

## **PUESTA EN MARCHA DEL PRIMER RADAR METEOROLÓGICO ARGENTINO RMA1 EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**

**Bertoni, Juan Carlos<sup>1</sup> - Caranti, Giorgio<sup>2</sup> - Catalini, Carlos<sup>4</sup> - Cioccale, Marcela<sup>1</sup> -  
Comes, Raúl<sup>2</sup> - Furbatto, Celina<sup>1</sup> - Ingaramo, Ricardo<sup>1,3</sup> - Martina, Agustín<sup>1</sup> -  
Menajovsky, Sergio<sup>1</sup> - Poffo, Denis<sup>2</sup> - Rodríguez, Andrés<sup>1,3</sup> - Saffe, Jorge<sup>1</sup> - Smrekar,  
Marcelo<sup>1</sup> - Vicario, Leticia<sup>4</sup> - Villa Uría, Alberto<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - Universidad Nacional de Córdoba

<sup>2</sup>Facultad de Matemática, Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba

<sup>3</sup>Laboratorio de Hidráulica - Universidad Nacional de Córdoba

<sup>4</sup>Centro de la Región Semiárida - Instituto Nacional del Agua

Sede Ciudad Universitaria - Avda. Vélez Sarsfield 1611, Córdoba - (0351) 5353800 - jcbertoni@gmail.com

**Palabras clave:** Radar meteorológico, Calibración hidrológica, SINARAME, Alerta meteorológica

### **RESUMEN**

La instalación del Radar Meteorológico Argentino (RMA1) en la Ciudad de Córdoba se enmarca dentro del Proyecto SINARAME (Sistema Nacional de Radares Meteorológicos), cuyo objetivo es el desarrollo de radares de última generación, su fabricación en el país y su integración a un Centro de Operaciones dependiente del Servicio Meteorológico Nacional que opere los nuevos radares y los ya existentes, para optimizar las prestaciones del Sistema.

El Proyecto contempla el desarrollo por parte del INVAP de un prototipo (RMA0) que ya fue instalado en Bariloche, y prevé la fabricación de 11 radares nuevos, el primero de los cuales (RMA1) ya fue construido y emplazado en un predio de la Universidad Nacional de Córdoba.

El RMA1 es el primer radar meteorológico de origen nacional y está equipado con tecnología Doppler, Banda C con doble polarización simultánea, y tiene un alcance de 480 km en modo vigilancia, 240 Km en Doppler y 120 Km en alta resolución.

Estos radares permitirán la generación de pronósticos meteorológicos a corto y mediano plazo, la previsión y monitoreo de contingencias ambientales y el suministro de datos para la realización de estudios científicos y tecnológicos incluyendo estudios de física de la atmósfera.

La instalación del RMA1 ha dado inicio a numerosas acciones relacionadas con su futuro empleo. Por un lado se ha iniciado un proyecto para la calibración hidrológica del radar, en cuyo marco se están analizando diversas experiencias a nivel internacional en el tema, procurando identificar la más conveniente para el RMA1. Entre los resultados preliminares, se han completado las tareas de instalación y puesta en funcionamiento del radar RMA1, y se han identificado las posibles ubicaciones de las estaciones hidrometeorológicas (20 existentes y 5 nuevas) y de un disdrómetro, que van a generar datos necesarios para la etapa de calibración. Adicionalmente se han iniciado actividades de investigación y el desarrollo de tesis de postgrado vinculados al empleo de radares meteorológicos, se han identificado los servicios que inicialmente se van a brindar con esta herramienta a la comunidad y se está trabajando en elaboración de propuestas académicas relacionadas con el tema.

## INTRODUCCION

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 pueden mencionar:

- descripción del estado del tiempo, generación de pronósticos a mediano y corto plazo (“nowcasting”);
- previsión y monitoreo de contingencias ambientales (granizo, lluvias torrenciales, tormentas severas, nubes de polvo, etc.);
- seguridad en la navegación y aeronavegación;
- estudios de física de la atmósfera;
- suministro de datos básicos 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 (especialmente cuando el evento afecta núcleos urbanos densamente poblados). Ello tiene por finalidad evitar que las amenazas se conviertan en desastres que pongan en riesgo la vida y los bienes de los habitantes.

Por otra parte, la información brindada por los radares meteorológicos resulta de utilidad para la aviación civil, el agro y otras actividades (como la carga/descarga en puertos fluviales y marítimos, la realización de eventos públicos al aire libre, etc.), que pueden ser afectadas por la ocurrencia de meteoros extremos con el consecuente impacto económico y social. También son de utilidad para las actividades asociadas a las compañías de seguro agrícola sobre cosechas. Por último, cabe indicar que además de su utilidad para el pronóstico de eventos hidrometeorológicos, este tipo de radares están siendo utilizados cada vez con mayor frecuencia para pronosticar la ocurrencia de vientos intensos, el avance de nubes de polvo (Hannesen et al, 2003), humo de incendios (Huang et al., 2003) y el desplazamiento de cenizas provenientes de la erupción de volcanes (Marzano et al., 2013).

En este trabajo se sintetizan las actividades relacionadas con la puesta en funcionamiento y calibración del primer radar meteorológico argentino, RMA1, recientemente construido por la empresa estatal INVAP (sociedad del Estado), e instalado en dependencias de Universidad Nacional de Córdoba (UNC), el cual forma parte del Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME) de Argentina.

## OBJETIVOS

Sintetizar las principales características técnicas del primer radar meteorológico argentino (RMA1) instalado, como parte del Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME), en un predio de la Ciudad Universitaria de la UNC (Córdoba), y describir las primeras actividades encaradas para lograr su calibración en términos de estimación de los parámetros de precipitación.

## MATERIALES Y METODOS

### **Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME)**

Este sistema se inició en el año 2011, con el objetivo de coordinar la operación de los radares ya existentes y a ser instalados en el futuro en el país. El SINARAME es coordinado por la

Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SSRH), e involucra a diversas instituciones nacionales y provinciales vinculadas con el uso de ese tipo de herramientas. En la actualidad, además de la SSRH integran el Sistema los siguientes organismos: Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Instituto Nacional del Agua (INA), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Fuerza Aérea Argentina (FAA), Armada Argentina (AA), Servicio de Hidrografía Naval (SHN), Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC), Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Universidad Nacional de Buenos Aires (UBA), Universidad Nacional del Litoral (UNL), Universidad San Juan Bosco (UNSB), Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas (DACC, Mendoza), Consejo Hídrico Federal (COHIFE), Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO) y la Administración de Parques Nacionales (APN).

La primera etapa del proyecto SINARAME consistió en el desarrollo y fabricación del prototipo del Radar Meteorológico Argentino (RMA) de última generación, el RMA0, y del primer radar operativo de serie, RMA1, ambos encargados a la empresa argentina INVAP (sociedad del Estado), constituyendo un desarrollo de origen nacional que utiliza tecnología de avanzada para la construcción de este tipo de instrumental. Asimismo, se realizó el diseño y la instalación de un Centro de Operaciones (COP) con capacidad de recepción y procesamiento en tiempo real de datos de la actual y futura red nacional de radares meteorológicos, operado por el SMN en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. El RMA0 fue puesto en funciones en octubre de 2013 en el campo experimental que INVAP posee en el aeropuerto de Bariloche. Esta primera etapa concluyó a principios del año 2015 con la instalación del RMA1 en la UNC (Figura 1).



**Figura 1. Radar meteorológico RMA1 instalado en la Ciudad Universitaria UNC, Córdoba, Argentina.**

En la actualidad existen 10 radares meteorológicos en el país, en las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos, La Pampa, Mendoza, Jujuy, además de los recientemente instalados en Río Negro (RMA0) y Córdoba (RMA1). La segunda etapa del proyecto contempla la construcción, instalación y puesta en marcha de otros 10 radares en los próximos años en Bernardo de Irigoyen (Misiones), Las Lomitas (Formosa), Resistencia (Chaco), Ancasti (Catamarca), Chajarí (Entre Ríos), Ezeiza y Mar del Plata (Buenos Aires), Añelo (Neuquén), Comodoro Rivadavia (Chubut) y

Río Gallegos (Santa Cruz). Estos nuevos radares se van a sumar a los ya existentes para completar una red de 20 radares (Figura 2), junto con 55 nuevas estaciones meteorológicas y equipamiento para la puesta en operación de 5 centros regionales de procesamiento.

La elección de Córdoba como lugar de instalación del RMA1 se debió, entre otros factores, a la existencia de una iniciativa similar, relacionada con la implementación un radar meteorológico en la zona alrededor de 2006, año en que se construyó la torre que finalmente alberga al nuevo radar. La disponibilidad de esta herramienta y del desarrollo de un sistema que permita coordinar las informaciones que produce posee un enorme impacto tecnológico, social y económico. Posiciona a la Argentina entre los países que manejan tecnología de avanzada orientada a la medición de variables hidrometeorológicas y ambientales.



Figura 2. Distribución geográfica prevista de los radares del SINARAME.

## Radar Meteorológico Argentino RMA1

El radar meteorológico RMA1 fue instalado a principios de 2015 en un predio de la Ciudad Universitaria de la UNC y se espera que entre abril y mayo de 2015 comience a operar en forma efectiva. Los datos generados por el radar se concentrarán “en bruto” en un centro de recepción ubicado al pie del radar y enviados a un Centro de Operaciones instalado en la ciudad de Buenos Aires y operado por el SMN. Está equipado con tecnología Doppler, en Banda C con doble polarización simultánea, y tiene un alcance de 480 km en modo vigilancia, 240 Km en Doppler y 120 Km en alta resolución (Figura 3). Sus especificaciones técnicas permiten una altitud de barrido que varía entre  $-1^\circ$  y  $90^\circ$  en todas las marcaciones de los  $360^\circ$  acimutales. Debido a la presencia de los cordones serranos su área de cobertura real se encuentra parcialmente limitada hacia el Oeste (Figura 4).

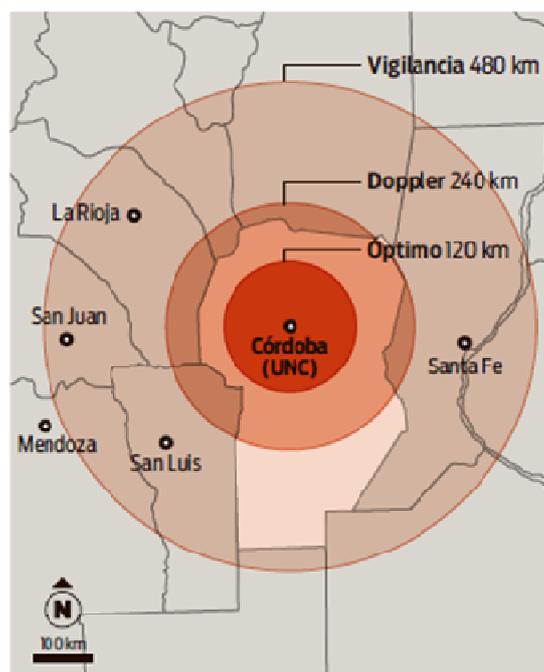


Figura 3. Radio de cobertura potencial del RMA1 según modos de operación.

La operación del RMA1 será realizada por la Facultad de Matemática, Astronomía y Física (FAMAF) y la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFN) de la UNC, con el apoyo del Centro de la Región Semiárida (CIRSA-INA). A tal efecto se ha firmado un Convenio entre ambas Facultades que establece la conformación de una Comisión Interfacultades, encargada de gestionar la operación de radar. El RMA1 puede realizar diversos tipos de monitoreo, tales como los que fueron previamente mencionados. Una vez puesto en operación se espera poder brindar una amplia gama de servicios a la comunidad, como por ejemplo:

- pronósticos a corto y muy corto plazo de eventos hidrometeorológicos extremos (vientos, lluvia, granizo, etc.) dentro de su área de cobertura, especialmente útiles para la ciudad de Córdoba y el Gran Córdoba donde la densidad urbana y demográfica resulta fuertemente afectada por este tipo de eventos;
- pronóstico de tormentas de tierra, sales y eventualmente de cenizas de volcanes, que afectan el tránsito vehicular en las rutas de la Provincia de Córdoba y que obligan a su cierre o a la implementación de medidas de precaución;
- generación de información para la toma de decisiones en la gestión de emergencias;
- apoyo a la seguridad en la aeronavegación;



## **Lugar de Emplazamiento del RMA1**

El lugar de emplazamiento del RMA1 ha sido estimado conveniente por varios motivos. Por un lado se aprovechó información generada en proyectos anteriores relacionados con la instalación de un radar en la zona, readecuándose una torre diseñada y construida a tal efecto en el año 2006. Además, al estar ubicado en la ciudad de Córdoba, junto a los radares de Paraná y de Mendoza complementa el monitoreo en una vasta zona sin información de ese tipo a la fecha (Figura 5). El radio de cobertura del RMA1 se solapa al Este con el del INTA de Paraná, circunstancia que puede ser aprovechada para posibilitar el contraste de datos de ambos radares, que va a tener importancia sobre todo en la etapa de calibración del radar de Córdoba.

También es importante remarcar que en relación con su instalación se realizó previamente un estudio de impacto ambiental, cuyos resultados fueron puestos a disposición de las áreas pertinentes de la Provincia y de la Municipalidad de Córdoba, el cual fue aprobado por ambas jurisdicciones. En el marco de ese estudio se realizaron mediciones de radiaciones ambientales en un amplio rango de frecuencias, y todas estuvieron dentro de los valores establecidos por la normativa vigente. El radar RMA1 posee una banda de frecuencia de transmisión propia, oportunamente autorizada por la Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC).

## **RESULTADOS**

### **Calibración de Radares Meteorológicos para Fines Hidrológicos**

La aplicación de modelos hidrológicos requiere disponer de datos de precipitación confiables, que brinden una adecuada resolución espacial y temporal. Las estaciones climatológicas tradicionales proporcionan en general una buena estimación de la lámina de lluvia caída, pero con una pobre definición espacial. Por este motivo existe un creciente interés en el uso de datos de precipitación estimados a partir de imágenes de radar, ya que brindan una mejor cobertura espacial de las lluvias. Como contrapartida, los datos de radar generalmente incluyen errores significativos con relación al volumen de precipitación estimado en un sitio puntual. La calibración de un radar meteorológico consiste en definir un método apropiado de transformación de los datos de reflectividad del radar en intensidad de precipitación de acuerdo a las características físicas y meteorológicas de la zona de cobertura.

La detección y caracterización de hidrometeoros se realiza mediante la reflexión que sufren las microondas que emite el radar sobre los blancos a estudiar, en función del tiempo que tarda en ir y volver la señal. Dicho parámetro se denomina factor de Reflectividad ( $Z$ ). Este factor representa la única magnitud física con la que se puede trabajar a la hora de cuantificar y calificar los distintos factores meteorológicos (Figura 5). Esto es importante debido a que la magnitud de  $Z$  establece, de una manera no muy bien definida, una relación con la cantidad de lluvia que cae sobre una región por unidad de área y por unidad de tiempo, que constituye la Tasa o Intensidad de Precipitación (mm/h). La precisión con que se determina esta última magnitud puede ser la diferencia entre la determinación de una simple precipitación o la de una inundación (Meischner, 2004). El análisis se basa en formular un algoritmo que permita mejorar la determinación de la tasa de precipitación. Para ello, es necesario contemplar y cuantificar la disminución de intensidad que sufre el pulso electromagnético enviado por el radar a lo largo de su trayectoria, ya que la radiación que pasa a través de cualquier medio reduce su potencia en una cantidad que depende del tipo y densidad del material que está atravesando (Collier, 1996).

Por lo tanto el primer paso para poder emplear los datos del radar consiste en la identificación del algoritmo más apropiado para transformar los datos de reflectividad en precipitación. La aplicación de los radares meteorológicos para el análisis de fenómenos hidrológicos requiere de una calibración, la cual consiste en obtener relaciones de reflectividad para diferentes intensidades de precipitación, específicamente dentro de la zona de influencia (Rosengaus, 1995). Este proceso se debe realizar a través de una red de pluviógrafos con una resolución temporal del orden de minutos.

Existen importantes antecedentes a nivel mundial de trabajos relacionados con la calibración hidrológica de un radar, donde se plantean procedimientos que tienen en cuenta el tipo de radar, las características topográficas de la zona donde está emplazado el instrumento, el tipo de fenómeno climático que se mide, el objetivo de su empleo, entre otros aspectos a considerar (Amudha et al., 2014; Erena et al., 2012; Krajewski et al., 2006; Baldemar Méndez et al., 2006; Jasper-Tönnies et al., 2014; Jewell, S. y Norman, K., 2014).

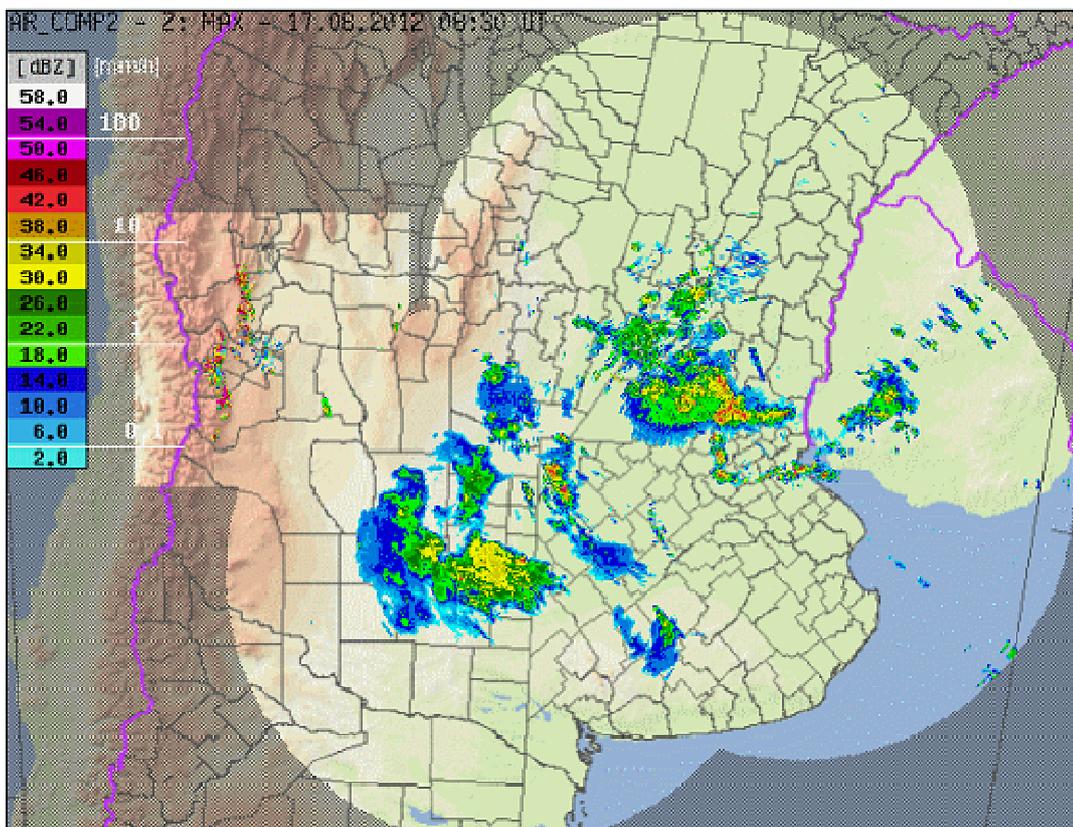


Figura 5. Imágenes del factor de reflectividad en algunos de los radares existentes.

### Calibración del RMA1 para Fines Hidrológicos

Esta actividad es pionera dentro de la Argentina, ya que existen escasos antecedentes de actividades de este tipo (Hartmann et al., 2010, Vidal et al., 2012). En la calibración del RMA1 se utilizarán datos de lluvia medidos en estaciones pluviográficas. Por lo tanto para iniciar la tarea se está determinando la ubicación de las estaciones meteorológicas dentro del área de cobertura del radar. Se trata de 20 estaciones entre las ya existentes en la zona y 5 nuevas, provistas conjuntamente con el RMA1. También se requiere definir el lugar de instalación de un nuevo equipamiento: el disdrómetro (también suministrado junto con el radar). Este equipamiento

moderno va a permitir el estudio de las gotas de lluvia y de la intensidad de precipitación, entre otros factores.

El disdrómetro a utilizar funciona con tecnología láser para una medición completa y fiable de todos los tipos de precipitaciones (Figura 6). El instrumento opera conforme al principio de extinción y mide las partículas de las precipitaciones por medio de la sombra que provocan cuando atraviesan la banda láser. Este aparato registra de modo detallado tanto el tamaño (de 0,2 a 25 mm) como la velocidad de caída (de 0,2 a 20 m/s) de cada uno de los hidrometeoros y los clasifica dentro de una diversidad de 32 clases. Dependiendo del intervalo de medición ajustado, el espectro de precipitaciones comprende un periodo de tiempo entre 10 segundos y una hora.



**Figura 6. Disdrómetro óptico multifuncional por láser de primera clase (OTT Parsivel).**

### **Emplazamiento del Disdrómetro y de las Estaciones Hidrometeorológicas**

Para la elección del lugar óptimo de instalación del disdrómetro se plantearon las siguientes consideraciones: Predio cercado/Excluido de vandalismo; Energía eléctrica/Suministro de corriente; Procesador rápido; Registrador de Datos; Estación meteorológica o a un ordenador/Pc; Puerto USB integrado para configuración y observación online con el ordenador portátil; Internet; Señal de banda celular o GPRS. La ubicación de las cinco estaciones hidrometeorológicas complementarán la información recibida del disdrómetro, con el objetivo de realizar la calibración hidrológica del radar meteorológico. Pero además de ello, se tomaron en consideración otros posibles campos de aplicación para los datos recolectados por el radar.

Con el objetivo de identificar y seleccionar los posibles emplazamientos de calibración dentro del área de cobertura del radar, se elaboró una base de datos con aquellas estaciones meteorológicas existentes y potencialmente de utilidad, detallando sus características tales como nombre, identificación interna, tipo de instrumental, coordenadas geográficas, marca del equipo, variables monitoreadas, entre otras. Las estaciones existentes pertenecen a los siguientes organismos públicos: el Instituto Nacional del Agua y su Centro de la Región Semiárida (INACIRSA), la Red Hidrometeorológica Nacional, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), así como la Red Hidrometeorológica para Alerta Temprana de Lluvias de la Provincia de Córdoba.

Con la información recopilada ha sido posible la confección de un mapa de estaciones en funcionamiento dentro de la cobertura del RMA1 con la finalidad de identificar la densidad de datos disponibles y los sectores en lo que se recomienda incorporar mediciones con fines de calibración terrena del radar.

En función de las condiciones y requerimientos planteados en la metodología para la instalación del disdrómetro, se plantearon en forma preliminar las siguientes ubicaciones tentativas:

- Estación Astrofísica de Bosque Alegre, Provincia de Córdoba, Argentina.
- Estación Terrena Córdoba, Centro Espacial Teófilo Tabanera, CONAE, Ruta C45 Km 8, Falda del Carmen, Provincia de Córdoba, Argentina.
- Estación Pilar Observatorio, perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional, Río Segundo, Provincia de Córdoba, Argentina.

Con respecto a las estaciones hidrometeorológicas, atendiendo a que la finalidad principal de las estaciones es la de contribuir a la calibración hidrológica del radar meteorológico RMA1, en base al mapa de estaciones mostrado en la Figura 4 se ha planteado la posibilidad de elegir tres transectas en sentido Oeste-Este, las cuales estarían ubicadas de la siguiente manera:

- a) Una al sur de Córdoba Capital, a la altura de la región del Río San Antonio.
- b) Una al norte de Córdoba Capital, en la región de las Sierras Chicas.
- c) Una en la ciudad de Río Cuarto.

En cada transecta se ubicaría una nueva estación hidrometeorológica y se seleccionarían al menos otras dos estaciones existentes para la misma, que preferentemente deberían estar ubicadas a diferentes altitudes para que contemplen la variabilidad topográfica del área de influencia.

En la transecta al sur de Córdoba Capital, la nueva estación se instalaría en la Estación Astrofísica de Bosque Alegre o en la Estación Terrena de la CONAE en Falda del Carmen, dependiendo de la ubicación definitiva del disdrómetro. Los datos de esta nueva estación se completarían con los suministrados por las estaciones La Suela y San Bernardo de la red hidrometeorológica del INA-CIRSA. En la transecta al norte de Córdoba Capital, la nueva estación se instalaría en Río Ceballos y se completaría con las estaciones Camino El Cuadrado y Dique La Quebrada de la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Córdoba. En esta zona también se considera de suma utilidad los datos que puedan provenir de la estación Confluencia Saldán-Suquía de la misma Secretaría. En la transecta en la latitud de Río Cuarto, la nueva estación se instalaría en Río Cuarto y se completaría con las estaciones Achiras, Cuatro Vientos y Las Vertientes, de la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Córdoba.

Cabe destacar que esta propuesta preliminar está asociada a una condición muy importante: para que la red programada resulte efectiva y cumpla con sus objetivos, es imprescindible que se asegure el mantenimiento permanente no solo de las nuevas estaciones, sino de las que ya están instaladas y en funcionamiento.

Para la ubicación de las dos estaciones hidrometeorológicas restantes, después de algunos análisis considerando diversos factores, se proponen los siguientes lugares: Pilar y San Francisco. Se estima que una estación en Pilar brindará información de lluvia que, además de ser de utilidad para la calibración hidrológica, permitirá avanzar en las investigaciones para determinar la capacidad erosiva de lluvias intensas. Efectivamente la zona de Toledo, Laguna Larga, Corralito e inclusive Pilar es una región donde se desarrollan problemas erosivos con fuertes impactos ambientales negativos en el patrimonio público y privado. Además permitirá investigar las

tormentas de tierra que frecuentemente se producen en la zona y para cuya detección también será de utilidad el RMA1. Por su parte, la propuesta de una estación en San Francisco se debe a que es una zona con escasez de información hidrometeorológica, pero además se ubica en un área intermedia entre los radares de Córdoba y de Paraná, lo que permitiría efectuar la calibración cruzada con datos de ambos radares.

Por otra parte, cabe destacar que el grupo de trabajo ha realizado una exploración bibliográfica de las metodologías más actualizadas de calibración de radares que existen a nivel internacional, y actualmente se trabaja en la identificación del procedimiento más adecuado para la calibración del RMA1. Finalmente, está en curso de concretarse diversas actividades de capacitación por parte del INVAP, destinadas a operadores de radar y a la interpretación de imágenes del radar.

### **Actividades Académicas y Científicas en Córdoba Asociadas al SINARAME**

Se estima que la puesta en servicio del RMA1 va a generar una impronta importante también en el ámbito académico, de investigación y de extensión tanto de la UNC como de otros organismos asociados al emprendimiento. Concretamente ya se han iniciado algunas tesis de postgrado en la UNC sobre temas vinculados al uso de radares meteorológicos, como su calibración hidrológica y el seguimiento de partículas volcánicas. Paralelamente, en el ámbito académico se está trabajando en el desarrollo de un Postgrado en Hidrometeorología mientras se estudia la posibilidad de desarrollar algún curso de grado, ya que la implementación de la red completa prevista por el SINARAME va a requerir recursos humanos capacitados en el tema.

## **CONCLUSIONES**

El desarrollo y puesta en marcha del SINARAME constituye una de las acciones más importantes en lo que respecta a las tareas de monitoreo, análisis y aprovechamiento de informaciones de radarización meteorológica en todo el territorio del país, con vistas a su empleo en múltiples campos, destacándose entre ellos el de los recursos hídricos.

En ese marco la instalación y calibración del primer Radar Meteorológico Argentino de serie, RMA1, fabricado por la empresa INVAP, se erige como una actividad pionera, que se integra a una red de 10 radares existentes y otros 10 proyectados, cuyas informaciones serán registradas en un Centro de Operaciones gestionado por el Servicio Meteorológico Nacional.

La etapa de calibración hidrológica del radar implica la identificación del sitio de emplazamiento de 25 estaciones meteorológicas (20 existentes y 5 nuevas) y de un disdrómetro, aparato del cual aún se cuenta con reducida experiencia práctica.

En forma paralela se ha iniciado el desarrollo de tesis de postgrado relacionadas con el empleo de radares meteorológicos y se están diseñando actividades académicas orientadas a la formación de recursos humanos en el tema.

## BIBLIOGRAFIA

- Amudha, B., Raj, Y., Thampi, S., Ramanathan, R. (2014)** “Diagnostic and statistical approach to the validation of Doppler radar rainfall around Chennai during 2006-2010”. Indian Journal of Radio & Space Physics, Vol 43, April 2014, pp 163-177.
- Baldemar Méndez, A.R., Dominguez-Mora, V., Caetano, E., Carrizosa Elizondo, E. (2006)** “Calibración hidrológica en radares meteorológicos”. Ingeniería Hidráulica en México, vol. XXI, núm. 4, pp. 43-64.
- Collier, C.G. (1996)** “Applications of Weather RADAR Systems”. John Wiley and Sons. England.
- Erena, M., López, J.A., García, P., Caro, M., Belda, F., Palenzuela, J.E., Toledano, F., Torralba, P., González-Barbera, G., García-Pintado, J. (2012)** “Estimación de precipitación combinada radar-pluviómetros y publicación mediante servicios OGC”. XV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, Madrid, AGE-CSIC
- Hannesen, R., Weipert, A. (2003)** “Detection of dust storms with a C-band Doppler radar”. 31st International Conference on Radar Meteorology.
- Hartmann, T., Tamburrino, M.S., Bareilles (2010)** “Análisis preliminar de datos obtenidos por la red de radares del INTA para el estudio de precipitaciones en la región pampeana”. [citada 15 de marzo 2015] <http://inta.gob.ar/documentos/>
- Huang, K., Zhong, J., Zhu, J., Zhang, X., Zhao, F., Xie, H., Gu, F., Zhou, B., Wu, m. (2003)** “The method of forest fires recognition by using doppler weather radar”. 31st International Conference on Radar Meteorology.
- Jasper-Tönnies, A., Jessen, M. (2014)** “Improved radar QPE with temporal interpolation using an advection scheme”. ERAD 2014 - The eighth european conference on radar in meteorology and hydrology.
- Jewell, S., Norman, K. (2014)** “The development of a Kriging based Gauge and Radar merged product for real-time rainfall accumulation estimation”. ERAD 2014 - The eighth european conference on radar in meteorology and hydrology.
- Krajewski, W.F., Ntelekos, A.A., Goska, R. A (2006)** “GIS based methodology for the assessment of weather radar beam blockage in mountainous regions: two examples from the US NEXRAD network”. Computers & Geosciences. No. 32, pp. 283-302.
- Marzano, F., Picciotti, E., Montopoli, M., Vulpiani, G. (2013)** “Inside Volcanic Clouds - Remote Sensing of Ash Plumes Using Microwave Weather Radars”. American Meteorological Society, pp 1567-1586.
- Rosengaus, M. (1995)** “Fundamentos de radares meteorológicos: aspectos modernos”. Ingeniería Hidráulica en México. Vol. X, núm. 2, pp. 59-78.
- Vidal, L., Salio, P., Pappalardo, L. (2012)** “Uso combinado de datos TRMM/PR y disdrómetro para corrección de reflectividad de radares meteorológicos en Argentina”. Primer Encuentro de Jóvenes Investigadores en Recursos Hídricos.