



# MODELO PIRROELECTRICO PARA ELECTROMETEOROS EN TORMENTAS TROPICALES



Amilkar Quintero y Nelson Falcón

Universidad de Carabobo. FACYT, Dpto de Física. Apdo Postal 129 Avda. Bolívar Norte Valencia Edo. Carabobo Venezuela. Email: [aaqs1@yahoo.com](mailto:aaqs1@yahoo.com), [nfalcon@uc.edu.ve](mailto:nfalcon@uc.edu.ve)

## Resumen

La microfísica asociada de los electrometeoros (rayos y relámpagos) esta asociada a las propiedades físico-químicas de la atmósfera local de ocurrencia. La concentración de metano en la troposfera superior podría favorecer la formación de núcleos polares donde el campo eléctrico se incrementa localmente en las nubes de tormentas. Se presenta un estudio microfísico de la influencia del metano como agente coagulante de los electrometeoros. El modelo elaborado nuestra de que manera esta vinculado el campo eléctrico local y los aerosoles piroeléctricos, con los procesos microfísicos de convección y el transporte de cargas en nubes de tormentas. Se concluye que los cristales piroeléctricos facilitan la génesis de electrometeoros en tormentas.

## Perspectivas

La fenomenología observada parece estar de acuerdo con el modelo, existiendo además evidencia extraterrestre, en la atmósfera del satélite de Saturno: Titán, donde la concentración de metano es muy superior a la de la Tierra [9], y la actividad eléctrica en dicho cuerpo celeste es superior a la nuestro planeta [10].

## Introducción:

Diversas hipótesis se han propuesto para modelar el incremento del campo eléctrico local en el interior de las nubes de tormentas. Los mecanismos microfísicos propuestos para la generación espacial de la carga en las nubes de tormentas parecen actuar en diversas etapas del desarrollo de las nubes de tormentas. Ninguno de estos mecanismos ni modelos toman en cuenta el incremento del desplazamiento eléctrico en el interior de las nubes convectivas por la presencia de aerosoles.

El objetivo del presente trabajo es adelantar un modelo microfísico que incorpore la contribución de los aerosoles en la variación de la intensidad del campo eléctrico terrestre al interior de las celdas nubosas. El metano (CH<sub>4</sub>) es el sexto componente atmosférico, se ha vinculado su piroelectricidad como agente coagulante del más conspicuo de los electrometeoros en Venezuela, el Relámpago sobre el Río Catatumbo [1] [2] y sus derivados acuosos, los hidruros de Metano parecen jugar un papel importante en la climatología oceánica [3].

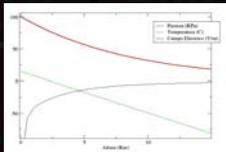


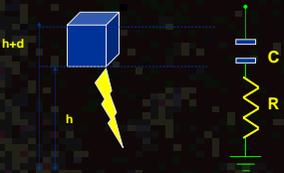
Figura 1: Características de la Troposfera Baja

## Electricidad Atmosférica:

El transporte de partículas (de agua o de aerosoles) conlleva al transporte de cargas estáticas y la formación de electrometeoros

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

$$\vec{E}(z) = -[93.8e^{-4.527z} + 44.4e^{-0.375z} + 11.8e^{-0.121z}] \hat{z} \text{ (KV / km)}$$



## Modelo Elemental:

Considere una nube cumulonimbo aislada, constituida por una o más celdas.

Cada celda con un volumen del orden de 5x10<sup>10</sup> m<sup>3</sup>, en equilibrio hidrodinámico con su entorno [4].

## Desplazamiento Eléctrico y Dipolos en Aerosoles:

Se considera cada celda como una colección de dipolos de agua en equilibrio hidrostático a la temperatura T=T(z), en presencia del campo E.

La distribución de los dipolos eléctricos de las moléculas de agua siguen, en el equilibrio térmico, una estadística Maxwelliana, por lo cual el desplazamiento eléctrico promedio contempla todas las posibles orientaciones del momento dipolar respecto al campo eléctrico atmosférico exterior.

$$\langle \vec{D} \rangle = \frac{\int \vec{E}_0 \cos \theta \exp\left(-\frac{p \vec{E}_0}{k_B T}\right) d(\cos \theta)}{\int \exp\left(-\frac{p \vec{E}_0}{k_B T}\right) d(\cos \theta)} = \epsilon_0 K_{TH} \vec{E}_0$$

Este resultado es válido para las moléculas situadas en la celda nubosa a una altura z constante y con temperatura T del medio, para estimar el valor medio para toda la celda nubosa desde la altura h hasta la cota h+d, siendo d el espesor típico de la celda:

$$\vec{D} = \frac{\epsilon_0}{d} \int_h^{h+d} k_{H_2O}(z) \vec{E}_{\oplus}(z) dz$$

## Contribución de aerosoles: Celda de Metano.

El metano (CH<sub>4</sub>), el sexto componente atmosférico, con una abundancia del 0.02 de la fracción total de la atmósfera [5] [6] tienen un constante de red de 2a=1.095Å y sostienen un ángulo de α=109.5º que corresponden a los orbitales s-p (H-C-H) en simetría tetraédrica [7], del Grupo de simetría T<sub>d</sub> en la notación de Schofield, donde su momento dipolar es:

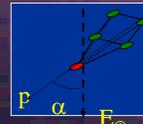


Fig. 3: Simetría de la molécula de metano.

$$\vec{p} = 4(2a).e.\cos(54.57^\circ) \approx -4.07 \cdot 10^{-24} \hat{z} \text{ (m.c)}$$

El Metano y sus microcristales son piroeléctricos (arreglo de simetrías C<sub>4</sub>), en la nube, podrían crear campos dipolares espontáneos, en cuyo caso el vector de desplazamiento eléctrico D es [8]:

$$\vec{D}_i = \vec{D}_a + \epsilon_{ik} \vec{E}_k$$

Para estimar el desplazamiento eléctrico intrínseco en la celda nubosa de metano, supondremos un gas diluido y un circuito equivalente simple (capacitor Telúrico) en ausencia de campos externos (E=0) con lo cual:

$$D_0 \approx \frac{e \cos \alpha}{\sqrt{2} \pi a^2} \approx 16.68 \left( N \frac{KV}{Km} \right)$$

Para una celda nubosa de agua y metano (con factor de concentración f <= 1) el desplazamiento eléctrico total es la suma del desplazamiento piroeléctrico intrínseco (D<sub>0</sub>) más el inducido por el campo eléctrico atmosférico. El valor medio se da:

$$\langle D \rangle_{CH_4} \approx 16,68 f \left[ C / m^2 \right] + 1.67 \frac{\epsilon_0}{d} \int_h^{h+d} E_{\oplus} dz$$

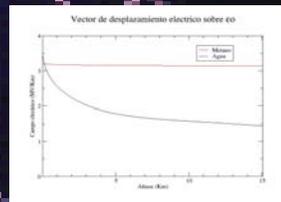


Fig. 4: Desplazamiento eléctrico de la celda nubosa (agua y metano).

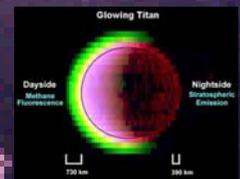


Fig. 5: Imagen espectral de Titán. (Cassini - Huygens 2004)

La presencia de aerosoles piroeléctricos son coadyudantes para la actividad eléctrica como se observan en las erupciones volcánicas y las tormentas de arena, en donde los electrometeoros se manifiestan sin la presencia de pluviosidad.

## Conclusiones:

Utilizando el modelo de un capacitor de placas plano paralelas (Capacitor telúrico) [11], que concuerda con la geometría de las nubes de tormentas, el factor eléctrico aumenta con la altura debido a la disminución monótona de la temperatura. Este factor propio de las moléculas de agua, es proporcional a la capacitancia, indicando con ello que la celda nubosa se carga a medida que aumenta la altura durante el proceso natural del ciclo del agua.

De acuerdo a los modelos numéricos, el potencial de ruptura de una celda nubosa, netamente de agua, no es suficiente para una descarga [12]. El metano debido a su configuración de simetría cristalina tetraédrica, posee propiedades piroeléctricas. Al aumentar la concentración relativa de metano o quizás de otros aerosoles piroeléctricos en la celda nubosa de ocurrencia, la actividad eléctrica se ve incrementada debido a estas propiedades eléctricas intrínsecas, como en el caso hipotético de una celda nubosa de agua y de metano (o incluso de hidruros de metano).

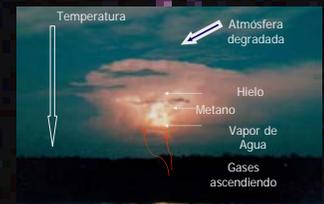


Figura 4: Fotografía de nube cumulonimbus sobre el río Catatumbo.

## Referencias:

Falcón N., Pitter W., Muñoz A., & Nader D. (2000). "Microfísica del Relámpago del Catatumbo". Ingeniería UC, 7, 1, 47-53

Falcón N., Pitter W., Muñoz A., Barros T., Villeria A. and Nader D. (2009). "Modelo Electroatmosférico del Relámpago sobre el Río Catatumbo". Sci. J. From Exp. Faculty of Sc.(Ciencia) 8, 2,155-167.

Suess E., Bohrmann G., Greinert J. and Lausch, E. (1999). Sc. Am. 281, 5, 52.

Rogers R. (1977). "Física de las nubes". Reverté. Barcelona.

Lider D.R. (1997). "ed. Handbook of Chemistry and Physics". CRC England.

Gringel W., Rosen J.K., and Hoffman D.J. (1986). "Electrical structure from 0 to 30 km; in the Earth's Electrical Environment". Krider, E. P. & Roble, R.I. Ed. Washington DC Nacional Academia Press, pp 166-182.

Morrison M. and Boyd L. (1996). "Química Orgánica". McGraw Hill, pp 347.

Landau L., Lifshitz, E. (1981) "Electrodinámica de los medios Continuos". Reverté Barcelona, pp.70-73.

Lemmon M.T., Smith P., and Lorenz R. (2002). "Methane Abundance on Titan, Measured by the Space Telescope Imaging Spectrograph". Icarus 160, 375-385.

Delbec M.D. and Kaiser M. L. (1990). "Upper limit set by lightning on Titan". Nature 343, 442-443.

Iribarne S.V. and Cho H.R. (1980). "Atmospheric Physics". D. Reidel Publishing Company, 129-146.

Rarkov V. and Uman M. (2003). "Lightning: Physics and Effects". Cambridge U. Press, pp10-12.