



# **Deciphering the storm, Piritakua as lightning tracker**

**Antonio Galván - IF UNAM**

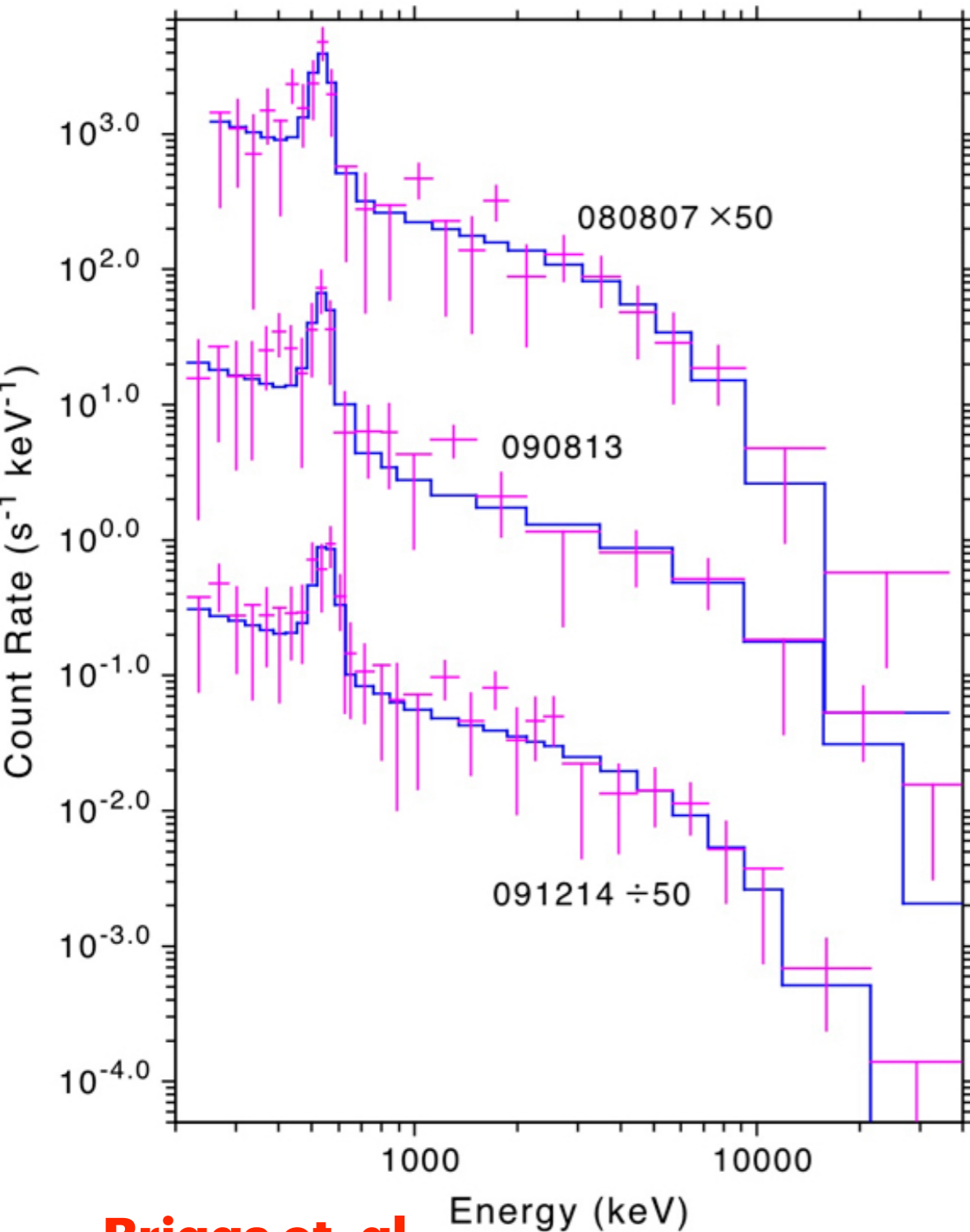
**En representación de; Hermes León, Andrés Sandoval, Adiv Gonzales,  
Maira Pérez, Rodrigo Gutierrez, Jesús Martínez. La colaboración Piritakua.**

**Reunión Anual de la división de la División de Partículas y Campos, 2026.**

# Anomalías en la atmosfera



## Charla de Hermes



Terrestrial Gamma-Ray Flash (TGF)

Emisión gamma ( $E_\gamma \gtrsim 10 \text{ KeV}$ )

detectada por CGRO-BATSE

Eventos transientes ( $\sim 10^{-3} - 10^{-2} \text{ s}$ )

Emisión bremsstrahlung producida por la interacción entre partículas de la atmósfera y electrones acelerados en campos eléctricos presentes en las nubes de tormentas

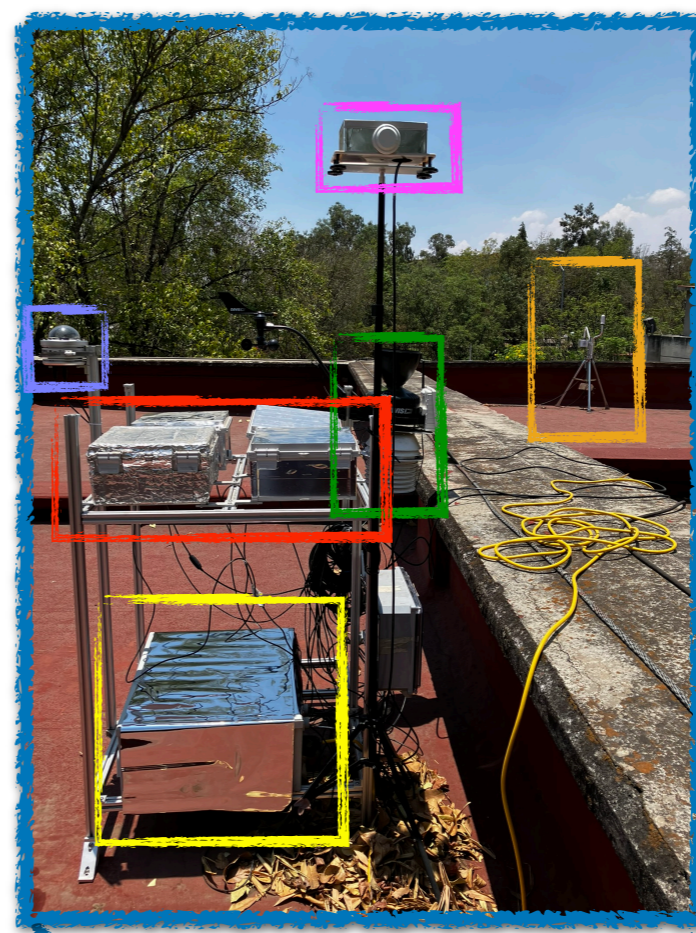
Emisión extendida ( $\lesssim 10 \text{ s}$ ) detectada en el golfo de México en huracanes ( $E_\gamma \sim 100 \text{ KeV} - 5 \text{ MeV}$ ).

**Briggs et. al.  
2011**

# Piritakua (*relámpago en Purépecha*)

- Estación meteorológica Davis Vantage Pro2.
- Monitor de campo eléctrico, kit de detección ERL-10 de Boltek.
- Cámara de amplio campo de visión  $2\pi$  sr, desarrollada para la captura de imágenes astronómicas profesionales
- Magnetómetro triaxial Sensys.
- Detector de partículas secundarias con plástico centelleante basado en el *Cosmic Watch* desarrollado por el MIT.
- Computadora central.

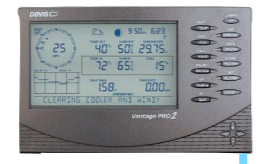
**Inicios de 2025**



# Piritakua

## Estación metereológica Davis

Los datos se transmiten al monitor y son recopilados por un tercero. Se almacenan en una base de datos.



## Resolución temporal

- Dirección/Velocidad de Viento: 2.5 s
- Tasa de precipitación: 20 s
- Temperatura: 10 s
- Presión barometrica: 60 s
- Humedad: 60 s

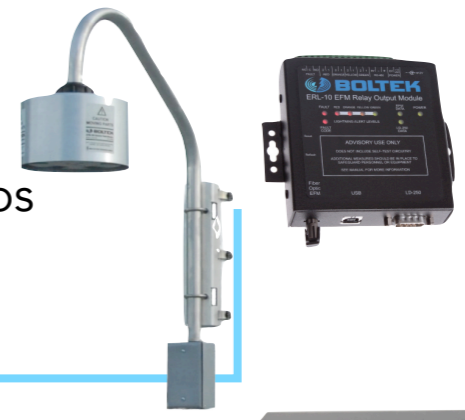
## Magnetómetro Sensys

Se utiliza un magnetómetro triaxial para medir el campo magnético. Conexión y funcionamiento del software de aplicación SENSYS. Los datos se registran cada  $10^{-3}$  segundos.



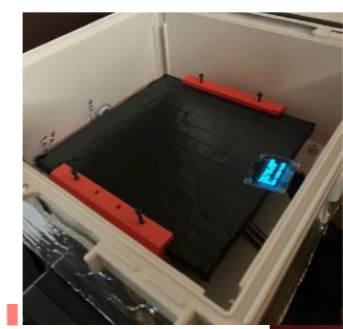
## Mill EFM100

Monitor de campo eléctrico. Los datos se registran (cada 0.02 segundos).



## Antena - LD350

La antena monitorea los impactos de rayos. Los datos de la antena se almacenan durante 0.02 s. Detecta eventos a una distancia de hasta 480 km.



## Plastico Centelleador (Cosmic Watch)

Un "trozo" de plástico de 20 x 20 cm<sup>2</sup> que detecta la tasa de partículas secundarias de las lluvias de aire.

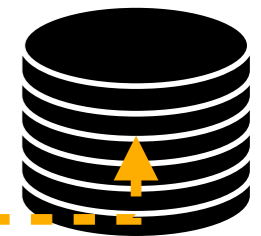
20 módulos de «cosmic watch» en total.

Un intervalo de tiempo del orden de s.

Simbología

- Third-party software
- - - Software propio

Servidor

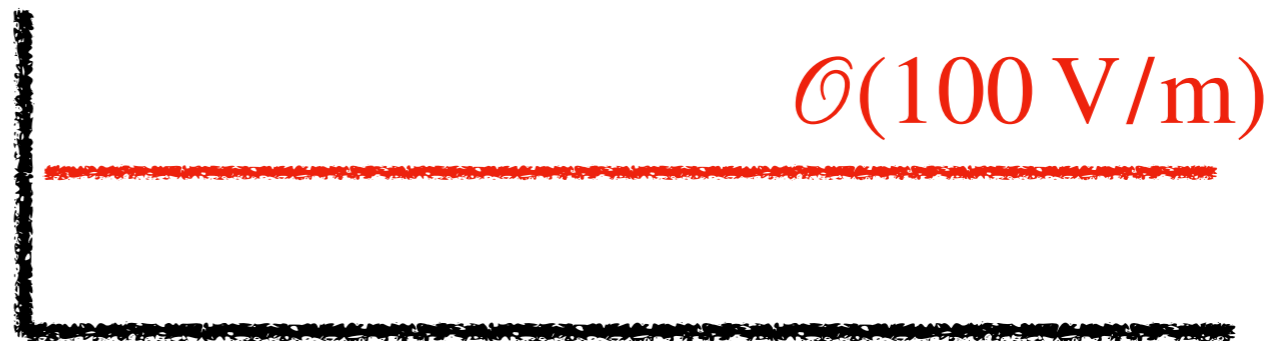


# Electric Field (on Earth)

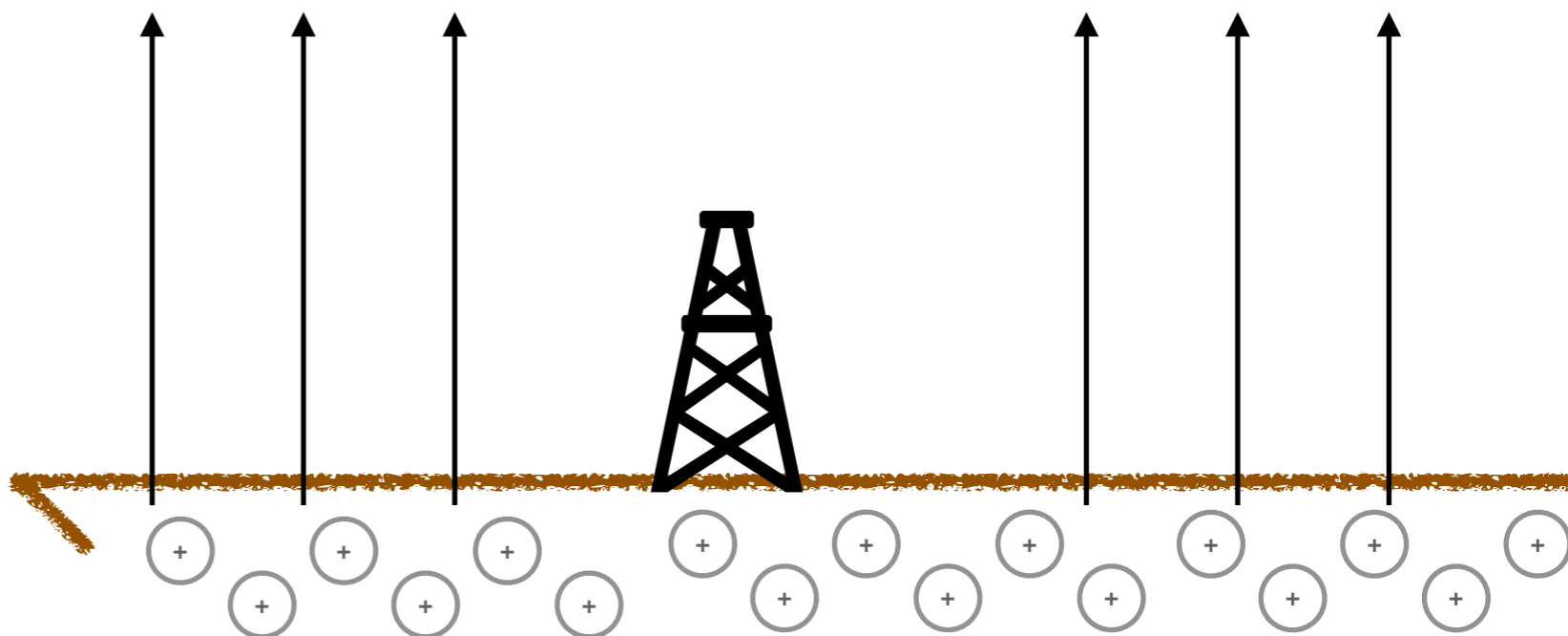
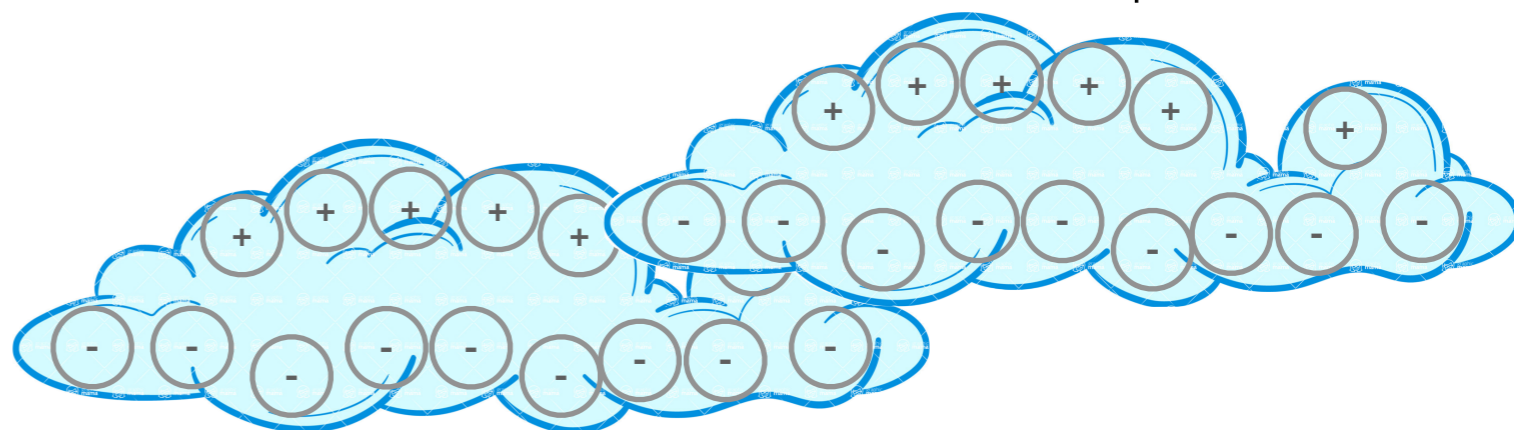
El campo eléctrico se produce como resultado de una diferencia de potencial eléctrico.

El campo eléctrico en la superficie de la Tierra es de aproximadamente  $\sim 100 \text{ V/m}$

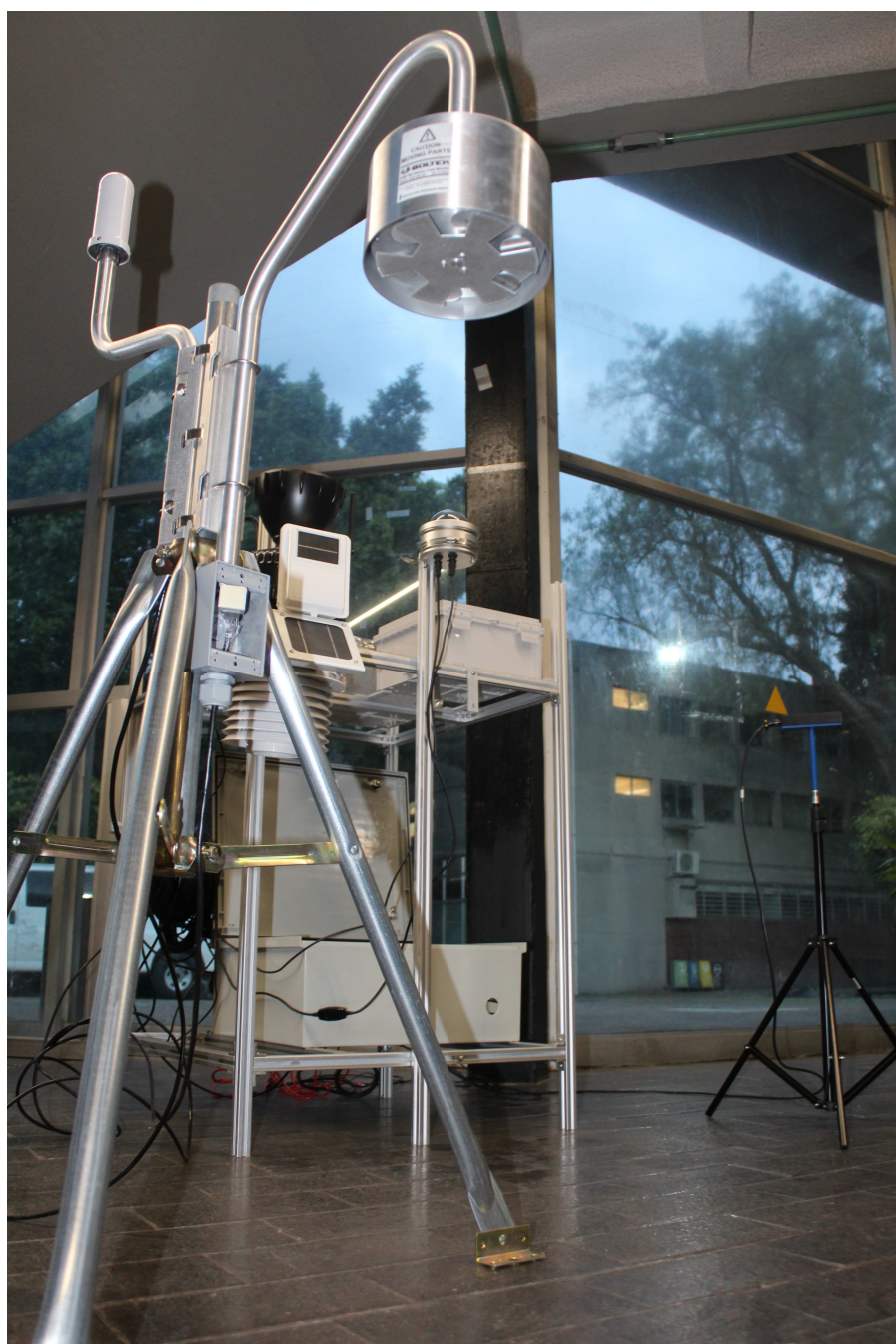
Campo eléctrico



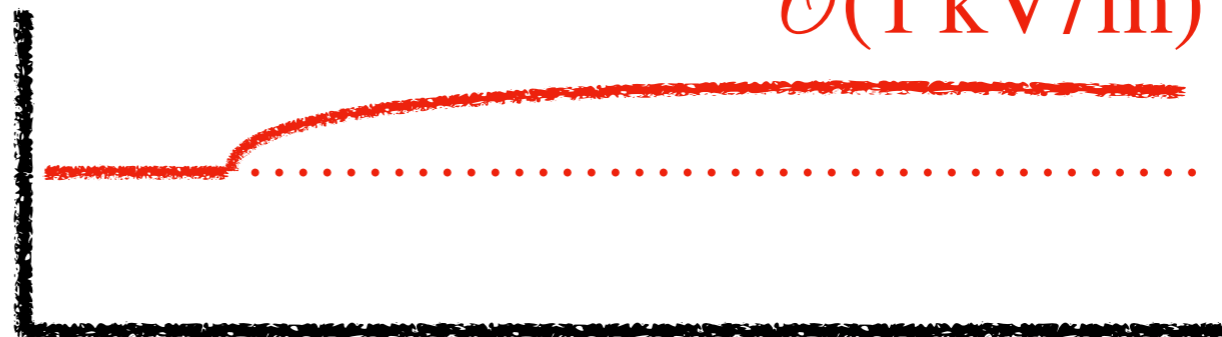
Tiempo



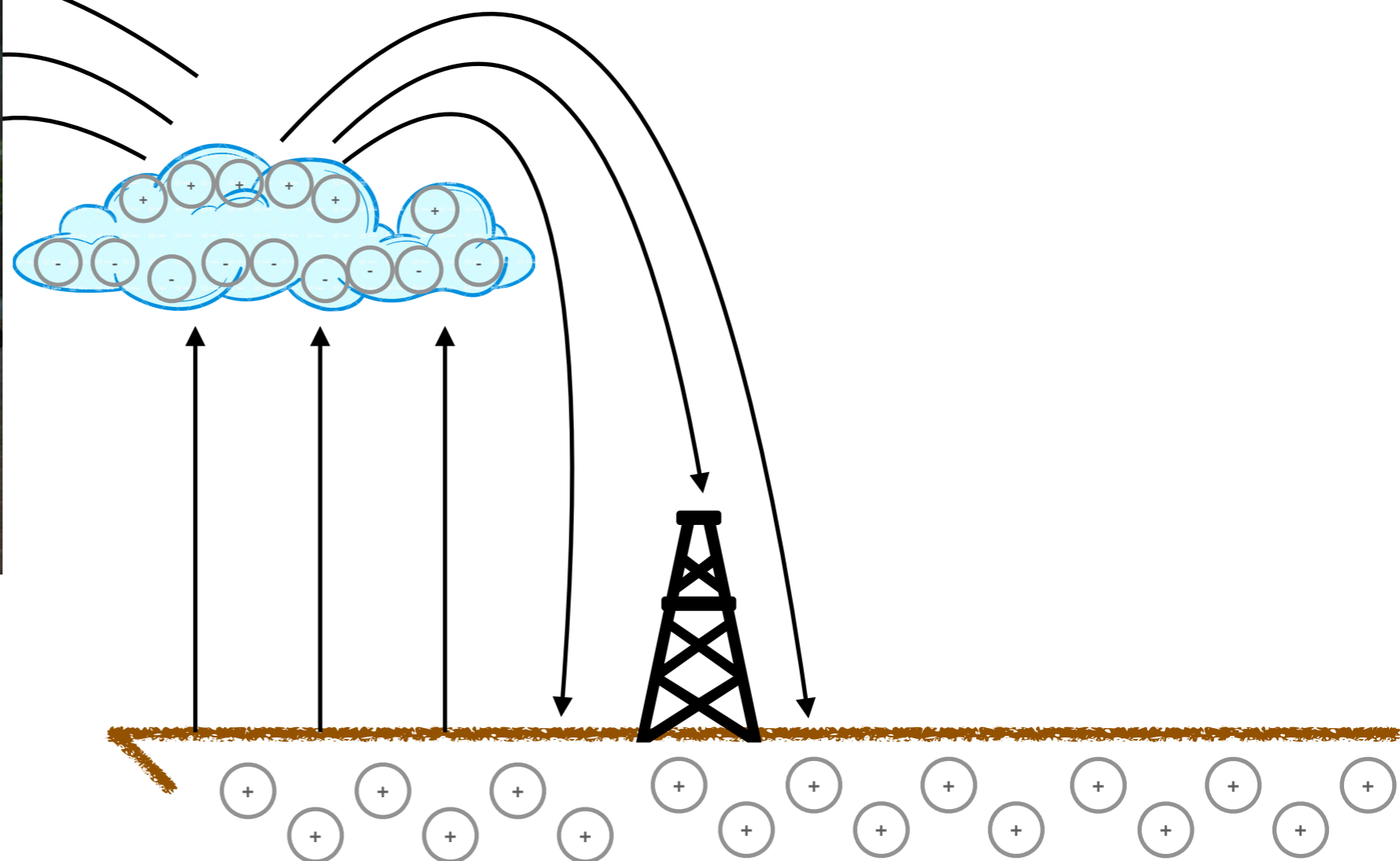
# Electric Field Monitor



Campo eléctrico

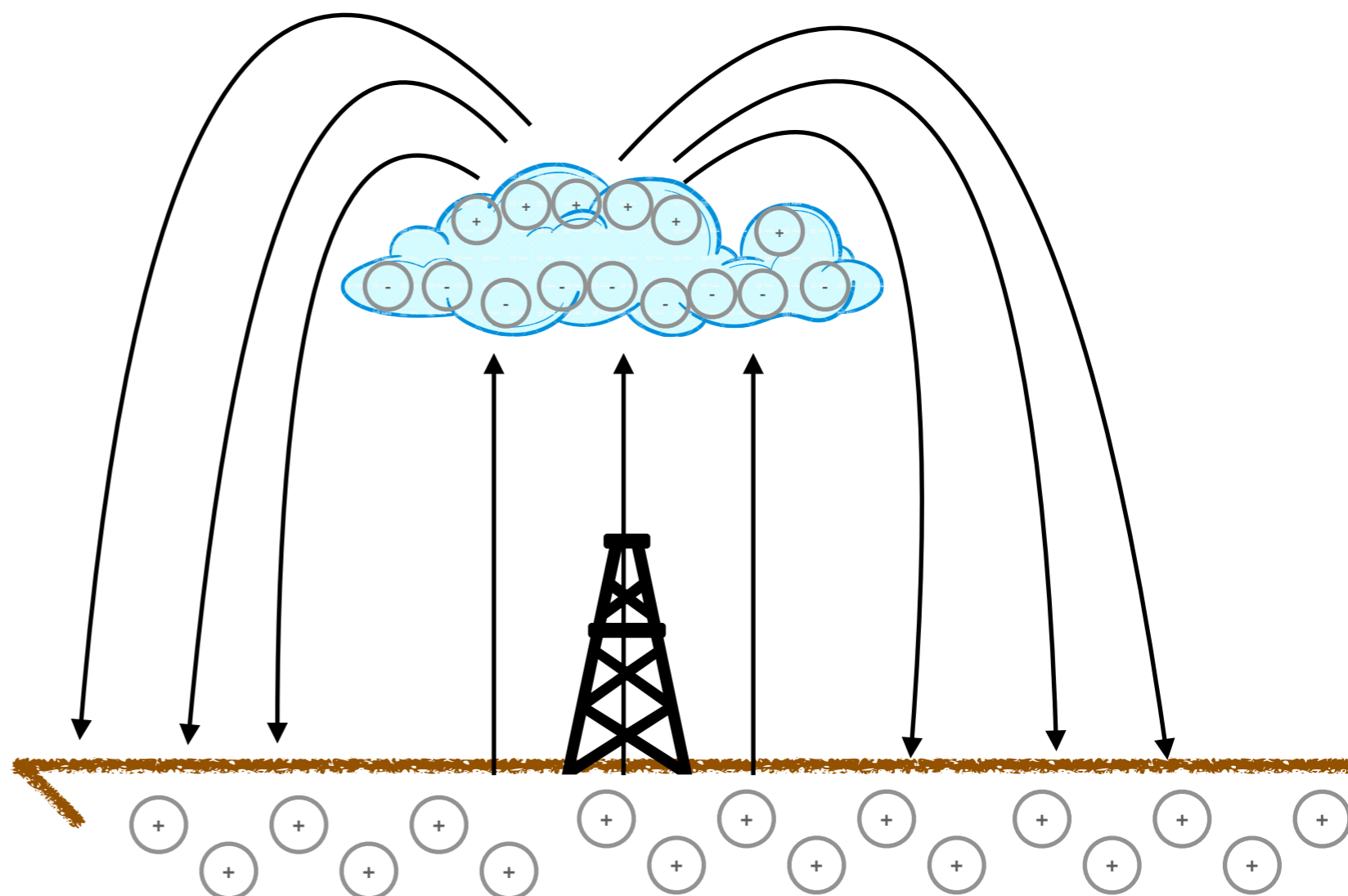
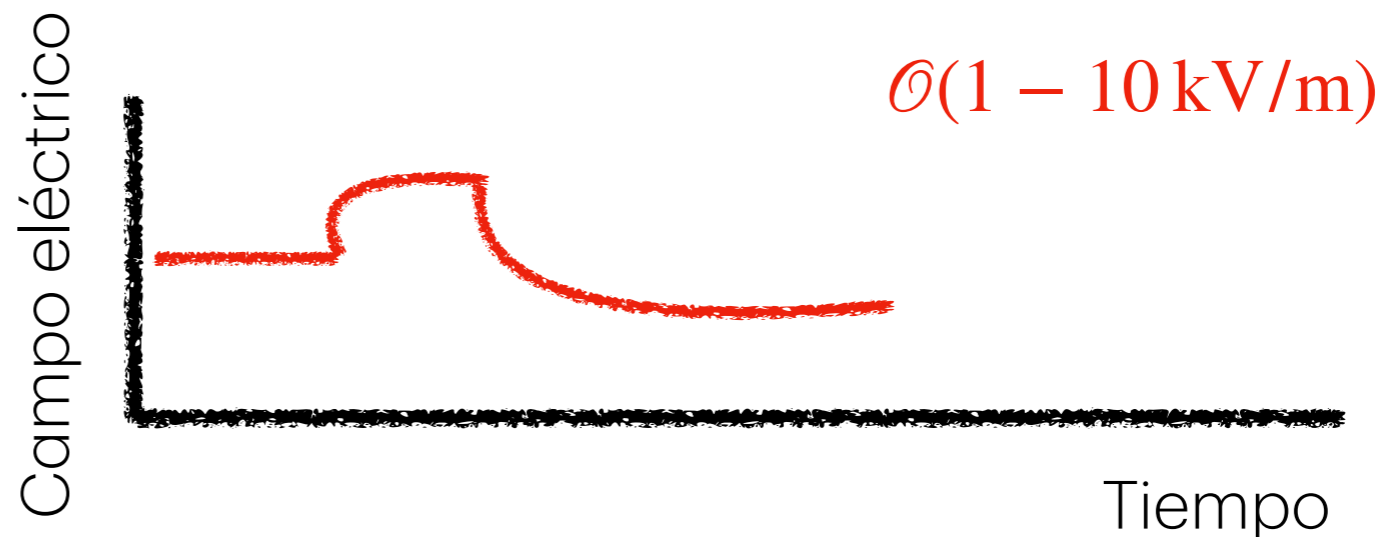
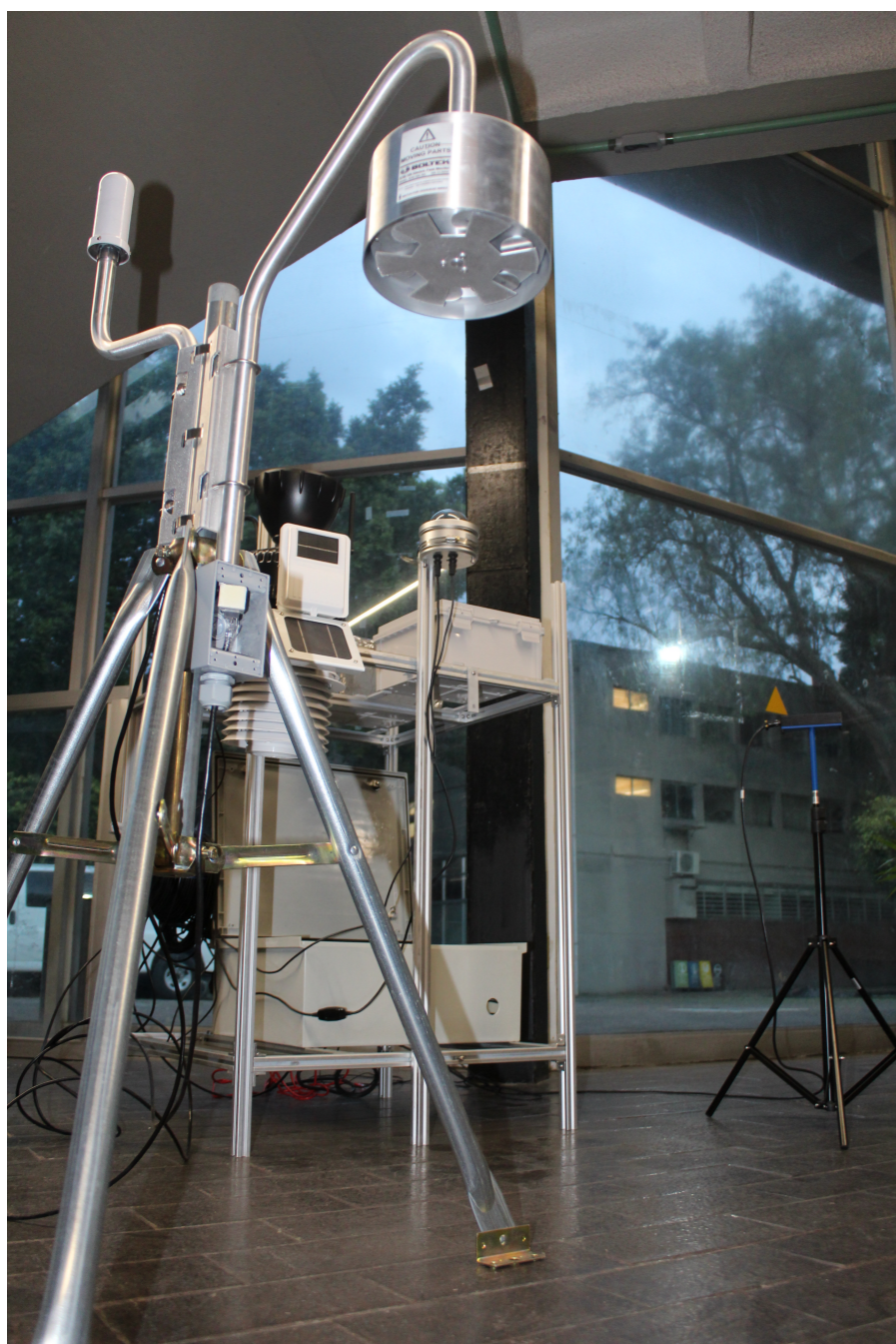


Tiempo



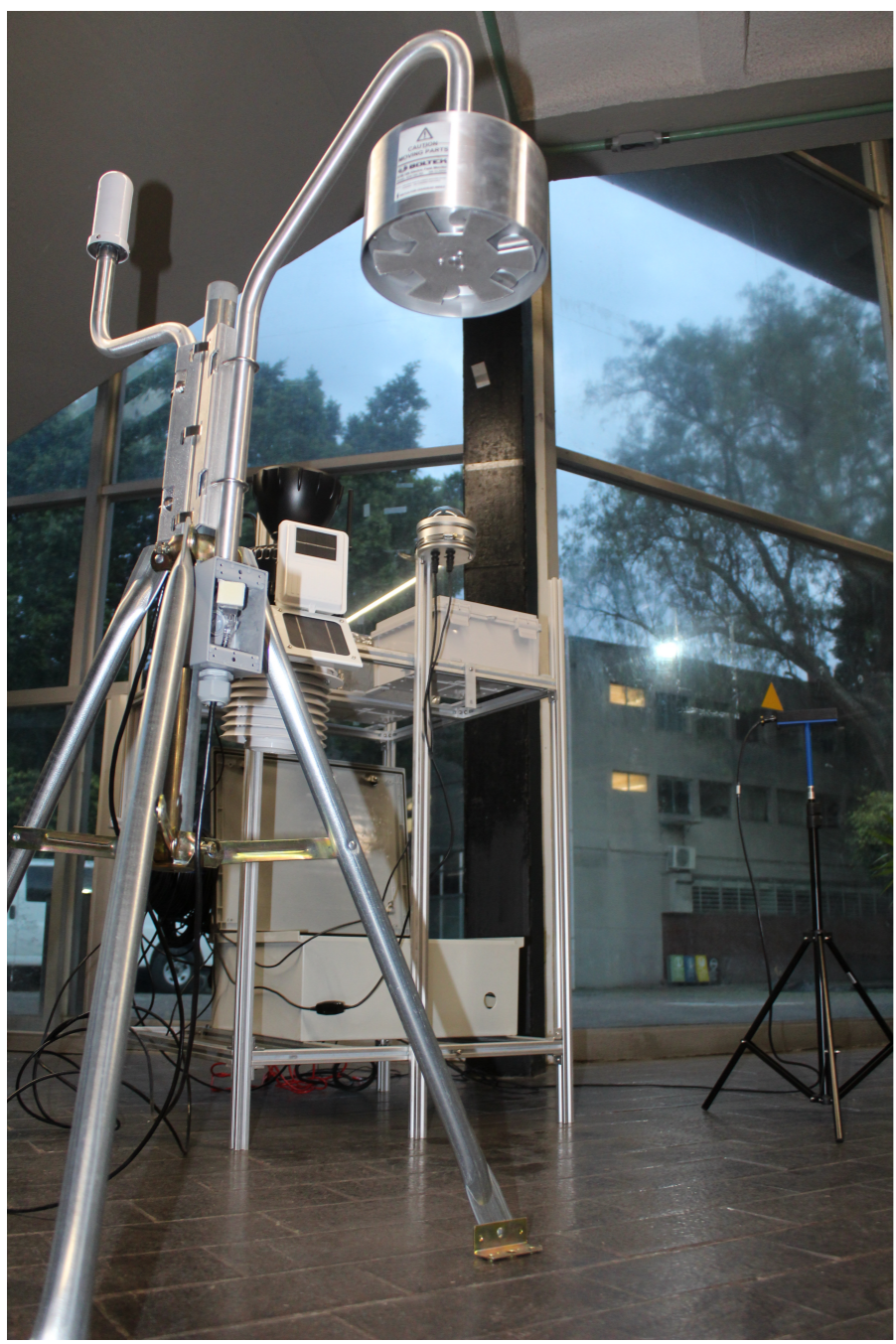
Las nubes de tormenta suelen comenzar con una lectura de campo positiva y luego pasan a un campo negativo a medida que se desplazan por encima de nuestras cabezas.

# Electric Field Monitor

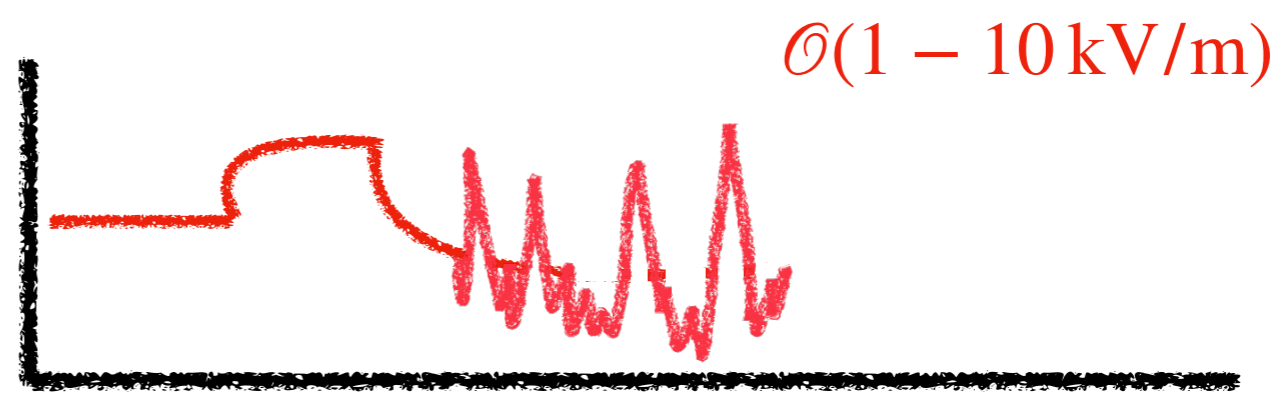


Las nubes de tormenta suelen comenzar con una lectura de campo positiva y luego pasan a un campo negativo a medida que se desplazan por encima de nuestras cabezas.

# Electric Field Monitor



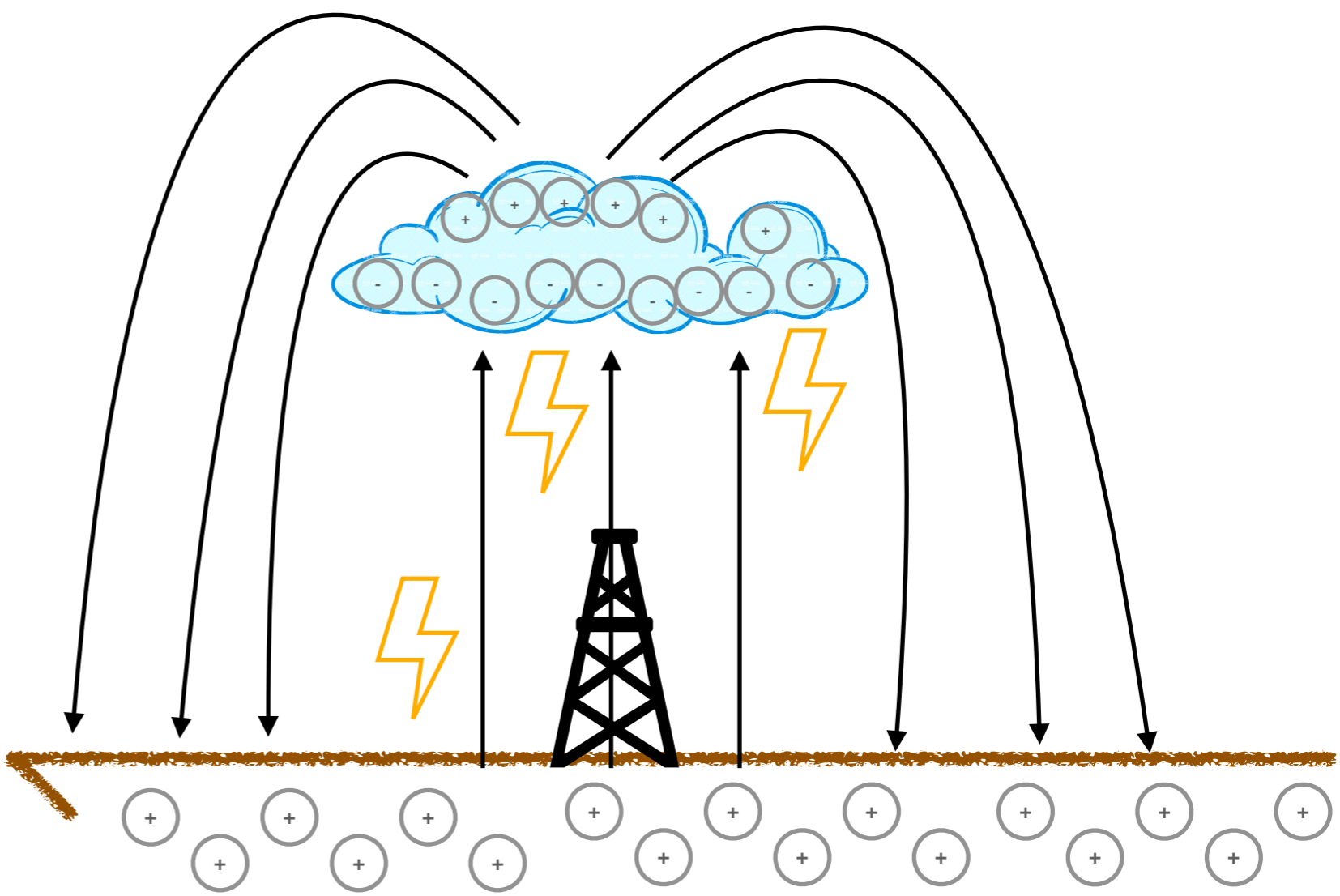
Campo eléctrico



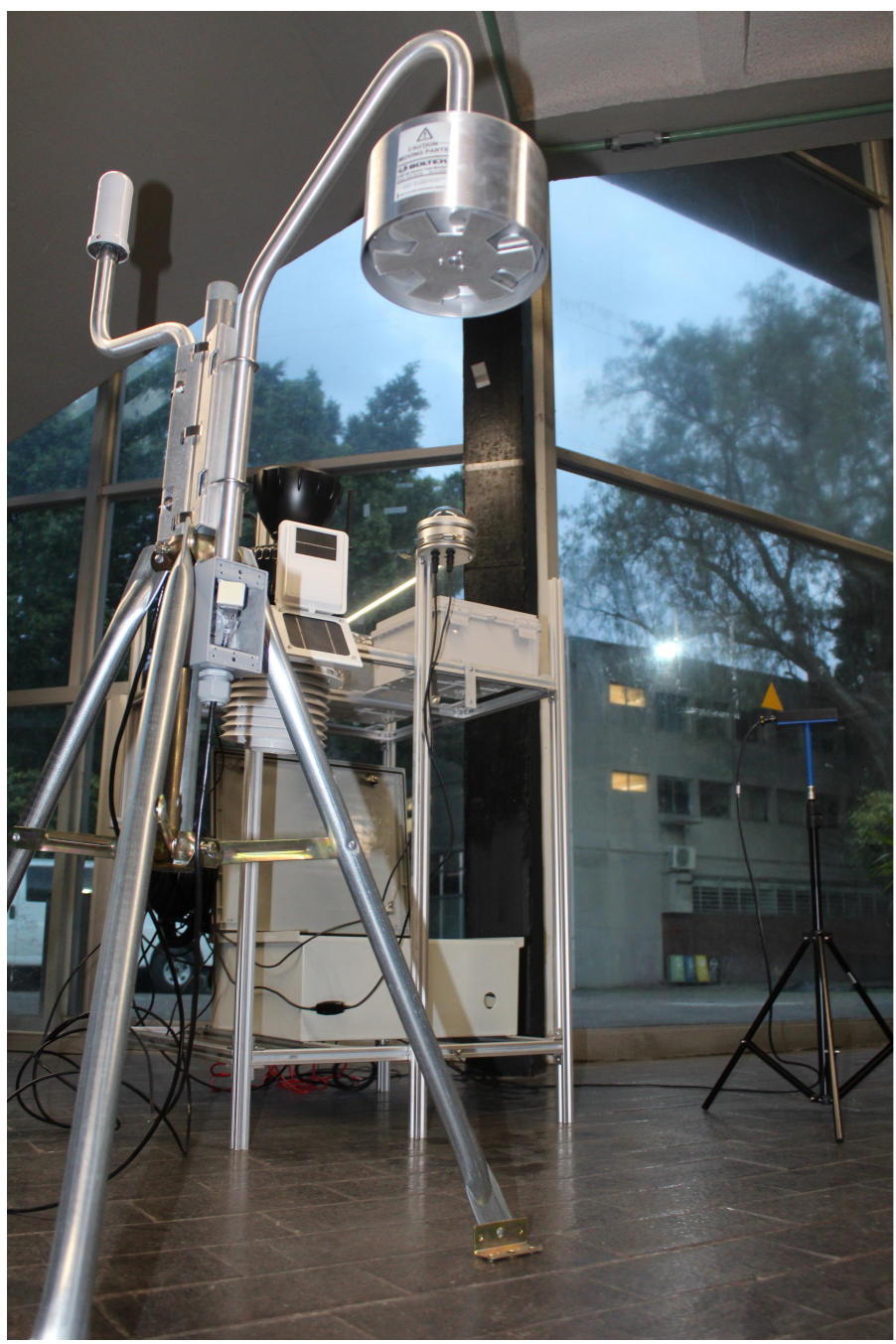
Tiempo

Los cambios bruscos en la intensidad del campo eléctrico indican la presencia de rayos.

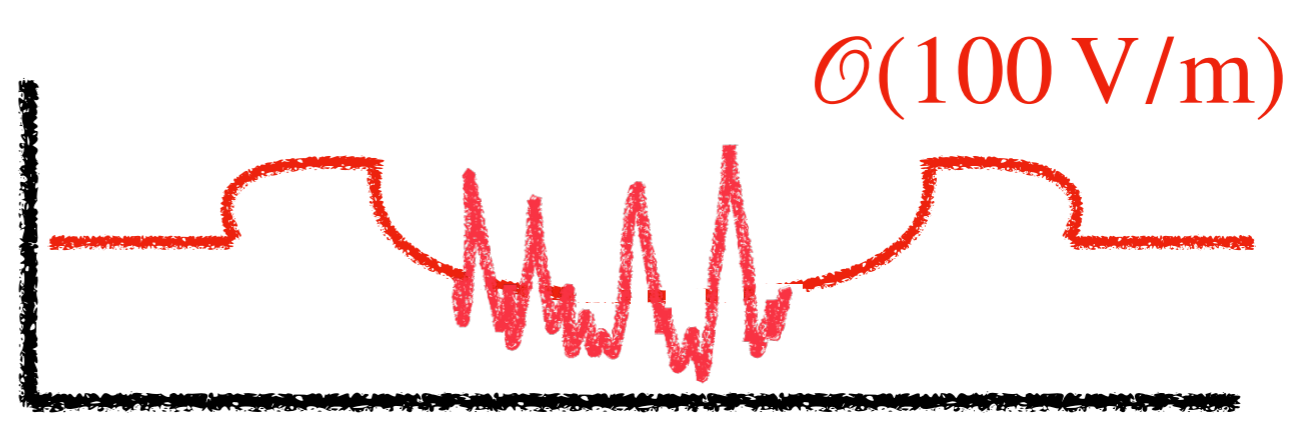
Los rayos más cercanos producen cambios de campo más grandes que los rayos lejanos.



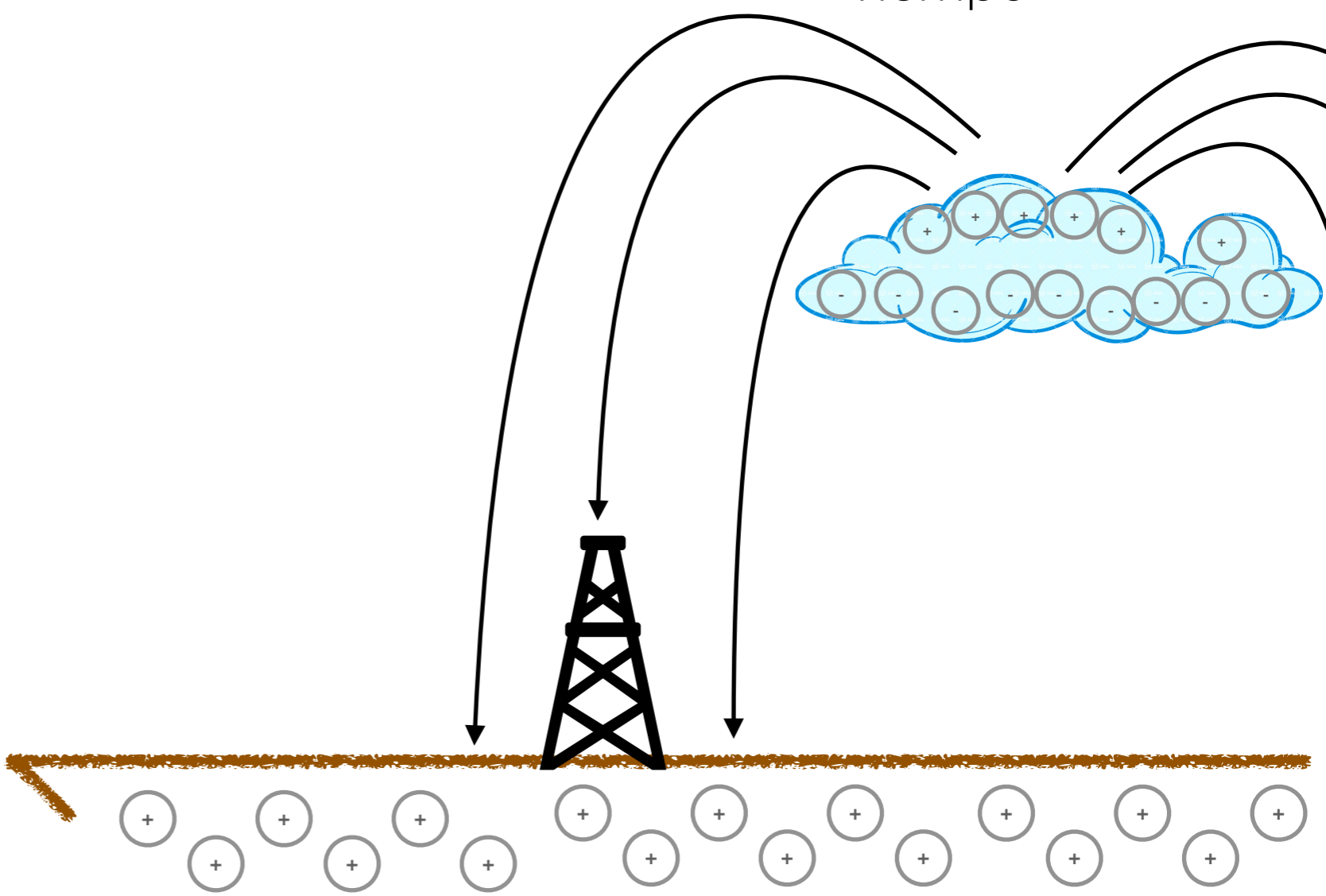
# Electric Field Monitor



Campo eléctrico



Tiempo

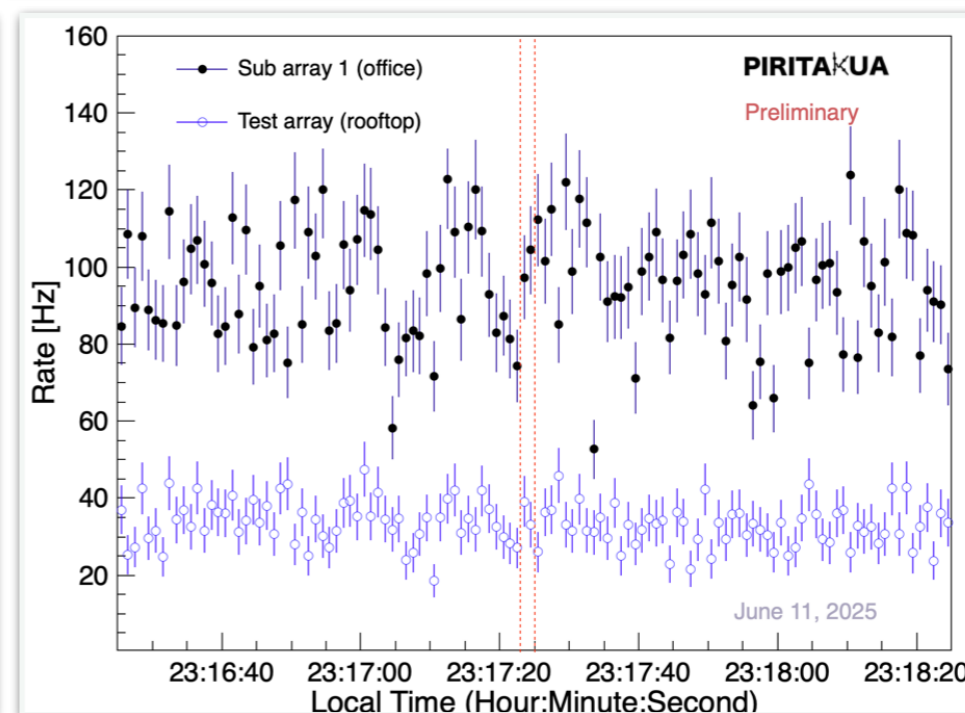
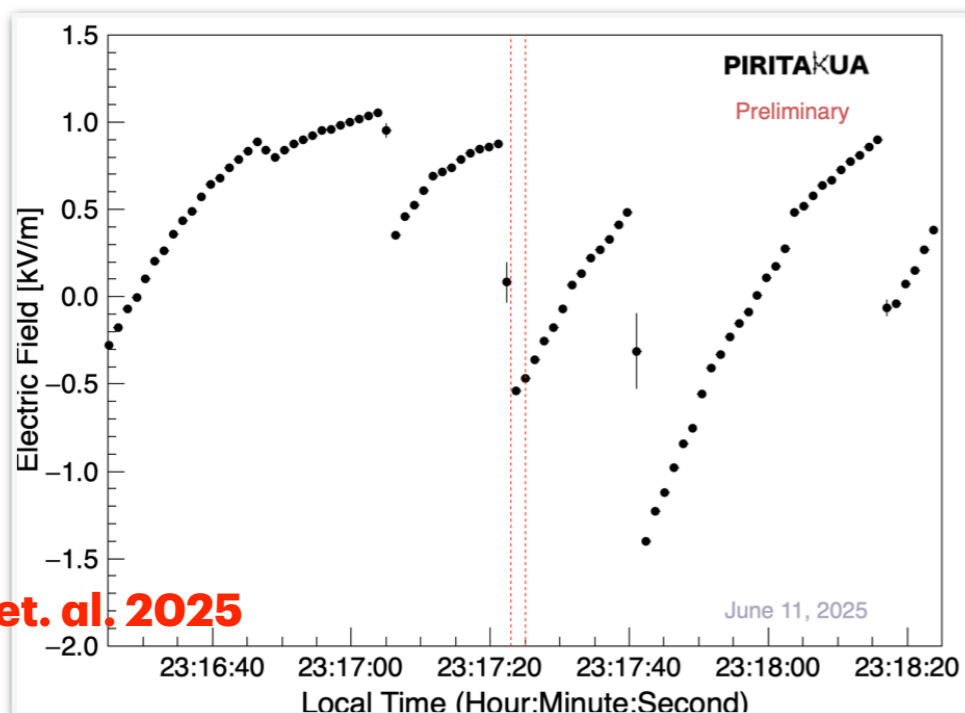
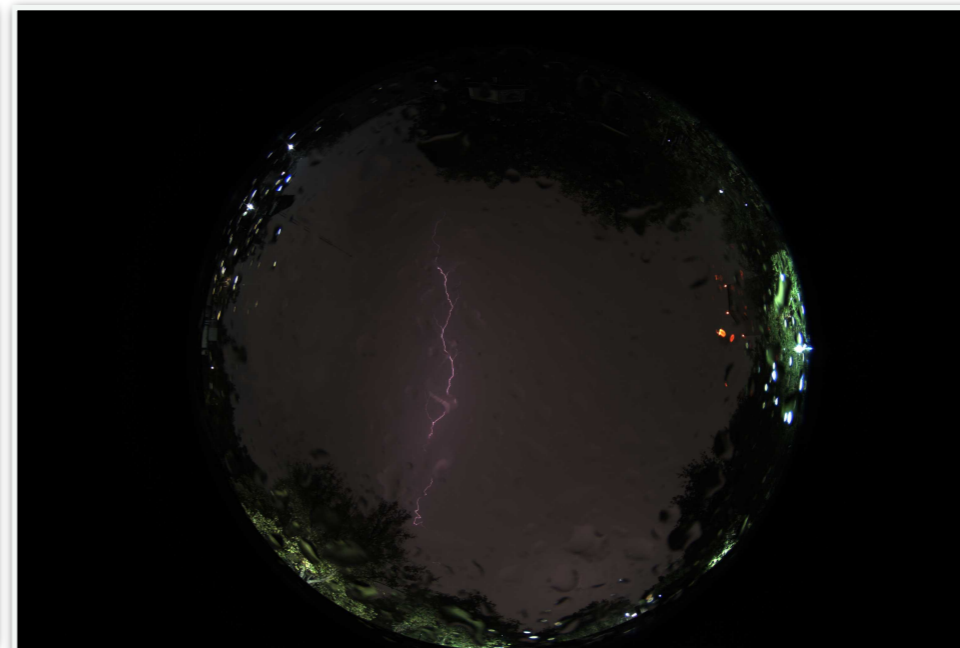
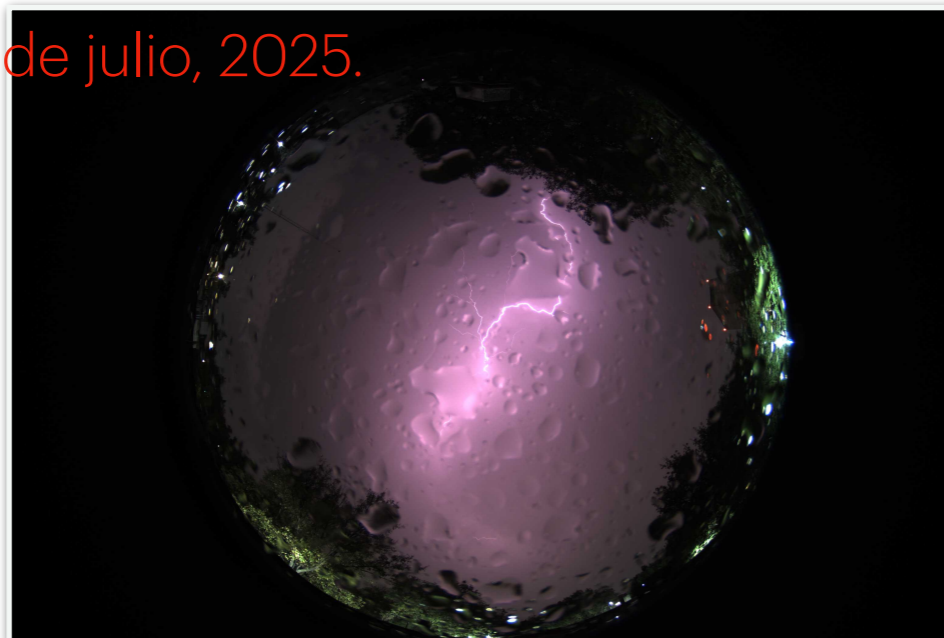


Una vez que la nube ha pasado por encima del campo, la polaridad suele volver a ser positiva antes de disminuir hasta alcanzar un valor normal del campo eléctrico en condiciones de buen tiempo

# Piritakua (*Avances*)

**El objetivo principal del proyecto Piritakua es describir cómo las variaciones temporales en las características atmosféricas influyen en la formación y la propagación de partículas secundarias procedentes de las lluvias de partículas atmosféricas.**

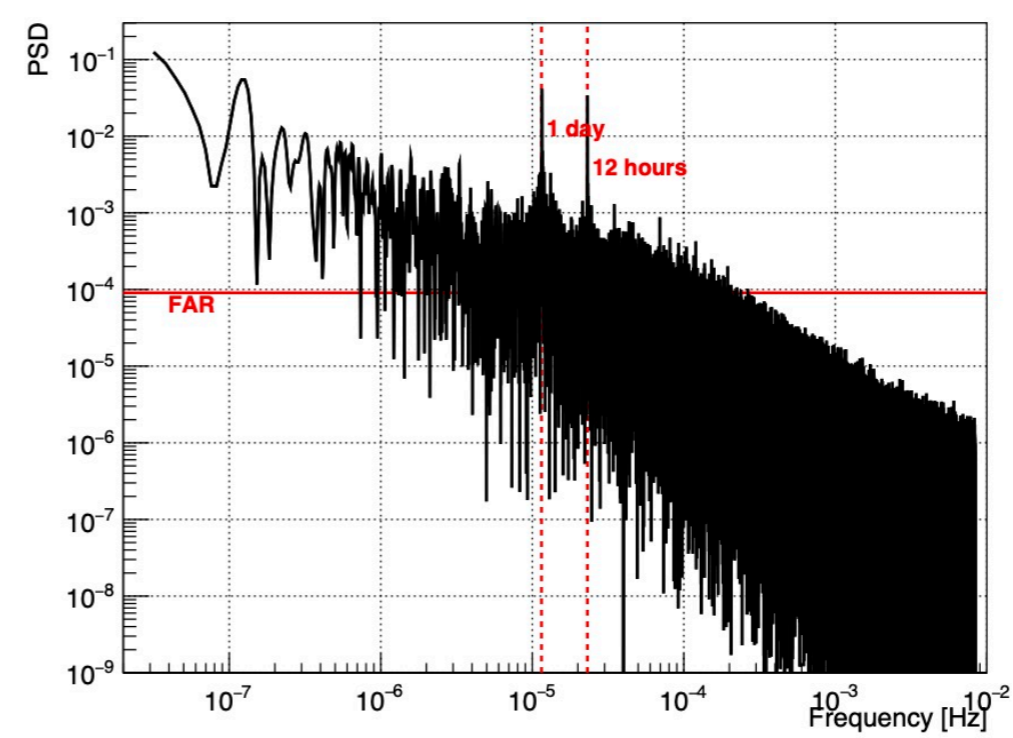
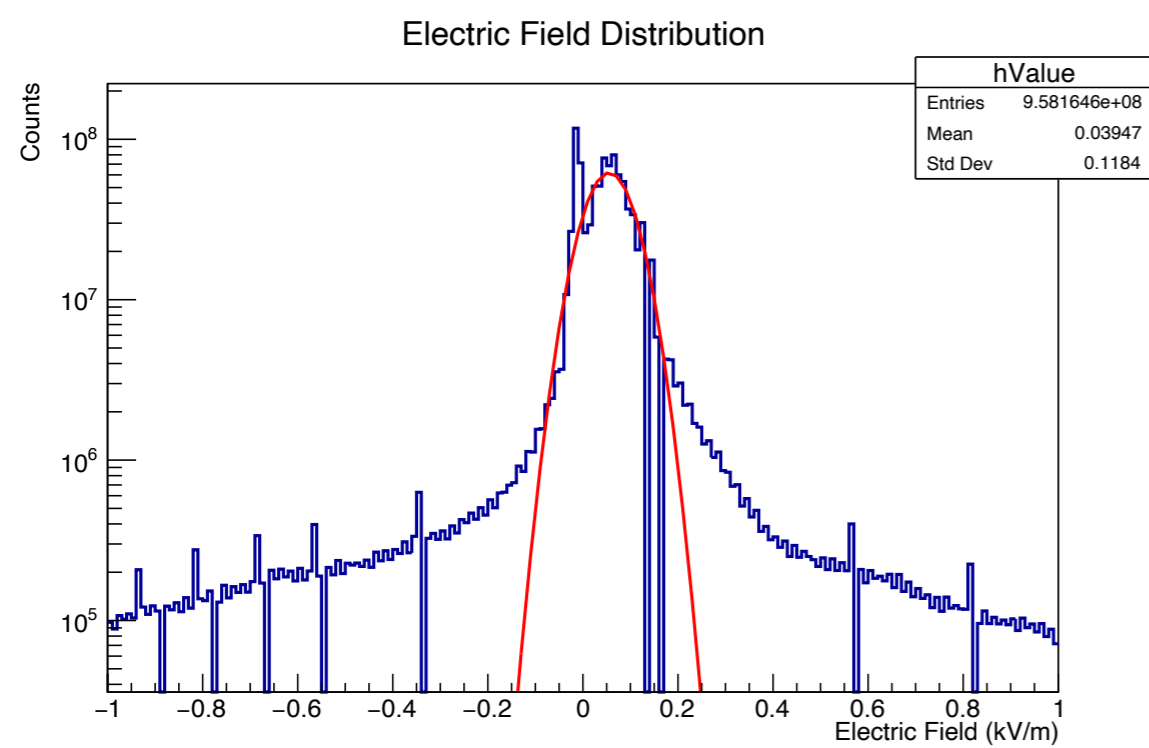
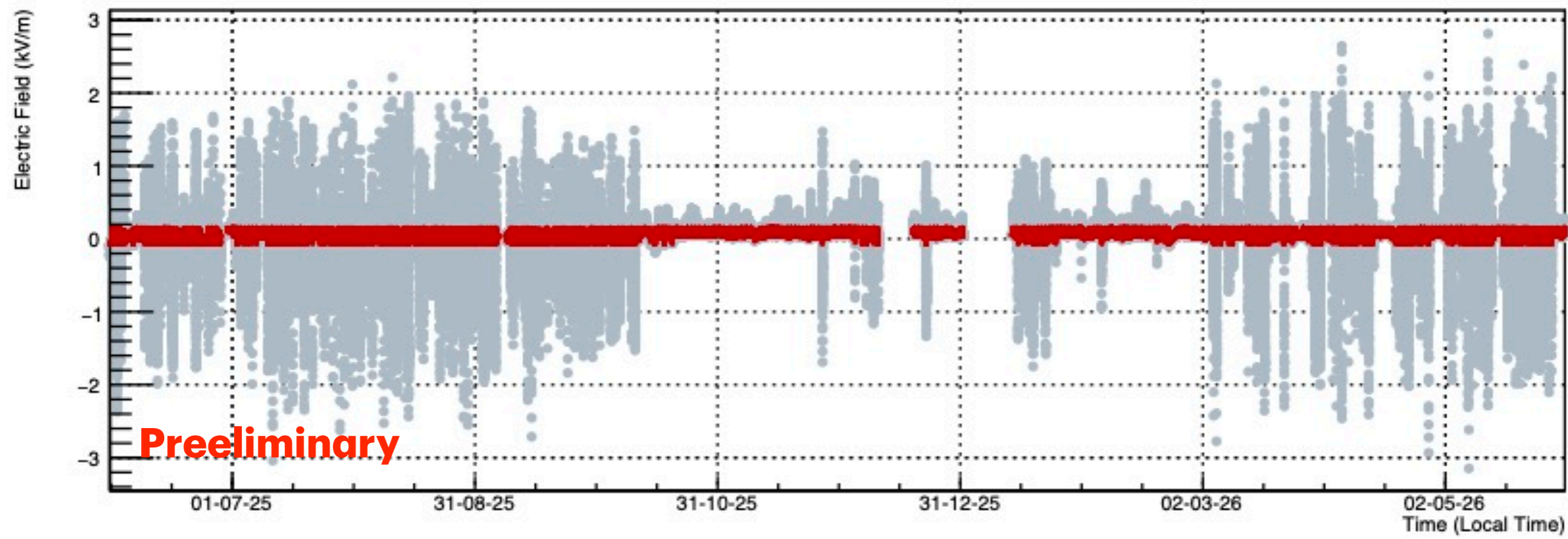
Tormenta en la ciudad de México el 11 de julio, 2025.



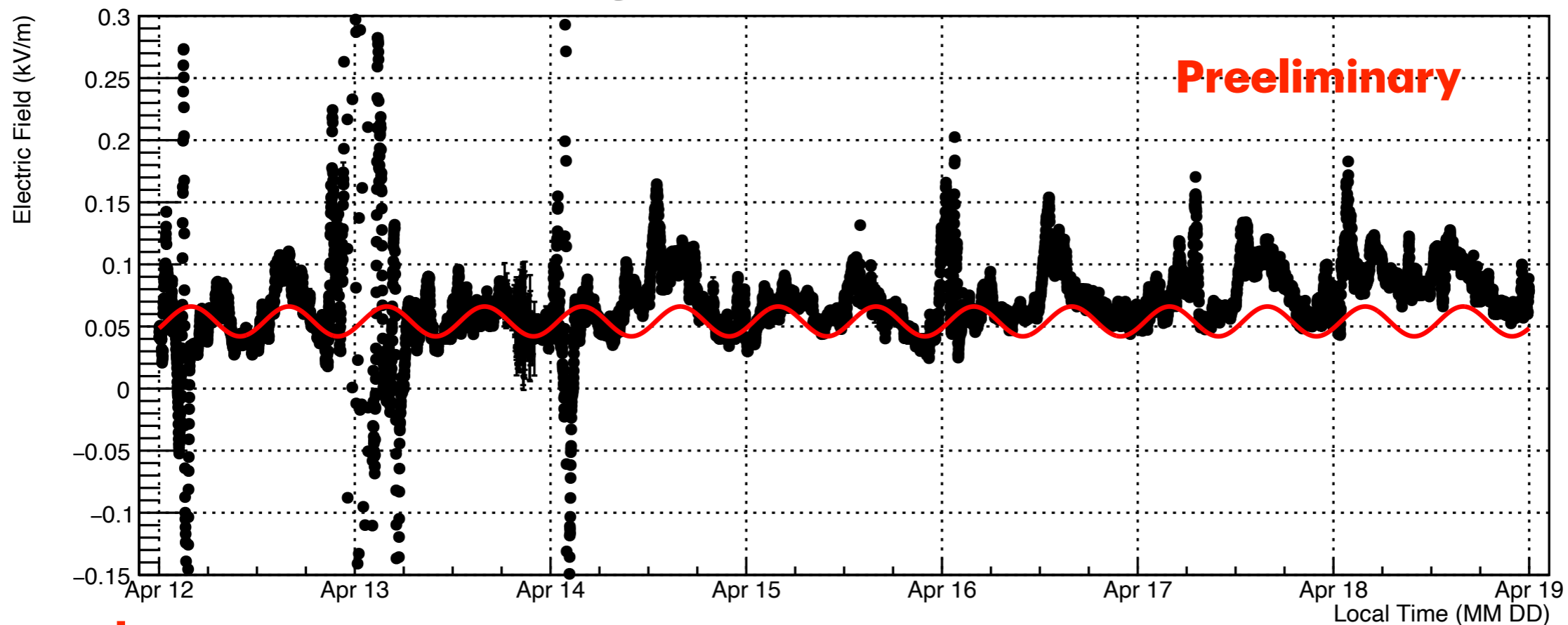
León Vargas, et. al. 2025

# Primeras validaciones

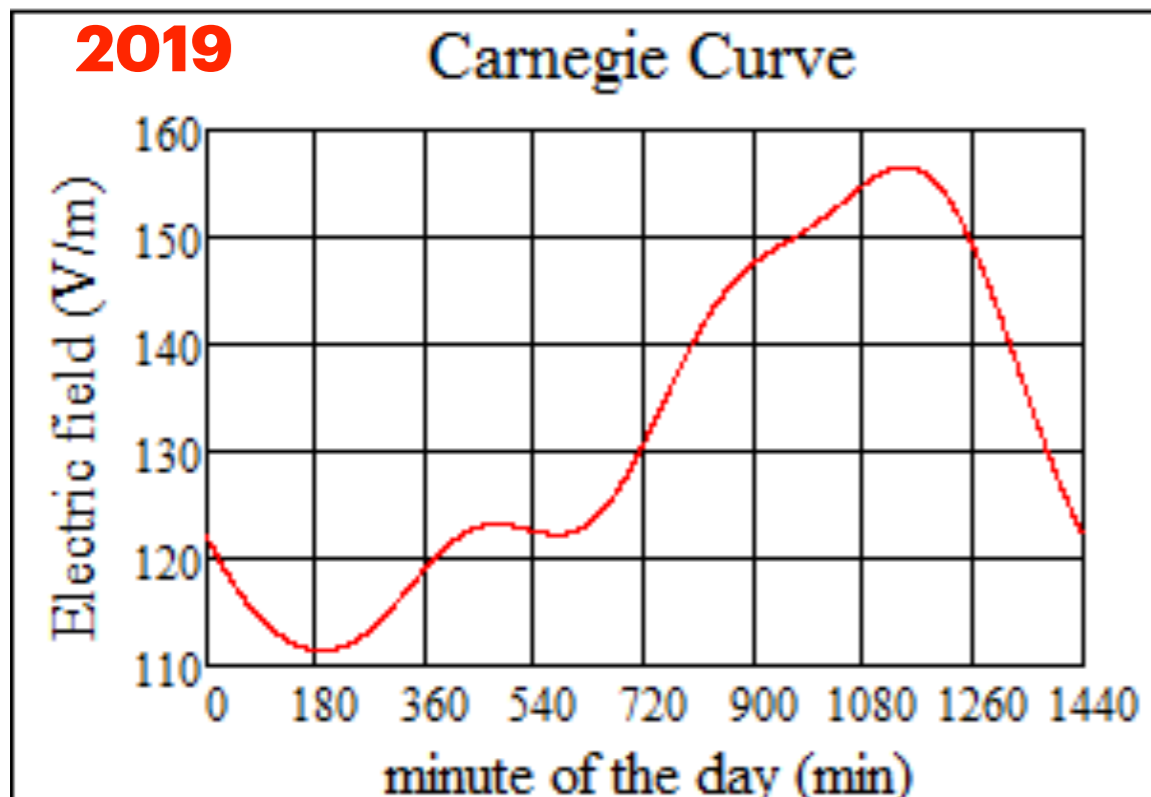
## Observaciones de campo eléctrico



# Curva Carnegie



## Lacerda



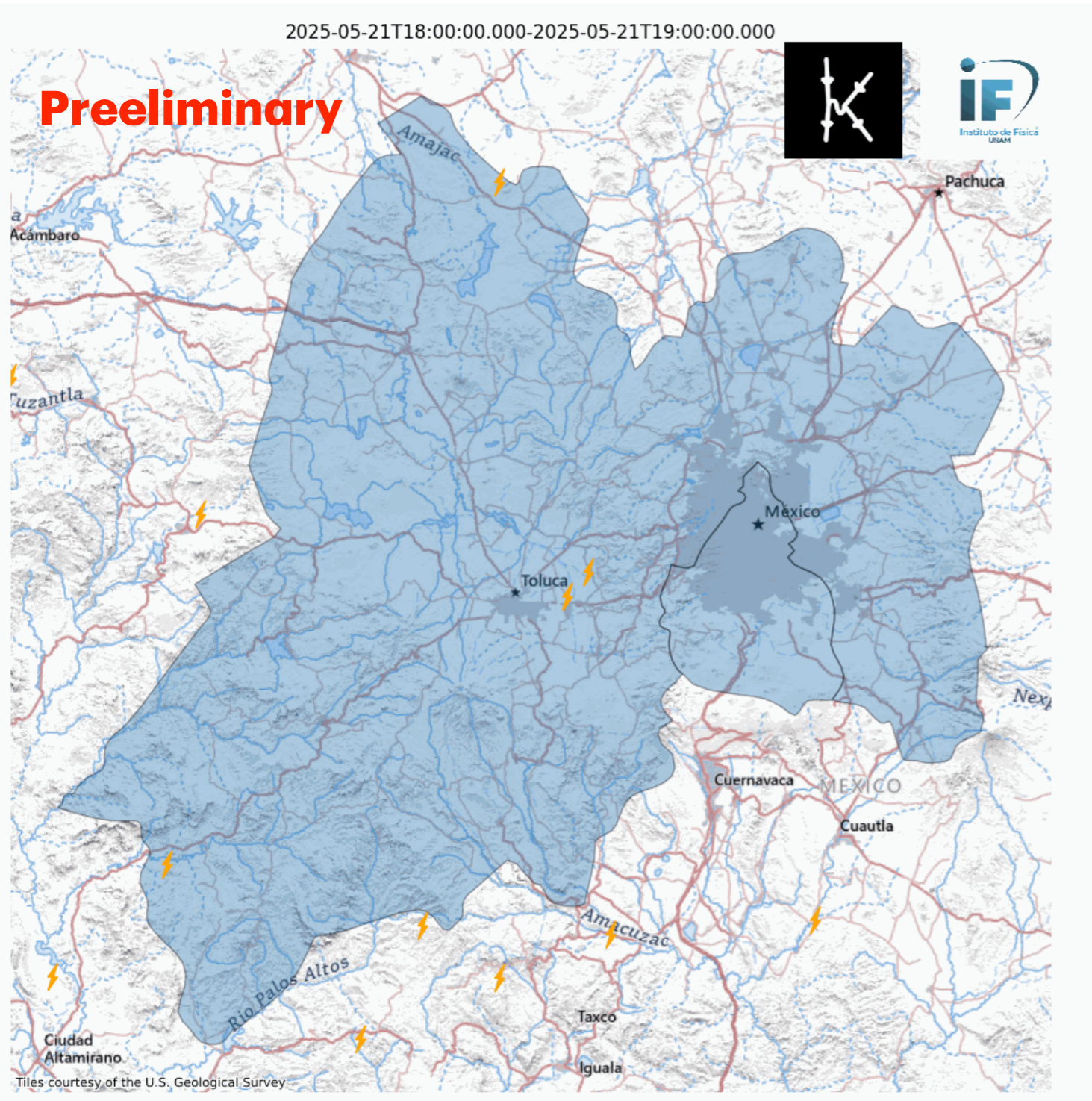
Representa la variación diaria del campo eléctrico atmosférico global, medida sobre los océanos, lejos de las tormentas locales

El campo eléctrico vertical en la capa límite atmosférica sobre el océano abierto, que refleja la actividad eléctrica global de la Tierra.

**¡Los datos deben de ser descontaminados!**

# Relámpagos

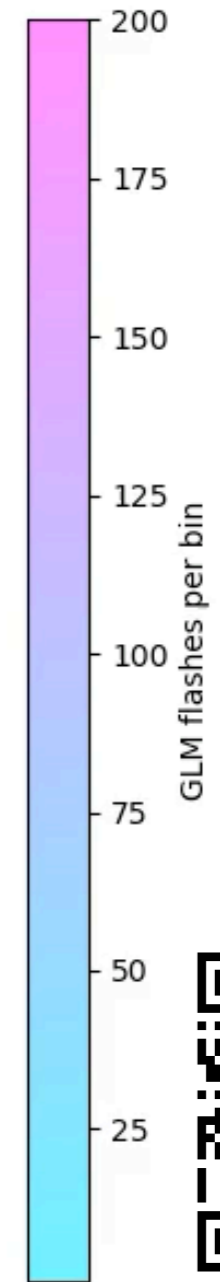
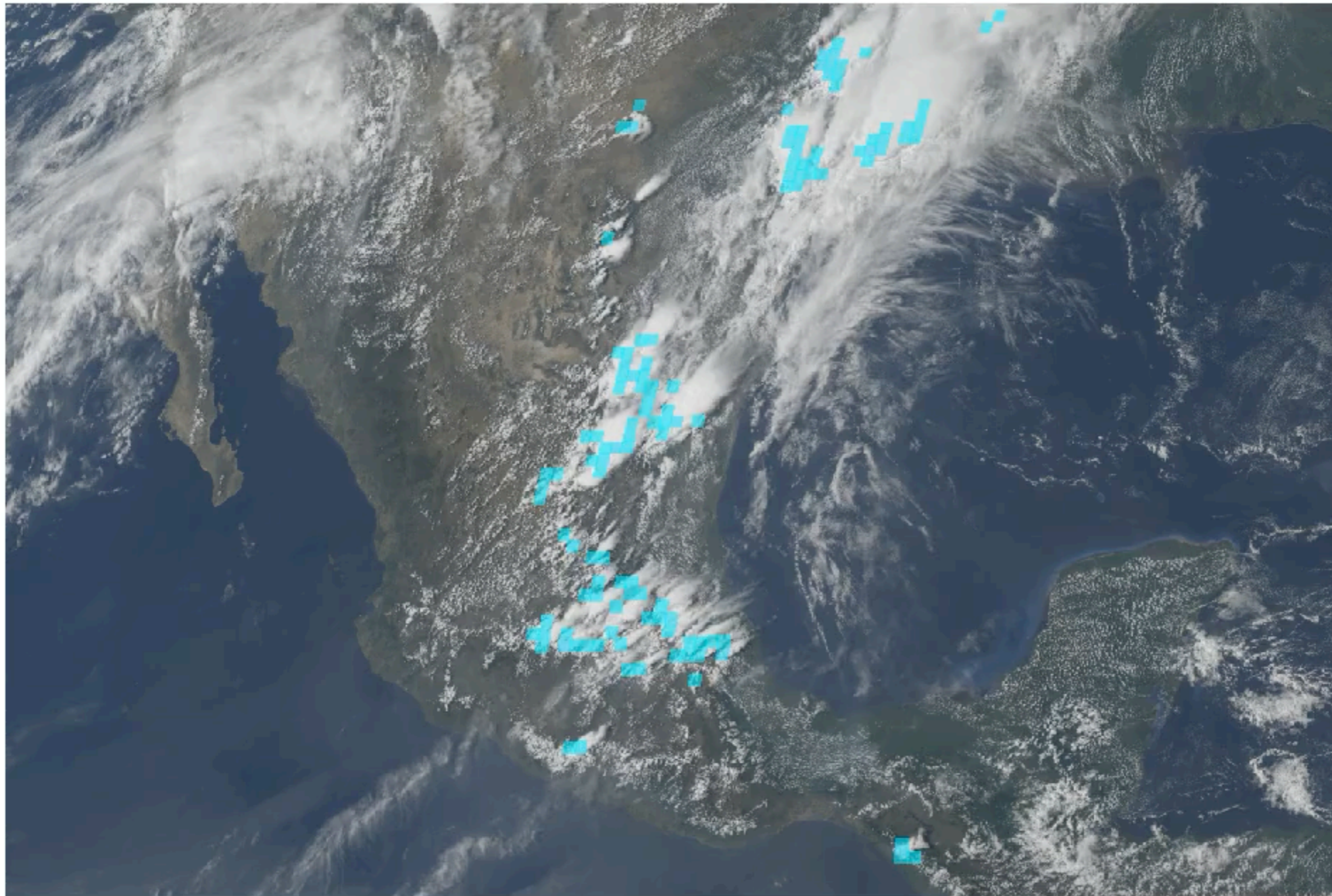
Los rayos emiten una señal en frecuencias de radio (~1–500 kHz), que son detectadas por la antena LD350.



La posición se puede reconstruir, pero hay que tomar en cuenta los errores asociados al ángulo y a la distancia.

# GOES - 19

GOES-19 ABI (True Color) and GLM data  
2026-04-12 15:01:18 - 2026-04-12 15:03:55 [Local time]

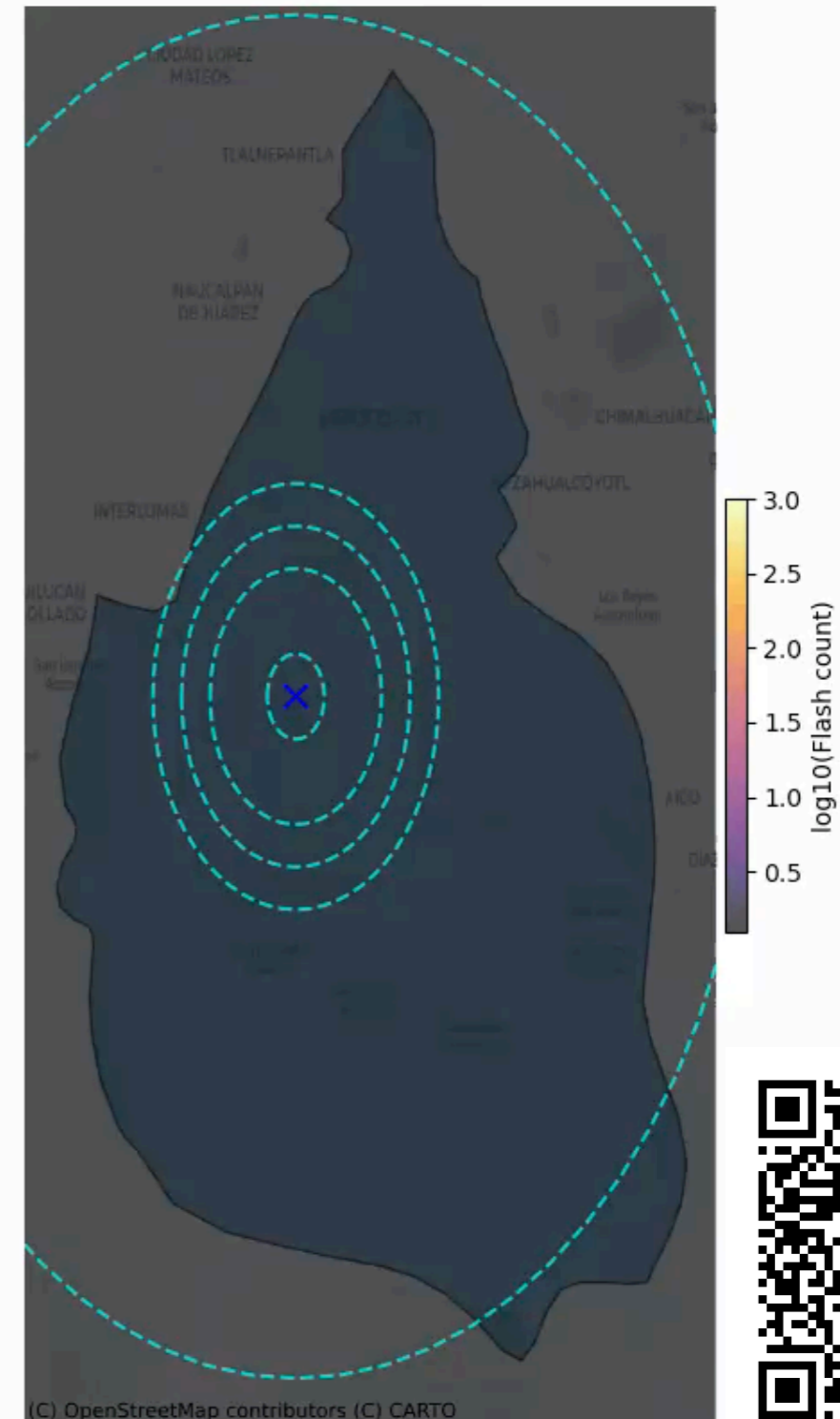
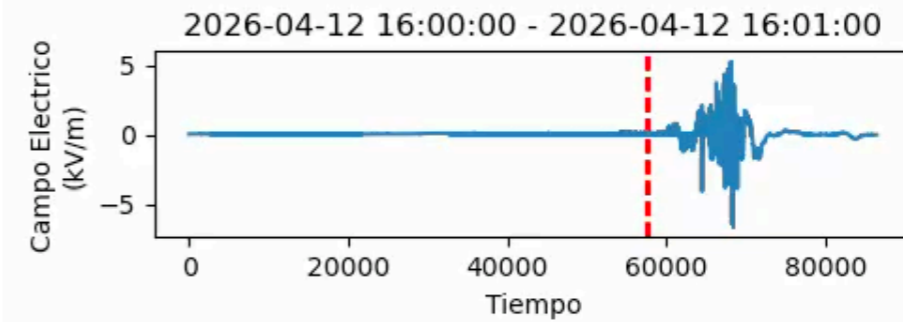


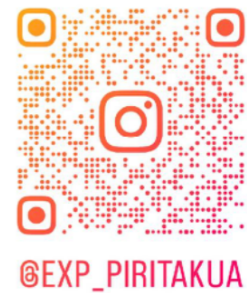
Satélite geoestacionario, capaz de detectar relámpagos (con una cámara en óptico) y fotogramas de la superficie terrestre en distintas bandas.

# Todos juntos

Los módulos de Piritakua presentan limitaciones, las cuales pueden ser complementadas con datos de otros experimentos;

- LD350 detecta eventos Nube-Tierra, la cámara óptica de GOES-19 da evidencia de relámpagos Nube-Nube.
- Identificación de posibles puntos de aceleración en la tormenta cercanos a Piritakua.
- Correlación con lecturas de otros módulos (eg plásticos de centelleo/ estación metereológica)





@EXP\_PIRITAKUA



# PIRITAKUA: LA UNAM CONSTRUYE SU PROPIO "RELÁMPAGO"

**Este trabajo contó con el apoyo del Programa de Posdoctorado (POSDOC) de la Universidad Nacional Autónoma de México. Este trabajo contó con el apoyo de la SECIHTI (anteriormente CONACYT) de México, a través de la subvención CF-2023-I-645, y de la subvención IN102223 del programa UNAM-PAPIIT. Agradecemos al proyecto PIIF 2026 por la adquisición de un detector de silicio.**

Antonio Galván - Piritakua, a storm tracker (RADPyC 2026)