

¿LAS TORRES ALTAS ATRAEN MÁS RAYOS? ANÁLISIS PRELIMINAR A ESCALA GLOBAL

Lucía Pini^{1,2,3}, Daiana M. Baissac^{1,3}, M. Gabriela Nicora^{1,2,3,4}
lpini@citedef.gob.ar. Autora correspondiente.

¹Centro de Investigaciones en Láseres y sus Aplicaciones, Unidad de Investigación y Desarrollo Estratégico para la Defensa, CONICET. Villa Martelli, Argentina.

²Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (UNLP), La Plata, Argentina.

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

⁴Departamento en Láseres y Aplicaciones, CITEDEF. Villa Martelli, Argentina.

Palabras clave: Descargas Eléctricas, Estructuras Altas, WWLLN

1) INTRODUCCIÓN

El aumento en la construcción de estructuras altas a nivel global, como torres de telecomunicaciones, edificios y aerogeneradores, ha despertado interés en conocer su posible influencia en la ocurrencia de descargas eléctricas del entorno. Diversos estudios han demostrado que estas estructuras presentan una mayor incidencia de descargas respecto a construcciones de menor altura, lo que se atribuye principalmente a la intensificación del campo eléctrico en su punta, favoreciendo la generación de descargas ascendentes inducidas por el propio objeto (Shindo, 2018). Este fenómeno predomina en estructuras superiores a 100 metros (Smorgonskiy et al., 2011).

Sin embargo, se ha observado variabilidad entre distintas estructuras alrededor del mundo en cuanto a la proporción de descargas ascendentes, el modo en que se generan y su comportamiento estacional (Diendorfer et al., 2011; Warner et al., 2012; Guimaraes et al., 2014). Factores como la altura estructural, ubicación y las condiciones meteorológicas de la región podrían tener una importante influencia en el fenómeno (Shindo, 2018).

En este trabajo se analizan datos de descargas eléctricas provistos por la red de detección global *World Wide Lightning Location Network* (WWLLN), alrededor de distintas estructuras altas del mundo entre 2012 y 2023, con el objetivo de evaluar si es posible observar una mayor densidad de descargas eléctricas en las proximidades de cada estructura.

2) METODOLOGÍA

Se analizaron las descargas eléctricas detectadas entre 2012 y 2023 en las proximidades de 41 estructuras altas distribuidas alrededor del mundo (Figura 1). Los datos provienen de la WWLLN (<http://wwlln.net/>), una red global de detección terrestre de descargas eléctricas que utiliza receptores de ondas de radio de muy baja frecuencia (VLF). Las estructuras seleccionadas corresponden a casos previamente estudiados en la literatura o se encuentran entre las torres de telecomunicaciones, observación o edificios más altos del mundo. Sus alturas oscilan entre aproximadamente 100 y 630 metros, incluyendo algunas menores a 100 metros que, al estar ubicadas en terrenos montañosos, presentan alturas efectivas significativamente mayores. Este último concepto se define en función de la altura de la estructura y la altitud del terreno donde está ubicada.

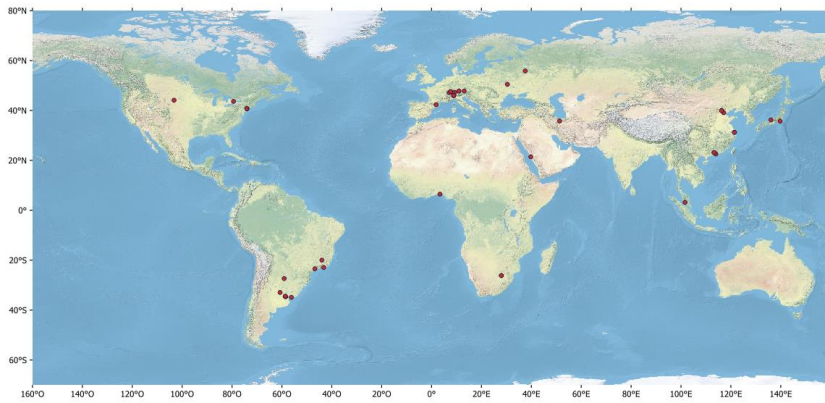


Figura 1: Ubicación de las 41 estructuras analizadas.

El análisis se realizó sobre dos regiones concéntricas: una región circular interna de 2 km de radio, que incluye todas las descargas potencialmente asociadas a la estructura; y una región anular externa entre 2 y 10 km, considerada libre de su influencia.

Se calculó la densidad de descargas (en flashes $\text{km}^{-2} \text{año}^{-1}$) en ambas regiones, dividiendo el número de eventos detectados por el área correspondiente y la duración del período analizado. Por último, se calculó el cociente D_I/N_g , donde D_I representa la densidad en la región interna y N_g en la externa, con el fin de comparar la diferencia relativa de densidades entre las distintas estructuras.

3) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del cálculo de densidad de descargas para las regiones interna (D_I) y externa (N_g) se presentan en la Figura 2. Para 40 de las 41 estructuras analizadas, ambos valores varían entre aproximadamente 0.2 y 4 flashes $\text{km}^{-2} \text{año}^{-1}$. La única excepción se asocia a la torre Kuala Lumpur (Malasia), que presenta densidades superiores a 20 flashes $\text{km}^{-2} \text{año}^{-1}$, debido a que está ubicada en una de las regiones con mayor actividad eléctrica del planeta (ver Figura 2 en (Kaplan & Lau, 2022)). La línea punteada indica la igualdad entre D_I y N_g ; los puntos situados por encima de dicha línea corresponden a estructuras donde la densidad interna supera a la externa, lo cual se observa en 32 casos.

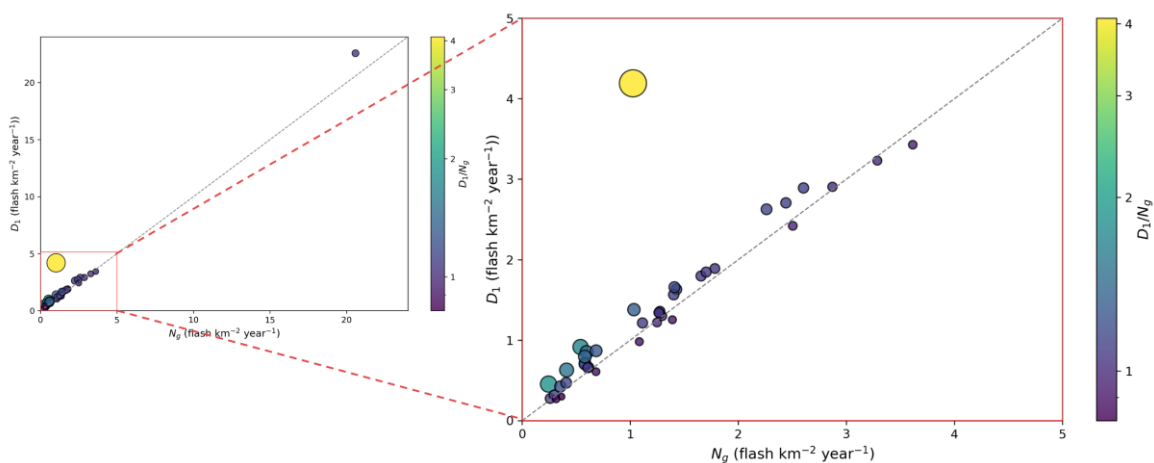


Figura 2: Densidad de descargas eléctricas en la región interna (D_I) y externa (N_g) para cada estructura. Los colores y tamaños de los puntos están definidos según D_I/N_g

El cociente D_I/N_g en general se mantiene cercano a la recta $D_I = N_g$, con valores que oscilan entre 0.82 y 1.86 en todos los casos excepto uno, como también se ilustra en la Figura 2. En

la misma, el tamaño y color de los puntos representan el valor de este cociente. Para estructuras situadas en regiones de baja densidad de descargas, el cociente tiende a ser mayor en comparación a aquellas ubicadas en regiones de alta densidad. El valor máximo y atípico corresponde a la torre Säntis, en Suiza (punto amarillo), con una diferencia particularmente marcada entre ambas regiones ($D_I/N_g = 4.09$), lo que la convierte en un caso interesante para estudios más detallados.

5) CONCLUSIONES

Se analizó la actividad eléctrica en las cercanías de 41 estructuras altas distribuidas en todo el mundo durante el período 2012–2023, utilizando datos de la red global WWLLN. El objetivo fue evaluar la capacidad de esta red para detectar diferencias en la densidad de descargas eléctricas entre una región próxima a la estructura y su entorno más alejado.

Los resultados mostraron que en 32 de las 41 estructuras analizadas, la densidad interna superó a la externa, demostrando la utilidad de la WWLLN para este tipo de análisis. Como trabajo a futuro, se propone identificar patrones o características que expliquen las condiciones bajo las cuales estas diferencias de densidad se manifiestan con mayor claridad, en relación a distintas variables como la altura efectiva, actividad eléctrica de la región y proximidad a otras estructuras elevadas.

Agradecimientos: Los autores desean agradecer a la WWLLN, una colaboración de alrededor de 50 universidades e instituciones, por proveer la localización de las descargas eléctricas utilizadas en este trabajo, así como a IRL 3351IFAECI y UNIDEF (MINDEF-CONICET) por brindar las condiciones y el apoyo necesario para el desarrollo de este trabajo.

REFERENCIAS

- Diendorfer, G., Zhou, H., Pichler, H., & Thottappillil, R. (2011).** Review of upward positive and bipolar lightning flashes at the Gaisberg Tower. *2011 7th Asia-Pacific International Conference on Lightning*, 263–267. <https://doi.org/10.1109/APL.2011.6110121>
- Guimaraes, M., Ramos, P., Sobreiro, R., & Visacro, S. (2014).** Lightning Measurements at Morro do Cachimbo Station: New results. *2014 International Conference on Lightning Protection (ICLP)*, 1695–1700. <https://doi.org/10.1109/ICLP.2014.6973401>
- Kaplan, J. O., & Lau, K. H.-K. (2022).** World Wide Lightning Location Network (WWLLN) Global Lightning Climatology (WGLC) and time series, 2022 update. *Earth System Science Data*, 14(12), 5665–5670. <https://doi.org/10.5194/essd-14-5665-2022>
- Shindo, T. (2018).** Lightning striking characteristics to tall structures. *IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 13(7), 938–947. <https://doi.org/10.1002/tee.22649>
- Smorgonskiy, A., Rachidi, F., Rubinstein, M., Diendorfer, G., Schulz, W., & Korovkin, N. (2011).** A new method for the estimation of the number of upward flashes from tall structures. *2011 International Symposium on Lightning Protection*, 97–100. <https://doi.org/10.1109/SIPDA.2011.6088466>
- Warner, T. A., Cummins, K. L., & Orville, R. E. (2012).** Upward lightning observations from towers in Rapid City, South Dakota and comparison with National Lightning Detection Network data, 2004–2010. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117(D19). <https://doi.org/10.1029/2012JD018346>