



Servicio
Meteorológico
Nacional

El SMN y la red argentina de radares meteorológicos

Nota Técnica SMN 2017-39

Ramón de Elía¹, Luciano Vidal¹, Pedro Lohigorry¹, Romina Mezher² y Martín Rugna¹

¹ *Departamento de Investigación y Desarrollo, Gerencia de Investigación, Desarrollo y Capacitación, Servicio Meteorológico Nacional (SMN)*

² *Instituto del Clima y del Agua, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)*

Septiembre 2017



Ministerio de Defensa
Presidencia de la Nación

Información sobre Copyright

Este reporte ha sido producido por empleados del Servicio Meteorológico Nacional con el fin de documentar sus actividades de investigación y desarrollo. El presente trabajo ha tenido cierto nivel de revisión por otros miembros de la institución, pero ninguno de los resultados o juicios expresados aquí presuponen un aval implícito o explícito del Servicio Meteorológico Nacional.

La información aquí presentada puede ser reproducida a condición que la fuente sea adecuadamente citada.

Resumen

Esta Nota Técnica describe la red de radares meteorológicos de la Argentina, haciendo particular énfasis en su génesis, su evolución a lo largo de la historia y sus características técnicas e institucionales en la actualidad. Los planes para los próximos años también son mencionados.

Abstract

This Note describes the weather radar network of Argentina, highlighting in particular its genesis, its history and its technical as well as institutional characteristics today. In addition, the expectation regarding its further development in the next few years is also discussed.

Palabras clave: radar, Argentina, descripción, historia

Citar como:

de Elía R., L. Vidal, P. Lohigorry, R. Mezher y M Rugna, 2017: La red Argentina de radares meteorológicos de Argentina. Nota Técnica SMN 2017-39.

1. INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es describir el estado de situación de la red Argentina de radares meteorológicos, así como también sus características y planes para su futuro desarrollo. Como es la primera Nota Técnica abocada a este propósito, creemos que es importante ofrecer una breve introducción histórica para que se comprenda el contexto y las razones de la compleja estructura de la red en el presente.

2. BREVE RESEÑA HISTÓRICA

El objetivo de esta reseña histórica es poner en perspectiva la particular estructura de la red argentina de radares en lo que respecta a su diseño, sus diversos propietarios y su manutención. Como podrá verse en la sección 3, la estructura actual está estrechamente relacionada con su génesis y devenir a lo largo de los años.

La historia de la meteorología con radar en Argentina todavía está por escribirse, pero algunos trabajos publicados han dejado una base que ayuda a entender el desarrollo posterior. Lo que sigue está basado casi exclusivamente en los trabajos de Cerne y otros (2016), Marón (2015), Hartmann y otros (2010), Caranti y otros (2015), Puliafito (1980) y otra documentación existente en el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Somos conscientes que parte importante de la historia seguramente será omitida por falta de material bibliográfico o de testimonios.

2.1 El radar M-33 de Ezeiza

En 1968 el Departamento de Meteorología (DM) de la Universidad de Buenos Aires (UBA) incorporó un radar convencional en banda S --un modelo M-33 originariamente destinado para uso militar, donado por una agencia de EEUU--, que fue modificado para ser de utilidad en la investigación meteorológica. Con el objetivo de estimular el desarrollo de esta ciencia en el ámbito educativo de la universidad, se contrató un ingeniero y otros colaboradores para su operación y mantenimiento. Poco después se firmó un acuerdo entre el SMN y el DM donde se compartieron responsabilidades en la operación del radar que fuera instalado dentro del Aeropuerto Internacional Ministro Pistarini de la localidad de Ezeiza (Buenos Aires) y puesto en funcionamiento en forma operativa un año más tarde, en 1970 (ver Figura 1). Mientras el DM se ocupaba de contratar y formar personal para su operación, el SMN se ocupaba de lo necesario para el mantenimiento operacional del instrumento. Esta doble tutela también implicaba una coordinación para que las actividades de investigación no interfirieran con las operaciones de vigilancia. Este radar fue utilizado hasta 1996 cuando se decide darlo de baja por el alto costo del servicio de mantenimiento y por su tecnología ya obsoleta.



Figura 1. Vista de las instalaciones del radar meteorológico M-33 en el aeropuerto de Ezeiza (Fuente: “Biblioteca Digital / Programa de Historia de la FCEN, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires”)

2.2 Proyectos de la lucha anti-granizo

A fines de la década del 50, cuando ya quedaba claro que el impacto económico de las intensas granizadas sobre la producción agropecuaria mendocina superaban la capacidad de gestión del seguro agrario, comenzaron las primeras campañas de lucha antigranizo. Entre 1958 y 1964 el Instituto del Seguro Agrícola, el SMN y la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) de la UBA organizaron lo que se denominó “Operación Granizo”, que entre otros instrumentos contó con dos radares meteorológicos del SMN, un Decca T-41 (longitud de onda de 3 cm) y un MRI.

Luego de esta operación, que no produjo resultados definitivos, el National Center for Atmospheric Research (NCAR) cedió dos radares Bendix AN/FPS-18 de defensa, que fueron convertidos en radares meteorológicos en la Universidad de Mendoza. Estos radares participaron activamente en la lucha antigranizo que continuó luego del fin de la Operación Granizo. En virtud de los esperanzadores resultados de esta etapa, el Gobierno de Mendoza acordó en 1984 con la ex-URSS la asistencia técnica para reforzar las actividades. Como parte de esta asistencia se instalaron en Tunuyán, San Rafael y San Martín radares MRL-5 (sin capacidades Doppler) para detectar los núcleos de tormentas. A lo largo de los años, por

dificultades económicas las operaciones de los radares cambiaron de mano varias veces, del gobierno a cooperativas y finalmente a manos privadas, la compañía Weather Modification Incorporated (WMI). Luego de un período exitoso, la lucha antigranizo continúa hoy a cargo de la Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas (DACC) de Mendoza con continuidad operacional por muchos años a pesar de las grandes alternancias en los responsables de la gestión de la lucha.

Con los mismos objetivos de luchar contra el granizo la Provincia de Jujuy, a través de la Cámara de Productores Tabacaleros, ha desarrollado la empresa asociada Latitud Sur S.A. la cual brinda cobertura de seguro agropecuario al sector tabacalero. Esta empresa junto con Latser S.A., posee desde 1997 en el campo experimental La Posta un radar meteorológico combinado con un sistema de coherencia para el combate del granizo. El radar, que funciona en períodos específicos relacionados con la producción agropecuaria, está todavía en funcionamiento. En 2017 Latser S.A. anunció la instalación de un segundo radar, en este caso uno marca Enterprise Electronic Corporation (EEC) modelo WSR-74C (banda C) con el que planea continuar sus actividades (ver Figura 2). Este tipo de radar es el mismo que utilizaba la red NEXRAD de radares meteorológicos de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) de Estados Unidos desde 1974 hasta su progresivo reemplazo por radares Doppler hacia fines de los '80.



Figura 2. Radar meteorológico EEC WSR-74C ubicado en proximidades de la ciudad de San Salvador de Jujuy, perteneciente a la empresa Latser S.A. y empleado para la lucha antigranizo (Créditos: Franco Ballari)

2.3 El radar en el Servicio Meteorológico de la Armada (SMARA)

En una primera iniciativa, la Armada Argentina compró hacia fines de los años 60 tres radares Plessey 42 (3 cm de longitud de onda) con el fin de utilizarlos para vigilancia meteorológica. Los primeros dos se instalaron en Buenos Aires y Mar del Plata en los años 1970 y 1971 respectivamente. Un tercero se agregó posteriormente en la Base Aeronaval Comandante Espora ubicada en las afueras de la ciudad de Bahía Blanca, en el sur de la provincia de Buenos Aires. Se sabe que uno ellos se habría quemado.

A principios de los '80 se compraron dos radares Enterprise WSR-74C, similar al arriba descrito. Uno de ellos se instaló en la torre de agua de la Intendencia Naval Buenos Aires, cercano a Costanera Sur de la Ciudad de Buenos Aires, y el otro en la Base Aeronaval Comandante Espora, en Bahía Blanca, Provincia de

Buenos Aires. No había posibilidad de almacenar la información, excepto en el instalado en Buenos Aires a partir de fines de los '90.

La operación en ambos radares era permanente. Como rutina se vigilaba cada tres horas pero en caso de fenómenos significativos, se operaba en forma continua. Desde la creación del SINARAME (ver sección 2.6), surgió la posibilidad de digitalizar este instrumental. Con ese fin, y bajo la responsabilidad del SMN, el radar localizado en Bahía Blanca ha sido trasladado a la DACC de la Provincia de Mendoza (Alvaro Scardilli y Pablo Loyber, comunicación personal y Abuin 2007).

2.4 El radar Enterprise del SMN en Ezeiza

Este radar marca EEC y modelo DWSR-2500C Doppler banda C se encuentra activo desde 1999 y en su momento fue el reemplazo del viejo M-33 mencionado en la sección 2.1 (ver Figura 3). Fue emplazado en cercanías del Aeropuerto Internacional de Ezeiza dentro del predio del Instituto de Formación Ezeiza perteneciente a la Fuerza Aérea Argentina. Desde entonces, es utilizado activamente por el SMN para la producción de Avisos meteorológicos a muy de Corto Plazo (ACP) emitidos por la División de Vigilancia Meteorológica por Sensores Remotos (DVMSR) sobre la existencia de tormentas severas en la región de la capital del país y sus alrededores.

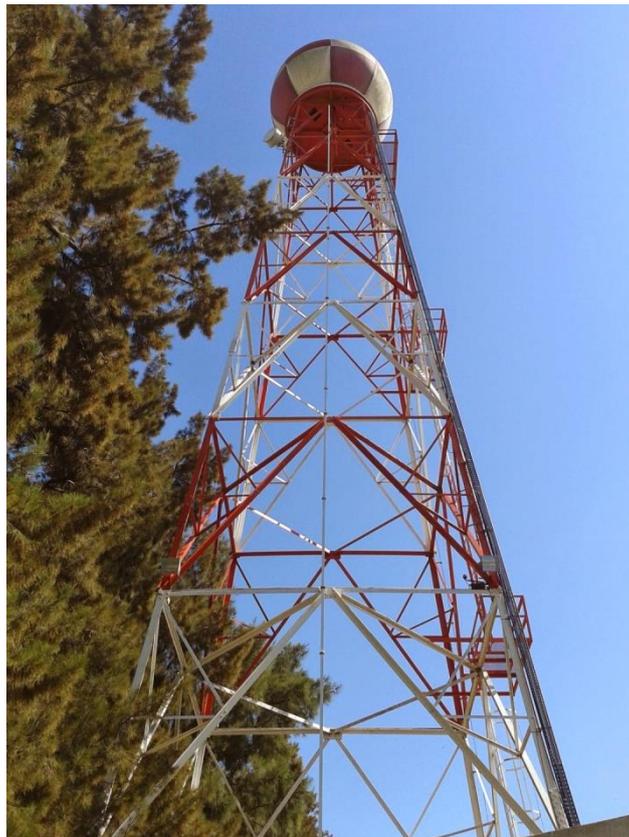


Figura 3. Torre y radomo del radar meteorológico EEC DWSR-2500C propiedad del SMN y ubicado en cercanías del Aeropuerto Internacional de Ezeiza (Créditos: Luciano Vidal)

2.5 Los esfuerzos del INTA en la pampa húmeda

En el año 1998 el INTA decidió instalar un radar meteorológico en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) ubicada en cercanías de la localidad de Pergamino, provincia de Buenos Aires, con el fin de mejorar las estimaciones de precipitación necesarias para modelos hidrológicos y de humedad de suelo. Esta compra se concretó en el 2005 con la adquisición de un radar Gematronik Doppler banda C modelo METEOR 360C de simple polarización, y cuatro años después se instalaron dos nuevos radares Gematronik de banda C modelo METEOR 500CDP pero de doble polarización en las EEA Anguil (La Pampa) y Oro Verde (Entre Ríos). Además de compartir esta información con el SMN, en el 2009 también se ha instalado un puesto de trabajo en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (UNL) de Santa Fe, el que recibe directamente los datos del radar de Paraná y cuya finalidad es el uso de la información para investigación aplicada y para la difusión al público y usuarios. El INTA utiliza la información provista por los radares con varios objetivos, entre ellos la estimación de precipitación, pero también para la elaboración de informes acerca de la ocurrencia de tormentas de granizo en el marco de convenios con aseguradoras agropecuarias.

2.6 Varios intentos de desarrollar una red y su concreción a través de SINARAME y la producción nacional

La tradición oral de la comunidad meteorológica en Argentina relata varios intentos de radarización en gran escala que no se pudieron concretar. Hay también algunos casos documentados que se discuten a continuación.

En 1983 se planeó en el SMN instalar 10 radares cubriendo todo el territorio nacional y localizados en Ezeiza, Resistencia, Santa Rosa, Córdoba, Mendoza, Comodoro Rivadavia, Río Gallegos, Jujuy y la base Marambio en la Antártida (ver Haquin Gerade 1983). Es interesante notar que todos operarían en banda C, a excepción de Resistencia y Marambio que lo harían en banda S, y que se planificaba terminarlo en diez años. Estos planes eran considerados preliminares y comprendían la posibilidad de alterar la ubicación de algunos radares, como mudar el de Resistencia, en la provincia de Chaco, a Puerto Iguazú o Bernardo de Irigoyen, en la provincia de Misiones. De la misma manera, y también por consideraciones de cuencas hidrológicas, se consideraba la opción de sitios como Cipolletti o Neuquén en lugar de Santa Rosa. El prólogo de este plan menciona que este plan de radarización resultaba ser una actualización de otro elaborado en 1969 y que por razones presupuestarias había sido abandonado.

En el año 2000 gracias a fondos otorgados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) se abrió una licitación para una red de radares, una de detección de rayos y un centro de integración de estos datos con modelos numéricos, satélite y otras fuentes de información (BID AR0242, Programa de Emergencia por Inundaciones). La propuesta incluía la compra de 6 a 7 radares que se sumarían al ya existente radar Enterprise del SMN y al futuro Gematronik (planeado por INTA).

El Centro de procesamiento integral de esta red pensaba ubicarse en el SMN con centros de procesamiento alternativos ubicados en el Servicio de Hidrografía Naval (SHN), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Instituto Nacional del Agua (INA). La información procesada se enviaría al SIFEM (Sistema Federal de Emergencias), sistema de información y alerta, que estaría a cargo de las alertas tempranas. Una gran preocupación se exhibía con respecto a la necesidad de formar recursos humanos. En este aspecto se planteaban cursos de operación a un ritmo de 40 horas semanales y se discutía la

problemática en términos de tener una política de recursos humanos. Un dato interesante de esa propuesta es que el tiempo permitido de no disponibilidad para cada radar llegaba al 10%, mayor que el más convencional del 5% (ver Lohigorry y otros 2017).

Luego de varios intentos fallidos se creó finalmente en 2011 un nuevo plan nacional de radarización llamado Sistema Nacional de RADares METeorológicos (SINARAME), coordinado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SSRH), dependiente del Ministerio de Planificación Federal (hoy Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda) y que involucraba a diversas instituciones nacionales y provinciales. El plan que se propuso se llevó a cabo en dos etapas: la primera, ya concluida, incluyó el desarrollo y la fabricación de dos radares meteorológicos denominados RMA (Radar Meteorológico Argentino): un prototipo instalado en Bariloche (RMA0) y otro -que da inicio a la producción en serie- en Córdoba (RMA1), y la creación de un Centro de Operaciones (COP) que brinde información proveniente tanto de estos dos radares, como de los otros radares existentes en el país de los que el SMN recibe información (el del SMN en Ezeiza, los tres del INTA y los de la DACC de Mendoza). La segunda etapa comprende la fabricación de 10 radares adicionales para completar la cobertura del territorio (ver Figura 4). En Rodríguez y otros (2017) se menciona la voluntad del SINARAME de extender la red hasta contar con 30 radares cubriendo el territorio argentino. Todos estos trabajos de diseño, producción e instalación son llevados a cabo por la compañía argentina INVAP S.E.



Figura 4. Vista de la torre y radomo del radar RMA2 instalado en el marco del proyecto SINARAME en el predio del Instituto Nacional del Agua en cercanías del Aeropuerto Internacional de Ezeiza (Créditos: Luciano Vidal)

2.7 El grupo radar de Córdoba y otras actividades en la región del centro

Con la llegada del RMA1 a Córdoba nació en la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) el Grupo Radar Córdoba (GRC), un grupo interdisciplinario centrado en el estudio y la comprensión de las tecnologías de detección remota, en particular dedicada a los sistemas de radar. El objetivo del GRC es constituir un polo científico referente en las tecnologías de radar a nivel nacional, enfocando las actividades en la investigación y el desarrollo de herramientas para el aprovechamiento de los sistemas de radar, en función a las diversas necesidades detectadas tanto en el sector público como privado. Para ello, se cuenta tanto con el apoyo de FaMAF (Facultad de Matemática Astronomía y Física) de la UNC, quien pone a disposición del equipo un laboratorio de microondas, como de SiNaRaMe, que brinda acceso a los datos de la red argentina de radares. En los últimos años la FaMAF ha dictado una maestría en Sistemas de Radar e Instrumentación que ha formado una nueva generación de expertos.

2.8 El proyecto RELAMPAGO

El estudio de campo Remote sensing of Electrification, Lightning, And Mesoscale/microscale Processes with Adaptive Ground Observations (RELAMPAGO, <https://publish.illinois.edu/relampago/>), coordinado por varias agencias internacionales (National Science Foundation, NASA y NOAA entre otros), tendrá lugar entre el 1 de Noviembre y el 15 de Diciembre del 2018 en la región de las Sierras de Córdoba y en parte de Mendoza. Entre sus varios objetivos, el más importante apunta a estudiar los mecanismos relacionados con el desarrollo de convección severa en el área. Para esta ocasión se traerán a la región, entre otros, varios radares de diferente longitud de onda – tanto fijos como móviles (Doppler On Wheels) -- e instrumentos para validar la estimación de precipitación. Este proyecto, donde el Centro de Investigación del Mar y la Atmósfera (CIMA/CONICET) y el SMN juegan un rol fundamental, resulta una oportunidad única para todas aquellas personas con interés en la meteorología por radar.

3. INSTITUCIONES INVOLUCRADAS

A diferencia de la red estadounidense NEXRAD que fue diseñada por una sola institución en los más mínimos detalles (ver por ejemplo Leone y otros 1989), el nacimiento de la red argentina tiene más semejanzas con la red europea OPERA que es en realidad un conjunto de redes nacionales todas con características distintas tanto en lo técnico como en su modo de operación (Huuskonen y otros 2014). Es por ello que para entender el funcionamiento de la red argentina es necesario comprender la compleja distribución de responsabilidades en torno a la misma.

A la variedad de instituciones debemos sumarle una gran diversidad en aspectos tales como fabricantes de los radares, principales prestaciones --si son Doppler, simple o doble polarización, frecuencia utilizada, entre otras-- y antigüedad del equipamiento (ver Tabla I).

A continuación se mencionan los aspectos principales de cada una de las redes de radares existentes al día de hoy en Argentina.

3.1 Red de Mendoza

Como se discutió en la sección 2.1 Mendoza ha jugado un rol importante en las iniciativas de radarización debido a sus necesidades en la lucha antigranizo para proteger la producción agropecuaria. En la actualidad Mendoza cuenta con tres radares (ver Figura 5, y Tabla I) que funcionan durante los días del año en que la lucha antigranizo está activa (entre octubre y abril) y existe riesgo de tormentas en la región. De manera intermitente, esto puede ocurrir durante todos los meses del año pero en general poco tiempo durante el invierno. Debido a esta práctica, esta red provincial no cumple con las condiciones requeridas a las que son parte integral de la red de vigilancia de eventos severos del SMN, a cargo de la DVMSR.

3.2 Red del INTA

Esta red cuenta con tres radares, ubicados en las EEAs de Anguil (cerca de Santa Rosa, La Pampa), Pergamino (Buenos Aires) y Oro Verde (cerca de Paraná, Entre Ríos) que cubren una gran parte de la zona de producción agropecuaria de la Pampa Húmeda (ver Figura 5, y Tabla I). Estos radares actualmente están integrados a las tareas operativas de vigilancia meteorológica llevadas adelante por la DVMSR y los costos de mantenimiento de los equipos son compartidos entre el INTA y el SMN, y cambios en sus estrategias de vigilancia atmosférica son discutidos entre las dos instituciones. La manutención de estos radares la lleva adelante hoy día la empresa BAPT S.A., representante local de SELEX Gematronik.

3.3 Radar de Ezeiza del SMN

El radar EEC modelo DWSR-2500C se encuentra emplazado cerca del aeropuerto internacional en el predio del Instituto de formación de la Fuerza Aérea en Ezeiza. El SMN es quien costea su manutención (ver Figura 5, y Tabla I) que la lleva adelante MARDET S.R.L., el representante en la región de EEC.

3.4 Radares de Jujuy

La cooperativa tabacalera adquirió un radar hace dos décadas con el objetivo de ayudar a proteger su producción, y agregó un segundo en el 2017. Con similares características operativas a la red de Mendoza (ver Figura 5, y Tabla I), estos radares no proveen información para la vigilancia llevada adelante por DVMSR en el SMN pero se espera que en el corto plazo los datos generados puedan comenzar a utilizarse dentro del organismo.

3.5 Red de SINARAME

En el momento de escribir esta Nota, la fase 2 de los objetivos de SINARAME está en desarrollo con varios radares ya en operación y en vías de instalación. En la actualidad el RMA1 instalado en Córdoba se encuentra en actividad y el RMA2 de Ezeiza --que eventualmente reemplazará al Enterprise del SMN-- está instalado en cercanías en el predio del Instituto Nacional del Agua (INA) y ha estado en operaciones por un periodo de ensayo. Otros radares ya instalados y en camino de ser admitidos a la red operacional son el de Resistencia (Chaco), Las Lomitas (Formosa) y Bernardo de Irigoyen (Misiones). Este último tuvo dificultades con la fuente de energía eléctrica --proveniente de Brasil-- que no es lo suficientemente estable. Una

situación no muy distinta la sufre el radar instalado en Las Lomitas (Formosa), cuya actividad está afectada por problemas de conectividad, no eléctrica en este caso, sino de transmisión de datos en tiempo y forma al centro de operaciones. Durante los próximos dos años se espera la puesta en funcionamiento de los 10 radares previstos en esta etapa (ver Figura 5 y Tabla I).

3.6 Proyecto SIHVIGILA de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Según información proporcionada por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, el proyecto SIHVIGILA (Sistema Hidrometeorológico de Observación, Vigilancia y Alerta) financiará la adquisición, instalación, puesta en marcha y formación del personal encargado de la gestión y explotación de un sistema hidrometeorológico integral de Observación, Vigilancia, Alerta y respuesta. El SIHVIGILA contará entre otros instrumentos con un radar meteorológico banda S localizado de tal manera de poder monitorear la Ciudad. Si bien este radar tiene claros objetivos de vigilancia hidrometeorológica exclusivos para la Ciudad, será importante que el SMN pueda contar con esta información para utilizarla con otros objetivos. Siendo este el único radar banda S de la zona, su rol puede ser clave tanto por una menor presencia de interferencias electromagnéticas (ver sección 4.3), como por su falta de atenuación ante fuertes precipitaciones.

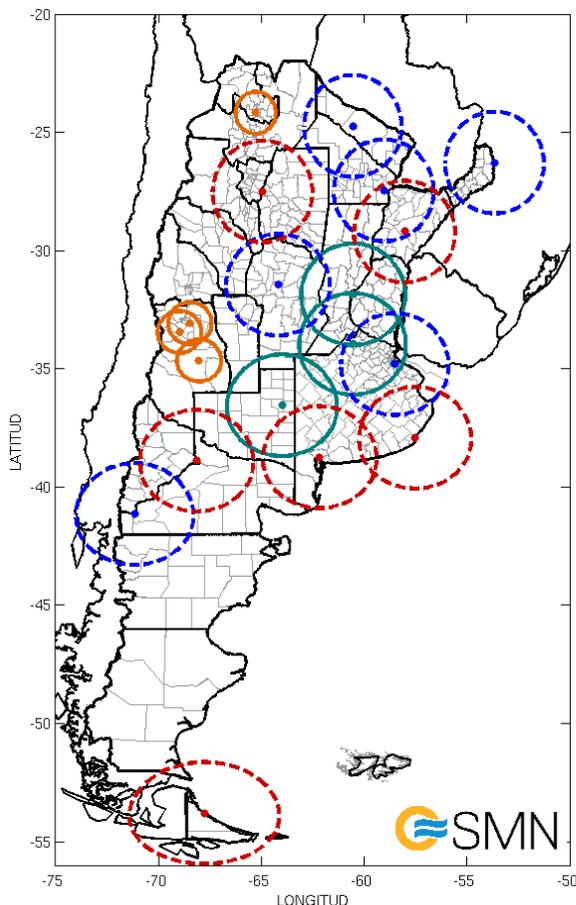


Figura 5: Ubicación de los sitios radar y área cubierta --sin considerar bloqueos por topografía-, para un alcance máximo de 240 kilómetros. En línea continua verde se muestran los radares propiedad de INTA, en línea continua naranja los radares no operativos en vigilancia del SMN de DACC y Jujuy, en línea punteada azul los radares RMA instalados y en rojo los aún no instalados. Como se puede apreciar la radarización en curso deja zonas con cobertura muy desigual. La clara preponderancia de radares en el centro y norte del país está relacionada con el tipo de fenómenos meteorológicos donde el radar tiene más utilidad, la densidad de población y actividades productivas. Con respecto a las regiones en la zona norte y centro que se encuentran al exterior de los círculos mencionados, por ejemplo gran parte de San Luis y Salta, deberían eventualmente ser consideradas para futuros desarrollos de la red. Es importante notar, no obstante, que la vigilancia meteorológica no termina exactamente en los círculos marcados, aunque más allá se hace más esporádica y de menor precisión.

4. ESTADO GENERAL DE LA RED Y PLANES DE MEJORAS

El estado general de la red comprende tres categorías que son importantes a tener en cuenta: su robustez técnica, es decir la cantidad de horas en operaciones sin sufrir interrupciones; la manejabilidad de los datos de tal manera de facilitar el uso de los pronosticadores, y la calidad de los datos crudos.

4.1 Robustez de la red de radares

Por robustez entendemos aquí la capacidad de que cada radar pueda mantenerse operativo el mayor tiempo posible durante el año. En general, dada la complejidad y el estrés electro-mecánico que sufren estos instrumentos, la mayoría de los países aceptan radares fuera de operaciones entre el 2% y 5% del tiempo (equivalente a entre 175 y 480 horas por año). Durante los últimos años la DVMSR ha llevado un registro de interrupciones en la disponibilidad de datos de cada radar y ahora es posible conocer la robustez de la red argentina. En un estudio llevado a cabo recientemente sobre los tres radares del INTA y el del SMN ubicado en Ezeiza se encontró que este último y el de Anguil muestran resultados pobres comparados con los estándares internacionales, mientras que los radares de Paraná y Pergamino se encuentran cercanos a estos valores recomendados (ver Lohigorry y otros 2017). Sobre los nuevos radares siendo instalados por INVAP no se tiene todavía información necesaria para evaluarlos en este sentido. Por el momento, estos estudios no han sido discutidos con los responsables de mantenimiento de los radares. Se cree que estos problemas pueden ser revertidos con el aumento de la expertise local en la ingeniería de radares y con una mejor organización y entendimiento entre las instituciones que rigen la red.

4.2 Operatividad de la red

La operación de los radares de Ezeiza, Pergamino, Anguil y Paraná se realiza desde las oficinas de la división VMSR ubicadas en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Sin embargo, los tres radares del INTA también pueden ser operados por personal del INTA desde la sede Castelar. Las modificaciones en la operación en estos tres radares es consensuada entre personal del INTA y del SMN (DVMSR e Investigación y Desarrollo).

Los pronosticadores de la DVMSR son los encargados de monitorear la disponibilidad de datos en los cuatro radares previamente mencionados. Cuando se detecta la falta de datos de algún radar, se procede a verificar la causa del problema y se da aviso a la empresa de mantenimiento correspondiente. Los radares de Mendoza son operados por la DACC. Como se explicó previamente, esta institución es la encargada de encender y apagar los radares de acuerdo a sus necesidades enmarcadas en el programa de lucha anti-granizo. Los radares ubicados en la provincia de Jujuy también son operados exclusivamente por la empresa dueña del equipo.

Los datos de los radares de Anguil, Ezeiza, Paraná y Pergamino se encuentran disponibles en tiempo real en la DVMSR. Los pronosticadores utilizan la información de los mismos para emitir advertencias a la población, las cuales se denominan ACP como se mencionara anteriormente. En estos informes los pronosticadores delimitan una región del país cubierta por un radar mediante un polígono. Los polígonos indican la región donde se encuentran las tormentas en el momento de la emisión del ACP, y el área que puede ser afectada debido al desplazamiento de las mismas en las próximas 3 horas. Los fenómenos

asociados a las tormentas sobre los cuales se avisa a la población son el granizo, las ráfagas y las lluvias intensas.

La importancia de los radares meteorológicos en el aviso a la población recae en que, mientras que para la emisión de un Alerta Meteorológica se utiliza como principal insumo los modelos numéricos de predicción del tiempo, los ACP se emiten cuando en el radar se observa al menos una tormenta fuerte. Además, el área abarcada por un ACP estándar ronda los 30.000 km², lo cual aumenta la precisión del área abarcada por un Alerta Meteorológico --emitido hasta 24 horas antes con información basada sobre todo en modelos numéricos--, la cual puede llegar hasta los 500.000 km².

Los primeros ACP fueron emitidos de manera irregular algunos años antes del 2007. De esos primeros intentos no han quedado registro. A partir de mayo de 2007 se facilitó la emisión de los ACP mediante un desarrollo web que automatizó su confección y además estandarizó el formato. A su vez, un salto aún mayor se dió en noviembre de 2014 cuando se implementó una versión gráfica del ACP.

La utilización de la información de los radares para avisar a la población con suficiente precisión presenta muchos desafíos. Uno de ellos es la cantidad de meteorólogos analizando la información de radar durante una situación de tormentas. Desde que comenzaron a emitirse los ACP en forma sistemática en mayo de 2007 hasta noviembre de 2015, la DVMSR contó con una persona las 24 horas del día analizando la información de los radares y emitiendo los ACP. Durante esos años la cantidad de radares utilizados para emitir ACP se incrementó: se comenzó con el radar de Ezeiza; luego se sumaron Pergamino, Anguil y Paraná. En consecuencia, en los últimos dos años aumentó la cantidad de personal en la DVMSR y se espera que para el año 2018 se pueda contar con dos personas H24 monitoreando los radares.

El software utilizado para analizar la información de radar es el JSMeteoView: un ágil y robusto software desarrollado en 2003 por el Dr. Petr Novak del Instituto Hidrometeorológico de la República Checa. En el marco del proyecto CyT Alerta el SMN está en vías de reemplazar el software de visualización por otro con mayores prestaciones.

4.3 Calidad de los datos

Uno de los objetivos futuros del SMN con respecto a la información provista por la red de radares es su utilización de manera cuantitativa o semi-cuantitativa. Esto implica que los datos no solo tienen que proveer información sobre la localización de precipitación y los vientos asociados, sino que tienen que ser relativamente confiables en lo que respecta a las cantidades medidas. Esto tiene importancia si se desea utilizar estos valores para facilitar la tarea de los pronosticadores a través de la detección automática de eventos severos (por ejemplo, utilización de umbrales de valores de reflectividad, identificación objetiva de granizo, estimación de precipitación).

Hasta este momento no se cuenta en la red con metodologías robustas para la calibración de los valores de reflectividad y otras variables generadas por los radares, aunque el GRC ha comenzado a dar pasos en este sentido. Además, los campos obtenidos suelen ser deficientes con respecto a su alto nivel de ruido y a la presencia de interferencias de origen electromagnético. Este último es un problema complejo que será tratado en detalle en una futura Nota Técnica. Pero basta decir que se origina en el desarrollo explosivo de las redes Wireless que ocupan frecuencias o bien muy cercanas, o bien dentro del rango otorgado legalmente a los radares meteorológicos. El problema en el Área Metropolitana de Buenos Aires es tan notorio que le ha dado un rol central en una publicación internacional sobre esta problemática (Saltikoff et al

2016). En este momento se están tomando medidas para paliar el problema que también afecta de manera importante al radar de Córdoba y que amenaza con extenderse a los otros radares, mismo a aquellos ubicados en zonas no tan urbanizadas.

5. CONCLUSIONES

La instalación de un número creciente de radares meteorológicos en el territorio Argentino constituye un evento muy importante para la protección de las personas y los bienes que se encuentran en zonas afectadas por tormentas severas. Esta red, que fue un sueño de varias generaciones de meteorólogos argentinos, es ya una realidad. Esta realidad implica grandes esfuerzos de las instituciones involucradas en lo que respecta a la mantención y al uso óptimo de su potencial.

Dada la particular estructura de nuestra red, esta optimización implica un compromiso de actualización tecnológica y de comunicación intra e inter-institucional. Esta Nota Técnica apunta a contribuir en estas dos áreas, al mostrar el estado actual de la red y al tratar de reconocer las actividades de todos los participantes para hacerla realidad (ver Tabla II).

6. REFERENCIAS

Abuin R. O., 2007: ARGENTINEAN NATIONAL REPORT 2003-2007 XXIV IUGG GENERAL ASSEMBLY, Perugia (Italy), July 2 - July 13, 2007, Actividades del Servicio Meteorológico de la Armada.

Bertoni J. C. y otros, 2015: Puesta en marcha del primer radar meteorológico argentino RMA1 en la Universidad Nacional de Córdoba. Congreso Nacional del Agua 2015. Paraná, 15 al 19 de Junio de 2015.

Caranti G. M., R. Comes, L. Mathe, I. A. Montamat, D. A. Poffo, A. Rodriguez, S. A. Rodriguez Gonzalez, J. N. Saffe, A. Martina, 2015: GRC en la radarización Meteorológica de Argentina, en XVI Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control (RPIC-2015), IEEE- UTN. Córdoba, Argentina.

Cerne, B., Anaya, D. y Díaz, L., 2016: "Sobre la meteorología y la oceanografía en la Facultad". Capítulo 11. Págs.: 363-382 en *150 años de Exactas*, de C. Borches y otros, editorial EUDEBA, 432 páginas.

Garbiero H. R., 2016: Programa Nacional de Lucha Antigranizo. Actas del IV Congreso Internacional de Historia Aeronáutica Militar Argentina. Buenos Aires, 5-7 de septiembre de 2016.

Haquin Gerade, N. 1983: Anteproyecto de una red de radares meteorológicos para la República Argentina. Documento interno, Servicio Meteorológico Nacional.

Hartmann T., M. S. Tamburrino, F. Bareilles, 2010: Análisis preliminar de datos obtenidos por la red de radares del INTA para el estudio de precipitaciones en la región pampeana 2º Congreso Argentino de Agroinformática (CAI 2010 Buenos Aires).

Huuskonen, A., E. Saltikoff, and I. Holleman, 2014: The operational weather radar network in Europe. Bulletin of the American Meteorological Society, 95, 897-907.

Leone D.A., R.M. Endlich, J. Petriceks, R.T.H. Collis and J.R. Porter, 1989, "Meteorological considerations used in planning the NEXRAD network", Bull Am Meteorol Soc 91(1):87-94.

Lohigorry P., Pappalardo L., de Elía R., Vidal L., Mezher R., 2017: Reporte de disponibilidad de datos de radares pre-RMA durante el año 2015. Nota Técnica SMN 2017-9.

Marón G., 2015: La historia de la lucha antigranizo y lluvia artificial. Mendoza, 14 de enero de 2015. Centro de Estudios de Derecho Aeronáutico y Espacial.

Puliafito S., 1980: Reseña de la labor desarrollada por el instituto tecnologico de electronica y electricidad de la universidad de mendoza — período 1969 a 1975. Revista de la Universidad de Mendoza, Número 2.

Rodríguez A., C. Lacunza, J. J. Serra, C. Saulo, H. Ciappesoni, G. Caranti, J. C. Bertoni, A. Martina, 2017: SiNaRaMe: Integración de una Red de Radares Hidro-Meteorológicos en Latinoamérica. Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Vol. 4, No. 1, Marzo.

Saltikoff, E., J. Cho, P. Tristant, A. Huuskonen, L. Allmon, R. Cook, E. Becker, and P. Joe, 2016: The Threat to Weather Radars by Wireless Technology. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, doi:10.1175/BAMS-D-15-00048.1

Tabla I: Estado actual de la red de radares. Los radares están agrupados según el responsable de operación (la alternancias de filas en gris separa estos grupos).

Radar	Responsable	Marca/Tipo	Fecha aprox. de instalación	Observaciones
Comentarios generales	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> El estado de calibración y la metodología de calibración de los radares están todavía poco claros. Datos de calidad variable. La estabilidad de la red no ha sido estimada con precisión. Los resultados hasta ahora indican que es menos estable de lo deseable pero no muy lejos de los estándares internacionales (ver Lohigorry y otros 2017). Bajo nivel de integración entre radares. Más que como red, funciona como red de seis redes (SMN, INTA, SINARAME, DACC, Cooperativa Tabacalera de Jujuy, SIHVIGILA). Red en expansión (SINARAME) con varios radares a ser instalados en los próximos años. Los software de visualización tienen sus propios algoritmos (en general desconocidos) al ilustrar los resultados. Diferentes estrategias de barrido y de pulsado. Diferentes formatos de datos y productos.
Ezeiza (AR1) Buenos Aires (el nuevo radar RMA2 se encuentra a pocos kilómetros)	SMN	EEC DWSR-2500C Single pol, Doppler Banda C	1999 (Otro radar ha estado activo desde mucho antes en el mismo sitio)	ACTIVO <ul style="list-style-type: none"> Fuerte interferencia electromagnética, casi cubriendo completamente el cuadrante norte y este. La antena presenta errores en los niveles bajos.
San Martín (AR3) Mendoza	DACC	MRL-5 Single pol, No Doppler Banda S	1984	ACTIVO (Solo en temporada de granizo) <ul style="list-style-type: none"> No se conoce estrategia de escaneo. Utilizado activamente en lucha antigranizo.
San Rafael	DACC	MRL-5	1984	ACTIVO (Solo en temporada de verano)

(AR4) Mendoza		Single pol, No Doppler Banda S		<ul style="list-style-type: none"> No se conoce estrategia de escaneo. Utilizado activamente en lucha antigranizo.
Tunuyán (AR6) Mendoza	DACC	<i>MRL-5</i> Single pol, No Doppler Banda S	1984	ACTIVO (Solo en temporada de verano) <ul style="list-style-type: none"> No se conoce estrategia de escaneo. Utilizado activamente en lucha antigranizo.
San Salvador de Jujuy (AR2) Jujuy	LATSER SA	<i>MRL-5</i> Single pol, No Doppler Banda S	1997? (digitalizado en 1999)	ACTIVO (Solo en temporada de granizo) <ul style="list-style-type: none"> No se conoce estrategia de escaneo. Utilizado activamente en lucha antigranizo.
San Salvador de Jujuy Jujuy	LATSER SA	EEC WSR-74C Single pol, no Doppler, Banda C	2017 (radar del '74 digitalizado)	ACTIVO (Solo en temporada de granizo) <ul style="list-style-type: none"> No se conoce estrategia de escaneo. Utilizado activamente en lucha antigranizo.
Pergamino (AR5) Buenos Aires	INTA	<i>Gematronik</i> <i>METEOR 360C</i> Single pol, Doppler Banda C	2005	ACTIVO <ul style="list-style-type: none"> Árboles hacen bloqueo parcial de haz hacia el SO y SE. Tiene interferencias electromagnéticas débiles. Reflectividad con datos faltantes. Doppler con ruido.
Paraná (AR8) Entre Ríos	INTA	<i>Gematronik</i> <i>METEOR 500CDP</i> Dual pol, Doppler Banda C	2009	ACTIVO <ul style="list-style-type: none"> Tiene interferencias electromagnéticas de mediana intensidad. Problemas con la polarimetría.
Anguil (AR7) La Pampa	INTA	<i>Gematronik</i> <i>METEOR 500CDP</i> Dual pol, Doppler Banda C	2009	ACTIVO <ul style="list-style-type: none"> Doppler con ruido. Tiene interferencias electromagnéticas débiles esporádicas. Problemas con la polarimetría.
Bariloche (RMA0) Río Negro	INVAP	<i>INVAP</i> Dual pol, Doppler Banda C	2014 Renovado en 2017	Prototipo para tests.

Ciudad de Córdoba (RMA1) Córdoba	SINARAME	INVAP Dual pol, Doppler Banda C	2015	ACTIVO <ul style="list-style-type: none"> Tiene interferencias electromagnéticas de mediana intensidad.
Ezeiza (RMA2) Buenos Aires (Segundo sitio en esta localidad a pocos kilómetros de AR1).	SINARAME	INVAP Dual pol, Doppler Banda C	2015	ACTIVO <ul style="list-style-type: none"> Mucha interferencia electromagnética que hace difícil su interpretación sin filtrar. Emisión inhibida hacia el radar de Ezeiza (AR1)
Las Lomitas (RMA3) Formosa	SINARAME	INVAP Dual pol, Doppler Banda C	2015	ACTIVO (entrega provisional) <ul style="list-style-type: none"> Presencia de patrón con forma de anillo en la reflectividad cerca del radar, muy probablemente asociado a ecos de terreno por lóbulo lateral Dificultades de transmisión de información hacia el COP por bajo ancho de banda. Ausencia de contaminación electromagnética.
Resistencia (RMA4) Chaco	SINARAME	INVAP Dual pol, Doppler Banda C	2015	ACTIVO (entrega provisional) <ul style="list-style-type: none"> Interferencias hacia el este. Bloqueo parcial de 2 radiales en 0,5° por torre de control del aeropuerto.
Bernardo de Irigoyen (RMA5) Misiones	SINARAME	INVAP Dual pol, Doppler Banda C	2015	ACTIVO (entrega provisional) <ul style="list-style-type: none"> Presenta dificultades en la estabilidad del servicio eléctrico
Mar del Plata (RMA6) Buenos Aires	SINARAME	INVAP Dual pol, Doppler Banda C	2017	EN INSTALACIÓN <ul style="list-style-type: none"> Instalada la torre y partes mecánicas Falta electricidad y comunicación
Ciudad de Neuquén (RMA7) Neuquén	SINARAME	INVAP Dual pol, Doppler Banda C	2018	Obra civil iniciada
Termas de Río Hondo (RMA8)	SINARAME	INVAP	2018	Sin novedades.

Santiago del Estero		Dual pol, Doppler Banda C		
Rio Grande (RMA9) Tierra del Fuego	SINARAME	<i>INVAP</i> Dual pol, Doppler Banda C	2018	En estudio determinación de la posición exacta y confirmación de la autoridad local acerca de los servicios eléctrico y de comunicaciones.
Cmte. Espora (RMA10) Buenos Aires	SINARAME	<i>INVAP</i> Dual pol, Doppler Banda C	2018	Sitio definido.
Mercedes (RMA11) Corrientes	SINARAME	<i>INVAP</i> Dual pol, Doppler Banda C	2018	Obra civil iniciada
A decidir	SIHVIGILA, GCABA (por 2 años lo opera una empresa y luego se transfiere al GCABA)	<i>EEC</i> Dual pol, Doppler Banda S	2018	En planeamiento

Instrucciones para publicar Notas Técnicas

En el SMN existieron y existen una importante cantidad de publicaciones periódicas dedicadas a informar a usuarios distintos aspectos de las actividades del servicio, en general asociados con observaciones o pronósticos meteorológicos.

Existe no obstante abundante material escrito de carácter técnico que no tiene un vehículo de comunicación adecuado ya que no se acomoda a las publicaciones arriba mencionadas ni es apropiado para revistas científicas. Este material, sin embargo, es fundamental para plasmar las actividades y desarrollos de la institución y que esta dé cuenta de su producción técnica. Es importante que las actividades de la institución puedan ser comprendidas con solo acercarse a sus diferentes publicaciones y la longitud de los documentos no debe ser un limitante.

Los interesados en transformar sus trabajos en Notas Técnicas pueden comunicarse con Ramón de Elía (rdelia@smn.gov.ar), Luciano Vidal (lvidal@smn.gov.ar) o Martin Rugna (mrugna@smn.gov.ar) de la Gerencia de Investigación, Desarrollo y Capacitación, para obtener la plantilla WORD que sirve de modelo para la escritura de la Nota Técnica. Una vez armado el documento deben enviarlo en formato PDF a los correos antes mencionados. Antes del envío final los autores deben informarse del número de serie que le corresponde a su trabajo e incluirlo en la portada.

La versión digital de la Nota Técnica quedará publicada en el Repositorio Digital del Servicio Meteorológico Nacional. Cualquier consulta o duda al respecto, comunicarse con Melisa Acevedo (macevedo@smn.gov.ar).