

# Estudio de sensibilidad del modelo WRF-ELEC empleando distintas parametrizaciones del mecanismo de electrificación no-inductivo.

Malena Contizanetti<sup>1,2</sup>, Rodrigo Bürgesser<sup>1,2</sup>, Juan Ruiz<sup>3,4</sup>, Melina Luque<sup>1,2</sup>  
[malena.contizanetti@mi.unc.edu.ar](mailto:malena.contizanetti@mi.unc.edu.ar)

<sup>1</sup> Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación (FaMAF-UNC)

<sup>2</sup> Instituto de Física Enrique Gaviola (IFEG-CONICET)

<sup>3</sup> Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN, UBA)

<sup>4</sup> Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CONICET-UBA)

**Palabras clave:** WRF-ELEC, Electrificación de nubes de tormenta, Mecanismo no-inductivo.

## 1) INTRODUCCIÓN

Haciendo uso del modelo WRF-ELEC (*Weather Research and Forecasting with the Electrification*), se simuló el desarrollo de una tormenta real empleando dos parametrizaciones diferentes del mecanismo de electrificación no-inductivo. Numerosos estudios de laboratorio han confirmado que las colisiones entre partículas de hielo de diferentes tamaños y eléctricamente neutras (granizos o *graupels* y cristales de hielo, donde los *graupels* son granizos de menor densidad) pueden producir separaciones de carga apreciables. Este proceso se conoce como mecanismo no inductivo y su principal ventaja es que no requiere de la presencia de un campo eléctrico externo para funcionar y en la actualidad es considerado el mecanismo de electrificación principal de las nubes de tormenta (Williams, 1989). Entre los trabajos experimentales del mecanismo no inductivo, destacamos el de Saunders et al (1991) quienes presentaron un diagrama de signos para el granizo en función de la temperatura y el contenido efectivo de agua líquida. Por otro lado, también destacamos el trabajo de Brooks et al (1997) quienes presentaron un nuevo diagrama de signos, pero en función de la temperatura y la tasa de acreción o RAR (por sus siglas en inglés de *Rime Accretion Rate*).

El dominio de simulación se centró en la Ciudad de Córdoba, con el fin de obtener resultados representativos de nuestra región. Luego, se analizó el desarrollo de la actividad eléctrica de una celda convectiva según cada parametrización y se llevaron a cabo comparaciones entre los distintos resultados obtenidos. Además, se analizaron las tasas de descargas según cada parametrización empleando la métrica FOD (*Flash Origin Density*) calculada en todo el dominio de simulación. Finalmente, se compararon los resultados obtenidos con la tasa de descargas eléctricas registradas por el sensor GLM (*Geostationary Lightning Mapper*) a bordo del satélite GOES-16. En los resultados, se evidencia que la actividad eléctrica de una celda convectiva depende de la parametrización elegida del mecanismo no-inductivo, pues se observan diferencias en la estructura eléctrica interna de la celda en cada caso. Sin embargo, si se analiza la actividad eléctrica en todo el dominio de simulación, no se observan diferencias significativas entre los resultados de ambas parametrizaciones.

## 2) METODOLOGÍA

La configuración y ejecución del modelo WRF-ELEC para un caso real consta de una serie de pasos a seguir de forma secuencial y ordenada. Inicialmente se requiere llevar a cabo un pre-procesamiento de los datos donde se configura el dominio, la fecha de inicio y fin de la simulación, entre otras acciones. Una vez realizado el pre-procesamiento, se procede a ejecutar el modelo WRF-ELEC. El modelo simula la actividad eléctrica a partir de parametrizaciones de los mecanismos de electrificación inductivo y no-inductivo. En particular, este modelo

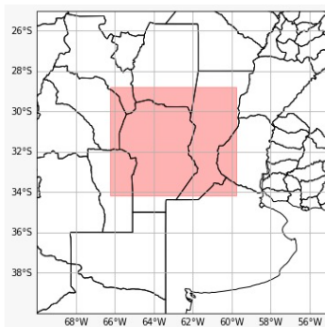


Figura 1: Dominio de simulación

posee una amplia lista de parametrizaciones del mecanismo no-inductivo y la posibilidad de elegir entre ellas. Finalizada la simulación, se obtienen los archivos de salida que contienen información acerca de diversas variables atmosféricas y eléctricas de interés. Con la intención de analizar las diferencias en la actividad eléctrica de las nubes de tormenta si se seleccionan distintas parametrizaciones del mecanismo no-inductivo, surge la necesidad de identificar y etiquetar cada celda convectiva presente en el dominio de simulación. Para ello, se empleó un algoritmo de tracking, el cual identifica aquellas regiones del dominio donde la componente vertical de la velocidad supera cierto umbral, en este caso, 17.5 m/s, durante un tiempo superior a 40 minutos. Luego, aplica una máscara 2-D la cual asigna el valor 1 a los puntos de la grilla horizontal que superan la velocidad umbral y 0 a los puntos restantes. De esta manera, se obtiene un arreglo de ceros y unos y, empleando una rutina de segmentación provista por el módulo *skimage.measure*, los puntos contiguos (en espacio y tiempo) con valor 1 son asignados a un mismo objeto y

etiquetados. Cada objeto equivale así a una celda convectiva. Luego, las propiedades microfísicas y eléctricas de cada celda son determinadas a partir de los valores en cada punto que la componen.

### 3) RESULTADOS

Como se mencionó anteriormente, los objetos encontrados por el algoritmo de tracking representan celdas convectivas individuales y resulta de interés analizar la evolución de la actividad eléctrica de cada celda. En este trabajo, se escogió una única celda para llevar a cabo tal estudio y se eligieron dos parametrizaciones del mecanismo de electrificación no-inductivo, la propuesta por Saunders et al. (1991), denominada de ahora en más S91 y, la propuesta por Brooks et al. (1997), B97 de ahora en adelante. La celda convectiva elegida es parte de una tormenta multicelular que se desarrolló el día 11 de diciembre de 2018 desde las 16:00 UTC hasta pasadas las 00:00 UTC del día siguiente según el modelo WRF-ELEC. La celda seleccionada tiene una vida de 112 minutos y su aparición es detectada a las 20:46 UTC. Con la intención de observar la distribución de cargas en el interior de la celda, se presentan cortes verticales realizados en el centroide de la celda en función de la altura y la latitud y a los 98 minutos de detectada la celda, distinguiendo los resultados según cada parametrización.

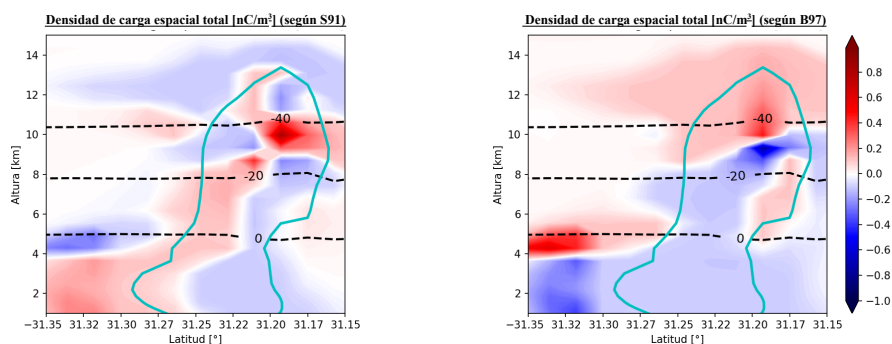


Figura 2: Densidad de carga espacial total a los 98 minutos luego de detectada la celda, según la parametrización S91 (panel izquierdo) y la parametrización B97 (panel derecho). Las regiones rojas representan cargas positivas y azules cargas negativas. Además, se muestran las isotermas de 0, -20 y -40°C. El contorno celeste delimita la zona donde la reflectividad es mayor a 30 dBz.

El panel derecho de la Figura 2 muestra los resultados para S91; se identificaron dos centros intensos de cargas positivas. Uno de los centros se ubicó en la región alta de la celda a una altura cercana a los 10 km y latitudes cercanas a los -31.20° para temperaturas frías (próximas a la isoterma de los -20°C). El segundo, se registró en la región baja de la nube y para temperaturas altas. Estas zonas de carga positiva, fueron rodeadas por zonas de cargas negativas de menor intensidad. Por otro lado, para B97 se reportó un comportamiento inverso al correspondiente a S91. Se observaron dos centros intensos de cargado negativo ubicados en la zona alta y baja de la nube, respectivamente. Para el instante de tiempo observado, son evidentes las diferencias en la distribución total de carga dependientes de la parametrización del mecanismo no-inductivo que se elija.

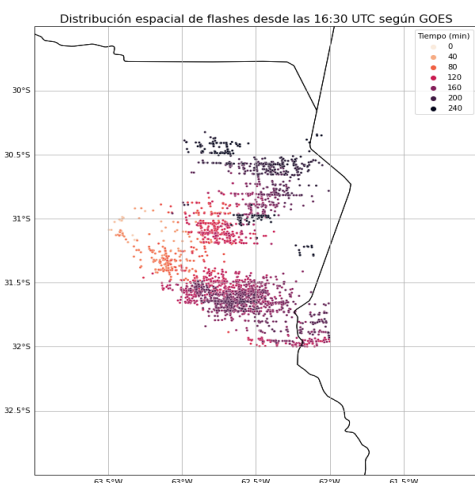


Figura 3: Flashes detectados por el sensor GLM del GOES-16. En escala de colores se indica el tiempo de detección de cada flash iniciando el conteo desde las 16:30 UTC.

El día 11 de diciembre del 2018 se registró una tormenta severa sobre el centro-este de la provincia de Córdoba, Argentina. Mediciones de la tasa de descargas eléctricas (o flashes) asociadas a este evento severo fueron registradas por el sensor GLM a bordo del satélite GOES 16. El evento severo inició a las 16:30 UTC, se incrementó rápidamente y cerca de las 20:30 UTC, se disipó (Borquez et al., 2020). La Figura 3 muestra los flashes identificados por el sensor GLM del GOES-16 entre las 16:30 y las 19:00 asociados al evento severo estudiado.

Con la intención de comparar la actividad eléctrica detectada por el sensor GLM del GOES-16 con la actividad eléctrica simulada por el WRF-ELEC, se presenta la Figura 4, donde la *flash origin density* (FOD) entre las 16:30 UTC y las 19:00 UTC es mostrada para ambas parametrizaciones del mecanismo de electrificación no-inductivo.

Primeramente, no se observan significativas diferencias entre ambas distribuciones. Es decir, más allá de todas las diferencias observadas en las variables eléctricas para una única celda convectiva; ambas parametrizaciones del mecanismo no-inductivo reproducen de manera casi idéntica la actividad eléctrica total del evento severo que simulan. Luego, haciendo foco en la tormenta ubicada en el centro de la Provincia de Córdoba, es posible ver que el modelo WRF-ELEC también reproduce el fenómeno de storm-splitting independientemente de la parametrización que se emplee y que este fenómeno se inicia antes de las 18:30 UTC (región lila). Además, se observa que el desplazamiento espacio-temporal de los centros de actividad eléctrica de dicha tormenta se corresponden con lo observado en la Figura 3.

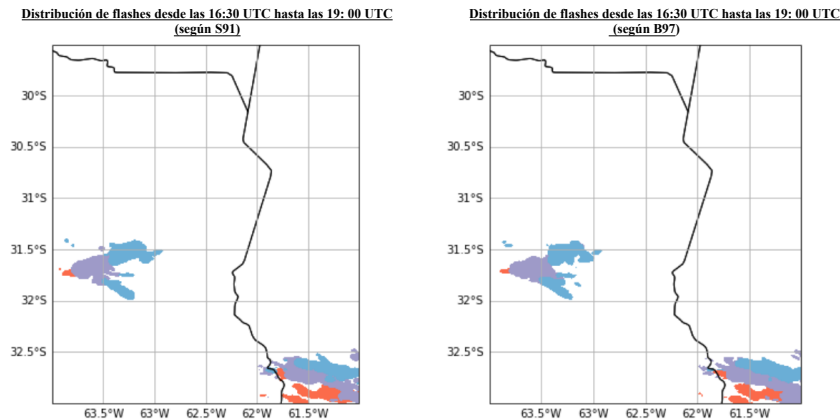


Figura 4: Flash origin density (FOD) simulada por el modelo WRF-ELEC en función de la latitud y longitud sobre el dominio estudiado. Se muestran las descargas acumuladas entre las 16:30 UTC y las 17:30 UTC (región naranja), entre las 17:30 UTC y las 18:30 UTC (región lila) y las 18:30 UTC y las 19:00 UTC (región azul). El panel izquierdo muestra la actividad según S91 mientras que el panel derecho, según B97.

#### 4) CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la densidades de carga eléctrica asociadas a cada hidrometeoro para una celda convectiva dependen de la parametrización elegida del mecanismo de electrificación no-inductivo. Sin embargo, a pesar de las diferencias mencionadas, cuando se analizó la actividad eléctrica en la totalidad del dominio de simulación, empleando la métrica FOD, no se encontraron diferencias significativas en los resultados de ambas parametrizaciones. El modelo WRF-ELEC además fue capaz de simular con destacada certeza la actividad eléctrica asociada al evento severo ocurrido ese día y registrado por el sensor GLM del GOES-16.

#### 5) REFERENCIAS

- Borque, P., Vidal, L., Rugna, M., Lang, T. J., Nicora, M. G., and Nesbitt, S. W. (2020):** Distinctive signals in 1-min observations of overshooting tops and lightning activity in a severe supercell thunderstorm. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 125, 20.
- Brooks, I., Saunders, C., Mitzeva, R., and Peck, S. (1997):** The effect on thunderstorm charging of the rate of rime accretion by graupel. *Atmospheric research*. 43, 3, 277–295.
- Saunders, C., Keith, W., and Mitzeva, R. (1991):** The effect of liquid water on thunderstorm charging. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 96, D6, 11007–11017.
- Williams, E. R. (1989):** The tripole structure of thunderstorms. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 94, (D11), 13151–13167.