
03/08/2016	0:54:29	3:54:29	2,16	1	140
03/08/2016	0:47:32	3:47:32	2,16	1	139
03/08/2016	0:39:27	3:39:27	2,15	1	138
03/08/2016	0:32:23	3:32:23	2,15	1	137
03/08/2016	0:26:49	3:26:49	2,14	1	136
03/08/2016	0:21:11	3:21:11	2,14	1	135
03/08/2016	0:12:57	3:12:57	2,13	1	134
03/08/2016	0:07:41	3:07:41	2,13	1	133
03/08/2016	0:03:10	3:03:10	2,13	1	132

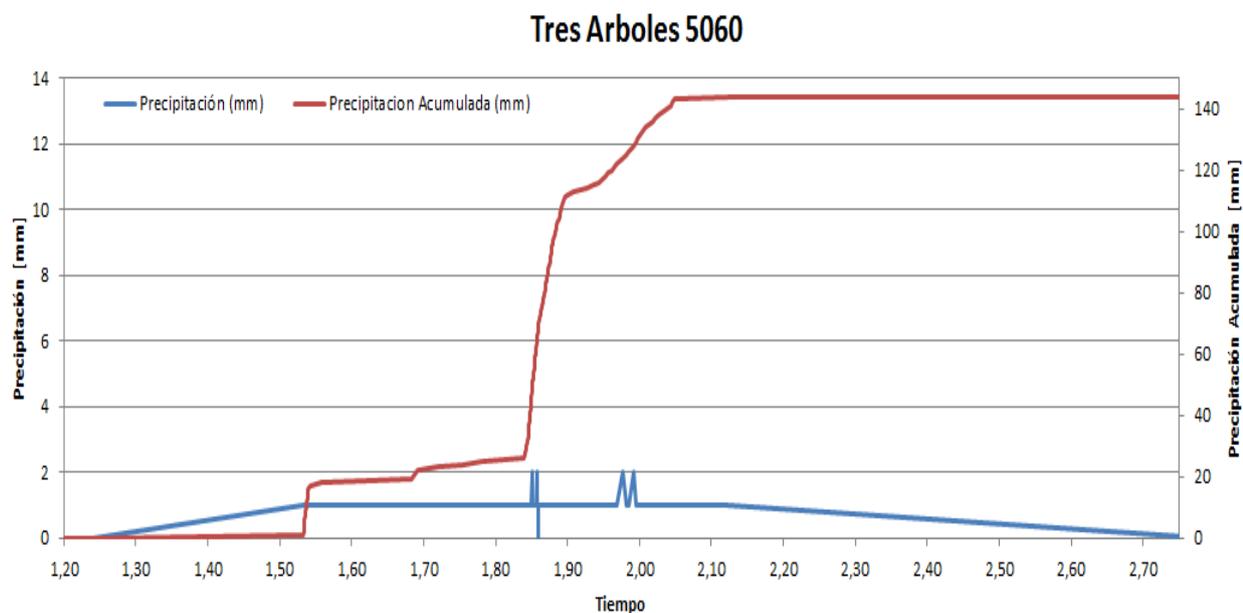


Figura 3.- Hietograma de la tormenta del 07/03/16 para la estación de Tres Árboles.

En la figura 4 se muestra una representación gráfica de la precipitación acumulada que se registró en cada estación meteorológica.

Como puede observarse, dentro de un mismo evento se verifica una gran variabilidad tanto temporal como espacial. Los resultados muestran las estaciones que revelan precipitaciones de mayor importancia, que van a ser utilizadas para la posterior comparación con las medidas de reflectividad arrojadas por el radar.

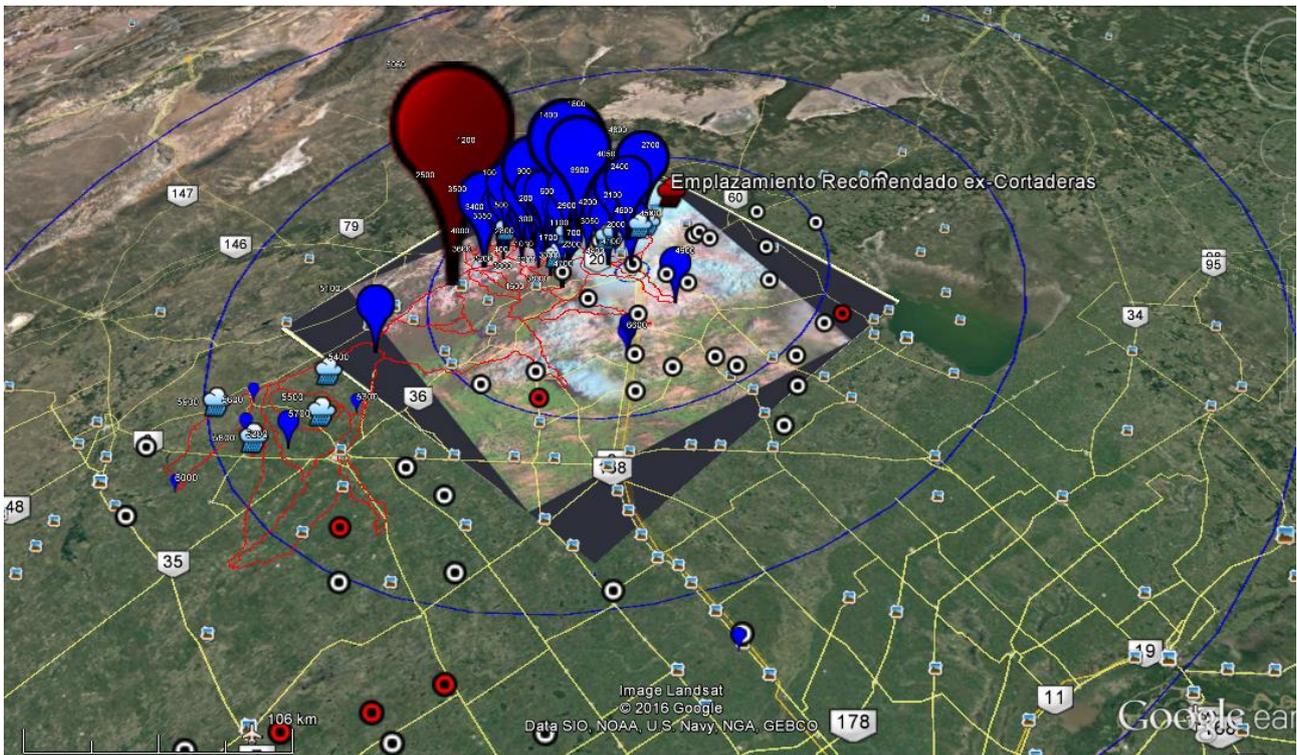


Figura 4.- Precipitación Acumulada tormenta 07/03/2016

Por otro lado, para analizar los vientos se plantearon diferentes herramientas. La primera consistió en graficar en forma superpuesta la velocidad promedio en el intervalo, la ráfaga máxima y la dirección del viento. La Figura 5 muestra este análisis para la estación de 60 Cuadras.

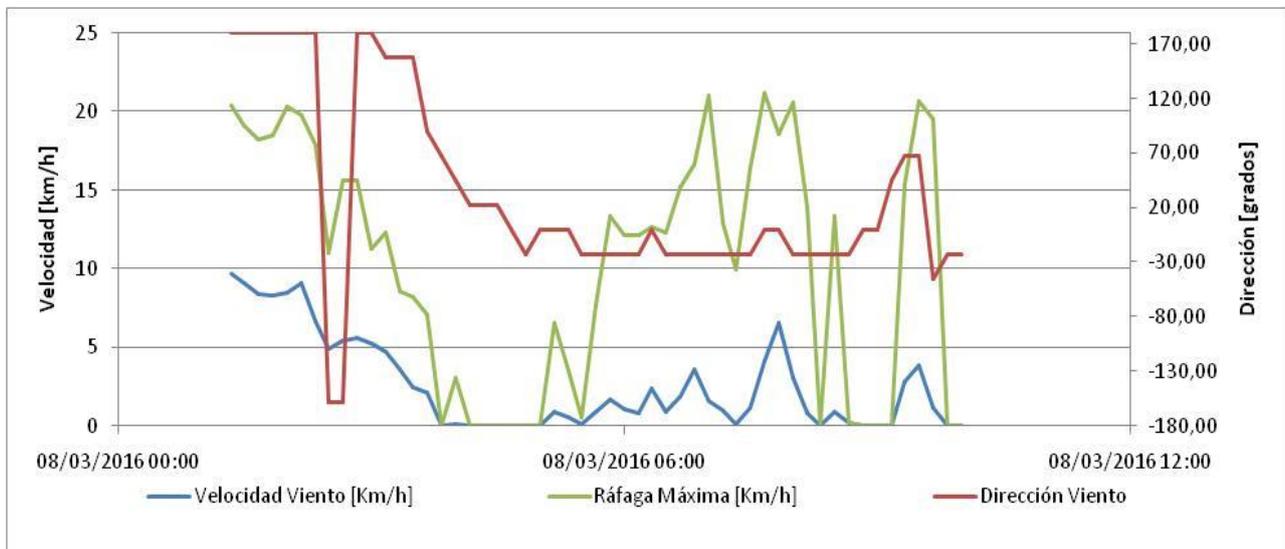


Figura 5.- Análisis de vientos de la tormenta del 07/03/16 para la estación de 60 Cuadras.

Otra opción fue trasladar los datos a coordenadas polares y graficar velocidad y dirección, tal como se muestra en la Figura 6. En este caso se puede ver más claramente las direcciones predominantes, tanto en cantidad de datos (lo que significa mayor tiempo) como en velocidad máxima.

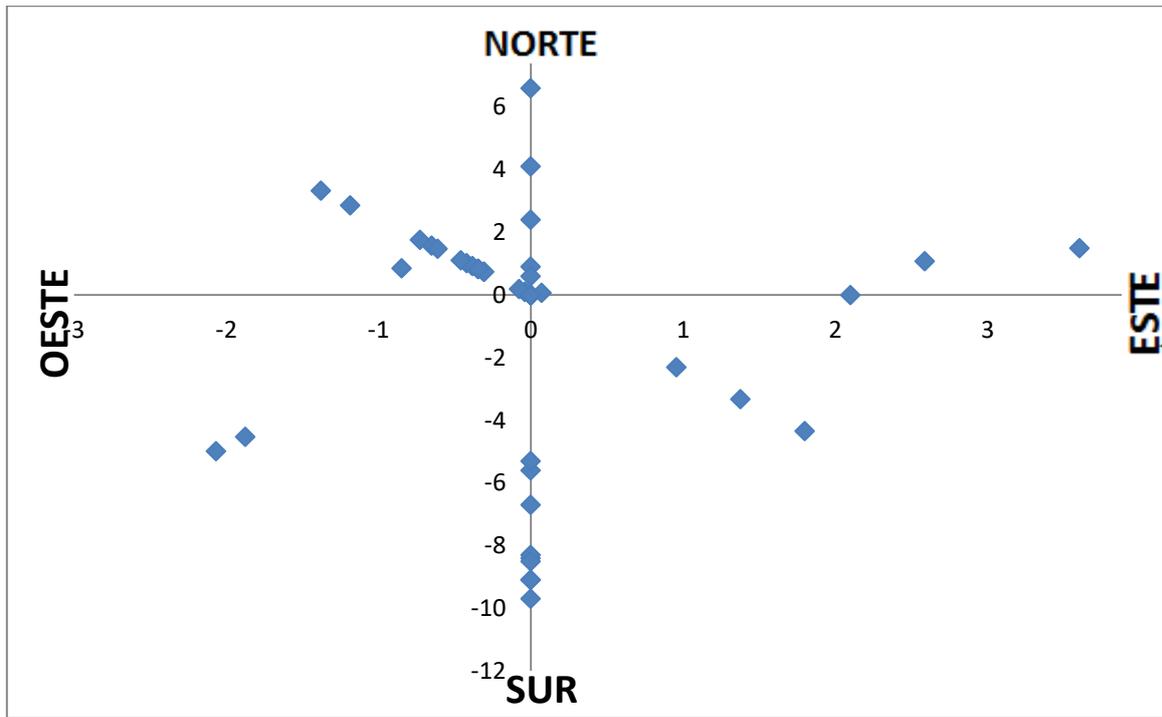


Figura 6.- Análisis de vientos de la tormenta del 07/03/16 para la estación de 60 Cuadras.

Por último (en lo que respecta a vientos) en la Figura 7 se muestra la evolución temporal de los vientos, representando la intensidad y dirección por medio de vectores utilizando el software MATLAB, para lo cual fue necesario calcular previamente las coordenadas cartesianas del vector viento.

Las diferentes representaciones gráficas de vientos se hicieron con la idea de encontrar la herramienta que permita la mejor descripción del comportamiento de este fenómeno.

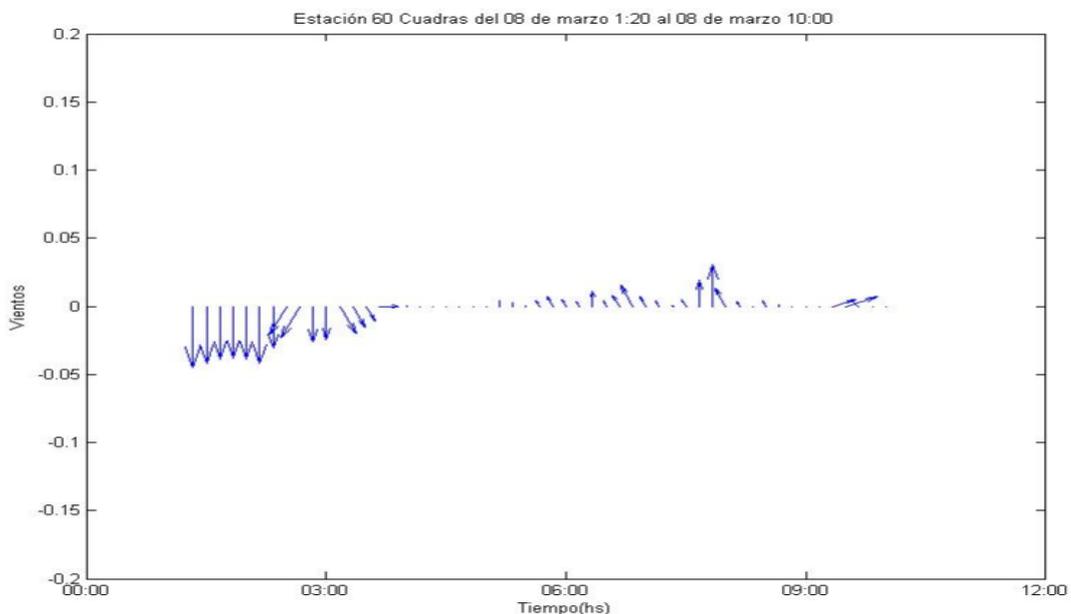


Figura 7.- Evolución temporal del viento de la tormenta del 07/03/2016 para la estación 60 Cuadras

En la Figura 8 se graficó para la tormenta del 29/02/16 la precipitación acumulada registrada en cada estación.

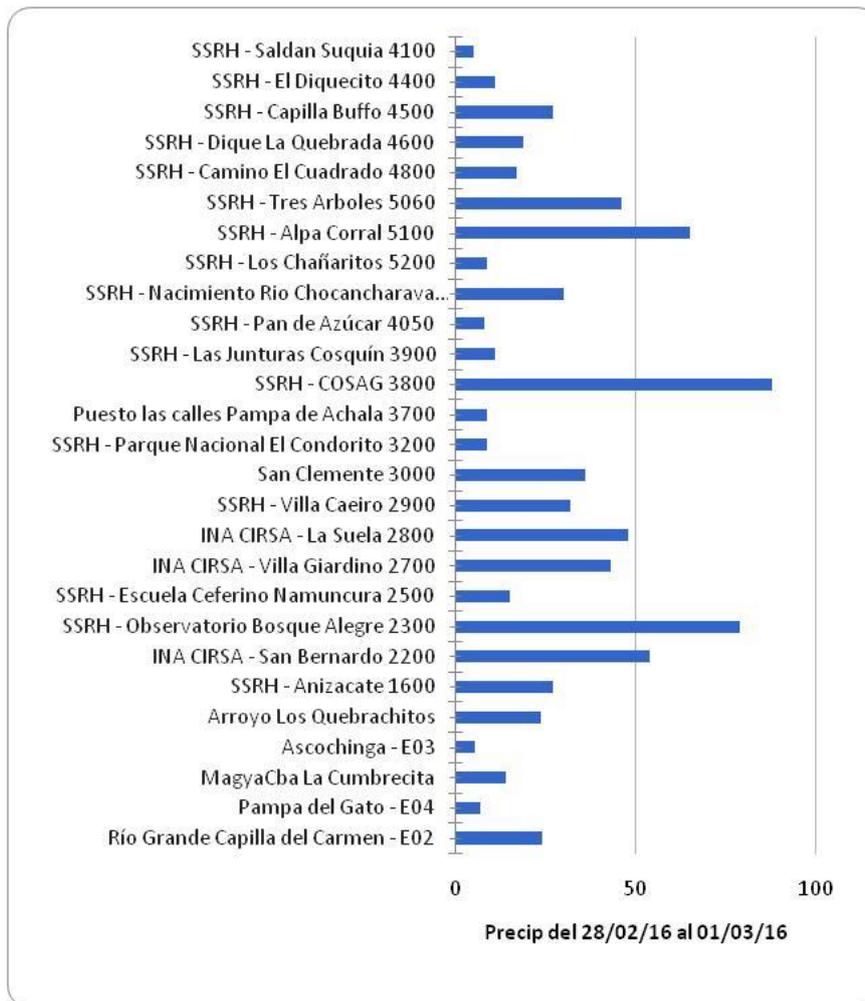


Figura 8.- Precipitación Acumulada de la tormenta del 29/02/16 para cada estación involucrada.

La Figura 9 muestra un ejemplo de integración de datos de lluvia procesados a través de la metodología propuesta en este trabajo, con datos de reflectividad medidos por el radar meteorológico, en el marco del proceso de calibración del RMA1 (Comes et al., 2016).

CONCLUSIONES

Se consideran satisfactorios los resultados de este trabajo relacionado con la puesta en operación del radar meteorológico RMA1, donde gracias a los datos pluviométricos disponibles se ha podido cumplir con el objetivo de contar con datos de tormentas medidos en superficie y a partir de aquí seguir trabajando para contribuir a la calibración hidrológica del radar.

Dado que cada organismo proporciona los datos de lluvia para intervalos de tiempo muy diferentes, fue necesario realizar para cada evento el procesamiento necesario para representar los datos en intervalos iguales, lo que facilita su análisis y la identificación de estaciones con precipitaciones muy bajas que no resultan de utilidad para este tipo de estudio.

También es importante hacer notar que no se han realizado análisis de consistencia, tanto para los datos de lluvia como para los de viento, ya que los métodos habituales se refieren a períodos largos de tiempo y en este caso se trabaja con datos de eventos, para períodos cortos (3 días a intervalos de 10 minutos como mínimo).

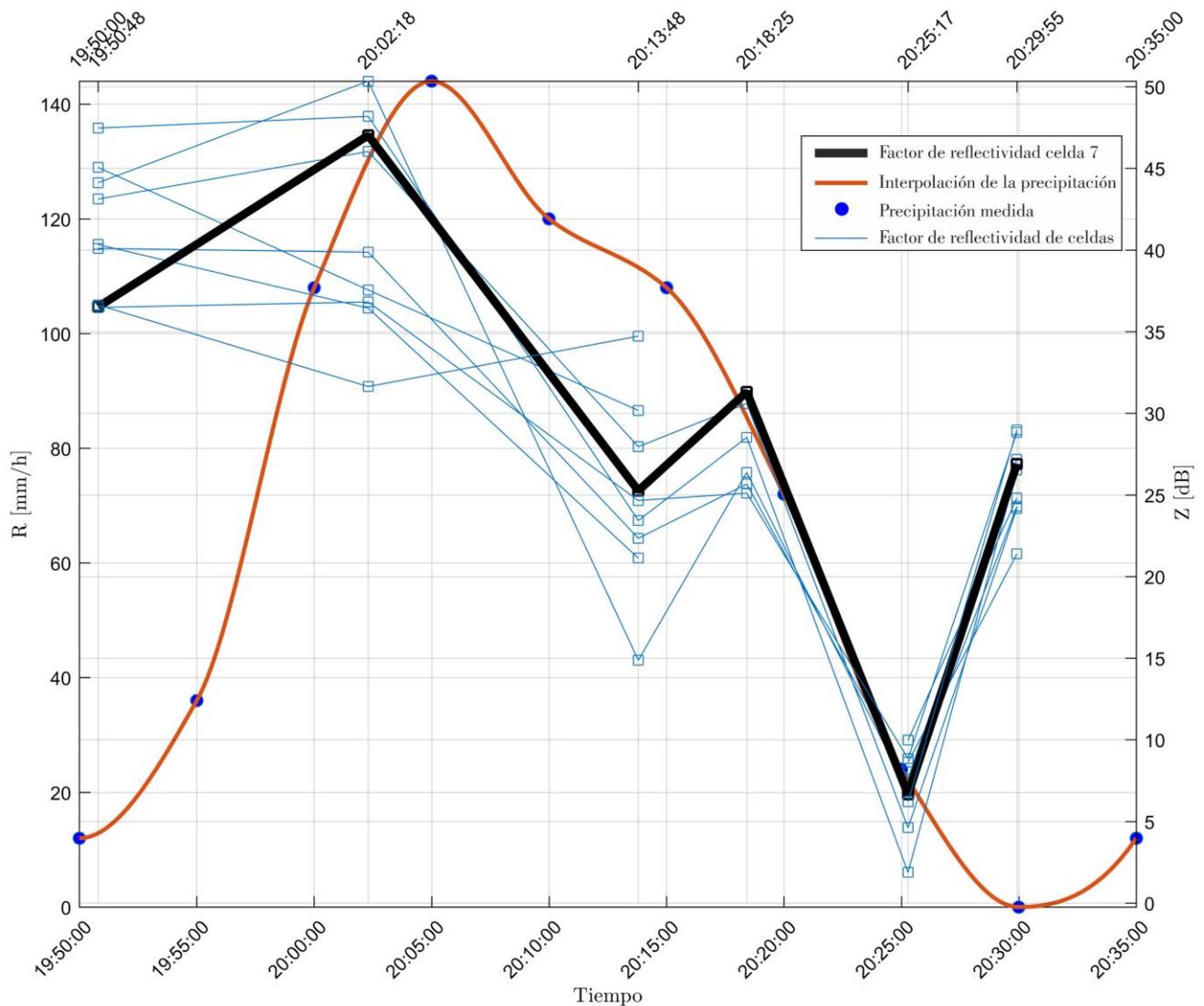


Figura 9.- Intensidad de la precipitación R (mm/h) y factor de reflectividad Z (dB) vs tiempo para el evento del 07/11/2015 en la Estación 1600 (Anizacate)

Un próximo paso para este desarrollo, en busca de la calibración hidrológica del RMA1, sería un análisis con mayor profundidad de los vientos, que permita identificar su influencia sobre las mediciones para correlacionar mejor los valores registrados por el radar y por las estaciones meteorológicas de superficie.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bertoni, J.C., Caranti, G., Catalini, C., Cioccale, M., Comes, R., Furbatto, C., Ingaramo, R., Martina, A., Menajovsky, S., Poffo, D., Rodríguez, A., Saffe, J., Smrekar, M., Vicario, L., Villa Uría, A. (2015) "Puesta en marcha del primer Radar Meteorológico Argentino RMA1 en la Universidad Nacional de Córdoba" *XXV Congreso Nacional del Agua - CONAGUA 2015*. ISBN 978-987-27407-4-0.
- Comes, R., Ingaramo, R., Poffo, D., Furbatto, C., Saffe, J., Vicario, L., Dasso, C., Rodríguez, A., Bertoni, J.C., Caranti, G., Catalini, C., Martina, A., Menajovsky, S., Montamat, I., Rico, A., Rodríguez González, S., Serra, J., Villa Uría, A. (2016) "Empleo del Radar Meteorológico Argentino RMA1 para la detección de un evento severo" *XXVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, Lima, Perú.
- Saulo C. y Rodríguez A. (2015) "Los avances en la información hidrometeorológica" *Rev. Hydria*, Año 11, Nro. 54, pg. 32-35, ISSN 1669-5119, Bs. As.
- Featherston J., Duarte O, Garcia N. y Rodríguez A. (2013) "Red de Redes HidroMeteorológicas" *Rev. Hydria*, Año 9, Nro. 48, pg. 18-20, ISSN 1669-5119, Bs. As.