

ESTUDIO DEL IMPACTO DE LOS AEROSOL EN EL ENTORNO PRE-CONVECTIVO EN LAS SIERRAS DE CÓRDOBA

Maite Cancelada¹, Paola Salio^{1,2,3}, Stephen Nesbitt⁴
maite.cancelada@cima.fcen.uba.ar

¹Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. Buenos Aires, Argentina.

²CONICET - Universidad de Buenos Aires. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA). Buenos Aires, Argentina.

³CNRS - IRD - CONICET - UBA. Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos (IRL 3351 IFAECI). Buenos Aires, Argentina.

⁴Department of Atmospheric Sciences, University of Illinois at Urbana-Champaign

Palabras clave: Aerosoles, Convección húmeda profunda, Sierras de Córdoba

INTRODUCCIÓN

Diversos y numerosos estudios han abordado el impacto de los aerosoles en la intensidad de la convección húmeda profunda asociado a posibles cambios en la liberación de calor latente debido a la presencia de una mayor concentración de núcleos de condensación de gotas (CCN, de las siglas en inglés de cloud condensation nuclei). Sin embargo, investigaciones recientes han mostrado que los aerosoles también pueden generar impactos en la inestabilidad termodinámica y en las condiciones dinámicas como la cortante vertical del viento (Saide y otros, 2016; Marinescu y otros, 2021) dando lugar a entornos pre-convectivos favorables para el desarrollo de convección más intensa.

La topografía de las Sierras de Córdoba se ha destacado en distintos trabajos por ser una región favorable para la iniciación de convección extrema (Mulholland y otros 2018, Cancelada y otros, 2020). Además, durante la campaña RELAMPAGO-CACTI se han detectado eventos de aumento de concentraciones de CCNs que motivan la exploración de posibles impactos en las condiciones iniciales en el desarrollo de la convección.

Este estudio busca entonces investigar mediante el uso de modelado numérico de alta resolución, el impacto de los aerosoles en las condiciones dinámicas y termodinámicas del entorno previo al desarrollo de la convección húmeda profunda y sus consecuencias en la intensidad de la convección.

METODOLOGÍA

Las simulaciones se realizaron con el modelo Weather Research and Forecasting con una resolución horizontal de 1,2 km utilizando la parametrización de microfísica conocida como Thompson Aerosol Aware (TAA) que resuelve explícitamente la activación de gotas de agua y cristales de hielo. Las condiciones iniciales y de borde fueron definidas a partir de los análisis horarios provistos por el modelo ERA-5. Los procesos de superficie y capa límite fueron representados con los esquemas NOAH-MP y Mellor-Yamada-Janjic respectivamente y para los procesos radiativos de onda corta y onda larga se consideró el esquema Rapid Radiative Transfer Model for GCMs (RRTMG). Se definieron once escenarios con distintas concentraciones de CCNs como fracciones de una climatología calculada a partir de simulaciones realizadas por Colarco y otros (2010). Además, se realizaron dos sets de experimentos, uno en que los esquemas TAA y RRTMG se encuentran acoplados y que implica que el radio efectivo de reflexión de una gota es calculado por el esquema de microfísica (denominado en adelante experimento RE) y otro en que se encuentran desacoplados

y el radio efectivo es estimado por la parametrización de la radiación sin considerar la distribución de tamaños de gotas dentro de la nubosidad (denominado en adelante experimento NORE).

La situación de estudio a simular corresponde al 25 de enero de 2019 donde se detectó un incremento marcado en las concentraciones de CCNs en Villa Yacanto de Calamuchita y donde se observó también a partir de las 17 UTC la iniciación de una supercelda sobre el terreno elevado de las Sierras de Córdoba. Las simulaciones fueron inicializadas a las 6 UTC de ese día por un total de 15 horas.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Ambos sets de simulaciones (RE y NORE) lograron reproducir el desarrollo de una supercelda con topes cercanos a los 18 kilómetros con iniciación en una región de convergencia del viento sobre la topografía en horas de la tarde, aunque no pudieron representar la longevidad del ciclo de vida de la celda observada en los radares meteorológicos.

Para el experimento RE, se estudiaron las diferencias en las condiciones iniciales en la región del desarrollo de la celda. Allí se encontró un feedback positivo entre la inestabilidad del entorno y la

concentración de CCNs asociado a menores temperaturas y mayor humedad en niveles bajos ante el aumento de aerosoles (Figura 1) que reducen la altura del nivel de condensación por ascenso y el nivel de libre convección aumentando el CAPE. Estas diferencias en las características del entorno en niveles bajos pueden ser explicadas por el transporte de aire relativamente más frío y húmedo desde el llano en los casos con mayor concentración de CCNs por la circulación de valle-montaña que se desarrolla entre la ladera de las sierras y las regiones más llanas.

Por su parte, la presencia de aire más frío y húmedo en la zona de la planicie al este de Villa Yacanto de Calamuchita, en el caso de un aumento de CCNs, se debe a la presencia de nubosidad baja durante las horas previas al desarrollo de la convección. Así como plantea el primer efecto indirecto de los aerosoles, una mayor concentración de CCNs resulta en nubosidad con mayor cantidad de gotas de menor tamaño, lo cual aumenta el albedo de la nube y reduce la energía de onda corta que llega a la superficie de la tierra. Al disminuir la energía absorbida por la superficie, disminuye el flujo de calor sensible que calienta el aire y por ende disminuye su temperatura. Además, otro resultado interesante, es que se ve afectada la intensidad de la circulación de valle-montaña modificando la ubicación de la convergencia sobre la ladera de las Sierras (Figura 2).

En este caso la celda mostró leves diferencias en su intensidad ante el aumento en las concentraciones de CCNs. Por un lado, se encontró un aumento de hasta un 15% en las velocidades máximas alcanzadas entre los escenarios con menor y mayor concentración de CCNs y se evidenció un retraso en la intensificación de las celdas ante el aumento de CCNs señales usualmente asociadas a la intensificación de la convección por cambios en la liberación de calor latente dentro de la nube convectiva.

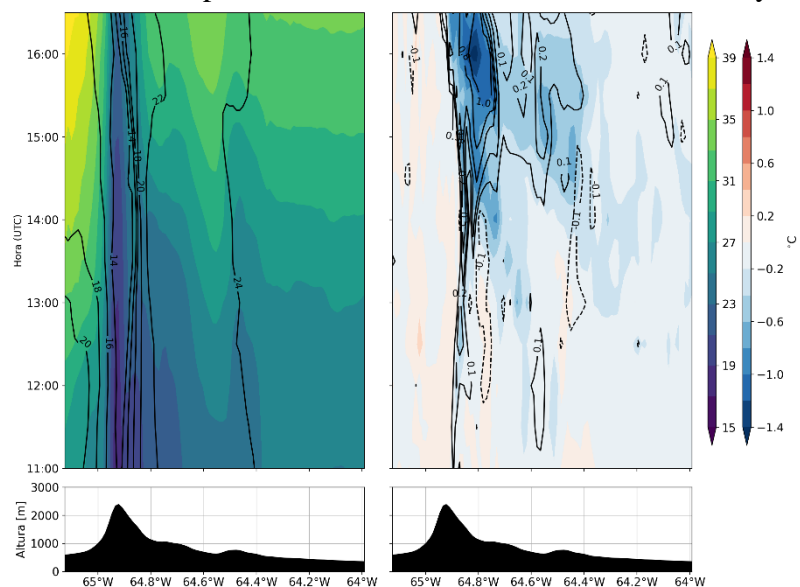


Figura 1: Diagrama de hovmoller mostrando la evolución de la temperatura (sombreado) y la temperatura de rocío (contornos) para el escenario más prístino y diagrama de hovmoller mostrando la evolución de la diferencia de temperatura y temperatura de rocío para la simulación con mayor concentración respecto al escenario más prístino.

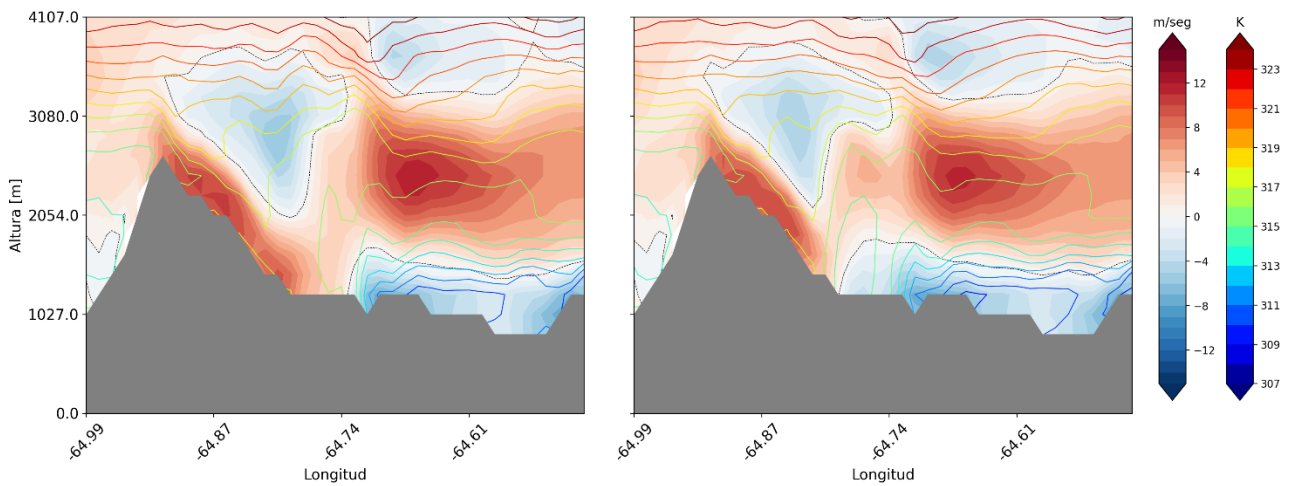


Figura 2: Corte vertical en 32°S de viento zonal (sombreado) y temperatura potencial (contornos) a las 15 UTC para distintas concentraciones de CCNs del experimento RE. En sombreado gris representa la topografía.

Por otra parte, se analizó el experimento NORE donde las parametrizaciones TAA y RRTGM se encuentran desacopladas. Al no considerarse el tamaño de las gotas calculado por el esquema de microfísica, las diferencias en el albedo ante el aumento de CCNs producido por la presencia de nubosidad baja se reducen, disminuyendo a su vez la diferencia en los entornos pre-convectivos para los distintos escenarios. En este caso, la celda no mostró aumentos en la velocidad vertical máxima, ni tampoco un retraso en el desarrollo de la convección.

Este trabajo mostró entonces que los aerosoles pueden tener un impacto tanto en las condiciones termodinámicas iniciales como en el mecanismo de iniciación de la convección en las Sierras de Córdoba. Por lo que pone en evidencia la importancia de resolver el efecto de los aerosoles en el entorno pre-convectivo previo al análisis del impacto en la liberación de calor latente dentro la nube convectiva.

REFERENCIAS

- Cancelada, M., Salio, P., Vila, D., Nesbitt, S. W., y Vidal, L., 2020:** Backward Adaptive Brightness Temperature Threshold Technique (BAB3T): A Methodology to Determine Extreme Convective Initiation Regions Using Satellite Infrared Imagery. *Remote Sensing*, 12(2):337.
- Colarco, P., Da Silva, A., Chin, M., y Diehl, T., 2010:** Online simulations of global aerosol distributions in the NASA GEOS-4 model and comparisons to satellite and ground-based aerosol optical depth. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 115(D14):14207.
- Marinescu, P. J., Van Den Heever, S. C., Heikenfeld, M., Barrett, A. I., Barthlott, C., Hoose, C., Fan, J., Fridlind, A. M., Matsui, T., Miltenberger, A. K., Stier, P., Vie, B., White, B. A., y Zhang, Y., 2021:** Impacts of Varying Concentrations of Cloud Condensation Nuclei on Deep Convective Cloud Updraft - A Multimodel Assessment. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 78(4):1147–1172.
- Mulholland, J. P., Nesbitt, S. W., Trapp, R. J., Rasmussen, K. L., y Salio, P. V., 2018:** Convective Storm Life Cycle and Environments near the Sierras de Córdoba, Argentina. *Monthly Weather Review*, 146(8):2541–2557.
- Saide, P. E., Thompson, G., Eidhammer, T., da Silva, A. M., Pierce, R. B., y Carmichael, G. R., 2016:** Assessment of biomass burning smoke influence on environmental conditions for multiyear tornado outbreaks by combining aerosol-aware microphysics and fire emission constraints. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121(17):294–10.