

Explorando cómo las incertidumbres en la microfísica de los modelos de predicción numérica del tiempo se trasladan al espacio de radiancia de microondas

Vito Galligani^{1,2,3}

Vito.galligani@cima.fcen.uba.ar

¹Universidad de Buenos Aires, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO), Av. Intendente Cantilo, C1428, Cdad. Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

² CONICET - Universidad de Buenos Aires. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA), Av. Intendente Cantilo, C1428, Cdad. Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

³ CNRS - IRD - CONICET - UBA. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA), Av. Intendente Cantilo, C1428, Cdad. Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Palabras clave: parametrización de microfísica, transferencia radiativa, microondas, convección

En paralelo al aumento de la capacidad de cálculo computacional de las últimas décadas, los modelos de predicción numérica del tiempo han alcanzado resoluciones espaciales capaces de resolver explícitamente la convección (es decir, de 5 km o menos), incorporado procesos microfísicos que ocurren a escalas muy pequeñas, resolviendo las interacciones dinámicas en sistemas convectivos. Existen numerosos esquemas, o parametrizaciones de microfísica. Estos pueden diferir en el número de especies pronosticadas, los momentos pronosticados, el número de procesos microfísicos simulados, las suposiciones sobre las relaciones masa-tamaño, $m(D)$, y tamaño-velocidad terminal, $v(D)$, y las distribuciones de tamaño de partículas asumidas $n(D)$. La relativa simplicidad de este enfoque ha sido exitosa en algunos aspectos de la parametrización de la microfísica (por ejemplo, la fase líquida, al separar las gotas en dos categorías: 'cloud water' y lluvia) y problemática en otros (por ejemplo, la fase de hielo donde se suelen separar los hidrometeoros de maneras abruptas en 'graupel', 'snow' y 'ice'). La parametrización de la microfísica de la fase de hielo o sólida es más desafiante porque, a diferencia de las gotas líquidas, las partículas de hielo presentan una gran variabilidad temporal y espacial de densidades y formas complejas, que a su vez afectan sus procesos de crecimiento y disipación. Para los sistemas convectivos y la precipitación en general, la incertidumbre en las parametrizaciones de microfísica se considera una de las fuentes más significativas de error en los modelos. Varios estudios también han demostrado que las simulaciones de transferencia radiativa en microondas (MW RT) (por ejemplo, Galligani et al., 2017; Kulie et al., 2010) y los retrievals de precipitación de la fase hielo (por ejemplo, Ekelund et al., 2020; Pfreundschuh et al., 2020; Geer, 2021) son extremadamente sensibles a las propiedades microfísicas del hielo como la forma y su densidad, que no están completamente determinadas por los esquemas microfísicos. Por lo tanto, muchas veces, se requieren realizar suposiciones que no son consistentes con la microfísica explícita de las parametrizaciones.

Este estudio, por lo tanto, se centra en explorar cómo las incertidumbres en la microfísica de los modelos se trasladan al espacio de radiancia (de microondas) utilizando el modelo de transferencia radiativa RTTOV (Saunders et al., 2018) para observaciones del radiómetro Microwave Humidity Sounder (MHS).

Para cumplir dichos objetivos, se evaluaron dos esquemas de microfísica diferentes del modelo Weather Research and Forecasting (WRF) para un caso extraído del periodo de Observación Intensa IOP #4 de la campaña de campo RELAMPAGO-CACTI (Nesbitt et al., 2021; Varble et al., 2021). Los esquemas de microfísica analizados incluyen el esquema de momento único WSM6 (Hong y Lim, 2006) y el esquema de Propiedades de Partículas Pronosticadas (P3, Morrison y Milbrandt, 2015; Milbrandt et al., 2021).

En dicho caso de estudio, cuatro radares Doppler de doble polarización observaron

simultáneamente una supercelda que produjo granizo. Se utilizaron dichas observaciones para analizar las diferencias en los campos modelados por las dos microfísicas.

Para evaluar el impacto de las incertidumbres de los esquemas de microfísica en el espacio de las radiancias, se analiza la sensibilidad de las temperaturas de brillo (Tbs) simuladas a diferentes formas de implementar de manera consistente las propiedades de dispersión de los hidrometeoros utilizando las base de datos de Liu (2008) con los esquemas de microfísica de interés (WRF-WSM6, WRF-P3) al modelo RTTOV.

Los resultados realizados hasta el momento con la microfísica WSM6 muestran una gran sensibilidad al enfoque de consistencia utilizado (ver **Figura 1**), con diferencias mayores al error que se utiliza en asimilación de datos como all-sky 'observation error' (Geer et al., 2024).

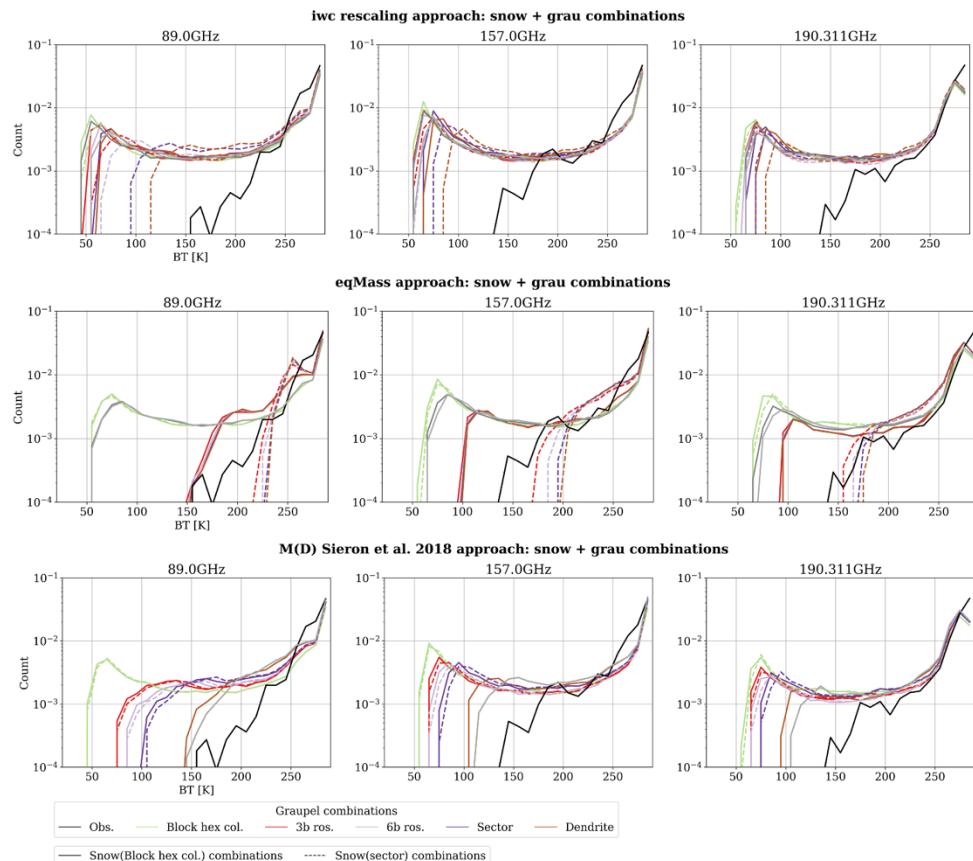


Figura 1: Histogramas de temperaturas de brillo (BT) observadas por MHS (línea sólida negra) y simuladas con RTTOV (10 de noviembre 2018 a las 20:30 UTC) provenientes de tres experimentos con diferentes enfoques de consistencia entre RTTOV y WRF-WSM6. Se utilizaron las propiedades de dispersión de Liu (2008) para modelar las propiedades de los hidrometeoros de 'graupel' y 'snow'. En esta figura se muestran las combinaciones de cinco especies diferentes de 'graupel' (Block hex. Col., 3b. ros, 6b. ros, sector y dendrite) para dos combinaciones diferentes de 'snow' (sector y dendrite).

Los resultados preliminares indican la importancia de explorar cual es la forma más adecuada de realizar simulaciones de transferencia radiativa consistentes con las parametrizaciones de microfísica. Se espera que el mismo ejercicio a realizarse con el esquema P3, el cual sí predice la densidad de hidrómetros, podría utilizarse para reducir las incertidumbres y permitir ajustar mejor el problema.

REFERENCIAS

- Ekelund, R., Eriksson, P., and Pfreundschuh, S.: Using passive and active observations at microwave and sub-millimetre wavelengths to constrain ice particle models, *Atmos. Meas. Tech.*, 13, 501–520, <https://doi.org/10.5194/amt-13-501-2020>, 2020.
- Galligani, V. S., Wang, D., Alvarez Imaz, M., Salio, P., and Prigent, C.: Analysis and evaluation of WRF microphysical schemes for deep moist convection over south-eastern South America (SESA) using microwave satellite observations and radiative transfer simulations, *Atmos. Meas. Tech.*, 10, 3627–3649, <https://doi.org/10.5194/amt-10-3627-2017>, 2017 .
- Geer AJ, Bauer P. Observation errors in all-sky data assimilation. *Q J R Meteorol Soc* 2011;137(661):2024–37. doi:[10.1002/qj.830](https://doi.org/10.1002/qj.830).
- Geer, A. J.: Physical characteristics of frozen hydrometeors inferred with parameter estimation, *Atmos. Meas. Tech.*, 14, 5369–5395, <https://doi.org/10.5194/amt-14-5369-2021>, 2021.
- Kulie, M. S., Bennartz, R., Greenwald, T. J., Chen, Y., and Weng, F.: Uncertainties in microwave properties of frozen precipitation: implications for remote sensing and data assimilation, *J. Atmos. Sci.*, 67, 3471–3487, <https://doi.org/10.1175/2010JAS3520.1>, 2010.
- Milbrandt, J. A., H. Morrison, D. T. Dawson II, and M. Paukert, 2021: A Triple-Moment Representation of Ice in the Predicted Particle Properties (P3) Microphysics Scheme. *J. Atmos. Sci.*, **78**, 439–458, <https://doi.org/10.1175/JAS-D-20-0084.1>.
- Morrison, H., and J. A. Milbrandt, 2015: Parameterization of Cloud Microphysics Based on the Prediction of Bulk Ice Particle Properties. Part I: Scheme Description and Idealized Tests. *J. Atmos. Sci.*, **72**, 287–311, <https://doi.org/10.1175/JAS-D-14-0065.1>.
- Nesbitt, S.W.; **Salio, P.**; **Bechis H.**; and coauthors (2021) A storm safari in Subtropical South America: Proyecto RELAMPAGO. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0029.1>
- Lim, K. S., and S. Hong, 2010: Development of an Effective Double-Moment Cloud Microphysics Scheme with Prognostic Cloud Condensation Nuclei (CCN) for Weather and Climate Models. *Mon. Wea. Rev.*, **138**, 1587–1612, <https://doi.org/10.1175/2009MWR2968.1>.
- Liu, Q., Weng, F., Han, Y., & Van Delst, P. (2008). Community radiative transfer model for scattering transfer and applications. *Igarss 2008 - 2008 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 4, 1193–1196. <https://doi.org/10.1109/igarss.2008.4779942>
- Pfreundschuh, S., Fox, S., Eriksson, P., Duncan, D., Buehler, S. A., Brath, M., Cotton, R., and Ewald, F.: Synergistic radar and sub-millimeter radiometer retrievals of ice hydrometeors in mid-latitude frontal cloud systems, *Atmos. Meas. Tech.*, 15, 677–699, <https://doi.org/10.5194/amt-15-677-2022>, 2022.
- Saunders R, Hocking J, Turner E, Rayer P, Rundle D, Brunel P, Vidot J, Roquet P, Matricardi M, Geer A, Bormann N, Lupu C. An update on the RTTOV fast radiative transfer model (currently at version 12). *Geosci Model Dev* 2018;11(7):2717–37. <https://doi.org/10.5194/gmd-11-2717-2018>.
- Varble, A. C., Nesbitt, S. W., **Salio, P.**, and coauthors (2021) Utilizing a Storm-Generating Hotspot to Study Convective Cloud Transitions: The CACTI Experiment, *Bull. Amer. Meteor. Soc.* <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0030.1>.

