

Metodología de intercomparación de la reflectividad de radares meteorológicos en banda C

Nota Técnica SMN 2024-157

Luciano Vidal¹, Diego Giménez¹ y Martin Rugna¹,

¹ *Dirección de Productos de Modelación Ambiental y de Sensores Remotos*

Enero 2024

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

Contar con radares calibrados es necesario para poder llevar a cabo aplicaciones cuantitativas de los datos por ellos generados como por ejemplo las estimaciones cuantitativas de precipitación. A su vez, una calibración uniforme entre radares que conforman una red es necesaria cuando lo que se busca es combinarlos para formar imágenes compuestas. Existen diferentes metodologías para la calibración y en particular para la intercomparación de la reflectividad de dos o más radares meteorológicos. Luego, en esta Nota Técnica se muestran los resultados de implementar una metodología de intercomparación entre dos radares para un caso de estudio con el propósito de cuantificar posibles desviaciones en las calibraciones inherentes a dos de los radares que conforman la red SINARAME.

Abstract

It is necessary to have calibrated radars in order to be able to carry out quantitative applications of the data generated by them, such as quantitative precipitation estimates. At the same time, a uniform calibration between radars that make up a network is necessary when the aim is to combine them to form composite images. There are different methodologies for calibration and in particular for the intercomparison of the reflectivity of two or more weather radars. Then, this Technical Note shows the results of implementing an intercomparison methodology between two radars for a case study with the purpose of quantifying possible deviations in the calibrations inherent to two of the radars that make up the SINARAME network.

Palabras clave: radar meteorológico, reflectividad, intercomparación

Citar como:

Vidal, L., D. Giménez y M. Rugna, 2024: Metodología de Intercomparación de la reflectividad de radares meteorológicos en banda C. Nota Técnica SMN 2024-157.

1. CALIBRACIÓN DE UNA RED DE RADARES

Una calibración uniforme y ángulos de captura bien conocidos se vuelven cada vez más valiosos cuando los datos de la red de radar se combinan para formar imágenes compuestas. Para una red de radares, es fundamental tanto la estabilidad de la calibración inherente al propio radar como la intercomparación de la red considerando las observaciones conjuntas en condiciones de lluvia recopiladas por dos o más radares. Esta intercomparación garantiza la consistencia y estabilidad de las mediciones de precipitación al comparar los valores de reflectividad de dos o más radares en la misma área. A su vez, esta verificación proporciona una forma útil de detectar posibles desviaciones en la calibración inherente de un radar de la red (Huuskonen, 2001; Vaccarone y otros, 2016).

Las técnicas de calibración se investigan a menudo por separado y la tarea de cada técnica es monitorear una sección del sistema de radar. La calibración con el sol realiza el monitoreo de la cadena receptora del radar y el apuntamiento de la antena, utilizando el sol como fuente natural de radio. La calibración con ecos de tierra es capaz de monitorear la estabilidad de la calibración de la transmisión del radar junto con la cadena receptora. Sin embargo, en caso de pérdida de calibración en la cadena de transmisión del radar, la calibración con ecos de tierra no es capaz de detectar si la pérdida de calibración afecta la cadena de transmisión o la cadena receptora. Al combinar y comparar la calibración con el sol junto con la calibración con ecos de tierra, es posible obtener información adicional sobre cualquier cambio en la calibración. Además, para monitorear la estabilidad de la calibración de los radares operativos durante la precipitación, se puede realizar la intercomparación cuando se dispone de una red de radares. El procedimiento de intercomparación permite comparar las mediciones de reflectividad adquiridas por dos o más radares en la misma área. No obstante, la intercomparación, la calibración con el sol y la calibración con ecos de tierra solo permiten monitorear la desviación eventual de la calibración del radar respecto a un valor de referencia dado. Por lo tanto, es necesario verificar la calibración absoluta del radar mediante el procedimiento de autoconsistencia.

En resumen, el enfoque integral en la calibración de una red de radares involucra los siguientes procedimientos:

- Autoconsistencia (calibración absoluta inherente a un radar), realizada durante eventos de lluvia intensa seleccionados (Gorgucci y otros, 1992, 2001)
- Calibración con ecos de tierra, realizada diariamente (Silberstein y otros, 2008)
- Calibración con el sol, realizada cada cinco días, en los cinco días anteriores (Altube y otros, 2015; Holleman y otros, 2010)
- Intercomparación, realizada cada vez que se detecta precipitación en el área de superposición (Vaccarone y otros, 2016)

En esta Nota Técnica se muestran los resultados de implementar una metodología de intercomparación entre dos radares propuesta por Vaccarone y otros (2016) para un caso de estudio con el propósito de cuantificar posibles desviaciones en las calibraciones inherentes a dos de los radares que conforman la red SINARAME (Giménez y otros, 2021). Este trabajo surge de una observación llevada a cabo por personal de la Coordinación de Pronósticos Inmediatos del Servicio Meteorológico Nacional de Argentina.

2. METODOLOGÍA

La intercomparación busca asegurar la consistencia y estabilidad de las mediciones de precipitación comparando los valores de reflectividad de dos o más radares que operan en la misma banda de frecuencia, sobre la misma área y tiempo. Las áreas se deben calcular a partir de la intersección de los haces del radar con un modelo teórico. La intercomparación operativa de dos radares se realiza cuando hay suficientes ecos meteorológicos disponibles en el área de superposición. Luego, este procedimiento es capaz de detectar posibles cambios en la calibración.

Para comparar las mediciones de diferentes radares Vaccarono y otros (2016) sugiere considerar cuidadosamente la geometría de observación. Es decir:

- Los volúmenes de superposición deben ser evaluados teóricamente para cada elevación de los dos radares considerados.
- Idealmente, el par de celdas del radar debe tener un tamaño similar para obtener resultados consistentes de la intercomparación.
- Las celdas de intersección deben ser calculadas en el área de superposición para cada par de elevaciones en la estrategia de escaneo de los dos radares.
- La altura del haz se debe calcular en una cuadrícula espacial en coordenadas geográficas.
- La posición de las celdas detectadas se deben convertir de coordenadas geográficas a coordenadas de bin-azimut de cada radar.

Para seleccionar celdas del radar con un volumen similar, es conveniente considerar un umbral en la diferencia de distancias entre la celda seleccionada y los dos radares y seleccionar únicamente las celdas donde la diferencia entre las alturas de los haces está por debajo de una determinada tolerancia. Sin embargo, se aplican tolerancias en la altitud del centro del haz principal y en la distancia entre los radares para aumentar el número de celdas del radar en las que se puede realizar la intercomparación.

Para llevar adelante este trabajo se exploró la función GateMapper disponible en la librería Py-ART (Helmus y Collis, 2016) con el objeto de abordar la intercomparación entre dos radares adyacentes. La misma no sólo contempla una tolerancia para la distancia de los volúmenes de cada radar a la celda de referencia, sino además una tolerancia respecto al tiempo entre mediciones. Un estudio de sensibilidad sobre los parámetros de tolerancia será necesario previo a cualquier conclusión que se pueda desprender de dicho estudio.

Esta metodología, además de la reflectividad, considera el coeficiente de correlación co-polar (ρ_{HV}) en el análisis para seleccionar aquellas regiones donde sólo se observa lluvia. Para ello se considerará un umbral de $\rho_{HV} > 0.85$. Por último, para evitar considerar observaciones en regiones donde el haz del radar está bloqueado por el terreno, se recomienda incluir un Modelo Digital de Elevación para simular la visibilidad del radar a lo largo de los radios (Crisologo y otros, 2018). Dado que diferentes trayectorias dentro de la capa de fusión pueden experimentar diferentes atenuaciones, se recomienda seleccionar los datos por debajo del nivel de congelación (altura de la isoterma de 0°C) para reducir la incertidumbre introducida por la capa de fusión. Además, el radomo puede atenuar la radiación electromagnética durante fuertes lluvias (Le Loh y otros, 2022), por lo tanto, se eliminan los datos de reflectividad medidos durante la lluvia por encima de cualquiera de los dos radares, utilizando un umbral de 0 dBZ en el valor promedio de la reflectividad medida cerca del radar.

En este estudio, tal como sugiere Vaccarone y otros (2016), los resultados de la intercomparación se muestran de la siguiente manera:

- Gráfico de dispersión de densidad de todos los datos de reflectividad.
- Gráfico de dispersión de densidad de los pares de reflectividad adquiridos por debajo de la capa de fusión y en condiciones de radomo seco.

Para cada gráfico de dispersión de densidad, se le aplica un ajuste lineal y se estima el error estándar residual del ajuste (σ), el valor de intercepción y el coeficiente de correlación lineal r . Si la calibración del radar se degrada, el sesgo del sistema aparece como un valor de intercepción no nulo del ajuste. La dispersión puede variar dependiendo de varios factores, incluyendo la alineación temporal y espacial de las observaciones y el tipo de precipitación (ej. estratiforme vs. convectiva).

Los índices estadísticos mencionados se calculan de la siguiente manera:

- **Número total de datos:** Representa la cantidad total de pares de datos de reflectividad considerados en el análisis. Es simplemente el recuento de los pares de datos presentes en el conjunto de datos.
- **Error estándar residual del ajuste (σ):** Es una medida de dispersión que indica cuánto varían los puntos de datos individuales con respecto a la línea de ajuste. Se calcula como la desviación estándar de las diferencias entre los valores observados y los valores predichos por el ajuste lineal.
- **Valor de intercepción:** Representa el valor en el eje de la variable dependiente (reflectividad) donde la línea de ajuste cruza el eje de la variable independiente (reflectividad del otro radar). Un valor de intercepción no nulo indica un sesgo sistemático en las mediciones de reflectividad entre los dos radares.
- **Coefficiente de correlación lineal r :** Es una medida de la fuerza y la dirección de la relación lineal entre los pares de datos de reflectividad. El coeficiente de correlación lineal varía entre -1 y 1. Un valor de r cercano a 1 indica una correlación lineal positiva fuerte, mientras que un valor cercano a -1 indica una correlación lineal negativa fuerte. Un valor de r cercano a 0 indica una correlación lineal débil o inexistente.

Estos índices estadísticos proporcionan información sobre la calidad y consistencia de las mediciones de reflectividad entre los dos radares y permiten evaluar cualquier sesgo o discrepancia en las mediciones.

3. CASO DE ESTUDIO

Se aplicará dicha metodología sobre un caso de estudio de un evento de precipitación ocurrido el 12 de noviembre de 2022 a las 13:20 UTC (10:20 HOA) sobre el área de solapamiento de los radares RMA3 (Las Lomitas, Formosa) y RMA4 (Resistencia, Chaco) de la red SINARAME (Fig. 1).

Previo a abordar el estudio es conveniente analizar la geometría dentro del área de solapamiento a los efectos de obtener resultados consistentes de la intercomparación. El caso de estudio fue seleccionado a los efectos de evitar bloqueos por la topografía y efectos de atenuación sobre trayectorias dentro de la capa de fusión, además de evitar efectos de radomo mojado. En cuanto a la geometría, el sistema de precipitación en el área de solapamiento de los radares se encuentra a una distancia similar, en torno a 180 km, de cada centro de radar y sobre

elevaciones equivalentes (ver Fig. 2). Esta disposición del sistema reduce el error de geometría que pudiese afectar la intercomparación entre radares.

Debido a las características del caso de estudio seleccionado, no será necesario diferenciar en los resultados entre los gráficos de dispersión de densidad de todos los pares de reflectividad de aquel generado únicamente con los pares de reflectividad adquiridos por debajo de la capa de fusión y en condiciones de radomo seco.

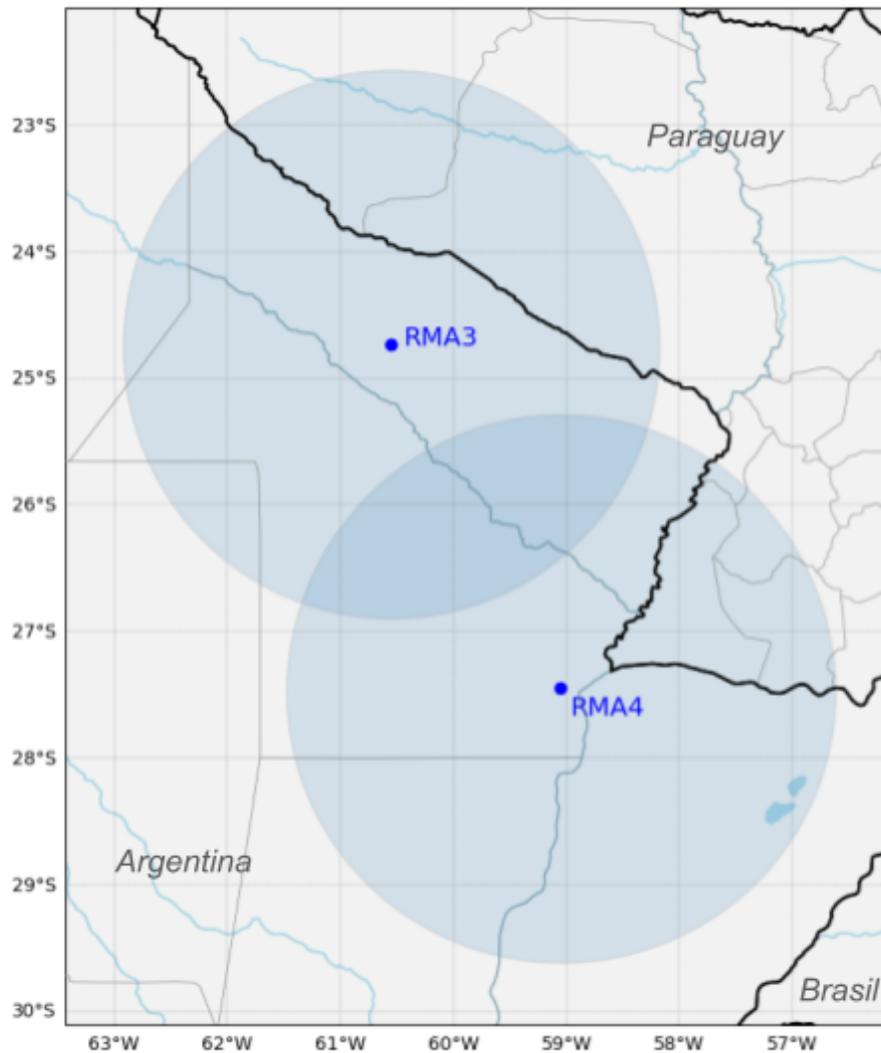


Figura 1: Área de cobertura de los radares RMA3 (Las Lomitas, Formosa) y RMA4 (Resistencia, Chaco). El radio de ambos círculos es de 240 kilómetros.

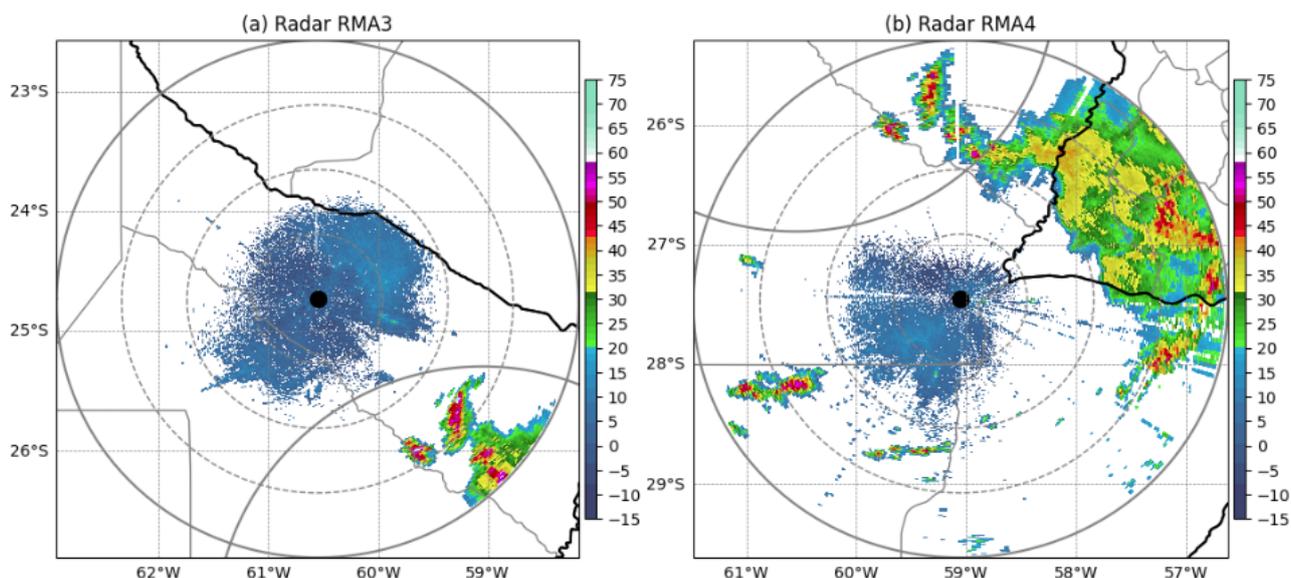


Figura 2: Campos de reflectividad en niveles bajos ($PPI@0.5^\circ$) de los radares (a) RMA3 y (b) RMA4 correspondiente al evento de precipitación ocurrido el 12/11/2022 a las 13:20 UTC (10:20 HOA). En ambos radares se grafica el rango máximo de datos de 240 kilómetros (línea continua gris) y luego anillos internos con una separación de 60 kilómetros.

4. RESULTADOS

Como se indicó en la sección anterior, previo a cualquier conclusión que se pueda desprender del análisis de este caso de estudio, se abordará el estudio de sensibilidad sobre los parámetros de tolerancia para la distancia de los volúmenes de cada radar a la celda de referencia y del tiempo entre mediciones sobre la función *GateMapper* que se emplea para abordar la intercomparación entre los dos radares adyacentes.

4.1. Análisis de sensibilidad

En relación al tiempo entre mediciones, de acuerdo a los campos de referencia de la Figura 2, el campo correspondiente al radar RMA3 se conforma dentro del período de escaneo entre las 13:22:11 y las 13:28:05 UTC (período de 354 seg), mientras que el campo correspondiente al radar RMA4 se conforma dentro del período de escaneo entre las 13:20:26 y las 13:26:14 (período de 348 seg). Ambos radares presentan similar período de escaneo, siendo adecuado adoptar inicialmente una tolerancia del tiempo entre mediciones del orden de $\Delta T=120\text{seg}$ debido a la diferencia en el inicio del escaneo de los volúmenes correspondientes.

Para estudiar la sensibilidad a la tolerancia de la distancia de los volúmenes de cada radar a la celda de referencia, se compararon los índices estadísticos de referencia para los siguientes valores de este parámetro ΔL : 500m, 1000m y 1500m (Fig. 3). Se observa que a medida que se incrementa la tolerancia de la distancia de los volúmenes de cada radar a la celda de referencia, más pares de datos de reflectividad se obtienen para el análisis. Si bien, para $\Delta L=500\text{m}$ se respeta más la geometría de los volúmenes comparados, se obtienen 841 pares con una menor significancia estadística y correlación lineal $r (<0.7)$. Al analizar los resultados de emplear $\Delta L=1000\text{m}$ y $\Delta L=1500\text{m}$ se observan para ambos casos una adecuada significancia estadística (>3500) y una alta correlación lineal $r (>0.9)$. Podemos encontrar un punto de equilibrio entre la significancia estadística de la muestra y la geometría entre pares

de datos para $\Delta L= 1000$ m, observándose un coeficiente de correlación lineal r del 0.92 y error medio cuadrático MSE de 52 dBZ.

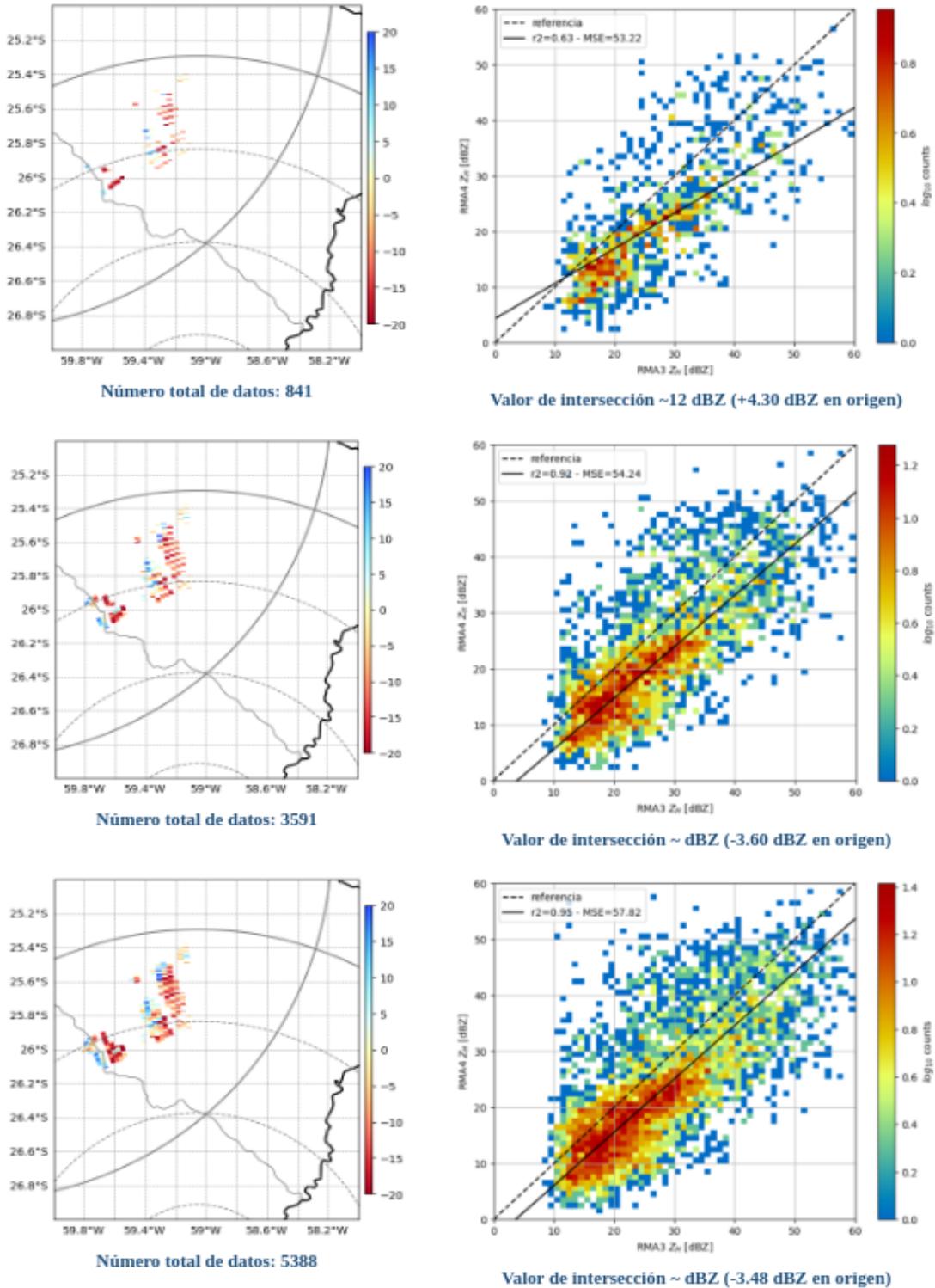


Figura 3: Índices estadísticos correspondientes a la intercomparación de radares RMA3 y RMA4 correspondiente al evento de precipitación ocurrido el 12/11/2022 a las 13:20 UTC (10:20 HOA). (sup.) $\Delta L=500$ m, $\Delta T=120$ seg; (med.) $\Delta L=1000$ m, $\Delta T=120$ seg; (inf.) $\Delta L=1500$ m, $\Delta T=120$ seg.

Por otro lado, considerando como tolerancia óptima $\Delta L= 1000$ m debido al estudio de sensibilidad de la tolerancia de la distancia de los volúmenes de cada radar a la celda de referencia previo, a continuación se evaluará la sensibilidad a la tolerancia del tiempo entre mediciones para $\Delta T=90$ seg y 150seg (Fig. 4).

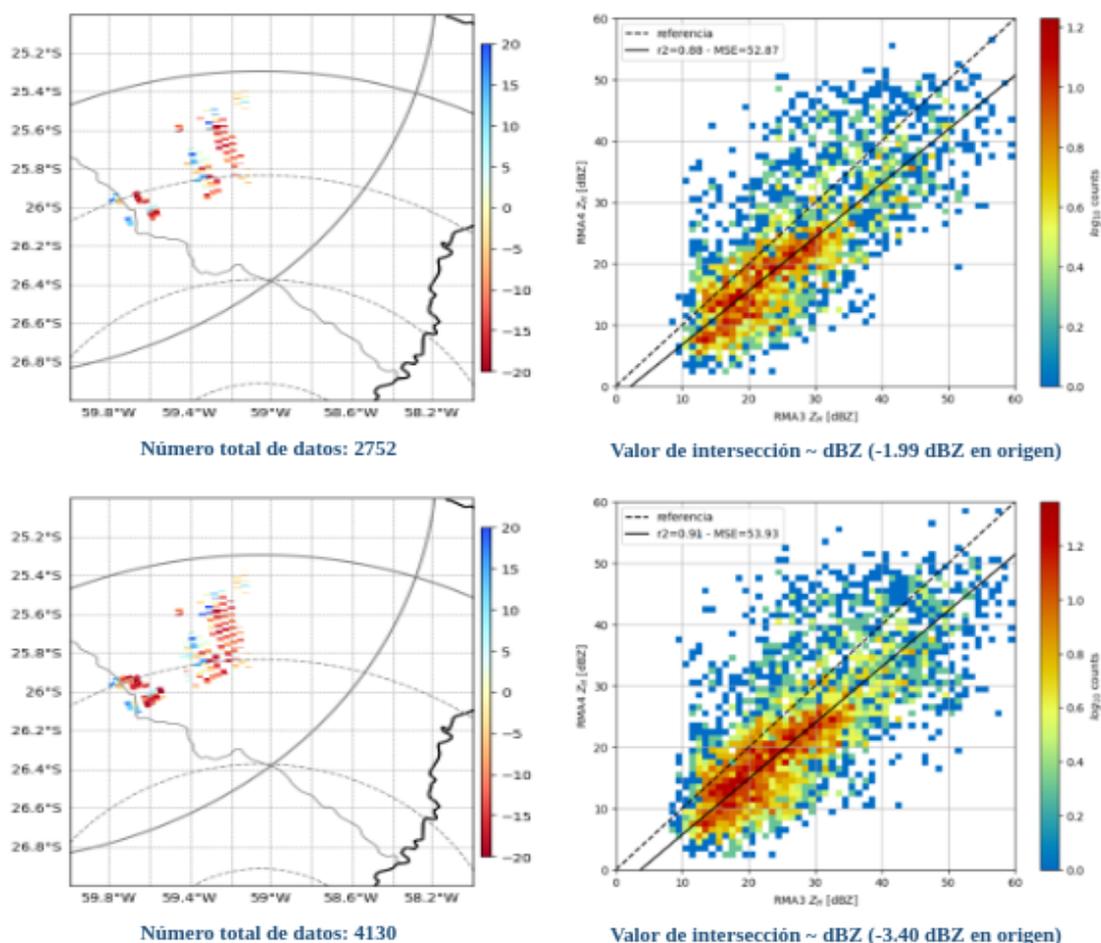


Figura 4: Índices estadísticos correspondientes a la intercomparación de radares RMA3 y RMA4 correspondiente al evento de precipitación ocurrido el 12/11/2022 a las 13:20 UTC (10:20 HOA). (sup.) $\Delta L= 1000$ m, $\Delta T=90$ seg; (inf.) $\Delta L= 1000$ m, $\Delta T=150$ seg.

De la Fig. 4, en comparación con los índices estadísticos obtenidos empleando tolerancias $\Delta L=1000$ m y $\Delta T=120$ seg, se observa que reducir la tolerancia del tiempo entre mediciones a $\Delta T=90$ seg reduce la cantidad de pares de datos y como consecuencia de ello se observa un menor coeficiente de correlación lineal r (0.88). Por otro lado, aumentar la tolerancia del tiempo entre mediciones a $\Delta T=150$ seg aumenta la cantidad de pares de datos sin detrimento en la geometría de los volúmenes comparados. Podemos observar un ligero deterioro en el coeficiente de correlación lineal r (0.91), probablemente debido a la dinámica del sistema precipitante, y una ligera mejora en el error medio cuadrático MSE (53.93 dBZ).

De este estudio de sensibilidad, se desprende que la tolerancia óptima de la distancia de los volúmenes de cada radar a la celda de referencia debe ser de $\Delta L=1000$ m, mientras que la tolerancia del tiempo entre mediciones debe ser ligeramente superior a la diferencia entre los correspondientes inicios de escaneo de los volúmenes (120seg) para una mayor significancia estadística, adoptando para este caso de estudio $\Delta T=150$ seg.

4.2. Intercomparación

De acuerdo a lo antes mencionado, la intercomparación se llevó a cabo empleando la función *GateMapper* disponible en la librería Py-ART con parámetros de tolerancia $\Delta L=1000$ m y $\Delta T=150$, obteniendo como resultado el volumen del radar RMA3 mapeado sobre en el volumen de cobertura del radar RMA4.

En la Figura 5 se observa el área de solapamiento de los radares RMA3 (izq.) y RMA4 (der.) para el caso de estudio, mientras que en la en la Figura 6 se observa la elevación inferior (0.5°) del campo de reflectividad del RMA3 mapeado sobre el área de cobertura del radar RMA4 (izq.) y la diferencia de reflectividad entre el radar RMA4 y el RMA3 en la zona de solapamiento de ambos radares. Se puede evidenciar, de lo que se observa a nivel de la elevación inferior, que las celdas del radar RMA3 tienen mayor intensidad de reflectividad que las celdas homólogas correspondientes en el RMA4, incluso comparando las celdas más alejadas en el RMA3 (mayor atenuación) con sus correspondientes en el RMA4.

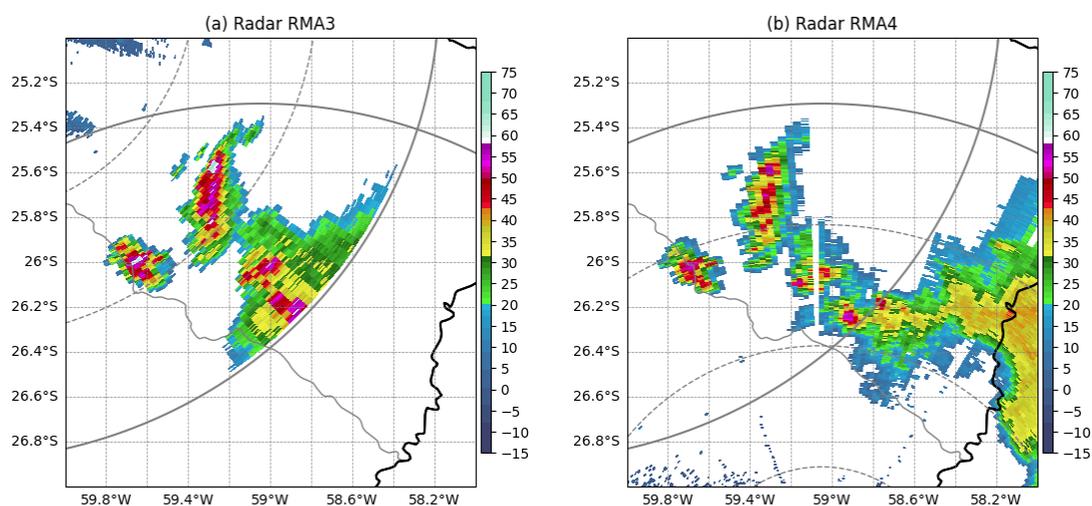


Figura 5: Campo de reflectividad de la elevación inferior sobre el área de solapamiento de los radares RMA3 (izq.) y RMA4 (der.). Ampliación de las imágenes correspondientes de la Figura 2.

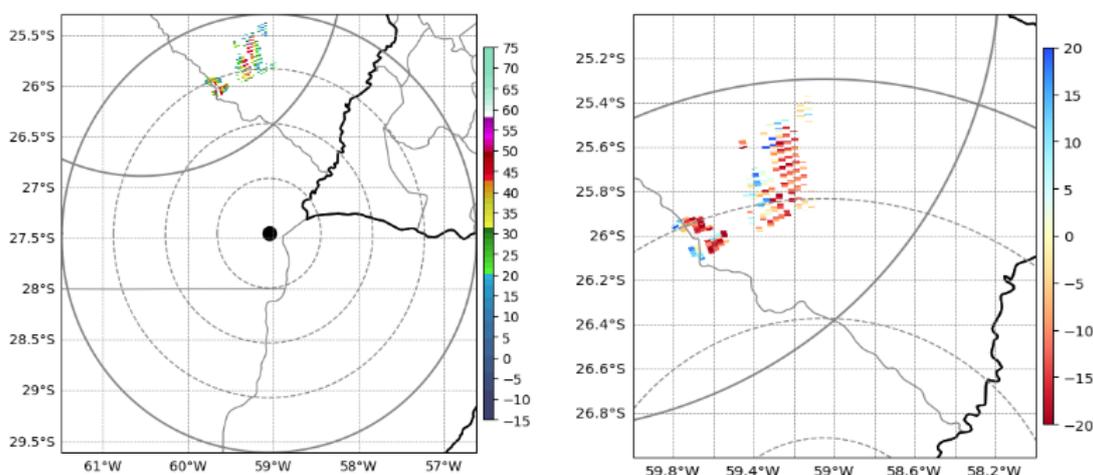


Figura 6: Mapeo de los datos de reflectividad (elevación inferior) del RMA3 sobre el RMA4 (izq.) y Diferencia entre los radares adyacentes (der.), correspondiente al evento de precipitación ocurrido el 12/11/2022 a las 13:20 UTC.

El gráfico de dispersión de la Figura 7 está conformado por un total de 4130 pares de datos (sobre el volumen total de escaneo) con un coeficiente de correlación lineal r de 0.91 y error medio cuadrático MSE de 53,93 dBZ. Claramente el comportamiento observado para la elevación de antena de 0.5°, también se evidencia en todo el volumen pudiendo determinar que el radar RMA3 presenta en términos medios una intensidad de reflectividad superior respecto al radar RMA4 representada por la siguiente expresión¹:

$$Z_{RMA3} \sim 0.8 * Z_{RMA4} + 3.4 \text{ dBZ}, \text{ para } 0 < Z_{RMA4} < 60 \text{ dBZ}$$

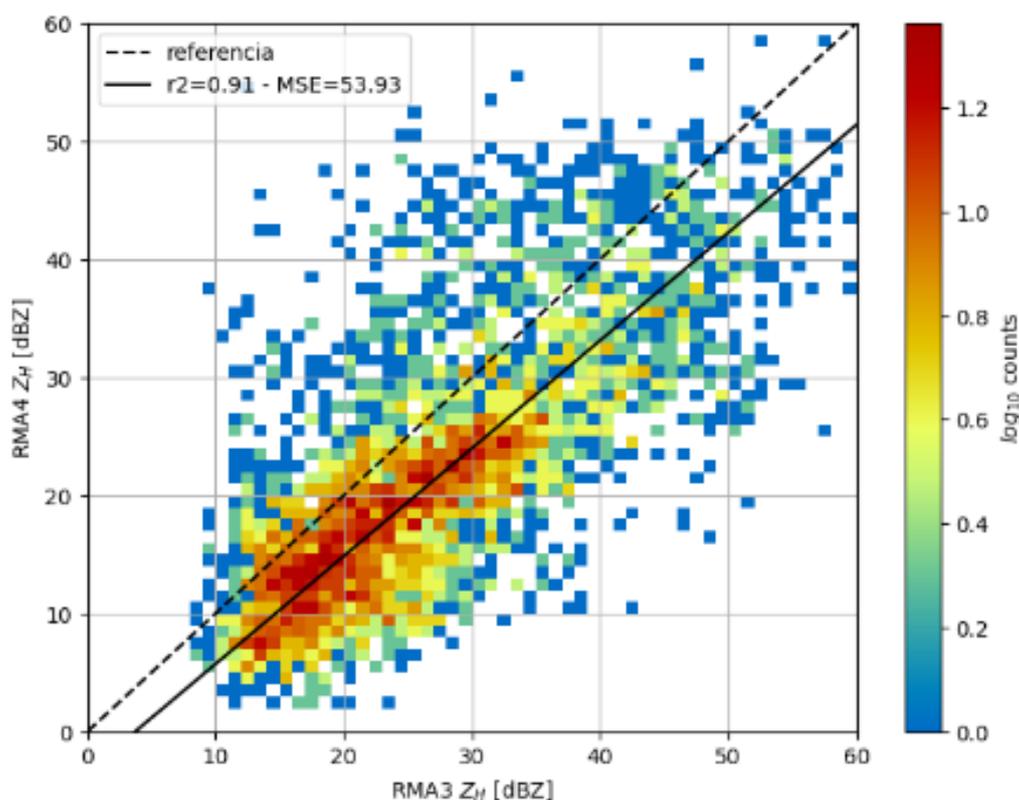


Figura 7: Gráfico de dispersión de densidad de todos los pares de datos dentro del volumen de intercomparación.

5. CONCLUSIÓN

En esta Nota Técnica se ha implementado una metodología de intercomparación entre radares adyacentes según la literatura, a los efectos de cuantificar posibles desviaciones en las calibraciones inherentes a los radares RMA3 y RMA4 que conforman la red SINARAME.

El caso de estudio seleccionado cumplió con todos los requisitos a tener en cuenta para que sean comparables los volúmenes de reflectividad de los radares con resultados consistentes en lo que respecta a la intercomparación entre radares (geometría dentro del área de solapamiento, bloqueos por la topografía, efectos de atenuación sobre

¹Se estima a partir del ajuste lineal, donde para $Z_{RMA4}=0\text{dBZ}$, $Z_{RMA3}=+3.4\text{dBZ}$, y para $Z_{RMA4}=60\text{dBZ}$, $Z_{RMA3}=+51.39\text{dBZ}$. De esta manera la pendiente del ajuste lineal es $(51.39-3.4)/60=0.8$ y el offset= $+3.4\text{dBZ}$.

trayectorias dentro de la capa de fusión, efectos de radomo mojado).

Se exploró la función GateMapper disponible en la librería open source Py-ART mediante un estudio de sensibilidad sobre los parámetros de tolerancias de la metodología de intercomparación permitiéndonos abordar una solución de compromiso entre el error de origen geométrico y la significancia estadística de la muestra.

Una primera exploración para este caso de estudio muestra que el radar RMA3 presenta en términos medios una intensidad de reflectividad superior respecto al radar RMA4. Además, se cuantificaron los desvíos relativos entre ambos radares aunque sin tener en cuenta la calibración de cada uno. Es por lo antes mencionado que es necesario ampliar la cantidad de eventos de modo de confirmar efectivamente estos resultados preliminares. Además se buscará aplicar esta misma metodología en otros radares de la red.

REFERENCIAS

- Altube, P., J. Bech, O. Argemí, y T. Rigo, 2015: Quality control of antenna alignment and receiver calibration using the sun: Adaptation to midrange weather radar observations at low elevation angles. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, **32 (5)**, 927–942, doi:10.1175/JTECH-D-14-00116.1.
- Crisologo, I., R. A. Warren, K. Mühlbauer, y M. Heistermann, 2018: Enhancing the consistency of spaceborne and ground-based radar comparisons by using beam blockage fraction as a quality filter. *Atmospheric Measurement Techniques*, **11 (9)**, 5223–5236, doi:10.5194/amt-11-5223-2018.
- Giménez, D., L. Vidal, M. Rugna, R. de Elía, y L. Giordano, 2021: Climatología de ecos no meteorológicos para la red de radares SINARAME. *Nota Técnica SMN 2021-103*, URL <http://hdl.handle.net/20.500.12160/1685>.
- Gorgucci, E., G. Scarchilli, y V. Chandrasekar, 1992: Calibration of radars using polarimetric techniques. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **30 (5)**, 853–858, doi:10.1109/36.175319.
- Gorgucci, E., G. Scarchilli, V. Chandrasekar, y V. N. Bringi, 2001: Rainfall estimation from polarimetric radar measurements: Composite algorithms immune to variability in raindrop shape–size relation. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, **18 (11)**, 1773–1786, doi:10.1175/1520-0426(2001)018<1773:REFPRM>2.0.CO;2.
- Helmus, J. J., y S. M. Collis, 2016: The python arm radar toolkit (py-art), a library for working with weather radar data in the python programming language. *Journal of Open Research Software*, doi:10.5334/jors.119.
- Holleman, I., A. Huuskonen, M. Kurri, y H. Beekhuis, 2010: Operational monitoring of weather radar receiving chain using the sun. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, **27 (1)**, 159–166, doi:10.1175/2009JTECHA1213.1.
- Huuskonen, A. J., 2001: A method for monitoring the calibration and pointing accuracy of a radar network. *Proceedings of 30th International Conference on Radar Meteorology*, American Meteorological Society, URL <https://ams.confex.com/ams/30radar/webprogram/Paper21379.html>.
- Le Loh, J., W.-Y. Chang, H.-W. Hsu, P.-F. Lin, P.-L. Chang, Y.-L. Teng, y Y.-C. Liou, 2022: Long-term assessment of the reflectivity biases and wet-radome effect using collocated operational s- and c-band dual-polarization radars. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **60**, 1–17, doi:10.1109/TGRS.2022.3170609.

Silberstein, D. S., D. B. Wolff, D. A. Marks, D. Atlas, y J. L. Pippitt, 2008: Ground clutter as a monitor of radar stability at kwajalein, rmi. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, **25 (11)**, 2037–2045, doi:<https://doi.org/10.1175/2008JTECHA1063.1>.

Vaccarone, M., R. Bechini, C. V. Chandrasekar, R. Cremonini, y C. Cassardo, 2016: An integrated approach to monitoring the calibration stability of operational dual-polarization radars. *Atmospheric Measurement Techniques*, **9 (11)**, 5367–5383, doi:[10.5194/amt-9-5367-2016](https://doi.org/10.5194/amt-9-5367-2016).

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 (rde-elia@smn.gob.ar), Luciano Vidal (lvidal@smn.gob.ar) o Martin Rugna (mrugna@smn.gob.ar) de la Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios, para obtener la plantilla WORD o los archivos Tex que sirven 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.gob.ar).