

Monitoreo de precipitaciones por el Departamento de Hidrometeorología del Servicio Meteorológico Nacional

Carolina Cerrudo⁽¹⁾, *Lorena Ferreira*⁽¹⁾ y *Marcelo Fontana*⁽¹⁾

¹Servicio Meteorológico Nacional Argentina

ccerrudo@smn.gov.ar

RESUMEN: De todas las componentes que integran el Ciclo Hidrológico la más estudiada actualmente por el Departamento de Hidrometeorología del Servicio Meteorológico Nacional (DHSMN) es la precipitación. En dicho departamento se efectúan diversas tareas de monitoreo diario, a 10 días y mensual de las precipitaciones en Argentina y en la Cuenca del Plata. Se emplean datos de la red operativa pluviométrica del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y en alta resolución temporal provenientes de la red de pluviógrafos, datos de estaciones automáticas del SMN, estimaciones satelitales TRMM, datos de los radares del INTA y del SMN e imágenes satelitales GOES y NOAA.

El Departamento de Hidrometeorología trabaja en colaboración con otros departamentos del SMN como ser el “Departamento de Investigación y Desarrollo”, y el “Departamento Teledetección y Aplicaciones Ambientales”. La interacción entre los distintos departamentos permite mejorar las herramientas de monitoreo que posibilitan una completa descripción de los sistemas de precipitación.

El objetivo de este trabajo es mostrar algunos ejemplos de monitoreo y caracterización de las precipitaciones ocurridas durante el verano 2012 realizado por el DHSMN, empleando las herramientas mencionadas anteriormente.

INTRODUCCIÓN

El Departamento de Hidrometeorología del Servicio Meteorológico Nacional (DHSMN) tiene como objetivo general estudiar, investigar, informar y asesorar sobre todo lo relacionado con las componentes del Ciclo Hidrológico, particularmente en lo referente a precipitación, evaporación, escurrimiento superficial y subterráneo en diversas escalas temporales. De todas las componentes mencionadas, la más estudiada por este departamento en la actualidad es la precipitación. El DHSMN desarrolla diversas tareas de monitoreo diario, decádico (cada 10 días) y mensual de las precipitaciones en Argentina y Cuenca del Plata (www.smn.gov.ar/?mod=hidro&id=20). En particular, se efectúa un continuo seguimiento y caracterización de las tormentas y/o sistemas precipitantes que afectan nuestro país en forma diaria. Para realizar esta tarea

se utilizan datos de la red operativa pluviométrica y pluviográfica del SMN, datos de la red de estaciones sinópticas, estaciones automáticas, imágenes de satélite y radar.

Si bien se dispone de imágenes del satélite GOES-13 con una resolución horizontal de 4 Km, el Departamento Teledetección y Aplicaciones Ambientales (TAA) procesa especialmente para nuestros estudios imágenes del satélite NOAA, que tiene una mayor resolución espacial (1 Km). Dado que la red pluviométrica del SMN nos brinda datos puntuales de precipitación y los valores de la variable son discontinuos, es difícil representar adecuadamente la variabilidad espacio – temporal de los sistemas precipitantes. Por esta razón es necesario considerar otro tipo de información que complemente la ya existente para obtener una mayor cobertura espacial de la variable. De esta manera, los datos a partir de estimaciones satelitales permiten tener una estimación de la precipitación en lugares donde no se dispone del dato real medido. Sin embargo, hay que tener en cuenta que estas aproximaciones tienen un margen de error. Hobouchian y otros (2012) evalúan la calidad de cinco estimaciones de precipitación derivadas de observaciones provenientes de satélite: 3B42 versión 6 y RT, CPC, HYDRO y CoSch, sobre Sudamérica. Los resultados muestran en general una sobreestimación de los valores de precipitación en nuestra región.

Para el análisis y monitoreo de tormentas se emplean datos de reflectividad del radar del SMN y del INTA y productos derivados de los mismos. Estos últimos son elaborados por el Departamento de Investigación y Desarrollo del SMN. Estos productos se encuentran en continuo desarrollo y mejora. En tal sentido Vidal y otros (2012) llevan a cabo un análisis de calidad de los datos de reflectividad del radar meteorológico de Ezeiza mediante el uso de datos del radar que se encuentra a bordo del satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) y de un disdrómetro localizado en Castelar. El objetivo de ese trabajo es identificar errores sistemáticos presentes en los datos y posteriormente derivar un producto de precipitación a partir de encontrar una relación entre reflectividad y precipitación más adecuada para nuestra región.

El DHSMN también realiza estudios estadísticos a partir de los valores precipitación acumulada en 24 y 6 horas, y de intensidad de precipitación para distintas resoluciones temporales en distintas localidades según la disponibilidad de la información.

En este trabajo se muestran algunos ejemplos de monitoreo y caracterización de las precipitaciones más importantes ocurridas durante el verano 2012, empleando las herramientas mencionadas anteriormente. Se elige dicho período ya que posee características climáticas particulares como ser un entorno de condiciones hídricas del tipo La Niña y una significativa actividad intra-estacional.

Durante el mes de Diciembre del 2011 (no mostrado) las lluvias se registraron principalmente al noroeste y noreste del país, encontrándose un importante déficit de precipitación en toda la región central, gran parte de Cuyo y Patagonia. A lo largo del primer trimestre del año 2012 esta situación hídrica se revierte, registrándose importantes valores de precipitación acumulados en el centro del país (Figura 1), con un máximo que excede los 600 mm para todo el período, superando por más de 200 mm el valor normal para esos tres meses.

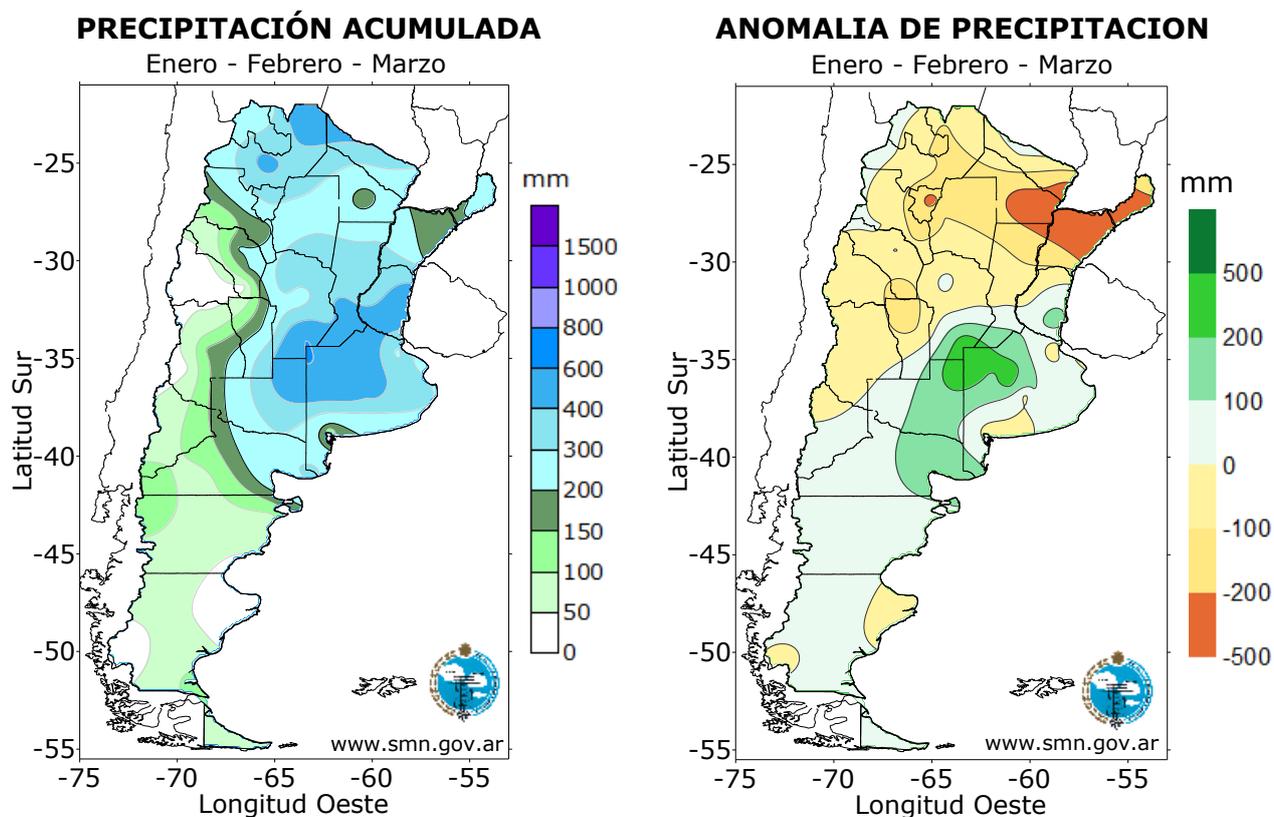


Figura 1. Precipitación acumulada durante enero, febrero y marzo de 2012, y su anomalía con respecto al valor normal considerando el período 1961-1990. Datos: red del SMN

BASE DE DATOS

El DHSMN utiliza toda la información disponible con el objetivo de llevar a cabo una completa caracterización de los eventos de precipitación y del entorno sinóptico en el que se desarrollan.

Para la caracterización de las tormentas se emplean datos de la red operativa pluviométrica del SMN, de donde se obtiene información en tiempo real a 6 y 24 horas, así como también datos de viento, ráfagas y fenómenos de tiempo significativo de la red de estaciones sinópticas del SMN. Además se analizan datos en alta resolución temporal de la red de pluviógrafos y de estaciones automáticas del SMN para el estudio de intensidad de las tormentas. Se utiliza la base de datos completa del SMN para realizar estudios estadísticos de la variable precipitación e intensidad para distintas resoluciones temporales.

Para obtener una mayor resolución espacial de la variable precipitación se utiliza la información proveniente de estimaciones satelitales (TRMM), imágenes de temperatura de brillo de satélite GOES y NOAA procesadas por el Departamento Teledetección y Aplicaciones Ambientales, y datos de reflectividad de radar. En este último caso, también se emplea la composición de los máximos de reflectividad en cada punto del dominio para una determinada secuencia temporal de imágenes de radar.

Se dispone de los productos elaborados del modelo ETA-SMN desarrollados por el Departamento de Procesamiento de Datos del SMN y de información de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), para complementar el marco sinóptico e intra-estacional en el que se desarrollan los sistemas de tormenta estudiados.

RESULTADOS

A partir del monitoreo diario de la precipitación acumulada para todas las estaciones sinópticas Argentinas de la red del SMN, el Departamento de Hidrometeorología realiza un seguimiento y caracterización de los eventos de precipitación más importantes ocurridos a lo largo de cada mes, junto a la elaboración de sus respectivos informes. En este trabajo se muestran algunos ejemplos de la información que contienen los informes especiales de tormentas que comenzaron a realizarse en enero del corriente año. Parte de esta información también se incluye en los boletines hidrometeorológicos mensuales.

Además el departamento realiza estudios estadísticos a partir de valores de precipitación acumulada en 24 y 6 hs, y de datos de pluviógrafo (con una mayor resolución temporal), con el objetivo de complementar los informes y tener un mayor conocimiento de los sistemas precipitantes y de su intensidad. Este trabajo está en una etapa inicial, y es el objetivo del Departamento de Hidrometeorología extender el análisis a todas las estaciones Argentinas de la red del SMN, ya que hasta la actualidad sólo se analizan algunas de ellas.

En la Tabla 1 se muestra a modo de resumen los principales eventos de precipitación ocurridos durante el primer trimestre del año 2012, y alguna de sus principales características.

Tabla 1. Listado de los eventos y algunas características meteorológicas de las tormentas más relevantes ocurridas durante el trimestre enero, febrero y marzo 2012. En algunas estaciones se incluye el puesto que ocupa el dato de lluvia dentro de la base de datos completa (ranking) y el período considerado.

Mes	Día	Área de cobertura	Máx pp (mm) en 24 hs/ Ciudad/ranking	Tiempo significativo/ Ciudad	Observaciones
ENERO	10	Centro – Este y Norte del país	87 Córdoba Obs 95 El Trébol (puesto n°11/1986-2012)		
	21	Centro de la provincia de Buenos Aires	69 Azul		49 mm en 6 hs
	23	Norte de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe y E. Ríos	66 Rosario	Ráfagas de 80 Km/h en Rosario y Venado Tuerto	60 mm en 6 hs
	24	Norte del país	78 Orán 69 Tartagal		
	30	Centro – norte de la provincia de Buenos Aires, La	117 Junín (puesto n°11/1958-2012) 68 Villa María del Río	Ráfagas de 97.2 Km/h en Junín	70 mm el 6 hs en Junín 62 mm en 6 hs en

		Pampa, norte de Córdoba	Seco	Granizo en Córdoba	Córdoba Obs
FEBRERO	7	Este de San Luis, sur de Córdoba y Santa Fé, Buenos Aires	86 Bolívar 68 Junín 64 Venado Tuerto		En Bolívar 85 mm en 6 hs
	8	Norte del país	91 Salta		57mm en 6 hs
	16	Centro del país	82 General Pico		
	17	Centro del país	83 General Pico 76 Tandil 58 Laboulaye		80mm en 6 hs en General Pico
	18	Centro del país	91 Nueve de Julio 69 Punta Indio		
	20	Centro, norte y noreste del país	94 Monte Caseros 69 La Rioja 66 Concordia		
	28	Centro y este del país	135 Concordia (puesto n°13/1962-2012) 64 Paraná	Ráfagas de 60 Km/h en Sauce Viejo y Paraná	70 mm en 6 hs en Concordia
MARZO	5	Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos	109 Laboulaye (puesto n°10/1939-2012) 76 Olavarría 73 Gualeguaychú	Granizo en Sunchales y San Fernando Ráfagas de 68.4 Km/h en Aeroparque y de 73.8 Km/h en Rosario	85 mm en 6 hs en Laboulaye, 71 mm en 6 hs en Olavarría
	9	Buenos Aires, La Pampa y noreste de Río Negro	75 Viedma 65 Trenque Lauquen	Granizo y ráfagas de 54 Km/h en Viedma Ráfagas de 70 Km/h en Aeroparque	60 mm en 6 hs en Viedma
	11	Buenos Aires, La Pampa y noreste de Río Negro	130 Pehuajó (puesto n°10/1945-2012) 108 Nueve de Julio (puesto n°14/1931-2012) 94 General Pico (puesto n°12/1956-2012) 94 Trenque Lauquen	Ráfagas entre 79.2 y 115.2 Km/h en General Pico, 75.6 Km/h en Aeroparque, 72 Km/h en El Palomar	
	12	Norte de Buenos Aires, sur de Córdoba, Santa Fé y Entre Ríos	63 Buenos Aires Observatorio	Granizo en El Palomar	35 mm en 6 hs
	19	Centro y este del país	63 El Trebol	Granizo en Laboulaye y Capital Federal Ráfagas de 81 Km/h en Aeroparque y de 77.4 Km/h en Laboulaye	
	20	Noreste del país	54 Reconquista		
	21	Norte del país	57 Las Lomitas		

Los primeros días del *mes de enero* del año 2012 fueron caracterizados por la ocurrencia aislada de tormentas de moderada intensidad. En particular podemos resaltar la tormenta del día 10 de enero (Figura 2a) que generó importantes cantidades de lluvia en algunas localidades del centro del país. La comparación entre la precipitación observada y la estimada por satélite (Figura 2 a y b) muestra una sobrestimación tanto de los máximos como del área de estos máximos de precipitación.

Si bien ocurrieron tormentas durante el mes de enero, el último período de dicho mes fue escenario de una mayor frecuencia de tormentas de gran intensidad que estuvieron asociadas con vientos fuertes y caída de granizo en varias localidades del país. El 29 de enero se desarrolló un conjunto de tormentas que afectó principalmente el noroeste de la provincia de Buenos Aires, con cantidades acumuladas de 40 y 60 mm en las localidades de 9 de Julio y Pehuajó respectivamente. El día 30 de enero los sistemas de tormentas alcanzaron una mayor intensidad generando importantes cantidades de precipitación, fuertes vientos y caída de granizo que produjeron numerosos daños e inundaciones. Las temperaturas de topes de nubes alcanzaron los -70°C indicando un importante desarrollo convectivo. En Junín se registraron 117 mm de precipitación, de los cuales 70 mm se acumularon en un lapso de 6 horas (Figura 2c).

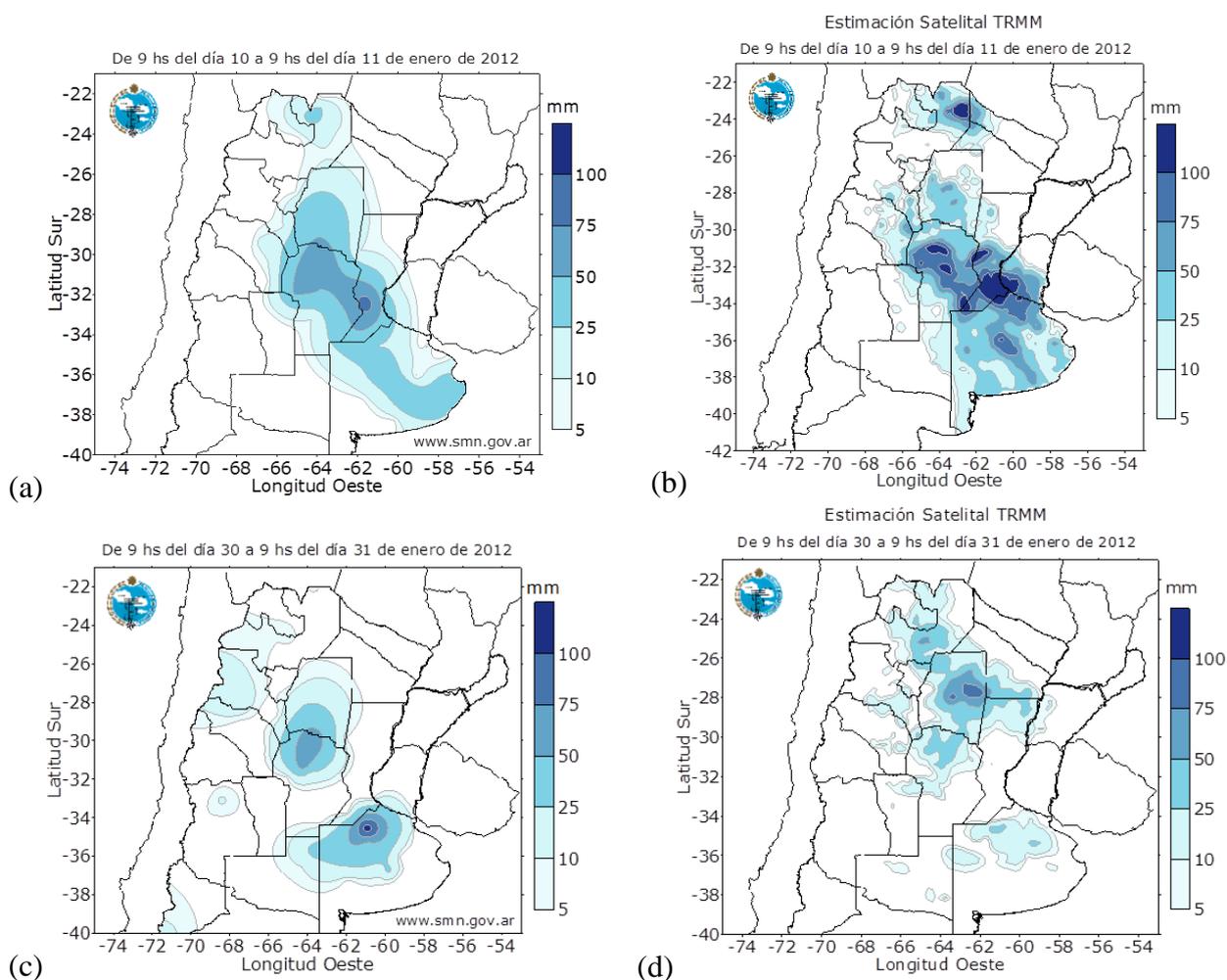


Figura 2. Precipitación acumulada en 24 horas observada (panel derecho) y estimada satelitalmente (panel izquierdo) para los días 10 (panel superior) y 30 de enero (panel inferior)

El mes de febrero de 2012 fue caracterizado por la ocurrencia de numerosos eventos de precipitación, todos con importantes valores de precipitación acumulada. Se mencionan a continuación algunas de ellos.

En el caso particular de la tormenta del día 7 de febrero, en la localidad de Bolívar se registraron 85 mm de precipitación en un período de 6 horas, entre las 15:00 y las 21:00 hora local. Asimismo, de los 55 mm registrados en 24 hs en Observatorio Central Buenos Aires, 49 mm ocurrieron en un período de 6 horas. Estas cantidades muestran la gran intensidad que tuvo la tormenta desde el punto de vista de la precipitación generada. Para evaluar con mayor detalle este último aspecto se muestra en la Figura 3 los máximos de precipitación calculados con los datos cada 10 minutos de la estación meteorológica automática (EMA) de Observatorio Central Buenos Aires. Como se puede ver esta tormenta se encuentra en el último cuartil (entre el 75 y 100% de la información) mostrando que la misma alcanzó una intensidad de precipitación importante cuando se la compara con todos los datos pluviográficos de los últimos 13 años (desde 1999 a 2011).

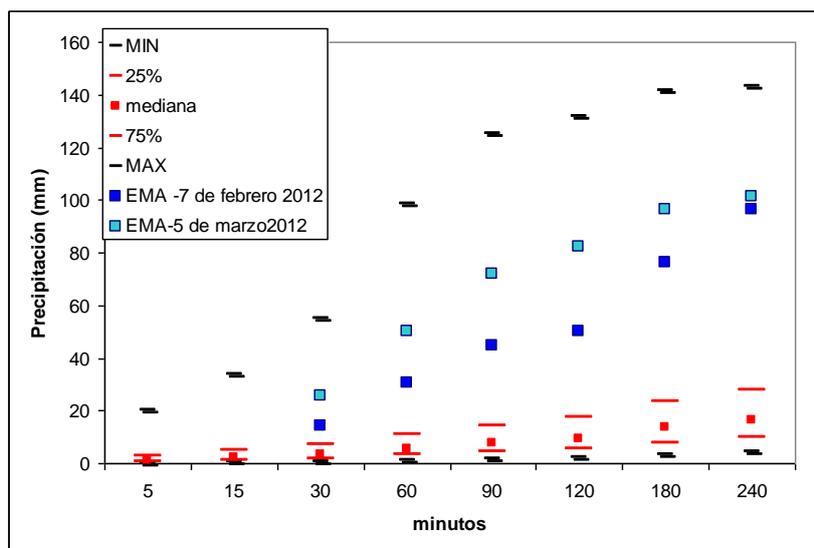


Figura 3. Valores máximos, mínimos y cuartiles (25%, 50% y 75%) de la Intensidad de Precipitación en diversos rangos temporales y empleando los datos pluviográficos de la estación OCBA durante el período 1999- 2011. Se incluye los valores de intensidad de la tormenta del 7 de febrero y 5 marzo de 2012 de la estación automática.

La Figura 4 muestra la precipitación registrada en 24 horas durante todo el mes de febrero para la localidad de General Pico donde vemos una secuencia de 5 días consecutivos de precipitación entre el 12 y el 18. En particular, se observa que los días 16 y 17 dicha estación registraron valores de 82 y 83 mm respectivamente. Este evento de precipitaciones intensas (ver secuencia de imágenes satelitales en la Figura 5) estaría relacionado con una importante variabilidad intra-estacional, como se puede observar en la Figura 6 a partir de los campos del índice de MJO (Madden-Julian Oscillation), promoviendo el desarrollo de actividad convectiva en la región central de Argentina (Figura 5).

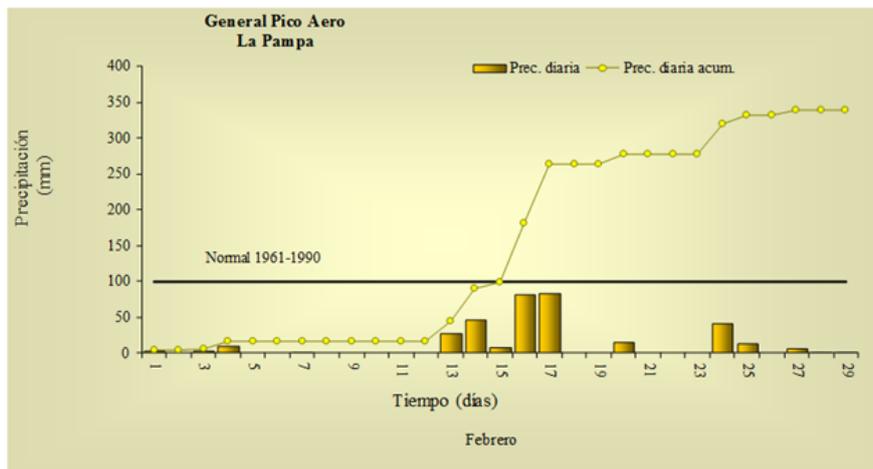


Figura 4. Evolución diaria de la precipitación acumulada en 24 horas durante el mes de febrero de 2012 en la localidad de General Pico (La Pampa)

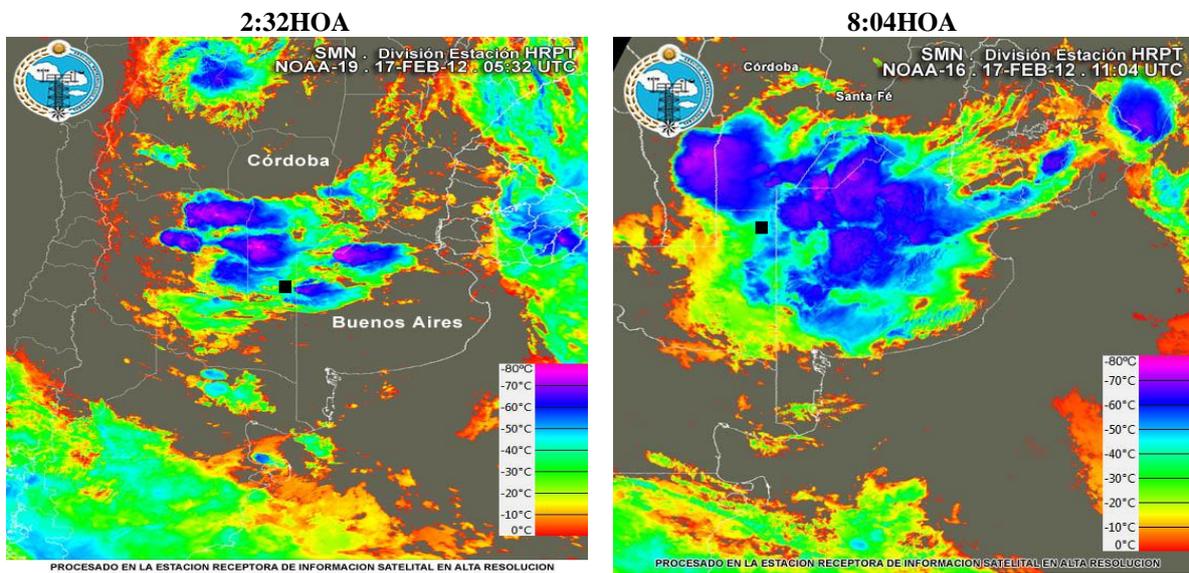


Figura 5. Imágenes de Temperatura de Brillo del canal infrarrojo de imágenes satelitales NOAA durante el 17 de Febrero. El cuadrado negro señala la ubicación aproximada de General Pico

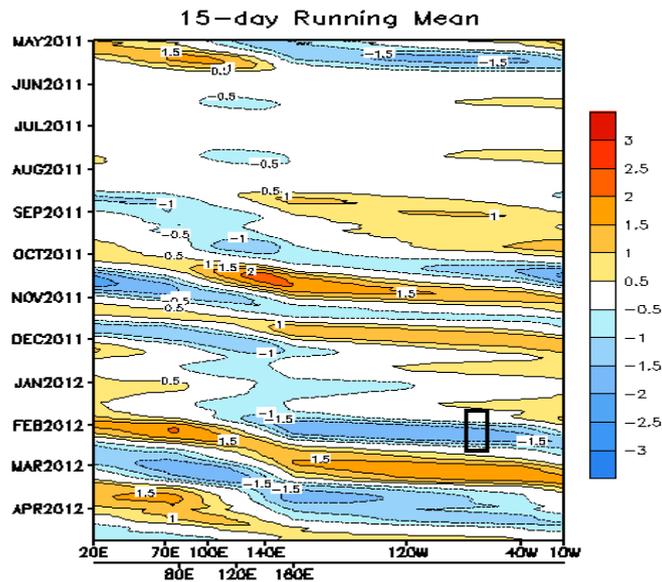
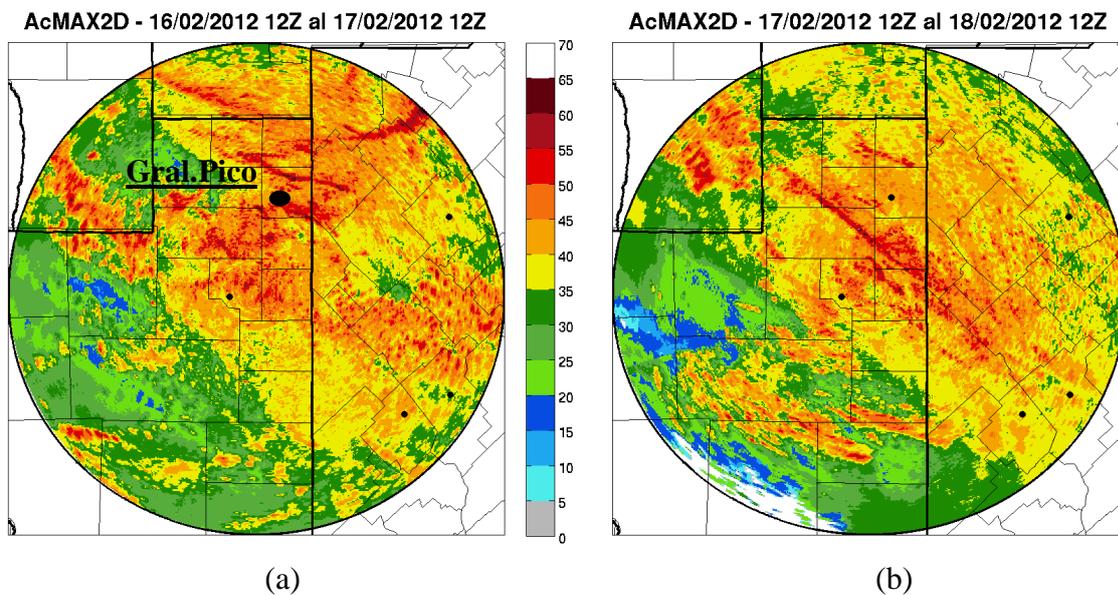


Figura 6. Índice de la oscilación Madden Julian (MJO). Los valores negativos y azules denotan convección intensificada y los colores anaranjados convección inhibida. El cuadrado negro indica el periodo y la región de Sudamérica analizados (http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_mjo_index/mjo_index.shtml).

A continuación se muestra en la Figura 7 a y b una composición de los máximos valores de reflectividad (en unidades de dBz) registrados por el radar de Anguil (INTA) para los días 16 y 17 de febrero. Se observa que los valores más grandes de reflectividad se encuentran al norte de La Pampa y Buenos Aires.

En las regiones lindantes a la localidad de General Pico los valores son superiores a los 55dBz lo que corresponde a tasas superiores a los 100 mm/hs y probable presencia de granizo.



(a)

(b)

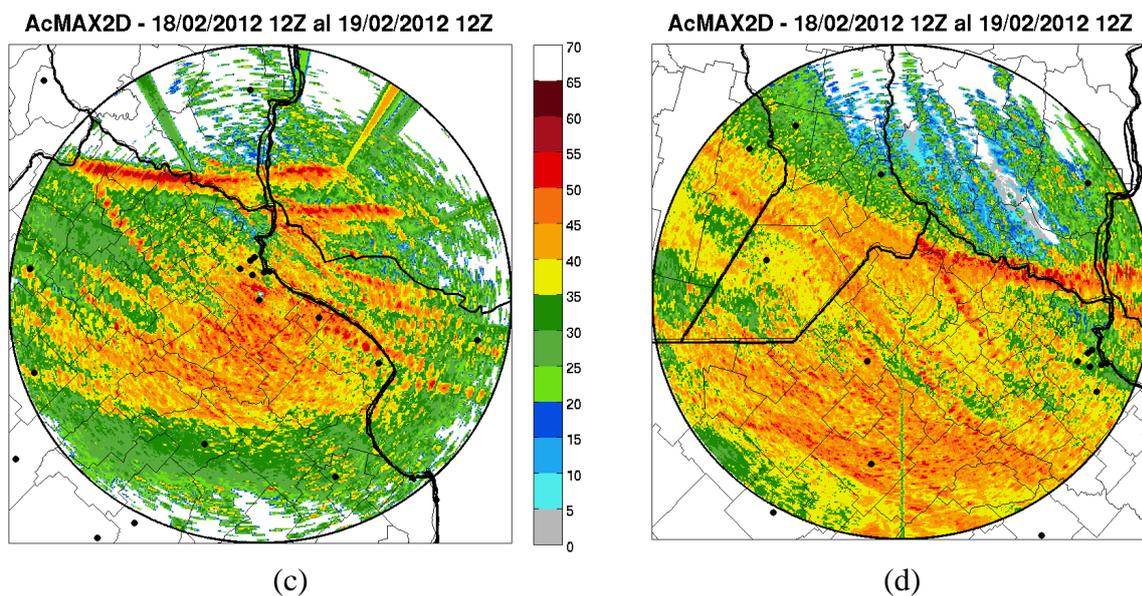


Figura 7. Composición de máximos de reflectividad (en dBZ) en el período: a) 16 febrero 12UTC - 17 febrero 12UTC (radar Anguil, INTA), b) 17 febrero 12UTC - 18 febrero 12 UTC (radar Anguil, INTA), c) 18 febrero 12UTC – 19 febrero 12UTC (radar Ezeiza), d) 18 febrero 12UTC – 19 febrero 12UTC (radar Pergamino; INTA).

Para la composición de máximos del radar de Ezeiza del SMN (Figura 7 c) se observan los mayores valores de reflectividad al norte de la provincia de Buenos Aires y en la costa este, afectando la zona de capital federal y del conurbano Bonaerense hasta Punta Indio. Asimismo, la composición del radar de Pergamino del INTA (Figura 7 d) muestra las mayores intensidades al norte de Buenos Aires, donde se registró la ocurrencia de granizo localizado, y otro conjunto de celdas intensas por la zona de Nueve de Julio.

Por último, durante el *mes de marzo* las lluvias acumuladas más importantes se localizaron principalmente hacia el este de la región central, noreste de la Patagonia y, en menor medida, en el extremo norte del país. Para destacar un evento importante ocurrido durante este mes, señalamos un conjunto de tormentas que afectó durante el transcurso del día 5 de marzo la provincia de Buenos Aires, sur de Córdoba y Santa Fé, para luego hacia la noche del día 5 y madrugada del 6 de marzo extenderse hacia el resto de la provincia de Santa Fe y Entre Ríos. La faja del pluviógrafo de la estación de Laboulaye registró entre las 9:30 y 10:45 hs valores de precipitación acumulada del orden de los 60 mm (no se muestra). Asimismo, los datos de la estación automática de Observatorio Central Buenos Aires de la Figura 8 registró un máximo de 14.6 mm entre las 16 y 16:10 hs del día 5 de marzo. En cuanto a la intensidad del viento, esta alcanzó en algunas localidades valores entre 52 y 54 Km/h, con ráfagas entre 60 y 74 Km/h (Tabla1). Estos registros dan una idea de la intensidad de la tormenta.

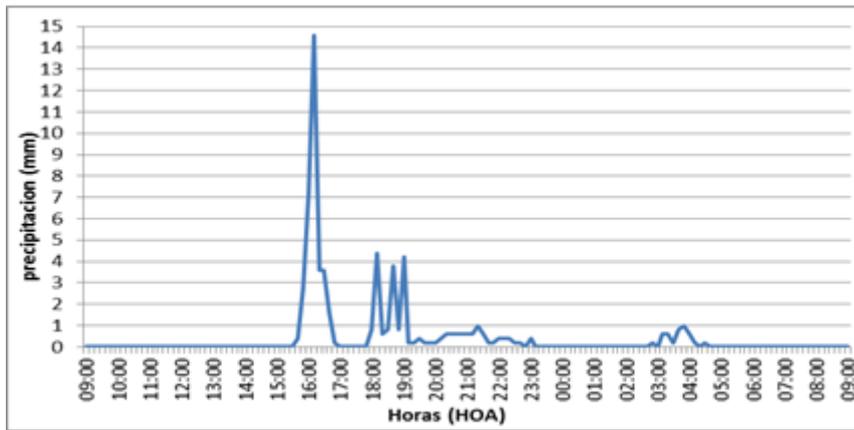


Figura 8. Precipitación acumulada cada 10 minutos (mm) registrada por la estación automática de Villa Ortúzar (Buenos Aires), entre las 9 hs del día 5 a 9 hs del 6 de marzo de 2012.

Hacia el 11 de marzo de 2012 la incursión de un sistema frontal (figura 9) generó importantes precipitaciones sobre el noroeste de la provincia de Buenos Aires (figura 10).

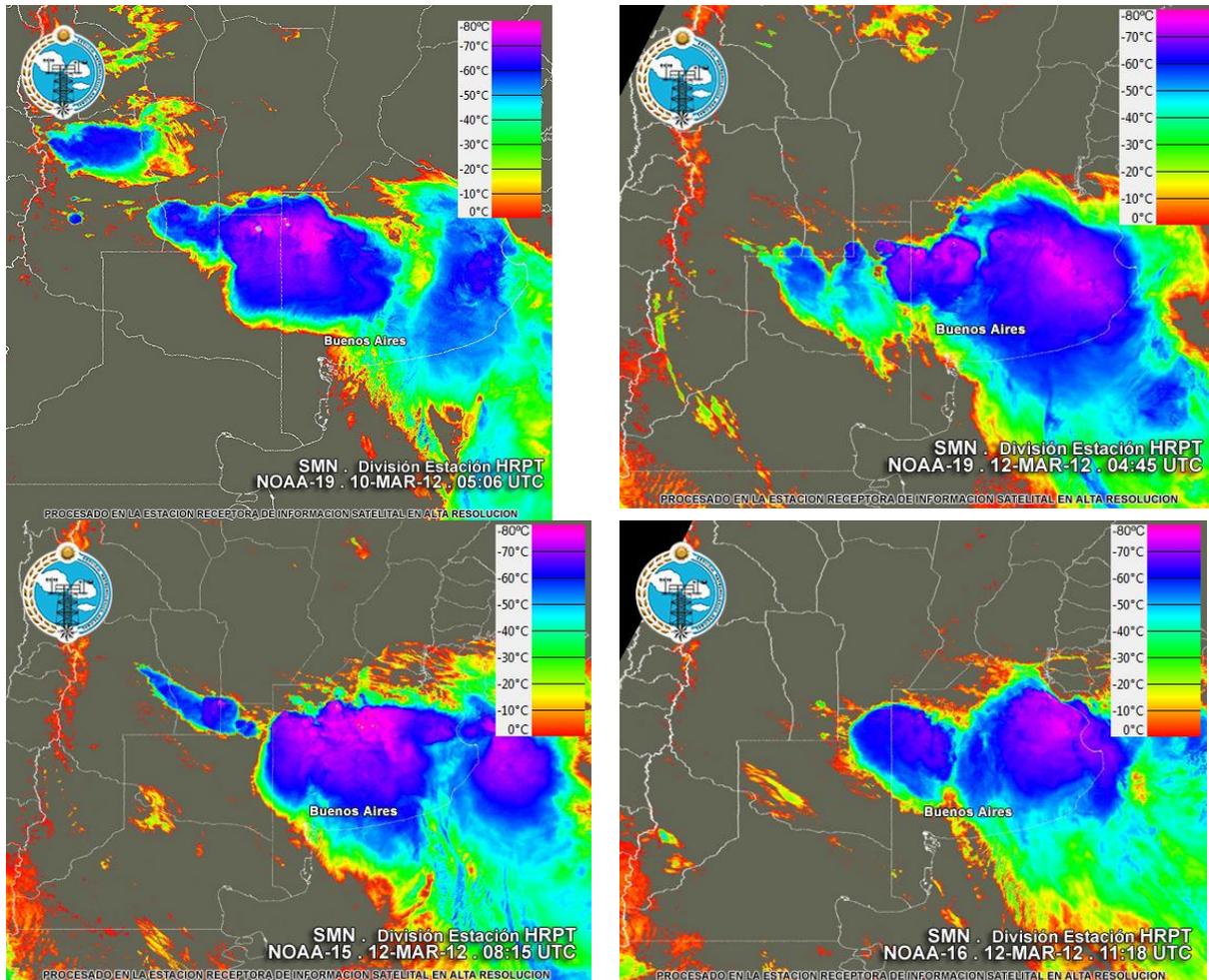
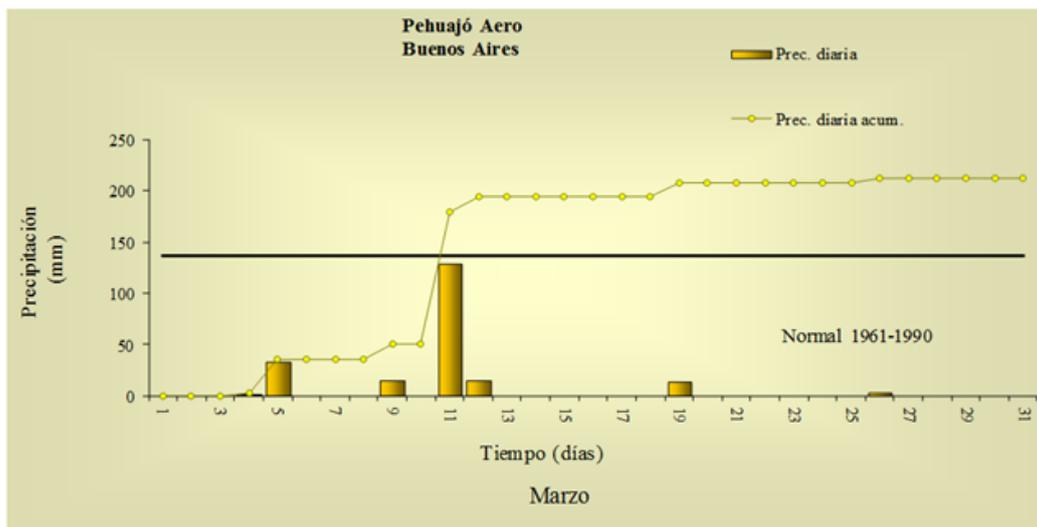
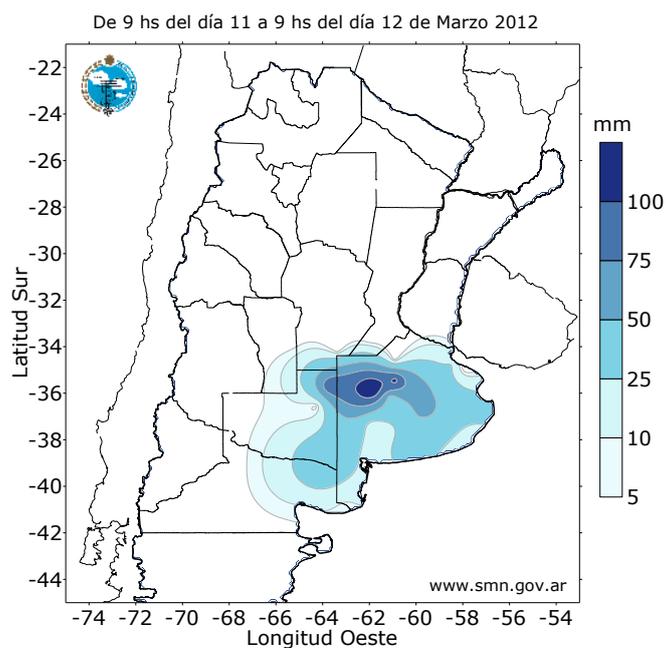


Figura 9. Imágenes de Temperatura de Brillo del canal infrarrojo de imágenes satelitales NOAA entre el 10 y 12 de marzo de 2012.



(a)



(b)

Figura 10. a) Evolución diaria de la precipitación acumulada en 24 horas durante el mes de marzo de 2012 en la localidad de Pehuajó (Buenos Aires), b) Precipitación acumulada en 24 horas observada para el 11 de marzo de 2012.

Los valores más importantes de precipitación acumulada en 24 hs se registraron en Pehuajó con 130 mm, Nueve de Julio con 108 mm, General Pico y Trenque Lauquen con 94 mm (Tabla 1). Se registró la ocurrencia de ráfagas de viento muy fuertes entre 72 y más de 100 Km/h en varias localidades durante la noche del día 11 y hasta la mañana del día 12. La Figura 11 muestra, según los datos de la estación automática situada en la localidad de Nueve de Julio, que la máxima intensidad en diez minutos se registró a las 01:50 hs del día 12 con 14.4 mm de precipitación acumulada en ese período de tiempo. Entre las 00:40 y la 01:50 del 12 se registraron 46 mm. Para la estación automática de Trenque Lauquen (Figura 11) la mayor intensidad en diez minutos se registró a las 20:30 hs del día 11 con 11.2 mm de precipitación acumulada en ese período de tiempo, contribuyendo a más de 25 mm de precipitación acumulada en sólo media hora.

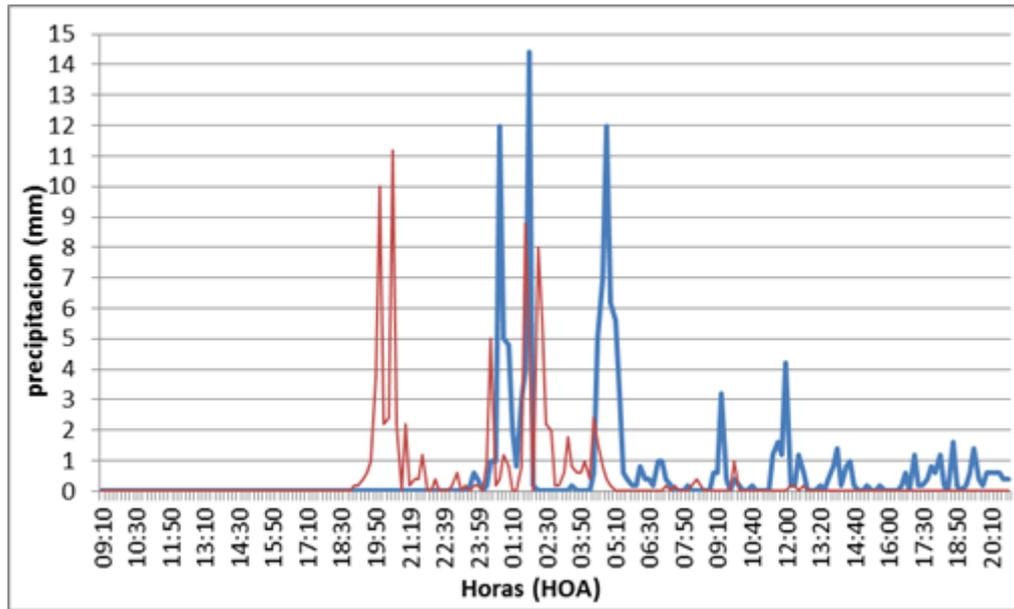


Figura 11. Precipitación registrada cada diez minutos desde las 09:10 del día 11 a 20:50 del día 12 (hora local) por la estación automática de Trenque Lauquen (rojo) y Nueve de Julio (azul).

CONCLUSIONES

Este trabajo muestra alguna de las actividades que efectúa el Departamento de Hidrometeorología del Servicio Meteorológico Nacional para caracterizar los eventos de precipitación en Argentina. En tal sentido se emplea toda la información disponible en el organismo con el objetivo de llevar a cabo una completa caracterización de los eventos de precipitación y del entorno sinóptico en el que se desarrollan.

En este trabajo se muestra la importancia de las observaciones en alta resolución al momento de efectuar una descripción detallada de la precipitación generada por las tormentas, como ser los datos de pluviógrafos, de estaciones meteorológicas automáticas y datos de radar. En cuanto a los dos primeros es necesario expandir la red de observación. En tal sentido el Servicio Meteorológico Nacional está trabajando en este aspecto. En cuanto a los datos del radar sería de gran importancia contar con mayor cantidad de radares y de productos calibrados no solo de precipitación sino también de otros como el granizo.

Por último, se destaca la necesidad e importancia de la interacción entre el DHSMN y los distintos departamentos del SMN afines a la temática de las tormentas.

Agradecimientos. Al Departamento Teledetección y Aplicaciones Ambientales y al Departamento de Investigación y Desarrollo del Servicio Meteorológico Nacional por el procesamiento de las imágenes satelitales del NOAA y los datos compuestos de radar. Proyecto PIDDEF 47 del Ministerio de Defensa.

REFERENCIAS

Hobouchian y otros, 2012. Validación de estimaciones de precipitación por satélite sobre Sudamérica utilizando una red de observaciones de alta resolución espacial. *Jornadas IFRH2012*. INA, Ezeiza.

Vidal y otros, 2012. Uso combinado de datos TRMM/PR y disdrómetro para corrección de reflectividad de radares meteorológicos en Argentina. *Jornadas IFRH2012*. INA, Ezeiza.