

# PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN HIDROLÓGICA DEL RADAR METEOROLÓGICO ARGENTINO RMA1

Celina Grisel Furbatto<sup>1</sup>, Ricardo Ingaramo<sup>1</sup>, Raúl Comes<sup>2</sup>, Gastón Petroli<sup>1</sup>,  
Andrés Rodríguez<sup>1</sup> y Alberto Villa Uría<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Hidráulica – Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

<sup>2</sup>Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación - Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.  
E-mail: ringaramo@unc.edu.ar

## Introducción

La determinación de la distribución espacial y temporal de la precipitación con un elevado nivel de precisión es un requerimiento clave para numerosas aplicaciones, en particular la modelación hidrológica para el análisis y prevención de eventos extremos en cuencas urbanas y rurales.

Los registros puntuales de lluvias mediante pluviómetros y pluviógrafos, en redes de escasa densidad e irregular distribución, no reflejan adecuadamente la variabilidad espacial de la lluvia. Este tipo de sensores miden la precipitación a nivel de superficie con bastante precisión (Calheiros y Zawadski, 1986) y en forma puntual pues el dato es tomado en forma directa, pero no permiten obtener un campo continuo de medidas que cubran todo un territorio (Germann et al., 2006).

Los radares meteorológicos, en cambio, ofrecen la capacidad de generar información espacial detallada, con la posibilidad adicional de integrarla temporalmente. Permiten además cubrir grandes áreas y sus datos son de rápido acceso para aplicaciones hidrológicas a tiempo real. Las ventajas de obtener datos de precipitación mediante el empleo de radares son múltiples, como está ampliamente documentado en la literatura sobre el tema (Collier, 1986).

Córdoba dispone del primer radar meteorológico de origen nacional, denominado RMA1, equipado con tecnología Doppler, en Banda C de doble polarización simultánea, con un alcance de 480 km en modo vigilancia, 240 Km en Doppler y 120 Km en alta resolución. El radar está integrado a la red del Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SiNaRaMe) y está ubicado en un predio de la Universidad Nacional de Córdoba, operando desde el año 2015.

En la actualidad se está trabajando en la calibración hidrológica de este radar, mediante la integración de los datos que mide el mismo (factor de reflectividad  $Z$ ) con valores de precipitación registrados en superficie a través de una red de Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) (Figura 1), operadas por distintos organismos provinciales y nacionales, públicos y privados, de la Provincia de Córdoba (Ingaramo et al., 2017).

## Objetivos

- Describir la metodología empleada para la calibración hidrológica del radar meteorológico RMA1, perteneciente a la red del SiNaRaMe e instalado en la ciudad de Córdoba, con la finalidad de estimar la lluvia caída a partir de los datos medidos por el radar.
- Presentar algunos resultados preliminares de la metodología propuesta, empleada para el análisis de eventos de interés registrados simultáneamente por el RMA1 y las EMAs.
- Sugerir líneas de acción a futuro, tendientes a optimizar el proceso de calibración.

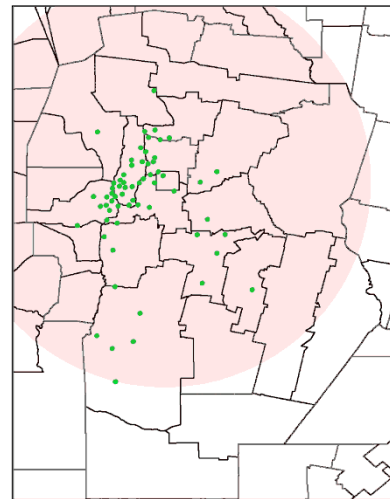


Figura 1.- Radio de alcance de RMA1 y red pluviométrica automática dentro del área de cobertura del radar.

## Materiales y métodos

Para estimar la precipitación en base al factor de reflectividad medido por el radar, se usa la conocida relación de Marshall y Palmer (Marshall et al, 1947):

$$Z = aR^b$$

donde  $R$  representa la intensidad de precipitación, mientras que  $a$  y  $b$  son coeficientes a ajustar.

La metodología de trabajo propuesta contempla la definición de nueve celdas alrededor de cada estación de superficie que registra lámina de precipitación, centradas alrededor del haz de radar considerado, siguiendo el esquema que se muestra en la Figura 2.

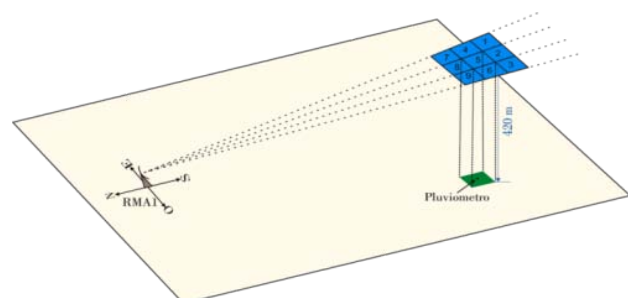


Figura 2.- Esquema del emplazamiento relativo de los instrumentos de observación de la precipitación y de las nueve celdas de medición.

Para establecer la relación entre las variables Factor de Reflectividad ( $Z$ ) e Intensidad de Precipitación ( $R$ ), contemplando un desfase temporal, se considera que estas variables están correlacionadas de la siguiente manera:  $\rho[Z(t), R(t+\tau)]$ . Se busca identificar el desfase que produce la mejor correlación, hecho que está relacionado con la física del fenómeno, en particular el tiempo que demora el volumen de agua medido en la nube en llegar a la superficie.

Por otra parte, la mejor correlación entre el factor de reflectividad medido en las nueve celdas y la precipitación observada en superficie, determina el desfase espacial relacionado con el movimiento de la tormenta, permitiendo ubicar su posición en altura.

De esta manera se llega a establecer la mejor relación  $Z$ - $R$  de Marshall y Palmer, donde los coeficientes  $a$  y  $b$  son estimados a partir de regresión lineal entre la reflectividad del radar y las mediciones de intensidad de precipitación.

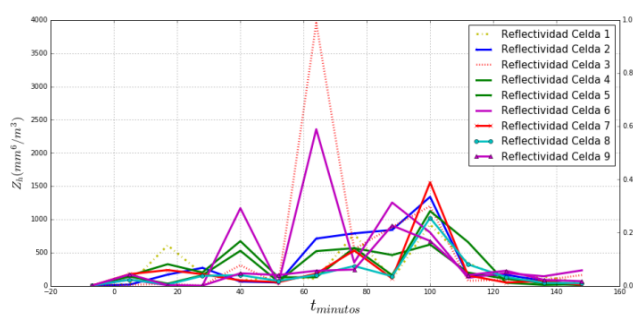
La metodología descripta permite replicar el análisis con todas las estaciones automáticas emplazadas en el área de cobertura del RMA1, así como considerar eventos de cualquier duración.

## Resultados

Se presenta como ejemplo el análisis del evento ocurrido el 8 de marzo de 2016 en el período comprendido entre la 1:30 UTC y las 4:20 UTC. Se utilizaron las estimaciones de precipitación diaria acumulada en milímetros, correspondientes a la integral de varias imágenes generadas automáticamente (1 cada 12 minutos) de la ventana de estudio de la tormenta, con una resolución de 0.25 km<sup>2</sup>. Se busca identificar la relación que mejor ajuste para convertir la reflectividad ( $Z$ ) en intensidad de precipitación ( $R$ ) durante el período considerado en este análisis.

Se identificaron las estaciones distribuidas bajo el área de cobertura del radar, incorporando sus coordenadas geográficas al sistema.

En la Figura 3 se muestran los datos de factor de reflectividad medidos en las nueve celdas consideradas alrededor de la Estación ubicada en la localidad de Ascochinga (30°57'35.3"S, 64°16'59.2"O).



**Figura 3.** Valores de reflectividades de RMA1 en las 9 celdas asociadas a la estación meteorológica Ascochinga, para una duración de 160 minutos

Los coeficientes de determinación obtenidos para analizar el desfase temporal resultaron muy diferentes para esta Estación, consiguiendo el mejor ajuste para la evaluación con un desfase de tiempo de 10 minutos y sobre la celda número 6, en coincidencia con la dirección de desplazamiento de la tormenta (Tabla 1).

**Tabla 1.-** Ajustes obtenidos ( $R^2$ ) con desfase de tiempo y las nueve celdas.

	Celda 1	Celda 2	Celda 3	Celda 4	Celda 5	Celda 6	Celda 7	Celda 8	Celda 9
Desfasaje [t minutos]	$R^2$	$R^2$	$R^2$	$R^2$	$R^2$	$R^2$	$R^2$	$R^2$	$R^2$
0	0.0614	0.1611	0.012	0.0305	0.2201	0.0194	0.0145	0.0255	1787
10	0.0458	0.0891	0.3536	0.0966	0.3936	<b>0.4178</b>	0.0002	0.0032	0.0007
20	0.000002	0.0008	0.0576	0.0044	0.0018	0.059	0.0046	0.0004	0.0265

En base al análisis realizado se llega a la siguiente relación  $Z$ - $R$  para el evento considerado:

$$Z = 1284,8 \cdot R^{1.0115}$$

## Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos se concluye que los primeros análisis sobre estimación de lluvia acumulada en base a los datos del radar RMA1 presentan relación con las medidas relevadas por los pluviómetros de superficie. Pese a la gran variabilidad de la intensidad de las tormentas, se pudo caracterizar la relación entre reflectividad y precipitación, en este caso para una lluvia débil.

El objetivo del grupo de trabajo es realizar estas comparaciones considerando una mayor cantidad de estaciones, en períodos de mayor longitud y contrastes de igual similitud.

La calibración hidrológica de RMA1, permitirá disponer de una valiosa herramienta para generar datos más precisos de precipitación (tanto areal como temporalmente) obtenidos a partir del radar, para posibilitar la elaboración de alertas más confiables.

La experiencia internacional indica que la calibración hidrológica de un radar meteorológico es un proceso prolongado, de muchos años de duración, a lo largo de los cuales se deben monitorear diferentes tipos de eventos variables en cuanto a duración, intensidad y características físicas del fenómeno.

Lo presentado en este artículo corresponde a la etapa inicial de este proceso, que se desarrolla de manera ininterrumpida en el LH-CETA de la Universidad Nacional de Córdoba, en el marco del Observatorio de Monitoreo Hidro-Meteorológico de Córdoba (OMHM-CBA).

## Referencias bibliográficas

- Calheiros, R.V., Zawadzki, I.** (1986) Reflectivity-Rain Rate Relationships for Radar Hydrology in Brazil. *Journal of Climate and Applied Meteorology*. 26. pp. 118-132.
- Collier, C.** (1986) Accuracy of rainfall estimates by radar, Part I: Calibration by telemetering raingauges. *Journal of Hydrology*. 83. pp. 207-223.
- Germann, U., Galli, G., Boscacci, M., Bollinger, M.** (2006) Radar precipitation measurement in a mountainous region. *Q J R Meteorology Soc.* 132. pp. 1669-1692.
- Ingaramo, R., Petroli, G., Montamat, I., Martina, A., Díaz, E., Menajovsky, S., Montamat, I., Lighezzolo, A., Pagot, M.** (2017) Integración de redes de monitoreo hidrometeorológico en la Provincia de Córdoba. XXVI Congreso Nacional del Agua (CONAGUA 2017), Córdoba, Argentina.
- Marshall, J.S., Langille, R.C., Palmer, W.M.** (1947) Measurement of Rainfall by Radar. *Journal of Meteorology*. 4. pp. 186-192.