

Mediciones de Carga eléctrica y Diámetro de las Gotas de Lluvia

Lucia Martínez¹, Rodolfo Pereyra¹, Eldo Ávila¹

luci.martinez.83@gmail.com

¹Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba,
Córdoba, IFEG-CONICET, Argentina

Palabras claves: Partículas de precipitación cargadas, Electrificación de Nubes,
Mecanismo no Inductivo.

1) INTRODUCCION

La información contenida en el tamaño, signo y magnitud de las cargas individuales de hidrometeoros es fundamental para analizar los procesos microfísicos involucrados en el mecanismo de separación de carga, así como para estudiar la estructura eléctrica de las tormentas y su evolución temporal. En este trabajo, se realizaron mediciones del diámetro (D) y carga eléctrica (Q) de las partículas de precipitación. El D de las partículas se obtiene a partir de mediciones de la velocidad terminal de caída. Se presentan series de tiempo de Q y D de gotas de lluvia individuales de una tormenta en Córdoba, Argentina. Finalmente, con esta información se analizó la correlación entre Q y D para gotas de lluvia cargadas positiva y negativamente. El instrumento de medición utilizado fue el mismo que en (Martínez, 2021).

2) MEDICIONES

La tormenta en cuestión ocurrió el 17 de marzo de 2022 en la Ciudad de Córdoba, Argentina. La misma se desarrolló durante 5 horas y media aproximadamente, iniciando a las 02:06 hs (05:06 UTC) y finalizando a las 07:36 hs (10:36 UTC) consiguiéndose una medición de 15944 gotas cargadas. Con el fin de estudiar el comportamiento temporal de la tormenta, en la figura 1 se muestra la distribución de Q en función del tiempo. En la misma puede observarse una constante mezcla de signos de las cargas.

Por otro lado, en las figuras 2 y 3 se muestran los histogramas de las Q y D, respectivamente. Se puede ver en la fig. 2 que las Q obtenidas se encuentran dentro del rango [-57,70.9] pC, evidenciando un buen balance en el número de gotas positivas (8375) y gotas negativas (7569). Se puede observar que la mayoría de las gotas tienen cargas dentro del rango [-10,10] pC (91 % del total). Es interesante ver la simetría del gráfico alrededor de 0 pC.

En cuanto al Histograma de D presentado en la figura 3 tenemos que el rango de valores encontrados va entre 0,2 mm y 4 mm aproximadamente, siendo que para diámetros entre 0,5 y 1,5 mm tenemos el 80 % de los mismos mientras que para $D < 0,5$ mm se obtuvo solo el 8% y para $d > 1,5$ mm el 12% de las gotas. El diámetro promedio a lo largo de la tormenta fue de 1,3 mm.

Una posible correlación entre D y Q fue analizada. Para esto, las cargas positivas y negativas fueron agrupadas separadamente en intervalos de 0,5 mm y asignándole sus respectivas cargas promedios (\bar{Q}); de la misma forma se asignó los diámetros promedios (\bar{D}). La figura 4 muestra la relación entre \bar{Q} y \bar{D} con sus respectivos ajustes lineales. Evidenciando una clara relación directa entre las magnitudes de ambas variables. Este comportamiento es similar tanto para gotas positivas como negativas. En cuanto a las pendientes obtenidas de los ajustes obtenemos $(1,9 \pm 0,4)$ pC/mm tanto

para positivas como negativas. Cabe destacar la gran similitud entre ambos comportamientos de las curvas.

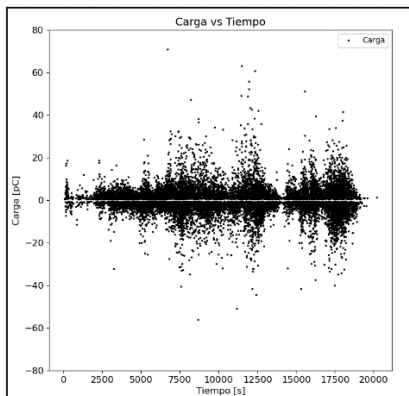


Fig.1: Distribución temporal de la carga eléctrica medida en las gotas.

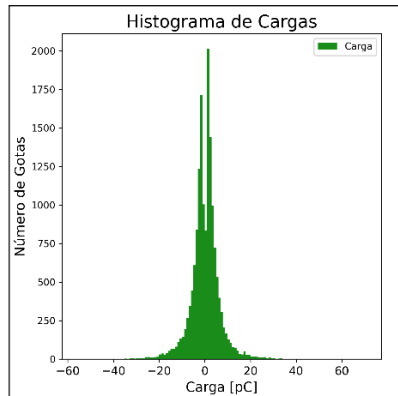


Fig.2: Histograma de las cargas Medidas.

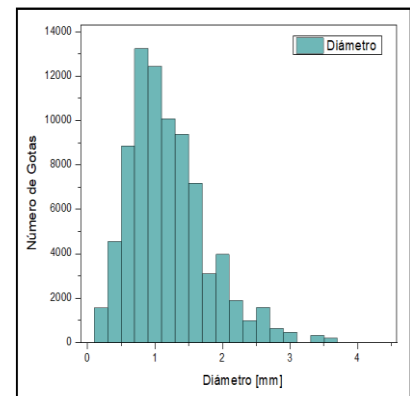


Fig.3: Histograma de diámetros.

En la figura 5 se muestra una imagen satelital del tope nuboso y su temperatura de brillo(Tb) sobre Córdoba y sus alrededores, a las 2:40 hs (5:40 UTC) cuando la lluvia se estaba desarrollando en el lugar de medición y se producía el mínimo de Tb. Por otro lado, tenemos la figura 6 que nos muestra la Tb exacta en el lugar de medición (FaMAF-UNC, Córdoba Argentina) en función del tiempo dado en UTC. Los círculos rojos marcan aproximadamente los horarios de que comienza y finaliza la tormenta. Se puede observar como en la hora previa al comienzo de la lluvia la nube iba ascendiendo hasta llegar a una Tb de $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$ cuando comienzan a caer las primeras gotas cargadas, pero este no va ser el mínimo alcanzado por la nube, sino que esta sigue ascendiendo un poco más hasta alcanzar el mínimo de Tb de $-56\text{ }^{\circ}\text{C}$ a las 05:40 UCT (2:40 hs). De ahí en más la nube se va disipando muy lentamente aumentando la Tb hasta el final de la tormenta alcanzando una Tb de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a las 10:30 UTC.

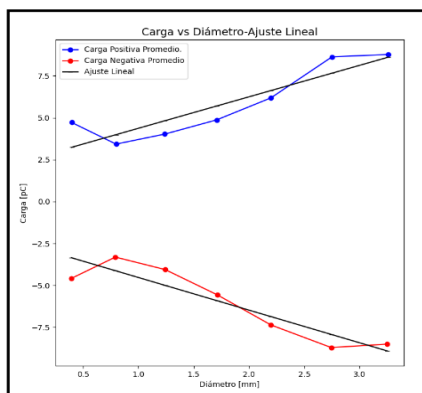


Fig.4:Carga vs Diámetro. Ajuste Lineal.

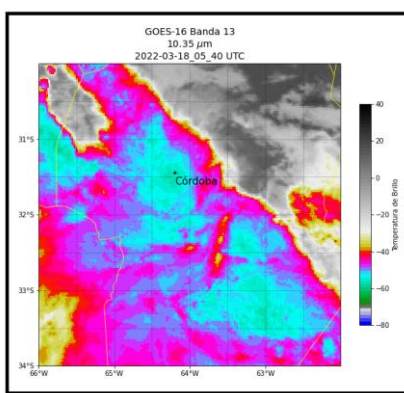


Fig.5:Imagen Satelital Cba. Tope Nuboso.

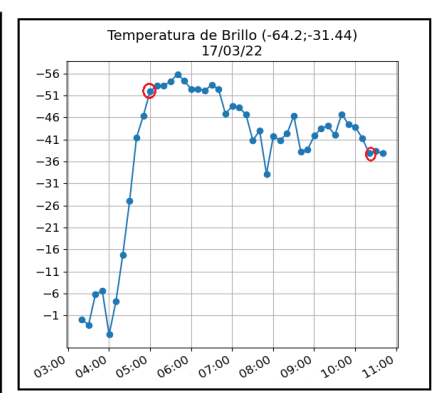


Fig.6: Temperatura de Brillo.

En la figura 7 se presenta la sumatoria de Q positiva y negativa ($\sum Q_+$, $\sum Q_-$) obtenida en intervalos de 30 minutos. Dado que la $\sum Q_{\pm} = \bar{Q}_{\pm} \cdot N_{\pm}$ en cada intervalo, las posibles variaciones de las sumatorias de cargas pueden deberse a variaciones de la \bar{Q}_{\pm} y/o de N_{\pm} . Analizar esta dependencia

nos habla en cierto modo de la eficiencia de los distintos métodos de cargado de cada signo. Para ello, en las figura 8 y 9 graficamos en función del tiempo \bar{Q}_{\pm} y N_{\pm} respectivamente.

Haciendo un análisis de lo observado en las figuras 7, 8 y 9, se puede encontrar una mayor correlación entre las variaciones de $\sum Q_{\pm}$ y las variaciones de N_{\pm} que entre las variaciones de $\sum Q_{\pm}$ y \bar{Q}_{\pm} . Por ejemplo, en los primeros ~ 7000 segundos, ocurre siempre que $\sum Q_{+} > \sum Q_{-}$ y $N_{+} > N_{-}$, mientras que en el mismo intervalo, se observa que algunas veces $\bar{Q}_{+} > \bar{Q}_{-}$ y otras veces $\bar{Q}_{+} < \bar{Q}_{-}$. Por lo tanto se puede deducir que las variaciones de las sumatorias de las cargas, para esta tormenta, dependen principalmente de las variaciones del número de cargas.

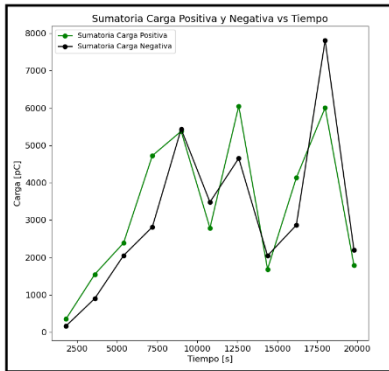


Fig.7: Sumatoria de Cargas Positivas y Negativas

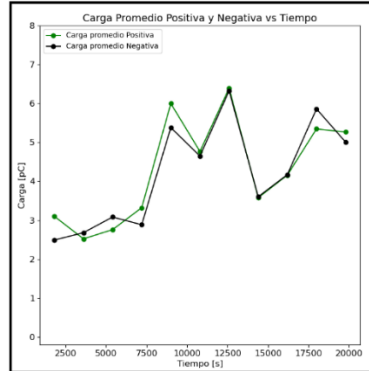


Fig.8: Carga promedio Positivas y Negativas

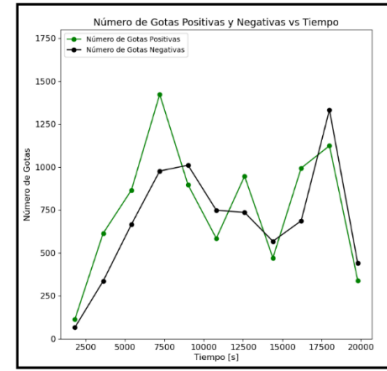


Fig.9: Número de gotas Positivas y Negativas

3) CONCLUSIONES

Presentamos una nueva serie de mediciones en las que se determinó el tamaño y las cargas eléctricas transportadas por las partículas de precipitación para una tormenta. Las mediciones muestran hidrometeoros cargados de ambos signos todo el tiempo y se detectaron principalmente magnitudes de carga superiores a 1 pC con su mayoría dentro del intervalo $[-10,10]$ pC. La mayor cantidad de gotas de lluvia cargadas tienen tamaños en el rango de 1-2 mm. Por otra parte, se observó una distribución de carga similar entre los signos. Por último, se encontró una correlación entre los tamaños y las cargas que llevan las gotas de lluvia. Este resultado es consistente con el Mecanismo No Inductivo de Electrificación de Nubes de Tormenta, ya que se espera que las partículas más grandes tengan una mayor frecuencia de colisión con los cristales de hielo y, por tanto, deberían adquirir mayor magnitud de carga. Así mismo, es importante continuar con este tipo de análisis sobre un número mayor de tormentas para intentar obtener comportamientos y conclusiones generales de las mismas.

REFERENCIAS

- L.B.Martinez (2021):** *Estudio de gotas de lluvia cargadas y su relación con la estructura eléctrica de las tormentas*, Tesis de Licenciatura- FaMAF-UNC
- Pruppacher & Klett (1997):** *Microphysics of Clouds and Precipitation*, Kluwer Academic Publishers.