



Piroelectricidad y Electrometéoros en Tormentas Tropicales

Quintero, A. , Falcón, N. Viñas-García, R.⁽²⁾

(1) Universidad de Carabobo FACYT Dpto. Física.

(2) Servicio de Meteorología Fuerza Aérea Venezolana



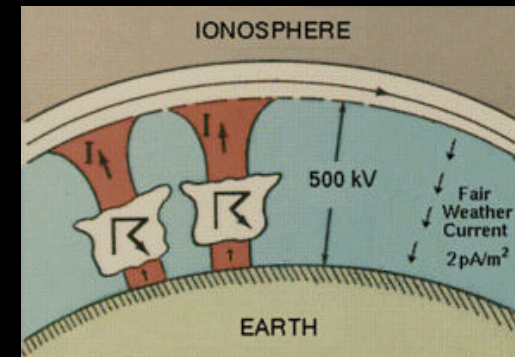
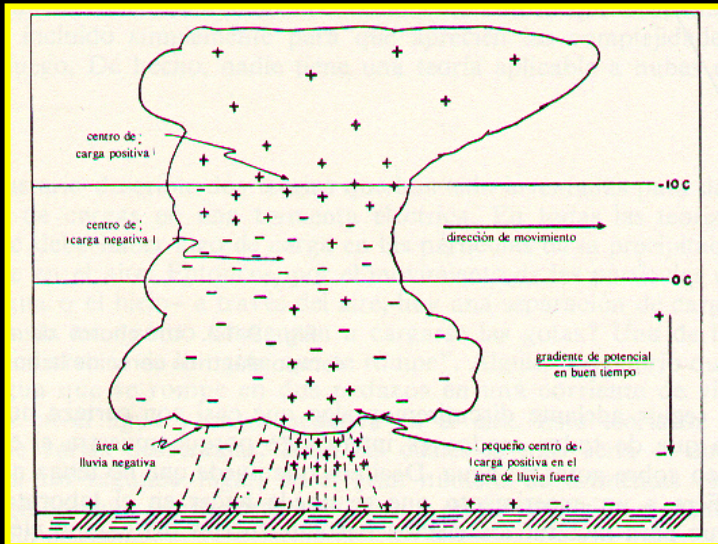
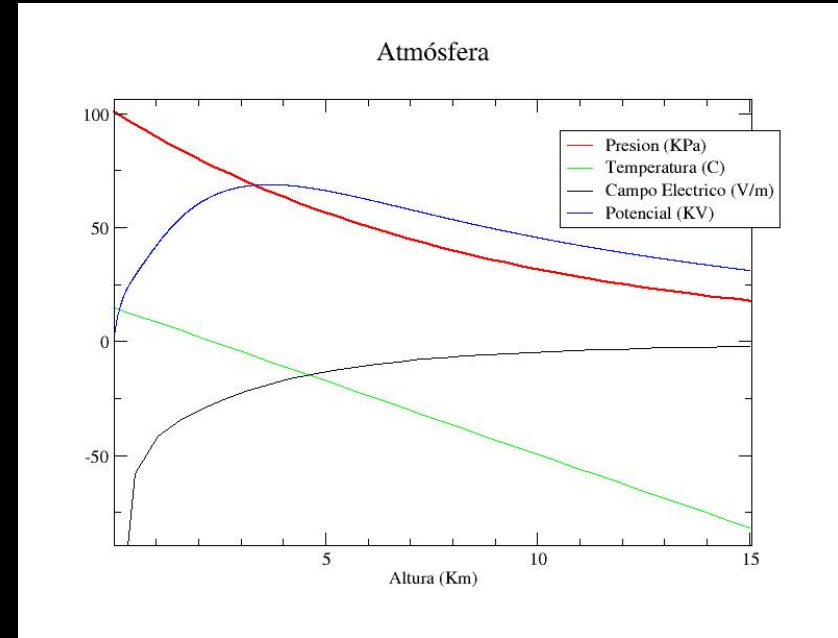


➤ Tormentas Tropicales

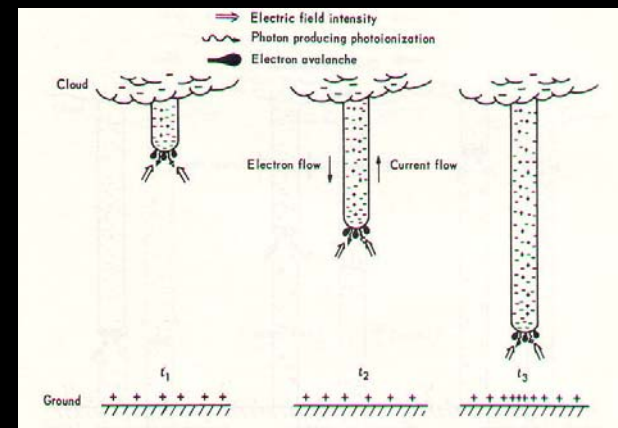
➤ Electricidad Atmosférica

❖ Además del Gradiente de presión y Temperatura, existe un campo eléctrico cuasiestático en la atmósfera.

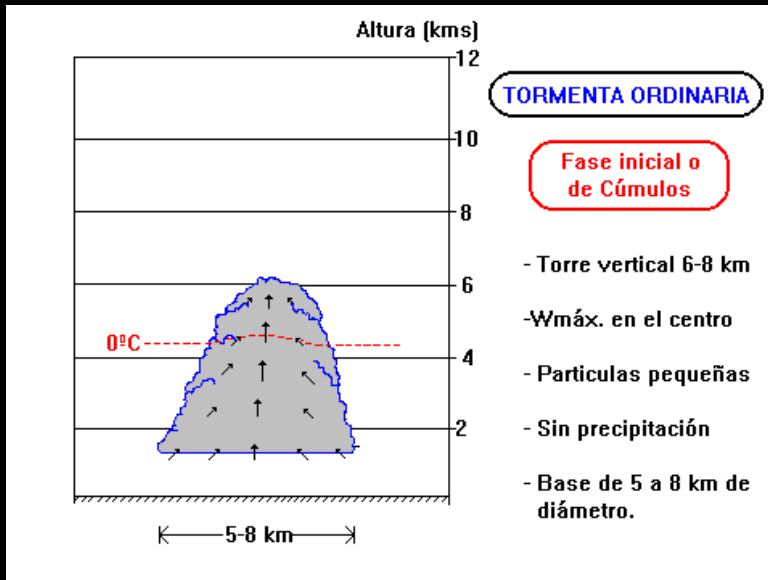
❖ El transporte de partículas (de agua o de aerosoles) conlleva un transporte de cargas estáticas y la precipitación de cargas (rayos)



➤ Descargas Eléctricas: Rayos y Relámpagos

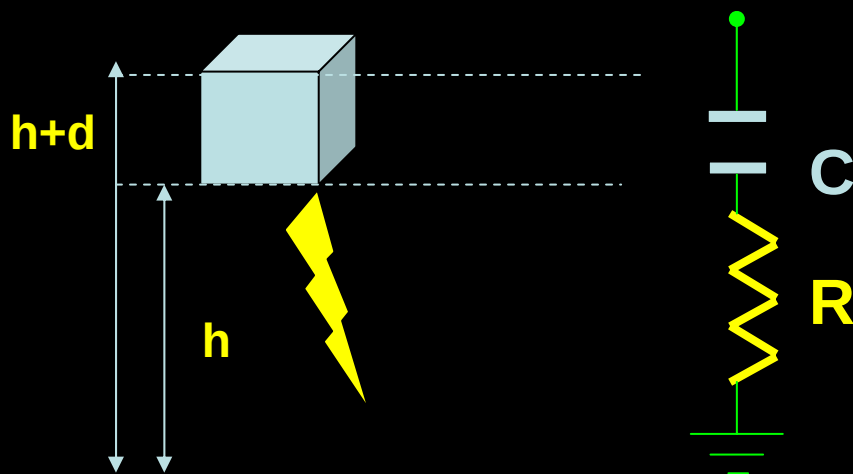


Modelo Elemental



Considere una nube cumuliforme aislada, constituida por una o más celdas. Cada celda presenta estructura dipolar eléctrica (Rakov & Uman 2003)

Cada celda con un volumen del orden de $5 \times 10^{10} \text{ m}^3$, en equilibrio hidrodinámico con su entorno. Esta aproximación está de acuerdo con los modelos numéricos de formación de nubes (Rogers, 1.977).



Puede considerarse su geometría como un paralelepípedo cúbico a los efectos de modelar el comportamiento electrostático

Proceso de Carga

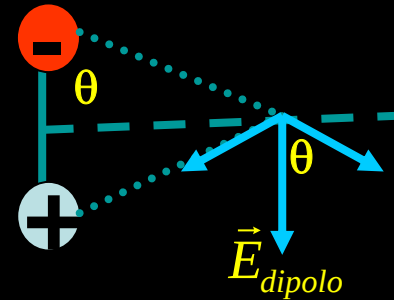
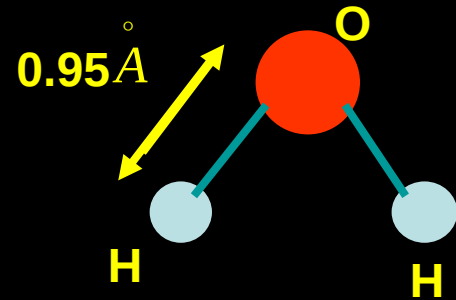
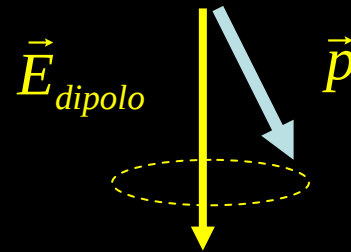
Consideramos la célula como una colección de dipolos de agua, en equilibrio a una temperatura T y en presencia de un campo eléctrico externo $\vec{E}_{\oplus}$

Entonces:

$$\langle \vec{D} \rangle = \frac{\int \varepsilon_{H_2O} \vec{E}_{\oplus} e^{-\frac{u_i}{kT}} dn}{\int e^{-\frac{u_i}{kT}} dn}$$

con

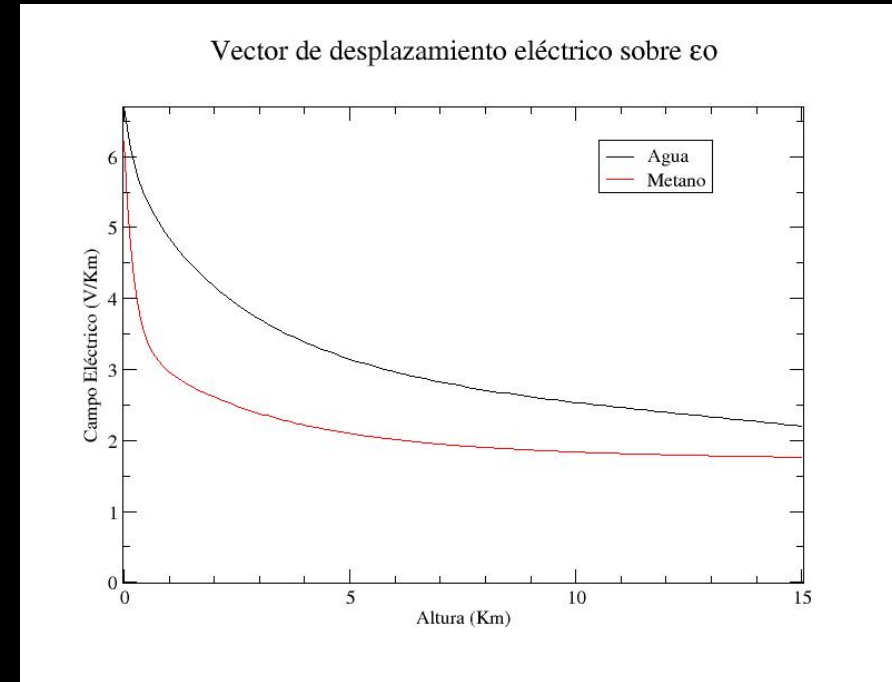
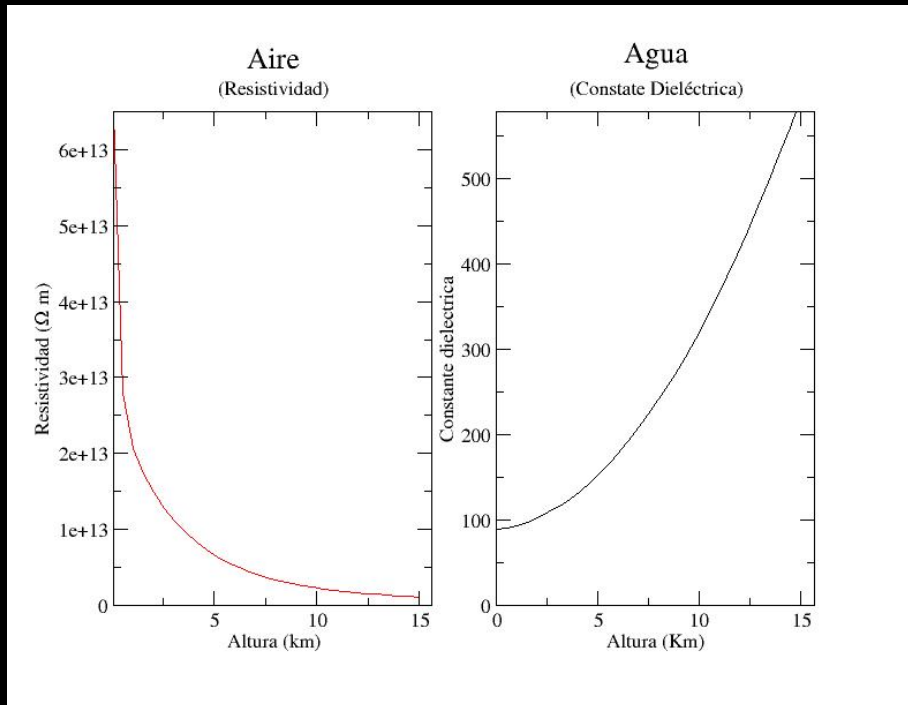
$$dn = \frac{dA}{4\pi r^2} = \frac{\pi \sin \alpha d\alpha}{2}$$



$$\vec{D}_{H_2O} \cong \frac{2\varepsilon_0}{d} \int_h^{h+d} K_{H_2O}(z) \vec{E}_{\ominus}(z) dz$$

Análogamente para aerosoles con polarización inducida (piroeléctricos) como el metano:

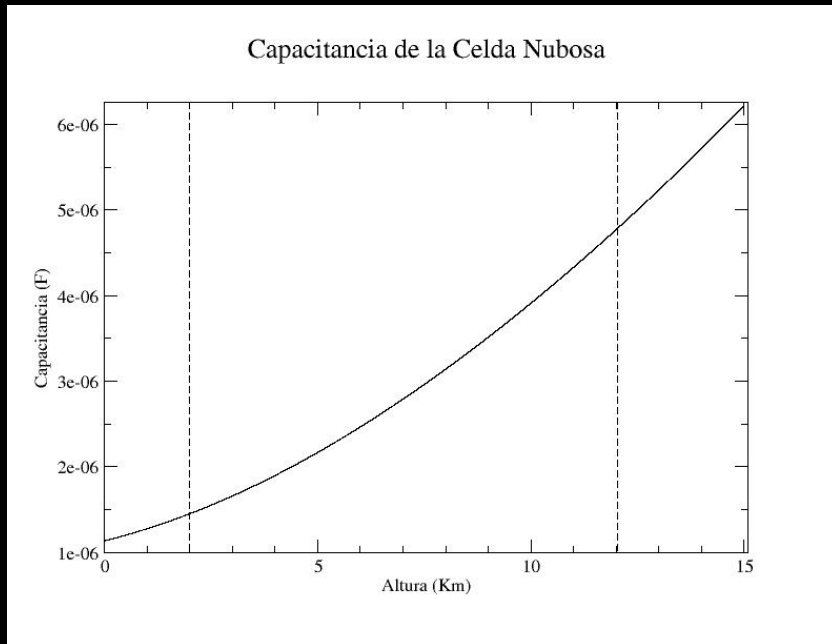
$$\vec{D}_{CH_4} \cong \frac{2\varepsilon_0}{d} \int_h^{h+d} K_{CH_4} \vec{E}_\Theta(z) dz + \vec{D}_0$$



$$\rho(z) = r_1 \exp(-\alpha_1 z) + r_2 \exp(-\alpha_2 z) + r_3 \exp(-\alpha_3 z)$$

$$k(z) = k_0 + k_1 z + k_2 z^2$$

Utilizando $d = 4 \text{ Km}$.

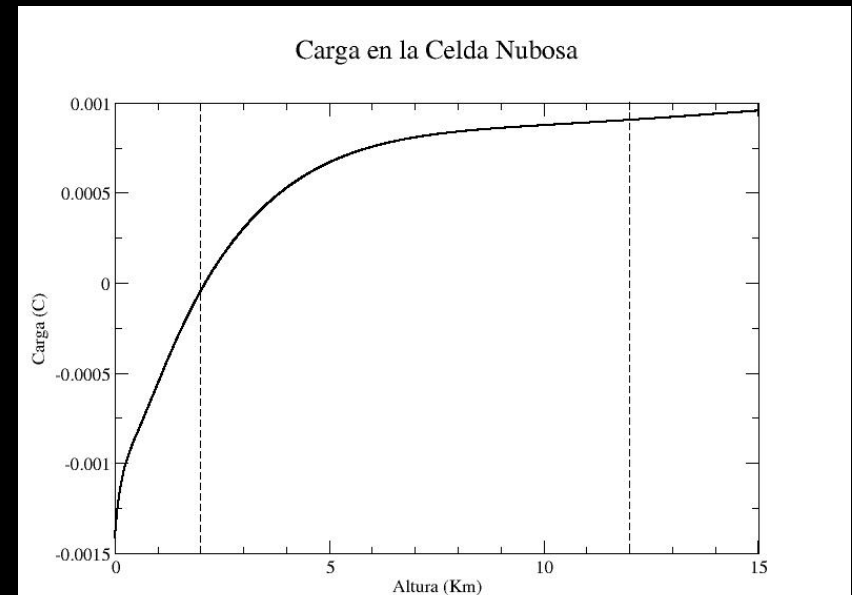


Carga

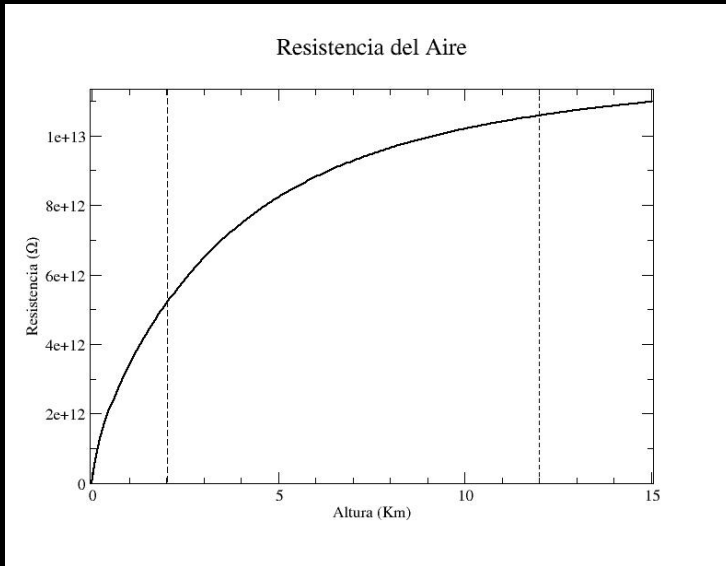
$$Q = C * \Delta V$$

Capacitancia

$$C = \varepsilon_o * A \left[\int_h^{h+d} \frac{dz}{k(z)} \right]^{-1}$$



Proceso de Descarga



Resistencia

$$R = \int_0^h \rho(z) \frac{dz}{\Delta C_{\text{rayo}}}$$

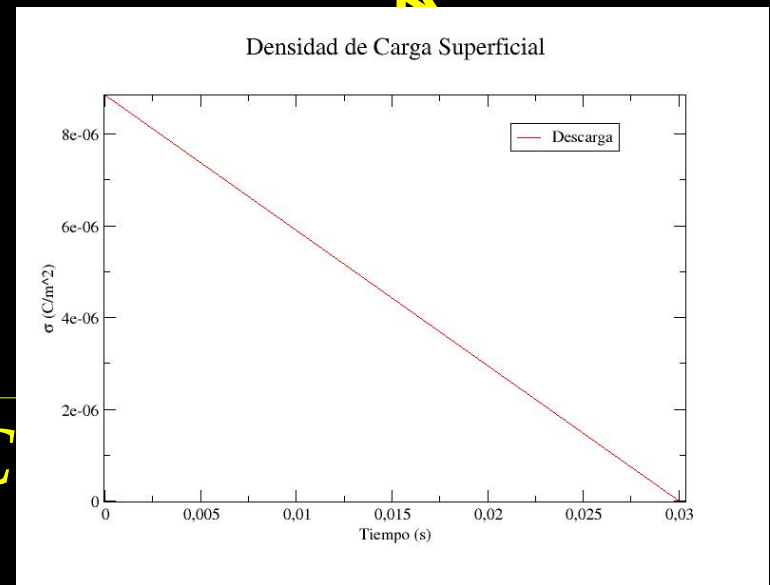


Densidad de Carga

$$\sigma(t) = \sigma_o \exp(-t / \tau_d)$$

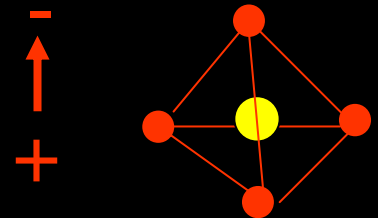
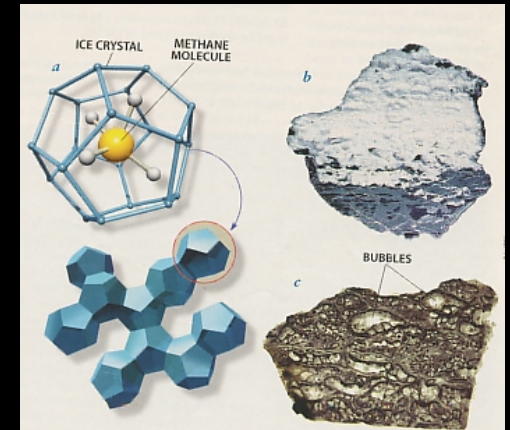
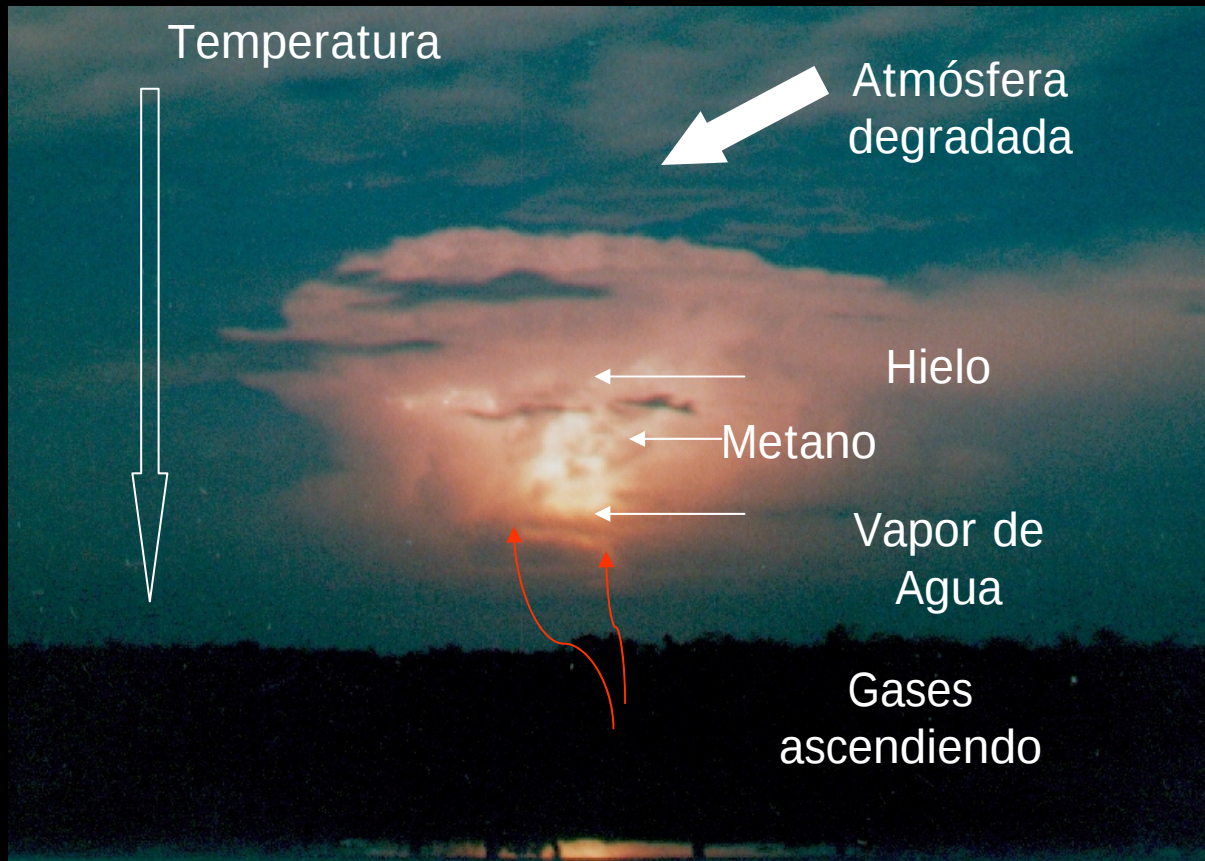
$$\sigma_o \approx 8,85 * 10^{-6} \left\langle \frac{C}{m^2} \right\rangle + \frac{1}{RC}$$

$$\tau_d \approx 7.7117 * 10^{-5} \left\langle s \right\rangle$$



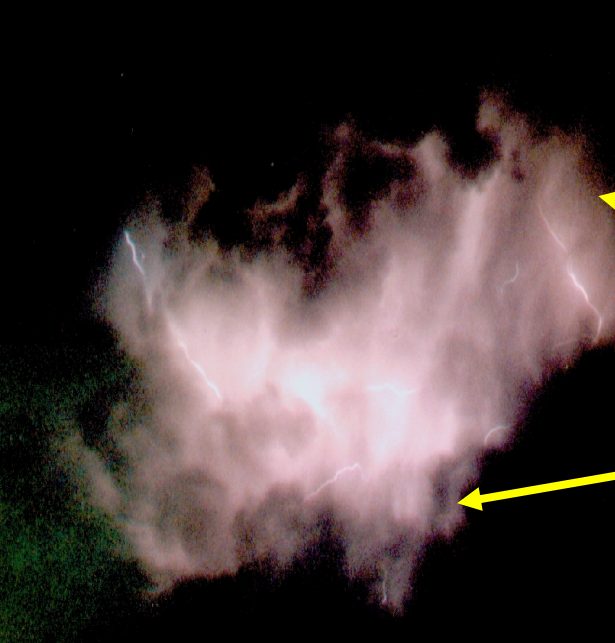


➤ Piroelectricidad

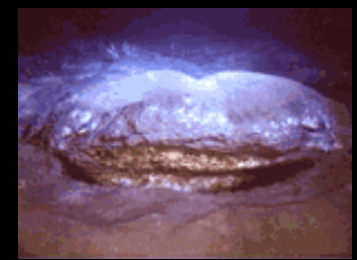


$$\vec{D} = \vec{D}_0 + \epsilon \vec{E}$$

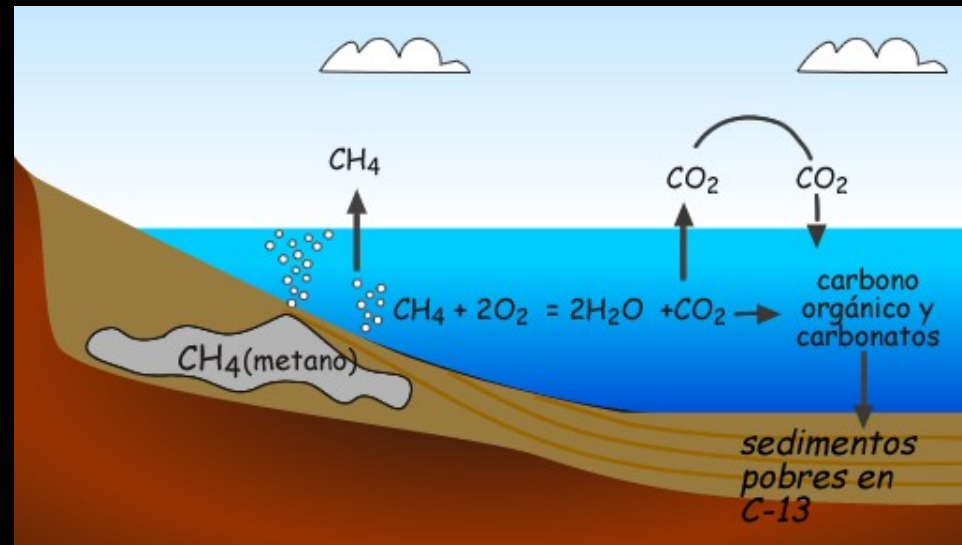
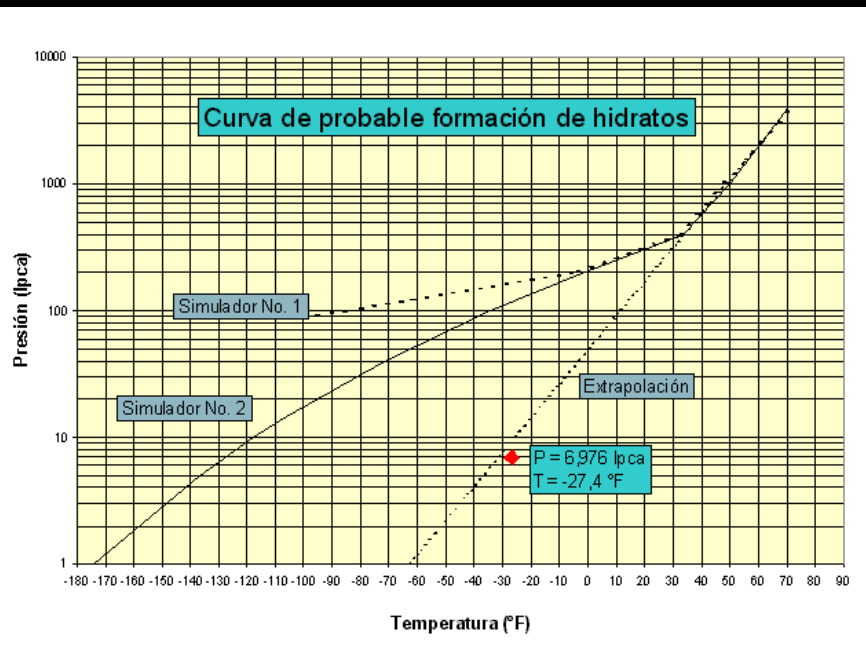
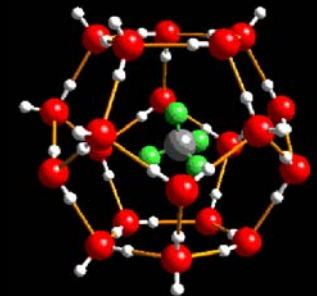
Debido a su simetría los hidratos de metano se auto polarizan eléctricamente



Cristales de Hielo



Hidratos de metano



Perspectivas.

