



Servicio
Meteorológico
Nacional

Verificaciones de pronósticos a muy corto plazo en el SMN

Nota Técnica SMN 2019-64

Facundo San Martino¹, Sebastián Pérez¹ y Germán Russián¹

¹ Coordinación de Pronósticos Inmediatos (CPI), Dirección de Pronóstico de Tiempo y Avisos, Dirección Nacional de Pronósticos y Servicios para la Sociedad

Diciembre 2019



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

El Servicio Meteorológico Nacional planea verificar de forma periódica los Avisos meteorológicos a muy Corto Plazo (ACP) emitidos por la División de Vigilancia Meteorológica por Sensores Remotos (DVMSR) con el objetivo de diagnosticar y mejorar la calidad de los mismos. Como un primer ensayo, en esta Nota Técnica se verifican los avisos emitidos durante los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre de 2017. Se describen las metodologías empleadas para llevar a cabo dicho proceso, la información disponible y las limitaciones de la misma.

Abstract

The weather office of Argentina (SMN) will begin to verify short-term forecasts issued by the Meteorological Surveillance by Remote Sensing Division (DVMSR in Spanish) with the objective of evaluating and improving their quality. In this Technical Note the short-term forecast issued during the months of September, October and November of 2017 are verified. The methodologies used to carry out the process, the available information and the limitations are described.

Palabras clave: ACP, verificación, pronósticos, radar, nowcasting

Citar como:

San Martino F., S. Pérez y G. Russián 2019: Verificaciones de pronósticos a muy corto plazo en el SMN. Nota Técnica SMN 2019-64

1. INTRODUCCION

Los Avisos meteorológicos a muy Corto Plazo (ACP) pronostican distintos fenómenos meteorológicos tales como granizo, ráfagas de viento y lluvias intensas, para un período de 3 horas desde la emisión del mismo sobre regiones de aproximadamente 30.000 km² (véase Lohigorry y otros 2018). Como indica el mencionado trabajo, los ACP cumplen un rol importante para alertar a la población de la proximidad de fenómenos que podrían afectar tanto sus actividades como su seguridad o la de sus bienes. Estos avisos también son utilizados por los organismos de protección civil para prepararse a intervenir cuando las condiciones lo requieran.

Dada la importancia de estas acciones, la credibilidad de los ACP es fundamental para estimular y justificar su utilización. Es por ello que la División de Vigilancia Meteorológica por Sensores Remotos (DVMSR) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) planea verificar, en la manera de lo posible, la calidad de los ACP emitidos.

A diferencia de otros tipos de pronósticos --como por ejemplo los de temperatura máxima en una ciudad determinada--, los ACP transmiten información sobre fenómenos complejos de baja predictibilidad y estructura espacial de pequeña escala a tener lugar en un cierto periodo de tiempo y en lugares no exactamente determinados. De la misma manera que la temperatura máxima en una ciudad puede verificarse con la lectura del termómetro de máximas y mínimas en una estación del SMN, la verificación de los fenómenos anunciados en un ACP requerirían de una vasta red de estaciones de medición distribuidas por el país y con instrumentos capaces de detectar caída de granizo o periodos intensos de lluvia. Estas capacidades están más allá de los recursos de incluso los más grandes servicios meteorológicos del mundo, y es por ello que la verificación de los ACP es una actividad que requiere una variedad de fuentes de información no tradicionales. Gracias al desarrollo de las nuevas tecnologías es posible tener acceso ahora a información que hace las veces de observaciones "in situ" a través de las redes sociales como Twitter, Facebook, publicaciones en internet de diarios locales, foros de aficionados a la meteorología, etc.

En diversos países del mundo existen productos similares a los ACP del SMN y estos también han encontrado de utilidad este tipo de información que, si bien imperfecta y lejos de ser estandarizada, contiene información muy valiosa (Hyvärinen y Saltikoff 2010).

Para que los ACPs cumplan con su objetivo de forma efectiva es necesario reducir al mínimo la probabilidad de falsa alarma dado que de lo contrario el producto pierde credibilidad (ver Simmons y Sutter 2009). Mediante el proceso de verificación se tendrá un primer diagnóstico sobre la calidad de los avisos emitidos por nuestro Servicio Meteorológico Nacional.

2. INFORMACIÓN DISPONIBLE PARA LA VERIFICACIÓN DE ACP

Si bien los ACPs pronostican granizo, ráfagas de viento y lluvias intensas, en la presente nota se verifica únicamente granizo y ráfagas. Estos son datos cualitativos que se adaptan bien al tipo de información circulante en las redes sociales y medios informativos mientras que las lluvias intensas requieren cierta cuantificación que no es posible obtener de esta manera. Por ejemplo, los reportes de la caída de ramas, arboles, carteles u objetos contundentes dan una idea de la intensidad de las ráfagas en el momento de la tormenta. Además, mediante este tipo de reportes es difícil cuantificar el tamaño del granizo aun cuando se

incluya una foto ya que, por lo general, no se incluye una regla u otro objeto estándar que permita estimar el tamaño del granizo.

En las estaciones meteorológicas del SMN los datos de lluvia se miden cada 12 horas y en el mejor de los casos cada 6 horas, impidiendo saber con exactitud la franja horaria en la que se acumuló la cantidad de precipitación, por lo cual no es posible generar una verificación confiable del pronóstico de “lluvias intensas”.

Para realizar la verificación se utilizaron dos fuentes de información principales:

1. noticias publicadas en diarios locales, provinciales y nacionales. Esta fuente de información es muy importante dado que la búsqueda avanzada de Google permite encontrar rápidamente noticias relacionadas con eventos de tiempo severo en cualquier parte del país y en el intervalo de tiempo que se desee. Si ocurrió un evento de tiempo severo, ya sea durante el día o en horas de la madrugada, muy probablemente habrá una noticia al respecto, incluso en pueblos pequeños o zonas no tan densamente pobladas como las grandes ciudades (ver Dobur 2005). Cabe destacar que al no ser absolutamente segura la existencia de noticias relacionadas a eventos meteorológicos, esto induce un elemento de subestimación de los eventos registrados. Es por eso que se necesitan otras fuentes de información.
2. reportes de usuarios de redes sociales, principalmente Twitter. La herramienta TweetDeck permite buscar tweets dentro de un radio máximo de 200 km desde cualquier punto y en un período temporal determinado. Si bien es una fuente muy valiosa y muy útil, en ocasiones los reportes son escasos y se ven sesgados por factores como la densidad de población o la hora en la que ocurrió el evento. Si una tormenta severa azota a una ciudad durante la madrugada y en zonas con bajo índice poblacional, la probabilidad de encontrar un reporte se reduce mucho.

El trabajo de verificación de la presente nota fue realizado a posteriori, es decir varios meses después de que se registraran fenómenos meteorológicos severos en el país, pero también es posible verificar los ACP en el momento en el cual fueron emitidos. Para esto las redes sociales como Twitter o Instagram resultan mucho más útiles que las publicaciones de los medios masivos de información dado que por lo general los usuarios reportan el fenómeno en el momento en el que está ocurriendo mientras que los noticieros y diarios publican sus noticias al día siguiente, o incluso hasta dos o tres días después de que se registraron las tormentas. La verificación cuasi-instantánea de los fenómenos tiene la ventaja adicional de influir positivamente en el pronóstico mientras este se está llevando a cabo.

3. METODOLOGÍA

Cuando el Servicio Meteorológico Nacional emite un ACP, éste se guarda automáticamente en una base de datos que lo ordena según el año, el mes y la fecha. Dicha base contiene las características principales del aviso: 1. el número de aviso, que es la cantidad de avisos emitidos en el año corriente; 2. la hora de emisión utilizando la Hora Oficial Argentina (HOA); 3. los partidos o departamentos de cada provincia que se encuentran afectados (se listan además las provincias y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires en este campo); 4. los puntos de latitud y longitud que componen el polígono; 5. los fenómenos pronosticados y; 6. el área en kilómetros cuadrados de cada ACP.

Para este estudio, como se indicó anteriormente, se analizaron los avisos emitidos en los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre de 2017 (correspondientes a la primavera meteorológica) mediante el empleo de dos metodologías diferentes.

Verificación areal: Esta metodología consiste en verificar todos los ACP emitidos durante los tres meses considerados, independientemente de si los mismos incluían alguna ciudad con alto índice poblacional o no. Con esta metodología se obtiene el porcentaje de aciertos y de falsas alarmas sobre el total de avisos emitidos.

En este caso un ACP se considera como verificado si hay al menos un reporte dentro del área del mismo y dentro de las tres horas posteriores a su emisión.

Verificación en grandes centros urbanos: Esta metodología consiste en verificar los avisos que incluyen alguna (al menos una) de las siguientes ciudades: Capital Federal y alrededores, Santa Rosa, Santa Fé Capital, Paraná, Rosario y Córdoba Capital, y determinar si se registraron o no fenómenos severos sobre dichas ciudades o en un radio no mayor a 50 Km de las mismas. A su vez, también se analiza el caso contrario, es decir si se registraron fenómenos severos en alguna de las ciudades mencionadas y no hubo emisión de ACP. Esta metodología es útil dado que permite calcular distintos parámetros para cada ciudad en particular y obtener una verificación más completa. Los parámetros a calcular en este caso son el porcentaje de aciertos, el porcentaje de falsas alarmas y la tasa de sorpresas.

Para este análisis se consideró el aviso como verificado si hubo reportes de fenómenos significativos en la ciudad de interés o a una distancia menor o igual a 50 km de la misma y dentro de las tres horas posteriores a su emisión.

3.1 Búsqueda de reportes de eventos meteorológicos

En ambas metodologías el proceso de verificación consistió en buscar reportes de fenómenos meteorológicos significativos principalmente en diarios locales y redes sociales (ver Apéndice A). Cabe destacar que resulta mucho más ágil buscar primero los reportes y luego ver si se emitió un ACP para cada reporte encontrado, por lo que el procedimiento se realizó en ese orden.

3.1.1 Búsqueda en Google

Para buscar noticias de diarios locales se utilizó la búsqueda avanzada de Google, la cual permite buscar publicaciones que contengan palabras específicas como “temporal”, “granizo”, “granizando”, “graniza”, “lluvia”, “viento”, “ráfagas”, “tormenta”, “diluvia” y “diluvio” en un período de tiempo determinado.

La forma de utilizar la búsqueda avanzada es la siguiente:

1. En el menú de la página principal de Google hacer click en “Preferencias” y luego seleccionar “Búsqueda avanzada” (ver Figura 1).

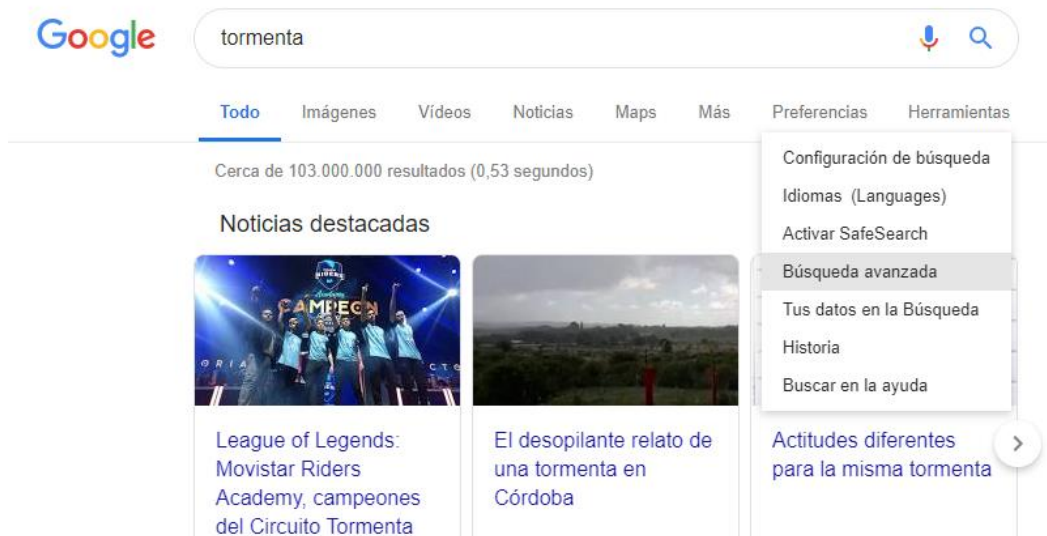


Figura 1. Se muestra como acceder a la búsqueda avanzada de Google.

- Una vez dentro del menú de la búsqueda avanzada, utilizar la opción que permite buscar publicaciones que contengan al menos una de una serie de palabras seleccionadas por el usuario (ver Figura 2), por ejemplo noticias que hablen de tormentas, granizo, diluvio, temporal, etc.

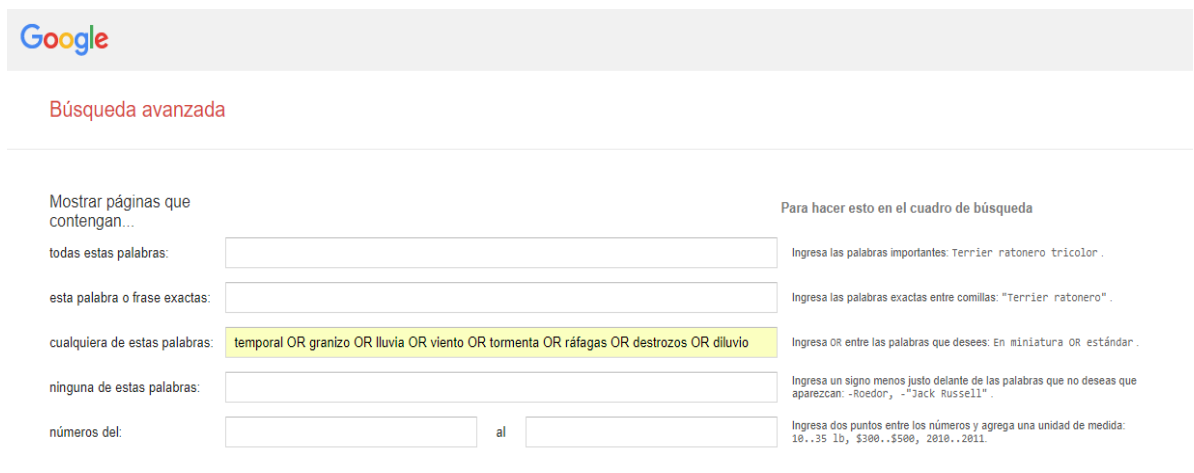


Figura 2. Se utiliza la opción "cualquiera de estas palabras" para que Google encuentre las publicaciones que contienen al menos una de las palabras seleccionadas por el usuario.

Cabe destacar que no es necesario escribir "OR" entre palabra y palabra, sino que basta con separarlas por medio de una coma.

3. Configurar el idioma en “Español”, y como región de interés seleccionar “Argentina” (ver Figura 3).

Luego restringe tus resultados por...

idioma:	<input type="text" value="Español"/>	Busca páginas en el idioma que seleccionas.
región:	<input type="text" value="Argentina"/>	Busca páginas publicadas en una región determinada.
última actualización:	<input type="text" value="en cualquier momento"/>	Busca páginas actualizadas en el transcurso del período que especificas.
sitio o dominio:	<input type="text"/>	Realiza búsquedas en un sitio (como wikipedia.org) o restringe los resultados a un dominio como .edu, .org o .gov.
términos que aparecen:	<input type="text" value="En cualquier parte de la página"/>	Busca términos en toda la página, en su título o en su dirección web, o vínculos que te dirijan a la página que estás buscando.
SafeSearch	<input type="text" value="Mostrar los resultados más relevantes"/>	Indica a SafeSearch si quieres que filtre contenido sexualmente explícito.
tipo de archivo:	<input type="text" value="Cualquier formato"/>	Busca páginas del formato que prefieras.
derechos de uso:	<input type="text" value="Páginas cuyo uso no requiera de licencias"/>	Busca páginas que puedas usar libremente.

Figura 3. Se muestra como configurar el idioma y la región de búsqueda dentro del menú de búsqueda avanzada.

Una vez realizados todos estos pasos, hacer click en el botón azul de “Búsqueda avanzada” que se encuentra al final de la página. Esto nos mostrará todas las publicaciones que se hayan realizado dentro del territorio del país que contengan al menos una de las palabras utilizadas como criterio de búsqueda (Figura 2), pero como sólo nos interesan publicaciones realizadas durante el mes, la semana o el día en los que estemos realizando la verificación debemos restringir el intervalo temporal.

Para esto, nuevamente en el menú de la página principal de google hacer click en “Herramientas” y luego en “Cualquier fecha”. Seleccionar la opción “Intervalo personalizado” del menú desplegable para definir el intervalo de interés (ver Figura 4). Cabe aclarar que las noticias pueden tardar en ser publicadas en los medios hasta 24 horas luego de que ocurrió la tormenta (más aún en medios locales que son mantenidos por un solo periodista).

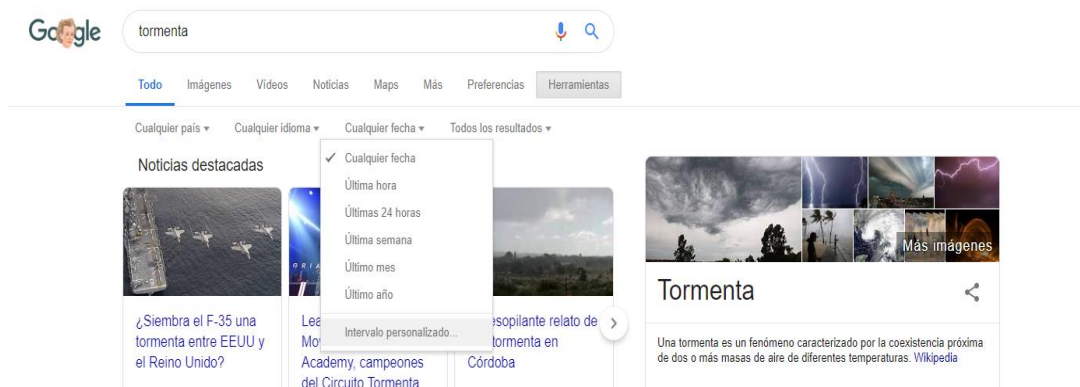


Figura 4. Se muestra como seleccionar el intervalo temporal de búsqueda dentro del menú principal de google. Se debe seleccionar la opción “intervalo personalizado”.

Una vez hecho esto, seleccionar la opción “ordenar por fecha” para que las publicaciones sigan un orden cronológico y sea mucho más sencillo relacionar una noticia con los avisos que estamos verificando (ver Figura 5).

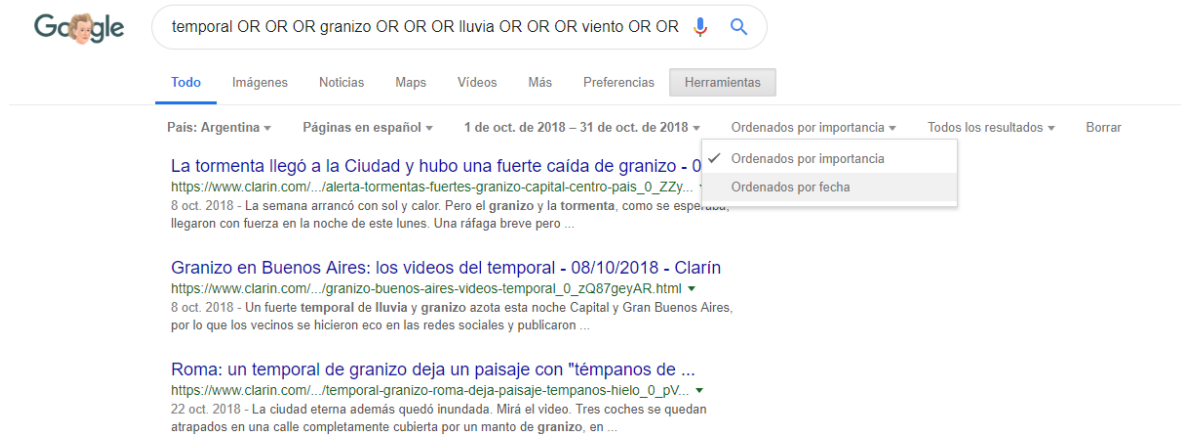


Figura 5. Seleccionar la opción “ordenar por fecha” para que las publicaciones encontradas sigan un orden cronológico.

3.1.2 Búsqueda en Twitter

Twitter, a través de la herramienta TweetDeck, también permite rastrear posteos que incluyan alguna palabra clave y en una fecha o intervalo de tiempo determinado, con la diferencia de que los reportes son publicados en su mayoría por usuarios particulares y no por medios de comunicación. En general el perfil de los usuarios indica la zona de residencia de los mismos, y en el posteo queda registrada la hora en la que se realizó. De esa forma es posible asociar los reportes con un determinado ACP.

Para poder utilizar esta herramienta se debe contar con una cuenta de Twitter, ya sea personal o nombre de una empresa o institución. La forma de utilizarla es la siguiente:

1. Una vez registrado en TweetDeck con la cuenta que se haya destinado para dicho fin, definir cuáles serán las palabras claves a rastrear. En este trabajo se utilizaron las palabras: “temporal”, “granizo”, “granizando”, “graniza”, “lluvia”, “viento”, “ráfagas”, “tormenta”, “diluvia” y “diluvio”. Para eso, clicar la “lupa azul” que se encuentra arriba a la izquierda y escribir la o las palabras que deben incluir los tweets. Una vez completada la acción, automáticamente se agrega una columna como la que se muestra en la imagen (ver Figura 6).



Figura 6. Columnas que contienen los tweets que incluyen alguna de las palabras definidas por el usuario (el pronosticador a cargo de la verificación).

- Definir la zona y el rango temporal en el que deben estar comprendidos los reportes. Para eso, hacer click en las dos barras de color azul que se encuentran a la derecha de la parte superior de la columna donde se muestran los resultados de la búsqueda, y se desplegará un menú como el que se observa en la columna de la derecha (Figura 6), debajo del criterio de búsqueda para “granizo”. Haciendo click en “Tweet content” se despliega un menú como el que se muestra a continuación en la Figura 7, el cual permite determinar el rango temporal de búsqueda definiendo los campos “From” y “To” (“Desde” y “Hasta”):



Figura 7. Hacer click en “Tweet Content” y completar los campos From y To para definir el rango temporal de búsqueda.

3. Una vez establecido el intervalo temporal, clickear en “Location” (“Ubicación”: ver Figura 7) para georreferenciar la búsqueda. Esto nos permite posicionarnos en un punto de interés haciendo click sobre el mapa y determinar un radio de búsqueda desde dicho punto. El menú desplegable permite seleccionar radios que varían entre 100 metros y 200 Km (ver Figura 8).

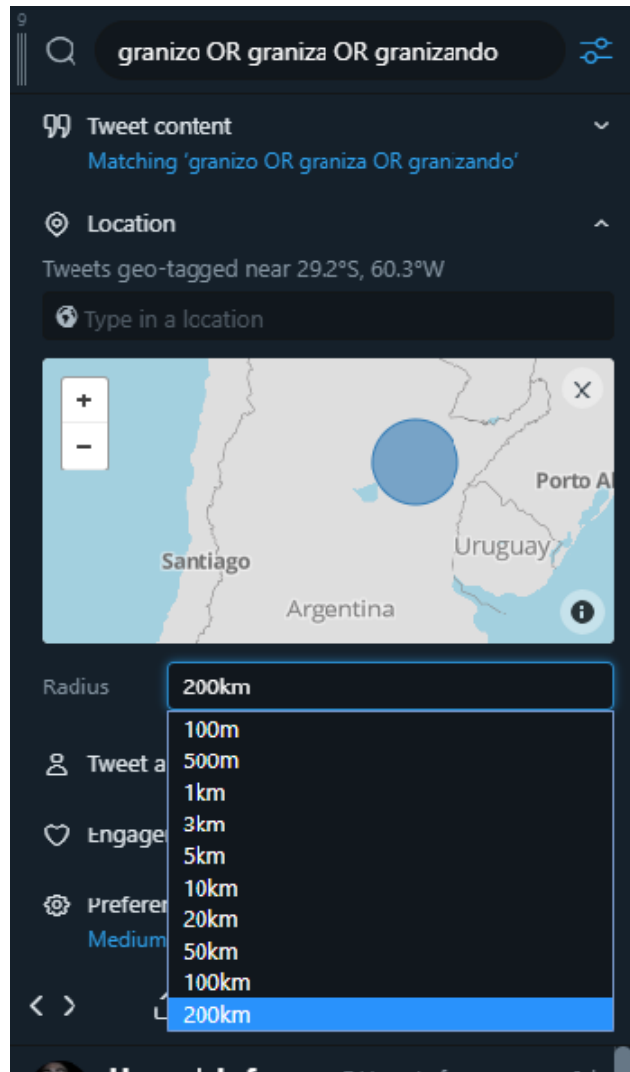


Figura 8. Definir el radio de búsqueda desde un punto de interés para georreferenciar los tweets.

Cabe destacar que ambas fuentes de información, tanto las noticias publicadas por diarios locales o nacionales como las publicaciones realizadas por usuarios de Twitter deben ser utilizadas de forma complementaria para asegurarnos de no estar perdiendo información.

Además, si para un determinado ACP no se encuentran reportes que lo verifiquen lo más probable es que se trate de una falsa alarma. Esta última hipótesis se adoptó para la metodología de verificación utilizada en los “grandes centros urbanos” (ver más arriba). Creemos que esta hipótesis es razonable en estos centros urbanos dado su alta densidad poblacional, lo que a su vez implica que si la caída de granizo ocurre, algún usuario de Twitter o algún medio local reportará el fenómeno.

4. RESULTADOS

A partir de las metodologías de análisis propuestas y considerando para el análisis los ACP que alertaban principalmente por la ocurrencia de ráfagas y caída de granizo se obtuvieron los resultados que se presentan a continuación.

4.1 Resultados del análisis areal, sin centrarse en un punto específico

Tabla I: Porcentaje de aciertos y falsas alarmas, sin discriminar por grandes centros urbanos, para los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre. Entre paréntesis se muestran la cantidad de aciertos y falsas alarmas que hubo en los tres meses.

Porcentaje (%) sin discriminar por población	sep	oct	nov
aciertos	51 (24)	57 (45)	45 (20)
falsas alarmas	49 (23)	43 (34)	55 (24)

Como se puede ver en la tabla I, para los meses de Septiembre y Octubre se obtuvieron tasas de acierto superiores al 50 por ciento, mientras que para el mes de Noviembre la tasa de acierto fue del 45 por ciento. Para analizar de forma correcta el porcentaje de aciertos para cada mes y en todo el trimestre, se debe generar un intervalo en donde el resultado sea confiable. Para esto se recurrió al cálculo del intervalo de confianza, el cual muestra el rango de valores entre los que es posible encontrar el porcentaje de aciertos. La fórmula del intervalo de confianza utilizado es:

$$\pm Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Donde $Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1.96$ y n el número de datos de la muestra (ver por ejemplo Scheaffer y McClave 1990).

Por ejemplo, para el mes de septiembre se toman los siguientes valores, $p=0.51$ y $n=47$. De aquí se obtiene que el intervalo de confianza para el mes de Septiembre es del 14%, para el mes de Octubre es del 10% y para el mes de Noviembre es del 14%. Por lo tanto la probabilidad de aciertos para los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre es de 51%14%, 57%10% y 45%14%, respectivamente. Considerando el trimestre entero, la tasa de aciertos fue del 52% ($p=0.52$) sobre un total de 170 avisos emitidos ($n=170$) resultando en un intervalo de confianza de 7%. Es decir que la probabilidad de aciertos en el trimestre es de 52%7%. Por lo tanto, es posible encontrar valores de tasa de acierto de entre el 59% y el 45%.

Es evidente que cuando se trata de un análisis con una cantidad de casos mayores, como en el caso del trimestre (170 muestras), el intervalo de confianza se reduce significativamente. Calculando los intervalos de

confianza mes a mes, pierde peso estadístico debido a que n (cantidad de muestras) se hace muy chico y como consecuencia el intervalo es muy grande.

4.2 Resultados del análisis centrado en grandes centros urbanos

La tasa de aciertos fue calculada considerando como acierto los casos en los que se registraron fenómenos significativos en un radio de 50 km alrededor de la ciudad en cuestión.

Tabla II: Porcentaje de aciertos y falsas alarmas de ACPs que incluyen grandes centros urbanos de los meses Septiembre, Octubre y Noviembre. Entre paréntesis se muestran la cantidad de aciertos y falsas alarmas que hubo en los tres meses.

Porcentaje (%) grandes centros urbanos	sep	oct	nov
aciertos	38 (8)	45 (13)	33 (7)
falsas alarmas	62 (13)	55 (16)	67 (14)

Para realizar este análisis se consideraron únicamente los ACP que incluían alguno de los grandes centros urbanos del país. Estos son: Capital federal y alrededores, Santa Rosa, Santa Fe Capital, Paraná, Rosario y Córdoba Capital. Como es de esperar, con esta metodología de análisis el porcentaje de acierto baja dado que se está analizando un número mucho menor de ACP y el criterio utilizado es mucho más riguroso.

Nuevamente, se calculó el intervalo de confianza para esta metodología, los cuales resultaron de la siguiente manera: Para el mes de Septiembre el intervalo de confianza fue del 20%, para el mes de Octubre fue del 18% y para el mes de Noviembre fue del 20%

Por lo tanto la probabilidad de aciertos para los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre es de 38%20%, 45%18% y 33%20%, respectivamente. Como se describió anteriormente, a medida que la cantidad de muestras disminuyen, el intervalo de confianza aumenta ampliamente. Por lo tanto no tiene peso estadístico analizar los casos por mes, si lo tiene el análisis por trimestre.

Considerando el trimestre entero, la tasa de aciertos fue del 39% ($p=0.39$) sobre un total de 71 avisos emitidos ($n=71$) resultando en un intervalo de confianza de 6%. Es decir que la probabilidad de aciertos en el trimestre es de 39%6%. Por lo tanto, es posible encontrar valores de tasa de acierto de entre el 45% y el 33%.

Cabe destacar que el hecho de que un aviso no se verifique siguiendo esta metodología no implica que no se pueda verificar o que no se haya verificado según la metodología areal, es decir que se hayan registrado fenómenos en algún punto incluido dentro del área del ACP pero ubicado a más de 50 km de algún centro urbano. Si bien se publicaron los porcentajes mensuales de acierto para ambas metodologías, el análisis carece de validez estadística por la escasa cantidad de muestras.

Tabla III. Tabla de contingencia en la cual se muestra la cantidad de ACPs emitidos con fenómenos observados (aciertos), cantidad de observaciones sin emisión de ACP (sorpresas), cantidad de ACPs emitidos sin fenómenos observados (falsas alarmas) y cantidad de aciertos en no emisión durante todo el trimestre analizado, sin discriminar por grandes centros urbanos.

ACPs emitidos	Fenómenos Observados		
	si	no	Total
si	89 (aciertos)	81 (falsas alarmas)	170
no	1 (sorpresas)	2741 (aciertos negativos)	2742
Observaciones totales	90	2822	2912

El total de casos observados durante el trimestre es de 2912. Este número engloba el total de observaciones posibles en el trimestre analizado y se calculó de la siguiente manera: el tiempo de validez de cada ACP es de 3 horas, por lo que en un día (24 hs) se podrían emitir un total de 8 ACPs por radar. Durante los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre de 2017 (los cuales suman un total de 91 días), el SMN contaba con 4 radares operativos: Ezeiza, Pergamino, Paraná y Anguil (el radar de Córdoba entró en operaciones durante la segunda mitad del mes de Noviembre, por lo que no se toma en cuenta para realizar este cálculo; en este contexto, se entiende por radar operativo al radar utilizado para la emisión obligatoria de ACP ante la detección de tormentas fuertes y/o severas). El total de casos observados surge de hacer la multiplicación entre estas tres variables. Es importante notar que este número es sensible a la definición que se tome.

En total, durante los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre de 2017 se emitieron 170 ACPs de los cuales en 89 casos se observaron fenómenos significativos.

El número de sorpresas es de solamente 1 evento y está asociado a una granizada ocurrida en el mes de octubre en Córdoba para la cual no hubo emisión de ACP (ver Apéndice A). Si bien el radar de Córdoba se comenzó a utilizar para emitir ACP a partir del 13/11/2017, se podría haber utilizado el PPI de 480 km de rango del radar de Paraná para realizar la vigilancia en la zona, como se solía hacer antes de contar con el radar de Córdoba.

Los ACP emitidos para los que no se encontraron reportes de fenómenos meteorológicos severos como granizo y ráfagas de viento constituyen el índice de falsas alarmas (81). Además, tomando en cuenta el criterio definido anteriormente a lo largo del trimestre hubo 2741 casos de acierto en no emisión de ACP, es decir, 2741 posibles emisiones de ACP que acertadamente no se efectuaron por no observar fenómenos.

Tabla IV. Índices de verificación obtenidos a partir de la tabla III. Una discusión sobre estos índices y bibliografía asociada puede encontrarse en el sitio web del WWRP/WGNE Joint Working Group on Forecast Verification Research (<https://www.cawcr.gov.au/projects/verification/>).

	Valor de puntuación perfecta	Total
Percent correct (PC)	1	0,97
Probability of detection (POD) aciertos/(aciertos+sorpresas)	1	0.99
False alarm ratio (FAR)	0	0.47
Bias score (BS)	1	1,89
Threat score (TS)	1	0,52
Success ratio (SR)	1	0,52

De la tabla III se puede observar que el 97% (índice PC) de los ACPs fueron correctamente pronosticados, debido a que cuando se emitieron ACPs se registraron reportes y cuando no se emitieron ACPs solo se registró una sorpresa. Esto indica que el 3% de los ACPs emitidos no fueron acertados, pero es importante notar que este índice tiende a ser alto cuanto más inhabitual es el fenómeno y que además depende de la cantidad de “aciertos negativos” cuya naturaleza es bastante arbitraria. El 99% del total de fenómenos observados fueron pronosticados correctamente (índice POD), siendo este otro índice que tiende a ser alto con fenómenos infrecuentes. Por otro lado la tasa de falsas alarmas fue de un 47% y el Bias score indica que se tiende a sobre pronosticar los eventos severos durante el trimestre. El 52% (SR) de los ACPs emitidos fueron observados. Por último se obtuvo el 52% para el índice Threat Score, el cual indica correspondencia entre los ACPs emitidos y su efectiva observación.

5. CONCLUSIONES

Se puede observar a través de los resultados expuestos previamente que al discriminar por grandes centros urbanos se obtuvo un menor porcentaje de aciertos en las verificaciones comparándolo al caso en el cual no se discriminó por grandes centros urbanos. Esto se debe a que, si bien la metodología de discriminar por grandes centros urbanos contenía un área de 50 km alrededor del centro urbano en cuestión, las áreas comprendidas por las grandes ciudades y los 50 km son chicas en comparación al área comprendida por el ACP. Un claro ejemplo es el de Córdoba Capital, la cual posee un área de 576 km² y el área promedio de los ACP emitidos en el 2017 fue de aproximadamente 30000 Km². En el caso de verificar los ACPs sin discriminar por grandes centros urbanos aumentan las chances de encontrar un reporte dentro del área abarcada por dicho ACP debido a que aumenta el área de búsqueda de los reportes. Es por esto que es posible que un

ACP sea verificado siguiendo la metodología areal pero no la metodología puntual. La inversa implica que si el ACP es verificado según la metodología puntual automáticamente también cumple el criterio del análisis por área.

Cabe destacar que será más factible encontrar reportes en los grandes centros urbanos según la posición en la que se encuentren dentro del ACP. Por ejemplo, no es lo mismo que la ciudad se encuentre en un vértice del polígono, o que sea apenas rozada por el borde "Este" del mismo que si se encuentra en el centro del polígono o en su borde "Oeste". En este segundo caso es probable que la tormenta se encuentre muy cerca del centro urbano o que este se encuentre directamente en el camino de la tormenta, con lo cual aumentan las probabilidades de encontrar reportes de fenómenos en la ciudad.

Dado que la idea es comenzar a verificar los ACP de forma sistemática, podría decirse que la metodología areal es la más adecuada para esto, ya que el proceso es más directo y permite encontrar resultados rápidamente. El análisis puntual, si bien es útil para determinar la eficiencia de los ACP en las grandes ciudades, no modifica los resultados finales debido a que los avisos que son verificados puntualmente también cumplen con el criterio del análisis por áreas.

Un tema importante que va más allá de la intención de esta nota es la inevitable presencia de errores de pronóstico o bien como falsas alarmas o bien sorpresas. Dependiendo del tipo de pronóstico y de la institución que lo emite ese equilibrio puede inclinarse hacia un lado u otro. Es claro que el SMN elige disminuir el número de sorpresas --que puede tener consecuencias tan graves-- a costa de un número más grande de falsas alarmas. Queda por analizar si este es el equilibrio apropiado para el servicio que ofrecemos.

APÉNDICE A: Ejemplos de verificación

El pronosticador de turno cuenta con varias herramientas que le permiten realizar un análisis de las celdas convectivas y decidir si emitir o no un ACP. La principal fuente de información en la que se basa un pronosticador para estudiar la estructura de las tormentas son las imágenes de radar, ya que estas brindan información acerca de la extensión vertical y horizontal de las mismas. El análisis de las imágenes de radar permite reconocer patrones asociados a tiempo severo, como máximos de velocidad del viento, zonas de divergencia y de convergencia mediante el análisis del campo Doppler, o detectar ecos en forma de gancho mediante el análisis de los campos de reflectividad de niveles bajos.

Si bien el radar brinda información muy valiosa sobre la estructura de las tormentas y es crítico contar con ella para poder emitir un ACP, existen otras fuentes de información con las que cuenta el pronosticador para realizar una vigilancia lo más completa y efectiva posible. Estas herramientas son: las imágenes satelitales, información de descargas eléctricas y los reportes meteorológicos en tiempo real. Estas fuentes de información deben ser utilizadas conjuntamente con la información de radar y no quedarse sólo con esta última.

Las imágenes satelitales son de gran ayuda para realizar una vigilancia efectiva y tomar una decisión de emisión de un ACP acertada debido a que permiten monitorear un área mucho más extensa que los radares, detectar la formación de tormentas en zonas que se encuentran fuera del rango de los mismos y por lo general detectan focos convectivos antes de que estos sean vistos por el radar. La temperatura de brillo de los toques nubosos en combinación con un sondeo nos permite estimar la altura del tope de la tormenta, a toques más fríos, mayor será el desarrollo vertical de la tormenta, indicando así que se trata de una tormenta fuerte o severa (depende de cada caso en particular). Durante el día, en el canal visible se pueden detectar "overshoots" los cuales están asociados a corrientes ascendentes intensas, y el actual satélite GOES 16 permite entre otras cosas detectar la presencia de hielo en el tope de las celdas convectivas. En los casos donde una tormenta se vea atenuada por otra en la imagen de radar --efecto bastante pronunciado en los de banda C--, se puede llegar a conocer la severidad de la tormenta atenuada mediante la imagen de toques nubosos.

Por otro lado, los productos de rayos, como los generados por el sensor GLM del GOES 16 y el producto de rayos de Earth Networks permiten tener información con mayor rapidez acerca de la trayectoria y severidad de las tormentas, debido a que consisten en mapas en donde se ven reflejados los rayos medidos por los distintos sensores. En particular, el producto de Earth networks actualiza los datos con mayor rapidez que el GLM, además muestra las trayectorias del conjunto de rayos para cada intervalo de tiempo indicando con colores la intensidad de la tormenta. Es condición necesaria el correcto funcionamiento de los radares operativos para la realización de los ACPs, por lo tanto no se puede tomar la decisión de generar un ACP basándose únicamente en las fuentes de información complementarias como las imágenes satelitales y la detección de las descargas eléctricas.

En lo que resta del apéndice se presentan ejemplos de casos concretos de Avisos a corto plazo.

A.1 ACP emitido el 09 de Septiembre de 2017

Este caso corresponde a tormentas fuertes para las cuales se pronosticó posible caída de granizo y ocurrencia de ráfagas. Se adjuntan las imágenes de radar del día 09 de Septiembre del año 2017 y su respectivo ACP emitido a las 19:55 HOA. La verificación se pudo realizar a través de diarios locales y de redes sociales como Twitter.

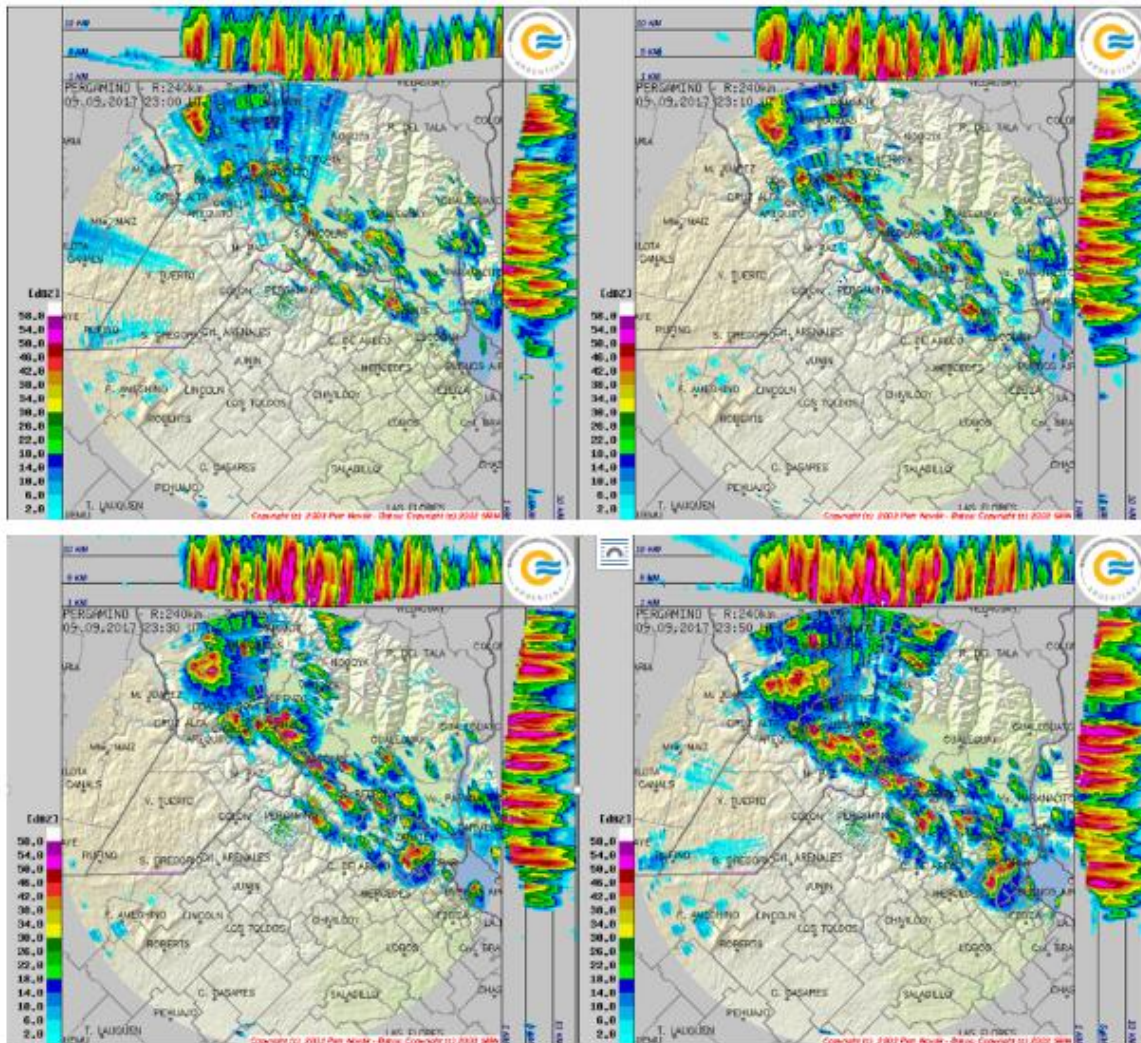


Figura A.1: Durante el 09 de Septiembre de 2017 el radar de Pergamino detectaba el desarrollo de convección profunda en los alrededores de la ciudad de Rosario. Las cuatro imágenes corresponden a reflectividad (COLMAX) de las 23:00, 23:10, 23:30 y 23:50 UTC respectivamente.

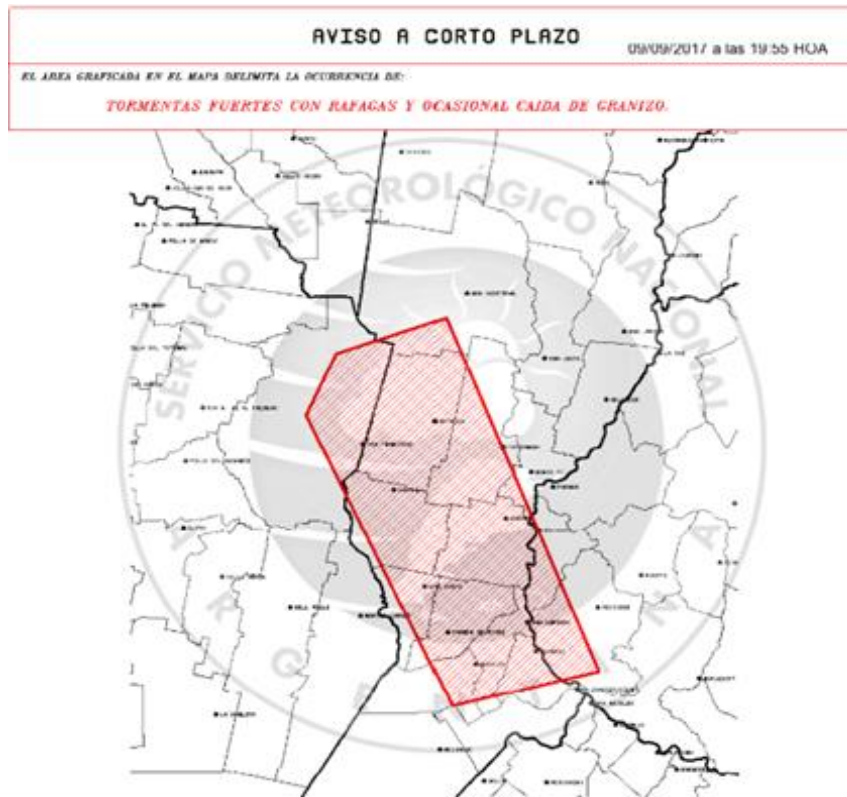


Figura A.2: ACP emitido el 09 de Septiembre del 2017 a las 19:55 HOA (22:55 UTC).

A las 19:55 HOA (22:55 UTC) del día 09 de Septiembre de 2017 basándose principalmente en las imágenes de los radares de Paraná y Pergamino el Servicio Meteorológico Nacional emitió un ACP (Figura A.2) que incluía a la ciudad de Rosario por la ocurrencia de tormentas fuertes con ráfagas y ocasional caída de granizo.

Una noticia publicada por la cadena Rosario3 hace mención a la caída de granizo en la ciudad alrededor de las 20:30 HOA.

De mañana y de noche: cayó granizo dos veces en Rosario

El sábado tormentoso tuvo dos chaparrones intensos, uno a primera hora y otro a las 20.30. En algunas zonas cayeron piedras, entre chicas y medianas. A la tarde se dio otra anomalía: hubo tres alertas meteorológicas por fenómenos distintos para la región

09 de Septiembre de 2017



Por: Rosario3



A.2 ACP emitido el 29 de Octubre de 2017

El día 29 de Octubre una línea de tormentas que se desarrolló rápidamente afectó la Capital Federal y varios barrios del conurbano bonaerense alrededor de las 22 hs, generando fuertes ráfagas de viento. El SMN emitió un ACP alertando sobre esta situación.

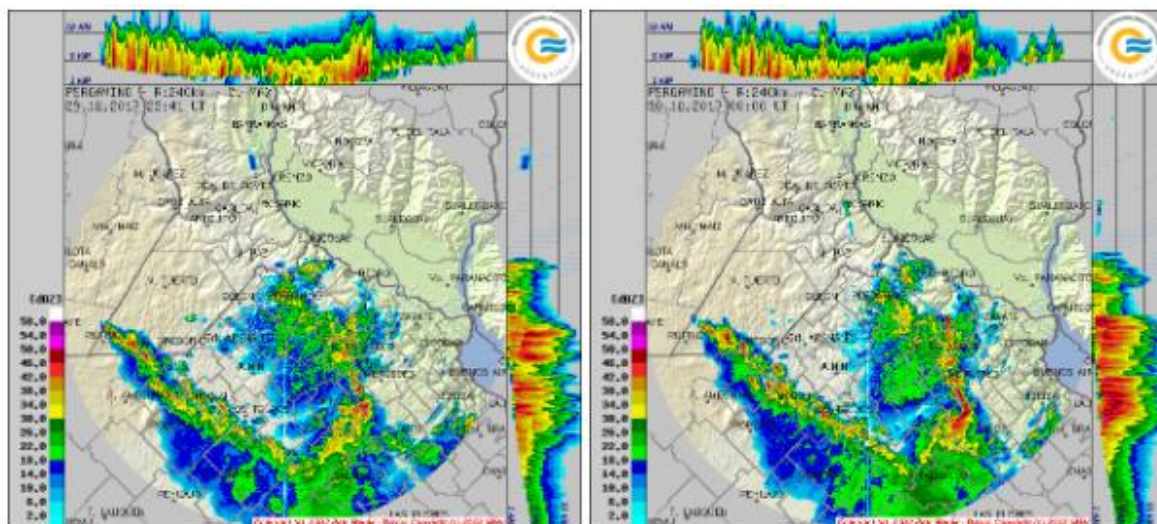


Figura A.3: Desarrollo de una línea de tormentas fuertes vista por el radar de Pergamino.

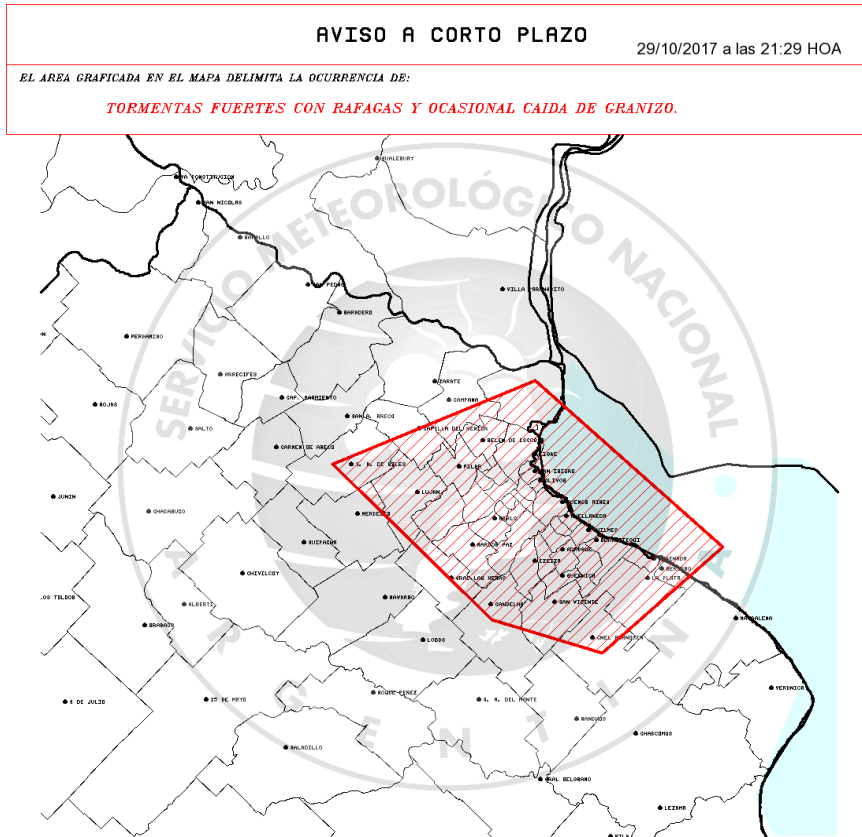



Figura A.4: Aviso a Corto Plazo emitido por el SMN a las 21:29 HOA del 29 de Octubre de 2017 que incluye a la Capital Federal, La Plata y varios barrios del GBA.

Durante el temporal, un rayo cayó en las inmediaciones del estadio del Club Atlético Independiente, por lo que el diario Clarín publicó una noticia sobre este hecho mencionando además el Aviso a Corto Plazo emitido por el Servicio Meteorológico Nacional.

Clarín SOCIEDAD

COMENTARIOS (12)   

29/10/2017 - 22:41 | Clarin.com | Sociedad
 [Servicio Meteorológico Nacional](#)

Una fuerte tormenta eléctrica azotó, poco después de las 22, distintos barrios de la Ciudad de Buenos Aires y de la Provincia.

Hubo registros en zonas como Constitución, San Telmo, Belgrano y Núñez. También en lugares como Banfield y San Fernando.

La nota además dice lo siguiente:

“En medio del temporal, un rayo que cayó en las inmediaciones del estadio Libertadores de América, en Avellaneda, cortó la transmisión del programa radial del periodista Mariano Closs en Radio Continental. Fue tras el partido entre Independiente y Patronato. Más temprano, se había emitido un aviso meteorológico de tormentas fuertes con ráfagas y ocasional caída de granizo.”

A.3 ACP emitido el 15 de Noviembre de 2017

A continuación se muestra una imagen de radar, en donde se observan tormentas en capital federal y alrededores, con su ACP correspondiente. Para este caso en particular se registró granizo de tamaño chico en Capital Federal y alrededores, por lo tanto el ACP correspondiente se considera como verificado.

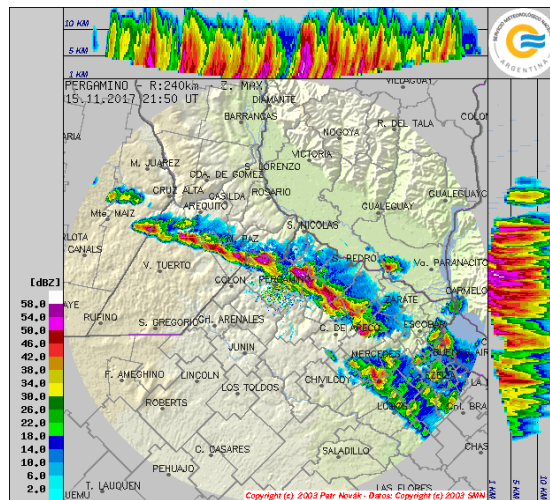


Figura A.5: Se observa en el radar de Pergamino una línea de tormentas afectando el norte de Buenos Aires, sur de Santa Fe y algunas tormentas importantes rodeando a la Capital Federal.

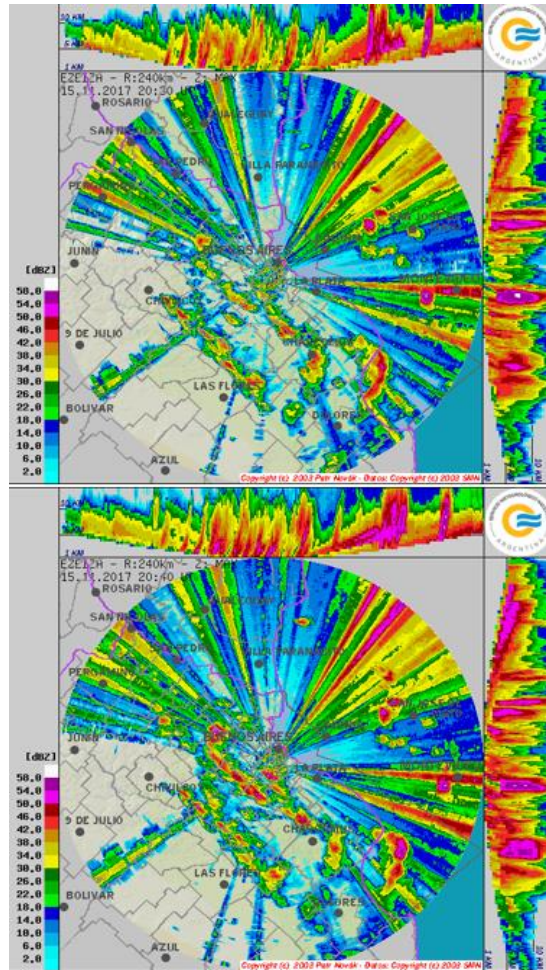


Figura A.6: El radar de Ezeiza también detectaba el desarrollo de convección profunda en los alrededores de la ciudad de Buenos Aires durante el 15 de Noviembre de 2017. Las dos imágenes corresponden a reflectividad (COLMAX) de las 20:30 y 20:40 UTC respectivamente.

Dada esta situación, desde la oficina de Vigilancia Meteorológica por Sensores Remotos del SMN a las 18:13 HOA se emitió un ACP (Figura A.7) por tormentas fuertes con ráfagas y ocasional caída de granizo. Este ACP incluía a la Capital Federal, la ciudad de La Plata y las zonas Norte, Sur y Oeste del GBA.

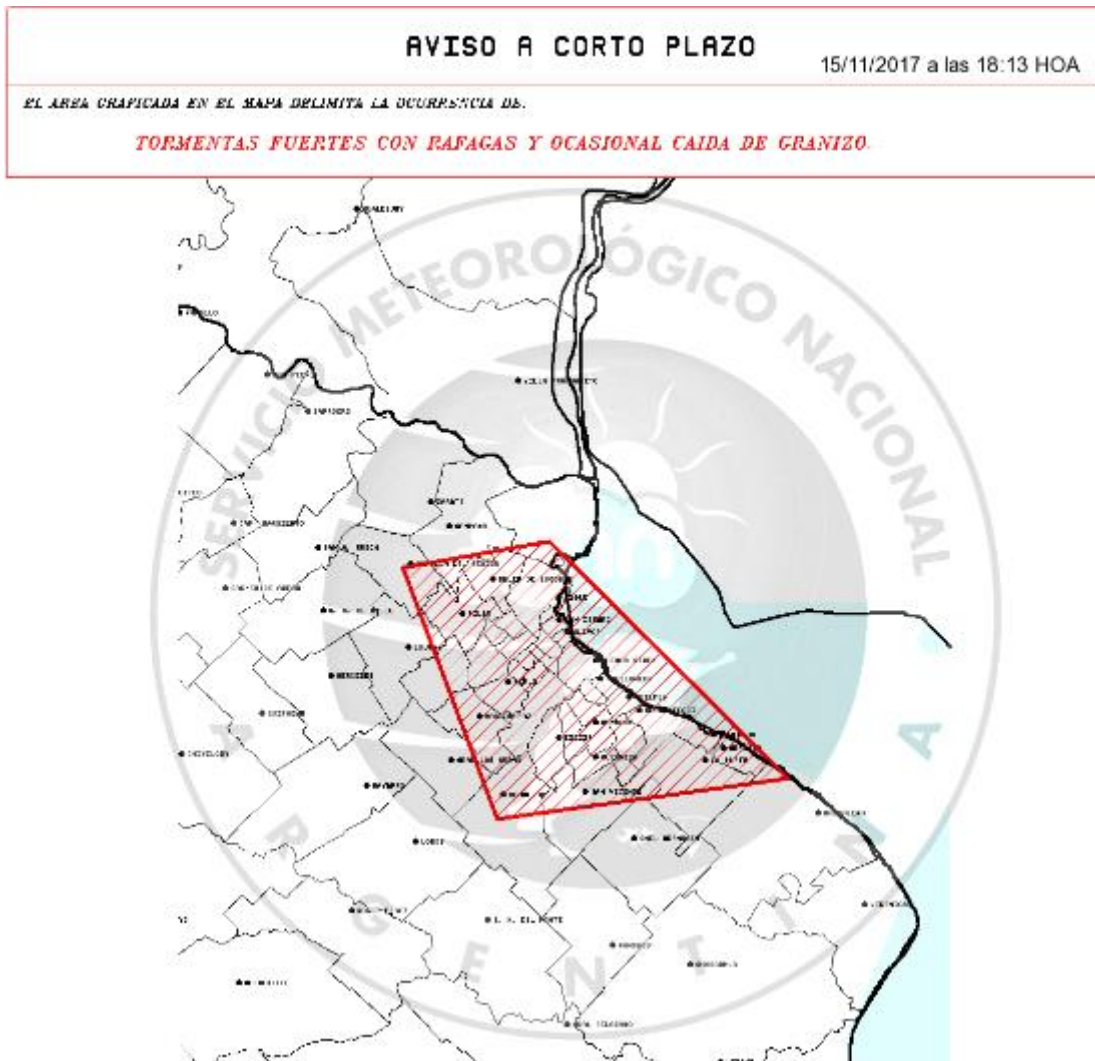


Figura A.7: ACP emitido el 15 de Noviembre del 2017 a las 18:13 HOA (21:13 UTC) por tormentas fuertes con ráfagas y ocasional caída de granizo.

Este aviso fue verificado principalmente gracias a Twitter, dado que varios usuarios hicieron mención a la caída de granizo en momentos cercanos a la emisión del mismo. Se incluyen algunos de los tweets:

- “La furia! #viento #granizo #sol #lluvia en Puerto Madero”
- “@todonoticias granizo grande en San Fernando y hace 5 minutos volvió a granizar fuerte y cayeron nuevamente granizos grandes”
- “Granizo !!! en San Isidro, Buenos Aires”
- “Granizo mal 🙄🌧️🌨️ en En Mi Casa”, tweet georreferenciado en San Miguel
- “Cielo negro, lluvia, granizo, sol, arco iris, atardecer en Vicente López, Buenos Aires”

Las sorpresas se definen como situaciones en donde se registró un fenómeno suficientemente fuerte o severo y no fue advertido previamente mediante un ACP. Durante el proceso de verificación se encontraron dos casos de este tipo.

A.4 No emisión de ACP, sorpresa

El día 01 de Octubre de 2017 un diario cordobés menciona la ocurrencia de fuertes tormentas en el norte de la provincia que afectaron algunos sectores de la capital provincial durante la noche.

Después de una semana húmeda, el sábado comenzó con intenso sol pero **el cambio de tiempo llegó por la noche y Córdoba sufrió una nueva tormenta con relámpagos, lluvia, fuertes ráfagas y caída de granizo** en algunas zonas de la capital y otras localidades del interior. Por ejemplo en **Villa de Soto cayó una fuerte piedra**, como lo muestran las fotos que nos envió Mari Abgregú.



No se encontraron ACP que indiquen la ocurrencia de tormentas fuertes en la zona y en el horario mencionado por el artículo. Si bien el radar de Córdoba no estuvo operativo sino hasta el 13/11, el cual le hubiera dado al pronosticador la posibilidad de realizar una vigilancia más completa y más confiable de la zona el mismo contaba con el volumen de 480 km del radar de Paraná para evaluar la formación y el desarrollo de tormentas en el norte de Córdoba.

Es por eso que este es el único caso hallado durante el proceso de verificación que se puede catalogar como una sorpresa.

A.5 No emisión de ACP, no sorpresa

El día 2 de Octubre, posteriormente al pasaje de un intenso frente frío que provocó tormentas de gran intensidad en la zona central del país, incluidas las tormentas registradas en Córdoba la madrugada del domingo 1, se generaron chaparrones de aire frío que afectaron a la Capital Federal y algunos puntos del Conurbano, dejando fuertes lluvias y caída de granizo pequeño. No hubo emisión de ACP en este evento.

Sorpresivo temporal con caída de granizo en Buenos Aires

Los usuarios de **TN y La Gente** compartieron imágenes de la provincia y Capital Federal. Mirá los videos.

Publicada: 02/10/2017, 15:04hs.



Después del temporal del fin de semana, una intensa lluvia acompañada de caída de granizo sorprendió a la Ciudad de Buenos Aires y el Conurbano. Usuarios de **TN y La Gente** compartieron imágenes de Bernal, Quilmes, Valentín Alsina Pilar, Llavallol, Mataderos y Palermo.

*Bernal - TN y La Gente

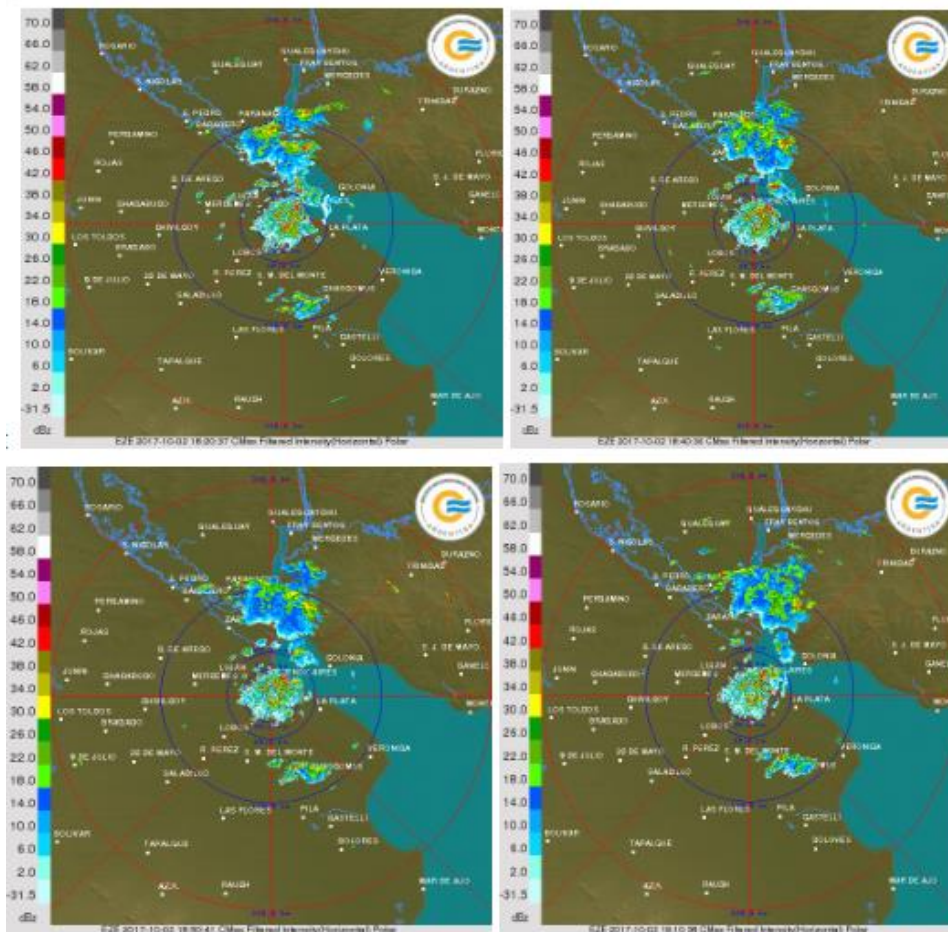


Figura A.8: Imágenes del radar de Ezeiza de las 18:20, 18:40, 18:50 y 19:10 UTC del 02 de Octubre de 2017

Como se puede observar, el radar detectaba ecos con reflectividades de alrededor de 40 dbz. Sin embargo, estos eran más bien amorfos y no presentaban ninguna de las estructuras típicas asociadas a tormentas fuertes o severas capaces de generar daños importantes, sino que eran chaparrones fuertes de corta duración. En estas situaciones no se lleva a cabo la emisión de un ACP alertando por granizo ya que son chaparrones de muy baja altura (5 km), si bien el fenómeno ocurrió, no se cataloga como sorpresa debido a que no reviste carácter de fuerte o severo.

Agradecimientos:

Se agradece la colaboración de Pedro Lohigorry y Ramón de Elía en la nota técnica, y a Luciano Vidal por brindar muchas de las imágenes de radar utilizadas en los casos de estudio.

6. REFERENCIAS

Dobur J. C., 2005: A comparison of severe thunderstorm warning verification statistics and population density within the NWS Atlanta county warning area. Preprints, Fourth Annual Southeast Severe Storms Symp., Starkville, MS. Amer. Meteor. Soc., D2–6.

Hyvärinen, O. and E. Saltikoff, 2010: Social Media as a Source of Meteorological Observations. *Mon. Wea. Rev.*, 138, 3175–3184.

Lohigorry P., de Elía R., Russián G., 2018: Pronósticos a muy corto plazo en el Servicio Meteorológico Nacional. Nota técnica SMN 2018-46.

Scheaffer R. y McClave JT, 1990: Probability and statistics for engineers. PWS-Kent, Boston.

Simmons K.M.. and D. Sutter, 2009: False Alarms, Tornado Warnings, and Tornado Casualties. *Wea. Climate Soc.*, 1, 38–53, <https://doi.org/10.1175/2009WCAS1005.1>

WMO, 2006: Guide to meteorological instruments and methods of observation. 7th ed. WMO-No. 8, 569 pp.

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).