

REFLEXIONES

LUIS ALFREDO GALÍNDEZ GALDONA
SANDRA ARRÁN
JUAN DE DIOS SALAS CANEVARO
OMAR ANTONIO GUERRERO

Reflexión 4

¿EL “RELÁMPAGO DEL CATATUMBO” FENÓMENO METEOROLÓGICO ÚNICO EN SU TIPO?

*¿Is the “Catatumbo Lightning” a unique
meteorological phenomenon
of its kind?*



50

OMAR ANTONIO GUERRERO

Geógrafo graduado en la Universidad de Los Andes, estudios de postgrado y doctorado en Ciencias Geológicas, profesor titular en Geomorfología y Geología Ambiental de la Universidad de Los Andes, Venezuela. Publicación de varios libros y artículos en el campo de la geomorfología, geología de campo y geología ambiental. E-mail: oag2021@com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8859-2906>

En la presente reflexión técnica se realiza una sucinta revisión bibliográfica del espectacular fenómeno atmosférico de gran importancia en el planeta Tierra, denominado “Relámpago del Catatumbo”. Se trata de un proceso natural que vincula de manera magistral la armonía entre paisajes, dirección de vientos y localización geográfica, solo dirigido por la mano del creador.

El primer escrito donde, se menciona al relámpago del Catatumbo fue el poema épico “La Dragontea” de Lope de Vega escrito en 1598 (Vega, 2007), que narra la derrota del pirata inglés Francis Drake por don Suárez de Amaya, Gobernador y Capitán General de Nueva Andalucía y Paria (más tarde llamada Provincia de Cumaná, Provincia de Venezuela). Los naturalistas y exploradores Alexander von Humboldt y Aimé Bonpland en su libro “Viaje a las regiones equinocciales del nuevo continente (1799-1804)” (Humboldt y Bonpland, 1941, p.390), traducido por Lisandro Alvarado, lo describieron como «explosiones eléctricas que son como fulgores fosforescentes...» y al relacionarlo con la liberación de gases de hidrogeno y azufre de los volcanes y, señala:

¿Qué cosa es el fenómeno luminoso conocido con el nombre de farol de Maracaybo que todas las noches se ve del lado del mar como en lo interior del país, por ejemplo, en Mérida donde el señor de Palacios le ha observado durante dos años?

La distancia de más de 40 leguas [193,12km] á que se distingue la luz, ha hecho creer que podría ser el efecto de una tempestad ó de explosiones eléctricas que tuviesen lugar diariamente en una garganta de montaflas [enlace o nudo montañoso]; y aun se asegura que se oye el ruido del trueno cuando se aproxima uno al farol. Otros pretenden vagamente que estos es un volean de aire y que terrenos asfálticos, parecidos á los de mena [menes], causan exhalaciones inflamables y tan constantes en su aparición. El sitio en que este fenómeno se presenta, es un país montañoso é inhabitado en las orillas del rio Catatumbo, cerca de su unión con el rio Sulia [actual Zulia]. La posición del farol es tal que, situado casi en el meridiano de la boca de la laguna de Maracaybo, dirige á los navegantes como un fanal”

Por su parte, el geógrafo italiano Agustín Codazzi, lo describe como un “relámpago continuado que parece surgir del río Zulia y sus alrededores” (Angel Ecotours, 2000); siendo también estudiado por el profesor Andrés Zavrostky (1991) de la Universidad de los Andes, Venezuela, quien visitó en los años 1966 y 1970, la zona de las ciénagas del Parque Nacional Ciénagas de Juan Manuel de Aguas Claras y Aguas Negras al oeste del lago de Maracaibo.

Entre los principales estudios recientes, se encuentra el realizado por Melchor Centeno (2000), quien atribuye el origen de las tormentas eléctricas a la circulación cerrada de vientos en la región. Entre 1997 y 2000, un equipo encabezado por Falcón et al. (2000) de la Universidad de Carabobo, realizan un modelado micro físico de los relámpagos del Catatumbo. También existen los trabajos del Centro de Modelado Científico (CMC) de la Universidad del Zulia bajo la coordinación de Muñoz et al. (2011, 2015, 2016); entre otros.

Todos los autores antes mencionados, aunque coinciden que los relámpagos de Catatumbo, se trata de un fenómeno meteorológico natural. Sin embargo, difieren de la causa del posible origen de los mismos, como podemos resumir a continuación:

1. Es el resultado del efecto orográfico de las cordilleras (Andes venezolanos – Perijá), que encierran y frenan los vientos alisios del noreste.
2. Es el resultado de un proceso de atmosférico de formación de nubes de gran desarrollo vertical que producen descargas eléctricas entre los 2 y 10 kilómetros de altura (o más), a medida que los vientos alisios NE penetran en la superficie del lago en horas de la tarde (cuando la evaporación es mayor), y se ven obligados a ascender por el sistema montañoso de Perijá (de 3 750 m s. n. m.) y la Cordillera de Mérida, el ramal venezolano de los Andes (de hasta 5 000 m s. n. m , aproximadamente).
3. Es como consecuencia del encuentro de corrientes de aire frías y calientes sin descartar el uranio como posible agente co-causal.
4. A partir de un modelo micro físico del relámpago del Catatumbo, identifica al metano (CH_4), como una de las principales causas del fenómeno, aunque también, es un modelo general de la electrificación de nubes. El metano parece también asociado a los relámpagos de Titán (satélite de Saturno) y aparece vinculado a otras áreas de gran actividad electro atmosférica, como el sur de Florida y África central.
5. La propuesta de “choques” de frentes de aire fríos y calientes, que explicarían la pluviosidad (4 000 m. m. media anual en la Sierra de Perijá), pero no la permanente e inusual actividad eléctrica observada.

La propuesta de coches de frentes de viento frío y caliente, según Whiteman (2000), se produce cuando una masa de aire comparativamente más frío se mueve hacia una zona con aire más cálido. El aire más seco y frío forma un frente muy inclinado debajo del aire más cálido y húmedo en la superficie y lo eleva (Figura 1). Esto suele provocar nubes de desarrollo vertical, que pueden manifestarse como un frente de chubascos y tormentas cuando hay suficiente humedad. Por otra parte, existen las denominadas tormentas secas, también conocidas como tormentas de “virga”, son tormentas en las que se forman precipitaciones, pero no llegan a la superficie terrestre, evaporándose en el aire antes de alcanzar el suelo (Whiteman 2000).

Estas tormentas pueden presentar características típicas de las tormentas, como relámpagos, truenos y fuertes vientos, pero sin la presencia de lluvia en la superficie (Rakov y Man, 2003, en Donald, 2007). Por consiguiente, se exponen las siguientes hipótesis:

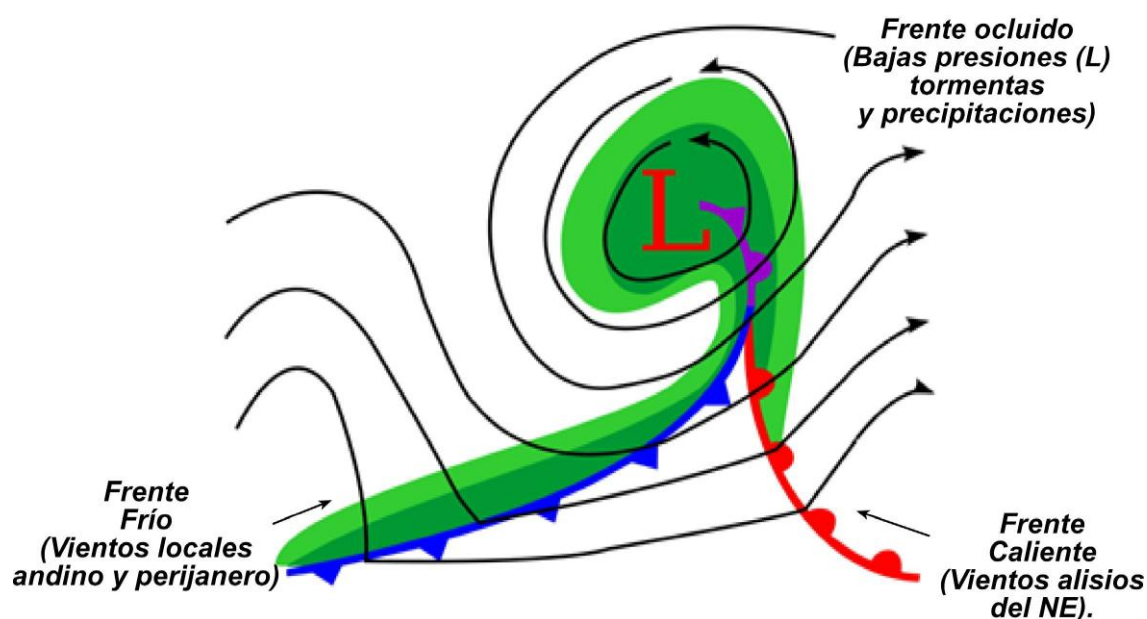


FIGURA 1. Esquema de un frente frío- caliente y ocluido. Fuente: Tomado y modificado de Wikipedia (2024).

- a) Este fenómeno de relámpagos de Catatumbo, puede formarse por la existencia de una alta correlación entre la energía potencial disponible para convección (CAPE), vientos meridionales (Norte-Sur) y la actividad eléctrica en la cuenca del lago de Maracaibo. Por lo que, se sugiere un rol importante en la modulación de las descargas eléctricas, por parte de corriente en chorro de bajo nivel de América del Sur (*South American Low-Level Jet – SALLJ*, siglas en inglés) en la cuenca del Lago de Maracaibo. Se trata de un flujo de viento meridional entre los 850 y 700 hPa a 1.5 y 3 km de altura.
- b) Varios autores han tratado de relacionar el fenómeno conocido como “El Niño” con la mayor o menor intensidad de los relámpagos del Catatumbo, pero ello no pasa de ser una especulación, ya que dicho fenómeno se produce en las latitudes meridionales de la costa pacífica de América del Sur y no tienen mayor repercusión sobre territorio venezolano.
- c) El Centro de Modelado Científico (CMC) de la Universidad del Zulia, ha detectado que los relámpagos del Catatumbo, no es el grupo de células tormentosas con más descargas eléctricas, que se presenta en el planeta. El sitio de mayor cantidad de células tormentosas de descargas eléctricas, ocurre en una región de África que abarca parte de la República Democrática del Congo y Ruanda. **Lo que hace peculiar al relámpago del Catatumbo, es que sus descargas están concentradas en una región muy pequeña; es decir, el número de descargas por unidad de área geográfica es la más grande del mundo.**
- d) Una apreciación importante es la expuesta por Tulio Febres Cordero (1931), al mencionar que *“es indudable que existe alguna relación desconocida entre el relámpago del Catatumbo y ciertos temblores en Los Andes. Desde 1894 (Gran Terremoto de Los Andes) apuntamos esta observación, en vista de la gran actividad en que estuvo el Catatumbo en la noche del terremoto y en las inmediatas y de la inexplicable claridad en los momentos del gran temblor; y ahora hemos confirmado la observación con motivo de los últimos temblores del 21 de junio de 1914 en adelante, que también se ha notado gran actividad en el Catatumbo, tanto el citado Señor Lares como el señor M. Centeno Graü han hecho por su parte*

observaciones análogas , que contribuyen a probar esa relación misteriosa del célebre relámpago con algunos fenómenos sísmicos de Los Andes”

En la figura 2, podemos reconocer la afinidad que existe entre la zona de fallamiento geológico activo en el occidente venezolanos y los sitios de localización de menes de petróleo, aguas termomineralizadas y presencia de formaciones geológicas ricas en carbón e hidrocarburos afectadas por las trazas de las fallas geológicas tanto de la región andina como perijanera.

55

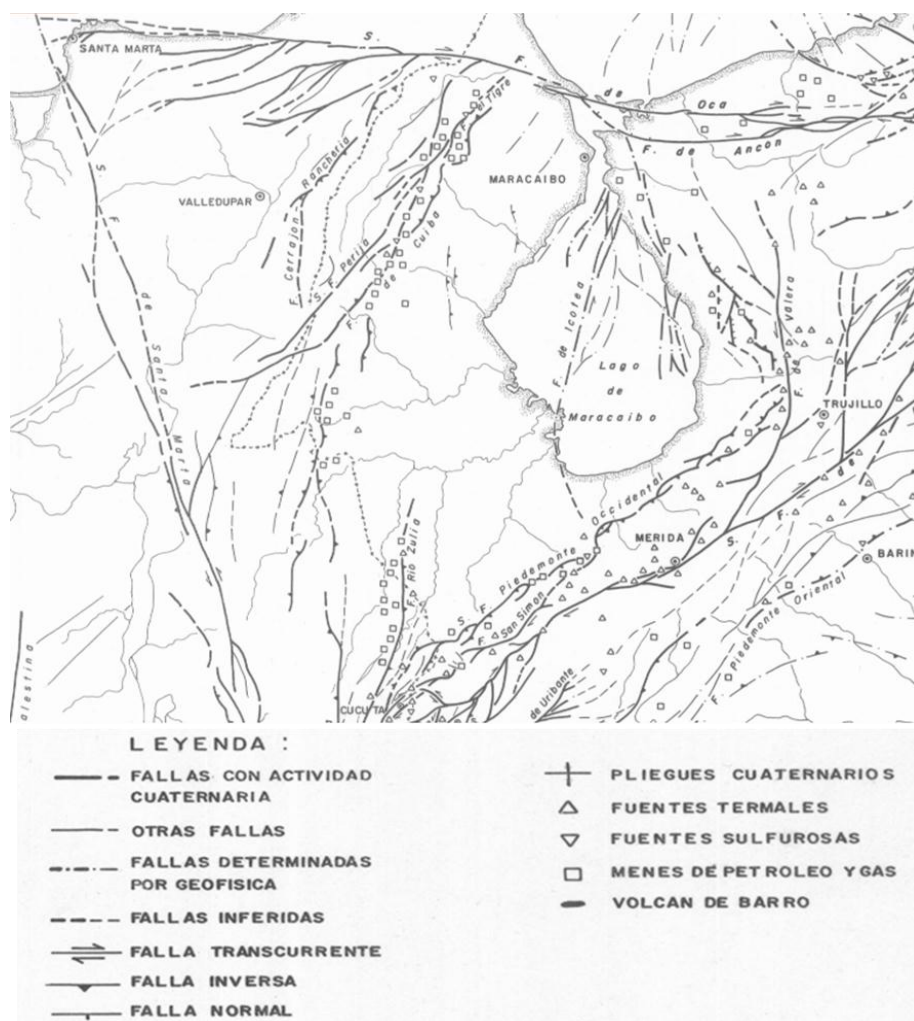


FIGURA 2. Neotectónico del occidente venezolanos. Fuente: Mapa neotectónico de Venezuela. Fuente: FUNVISIS (1993).

Localización geográfica del Relámpago del Catatumbo

El relámpago del Catatumbo se suele desarrollar entre las coordenadas de 8° 30' y 9° 45' de latitud norte y los 71° y 73° de longitud oeste, lo que supone una zona de 33 km² aproximados. La frecuencia se estima en 260 días del año con una duración de 10 horas por noche. Aunque, los valores climatológicos de los mapas del Atlas de la Fuerza Aérea Venezolana, señalan un promedio de 140 a 160 días de tormentas eléctricas al año.

Las descargas pueden alcanzar un rango estimado entre 16 y 40 por minuto (Muñoz et al., 2015). Las tormentas de relámpagos ocurren de manera dispersas por esa extensa zona antes mencionada, aunque se han determinado dos ventanas más frecuentes de luminosidad, una cerca de la desembocadura del río Catatumbo (9,5°N/71,5°), y la otra en la frontera entre Venezuela y Colombia (9°/73°) (Bürgesser et al., 2012; Figura 3).

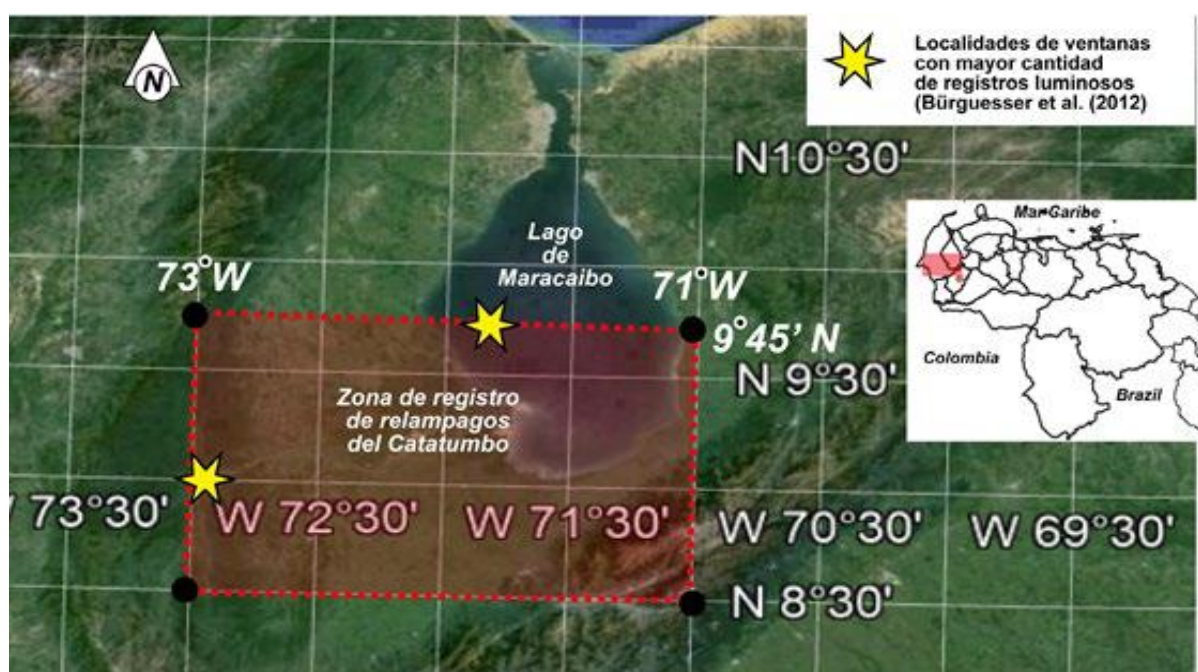


FIGURA 3. Localización geográfica de la zona de registro de los relámpagos del Catatumbo en el occidente de Venezuela. Zona centro sur del Lago de Maracaibo. Fuente: Bürgesser et al. (2012).

La cuenca hidrográfica del río Catatumbo, donde es más frecuente el avistamiento de relámpagos y por tal motivo lleva el nombre de este fenómeno meteorológico; nace a una altura de 4 110 m s. n. m., en el flanco este de la Cordillera Oriental de Colombia en el Departamento del Norte de Santander, tiene una extensión aproximada de 450 km²; de estos, 240km² en territorio colombiano. La cuenca hidrográfica es compartida entre Venezuela y Colombia, abarca 25 600 Km², de esta extensión 16 200 km², se localiza en territorio de Colombia. El río Catatumbo aporta entre el 60% y 70% del agua dulce al lago de Maracaibo.

Claves importantes del fenómeno de los Relámpagos del Catatumbo

Este fenómeno meteorológico, se caracteriza por presentan una actividad mínima en los meses de enero y febrero (meses secos), y máxima en septiembre y octubre (meses húmedos).

Según el Centro de Modelado Científico (CMC) de la Universidad del Zulia, **es muy poco probable (si es que fuera posible), que sea el principal regenerador de la capa de ozono.** Aunque, efectivamente los relámpagos del Catatumbo producen ozono (O₃), pero es muy poco probable que este gas inestable llegue a la estratósfera porque tiende a transformarse en algún otro compuesto en cuestión de horas. Según Muñoz et al. (2015, 2016), *el tiempo que le tomaría al ozono (O₃) producido por los relámpagos del Catatumbo para ascender hasta la capa de ozono es de como mínimo 6 meses, por lo que no vemos un mecanismo viable para que contribuya a la regeneración de la capa de ozono planetaria.*

La actividad de relámpagos del Catatumbo, aparecen 260 noches por año, es decir desde los meses de abril a diciembre está activo (nueve meses, con máximos de luminosidad en los meses de octubre y noviembre) y, su actividad disminuye en los meses secos de enero, febrero y parte de marzo. Su actividad lumínica tiende a ocurrir predominantemente entre las 7 pm y las 5 am (Figura 4).



FIGURA 4. Vistas del fenómeno meteorológico “Relámpago del Catatumbo”. Fuente: Rafael Álvarez Bermúdez / JSGV / Globovisión.

Un estudio del patrón de vientos en la baja tropósfera, en los sectores meridional y oriental de la cuenca del lago de Maracaibo utilizando globos pilotos, durante el período abril-mayo de 2004, fue realizado por Andressen y Diaz (2000) y concluyen, que en la cuenca del lago de Maracaibo la circulación atmosférica en la baja tropósfera está determinada por las condiciones del relieve. La presencia de la sierra de Perijá al oeste, y la cordillera de Mérida al sur y sureste desvían los vientos hacia el sur en el sector occidental de la cuenca, y luego de girar en el sector meridional, son dirigidos hacia el norte. Esta situación sinóptica es casi permanente en el período de sequía y muy frecuente en los meses del período lluvioso (Goldbrunner, 1963; Andressen, 2007; Figura 5). De ahí que Muñoz et al. (2016), de acuerdo con este planteamiento de dirección de vientos locales, considera que la convergencia de mayor alcance es la Convergencia Local de Vientos, que se forma en el extremo sur del estado Zulia, como consecuencia del choque de los vientos del norte con los del sur que soplan del estado Táchira hacia la cuenca del lago de Maracaibo. Los vientos provenientes del Táchira (de la región de San Antonio del Táchira), pueden servir como índice de las intensidades del fenómeno, así como el de las lluvias producidas.

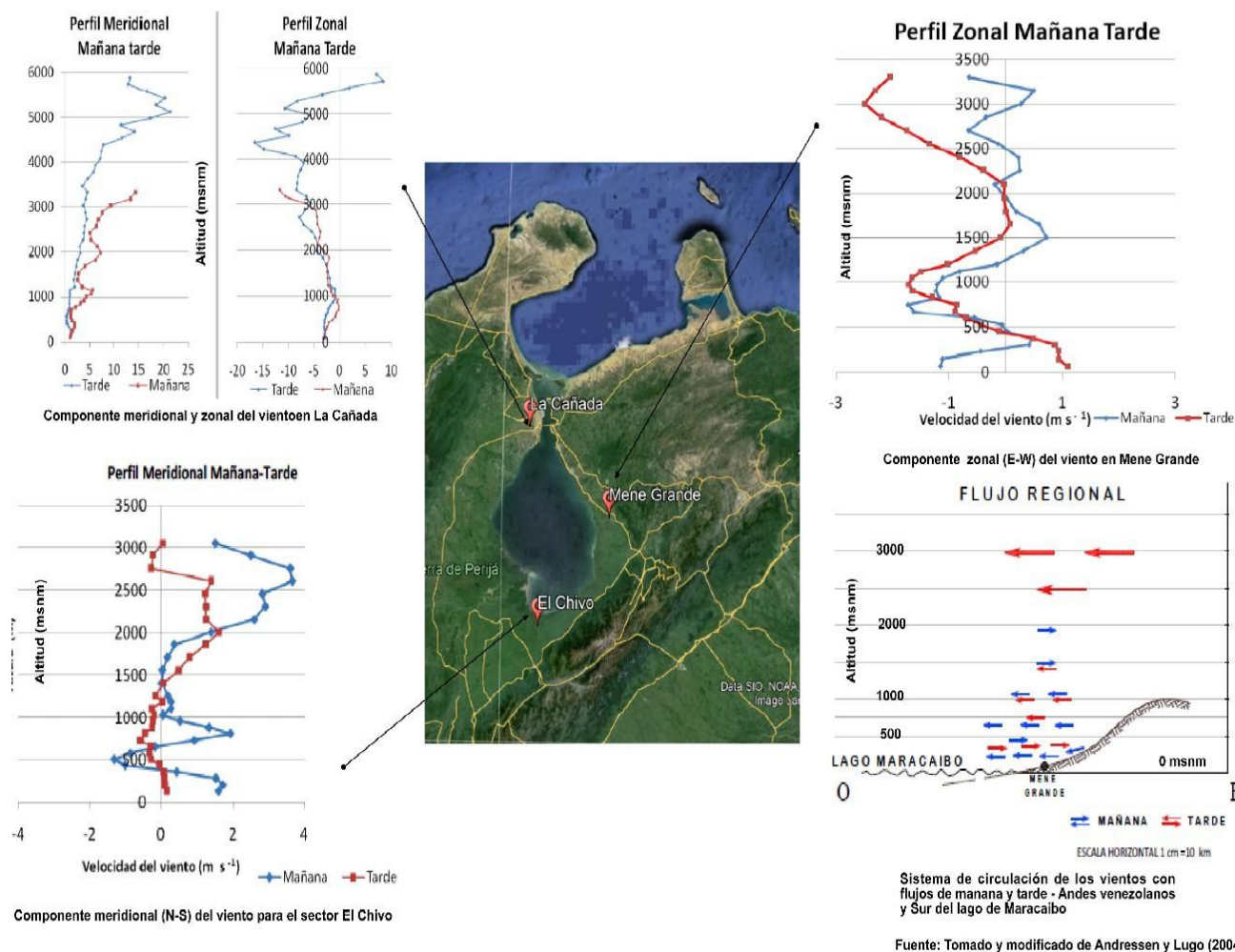


FIGURA 5. Mediciones de perfiles de vientos (mañana y tarde) para determinar la dirección de los flujos de vientos. Fuente: Tomado y modificado de Andressen y Diaz (2000).

La dirección y encuentro de vientos cálidos y húmedos de bajo nivel, provenientes del mar Caribe, y la presencia de las cordilleras de los Andes y Perijá, que rodean el lago de Maracaibo, producen condiciones ideales para generar nubes de tormenta, especialmente en el sudoeste de la cuenca. Cuando los vientos traen consistentemente humedad a esta área, la altura de las montañas ayuda al desarrollo y persistencia de nubes de gran despliegue vertical (Figura 6). Esto último es importante porque la frecuencia de rayos se incrementa muy rápidamente con la altura de la nube (cuanto mayor despliegue vertical, más descargas eléctricas por km². Sin embargo, según estudios realizados por el Centro de Modelado Científico (CMC) citado por Muñoz et al. (2015), sugieren que la presencia de metano en los terrenos del piedemonte y llanos aluviales – pantanosos y lacustres, contribuye en la formación y concentración de la frecuencia e intensidad de la luminosidad de los relámpagos del Catatumbo.

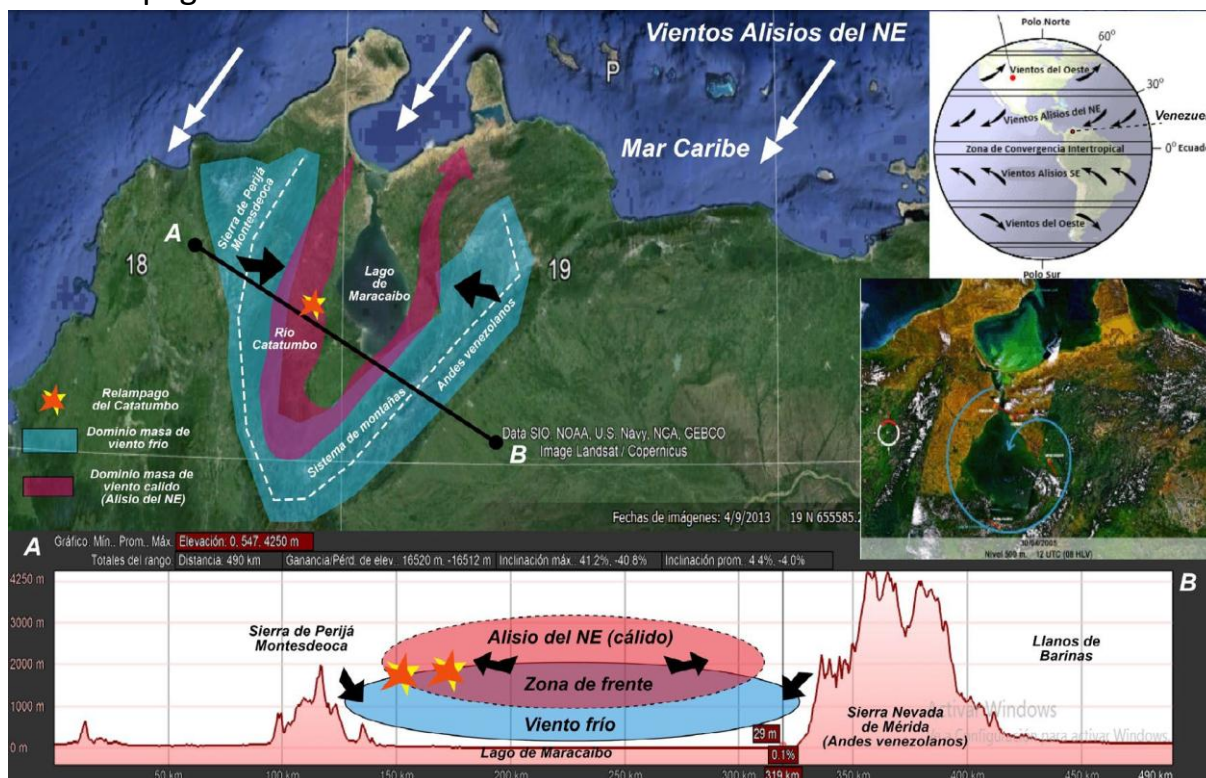


FIGURA 6. Diseño de la distribución general de los vientos y su encuentro con la zona de montañas de las regiones andinas y perijanera del occidente de Venezuela. Fuente: Elaboración propia.

¿El Metano, factor determinante en la generación del Relámpago?

En los estudios realizados por el Centro de Modelado Científico (CMC) y publicados por Muñoz et al. (2015), sugiere que la presencia de abundantes moléculas de metano (CH_4), proveniente de varias fuentes naturales, tales como la zona de humedales (pantanos y estuarios lacustres), así como la presencia de afloramientos rocosos con minerales de carbón e hidrocarburos (menes), aportan gases de metano, que se eleva rápidamente por ser más liviano que el aire, ascendiendo sobre las nubes de vapor de agua. Este fenómeno se incrementa en las horas siguientes del ocaso, cuando la ausencia de irradiación solar evita su foto disociación, lo que podría explicar por qué el relámpago sólo es visible en horas nocturnas.

La extensión de los pantanos permanentemente inundados y la generación de metano por descomposición de detritus y humus, se incrementa durante el verano porque las aguas son menos profundas y la temperatura media aumenta facilitando la descomposición del material orgánico, lo que al parecer es la causa por la cual el relámpago del Catatumbo es más visible en épocas de sequía.

De esta manera, la presencia de metano en las nubes bajas de la región, favorecida por la circulación cerrada de vientos y por la gran extensión de pantanos, permitiría explicar la microfísica de las descargas gaseosas (relámpago o fluorescencia y rayos o descargas de arco nube-nube) y el mecanismo de auto polarización eléctrica de la nube (Figura 7).



FIGURA 7. Los relámpagos tienen su propio ciclo de actividad: más visibles en octubre y noviembre y menos en enero y febrero. Foto: Archivo - Daboin Guzmán.

¿Son los Relámpagos del Catatumbo la primera fuente regeneradora de la capa de Ozono (O₃), como tormenta eléctrica en el planeta tierra?

El Ozono es un gas compuesto de tres átomos de Oxígeno (O₃). Se obtiene como resultado de la aplicación de alta energía radiante (rayos UV del Sol) y de energía eléctrica al Oxígeno, este compuesto químico es esencial para la conservación y regeneración de la capa de ozono, pues dependemos de esta capa de la estratosfera para el manteniendo el equilibrio térmico del planeta al absorber y filtrar la radiación calórica y rayos ultravioleta (UV), emitida desde la superficie terrestre y re-irradiarla hacia el espacio exterior, lo que permite la vida en la superficie terrestre, se estima que un 10% de Ozono, es generado por las tormentas eléctricas (Muñoz et al., 2016).

En otras localidades del planeta tierra podemos reconocer fenómenos atmosféricos similares a los ocurridos en el occidente de Venezuela; es el caso de la localidad de Bogor (isla de Java, Indonesia, UTM 700239E/9275041S, Figura 8), considerado como el lugar del mundo con mayor frecuencia de días de tormentas eléctricas al año, con un promedio anual actual de 223 días de tormentas (posee un récord Guinness de 322 días, de 1916 a 1919). También

destaca lo que se conoce como el “Cinturón de los Relámpagos”, que se extiende desde Orlando hasta el sur del estado de la Florida (USA, UTM 362778E/3089057N. Figura 9); dentro de esta zona se ubica Tampa, conocida como la capital de las tormentas en Estado Unidos, con un promedio de hasta 120 días de tormentas al año.

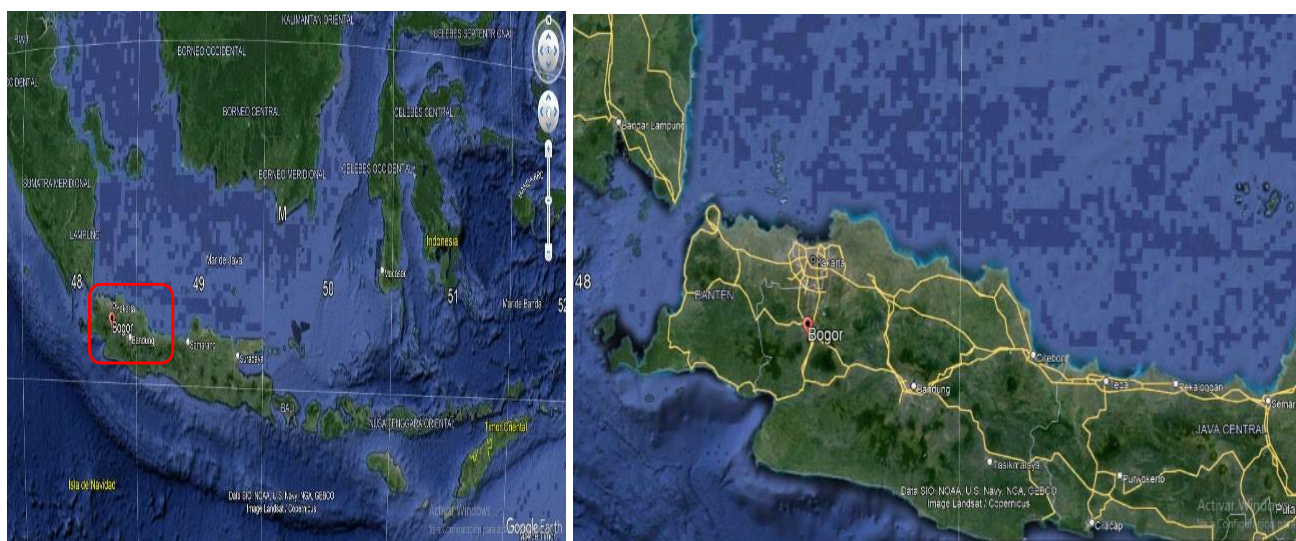


FIGURA 8. Localización de la isla de Bogor (Isla de Java, Yakarta), en el archipiélago indonesio. Fuente: Imagen Google Earth (2023).

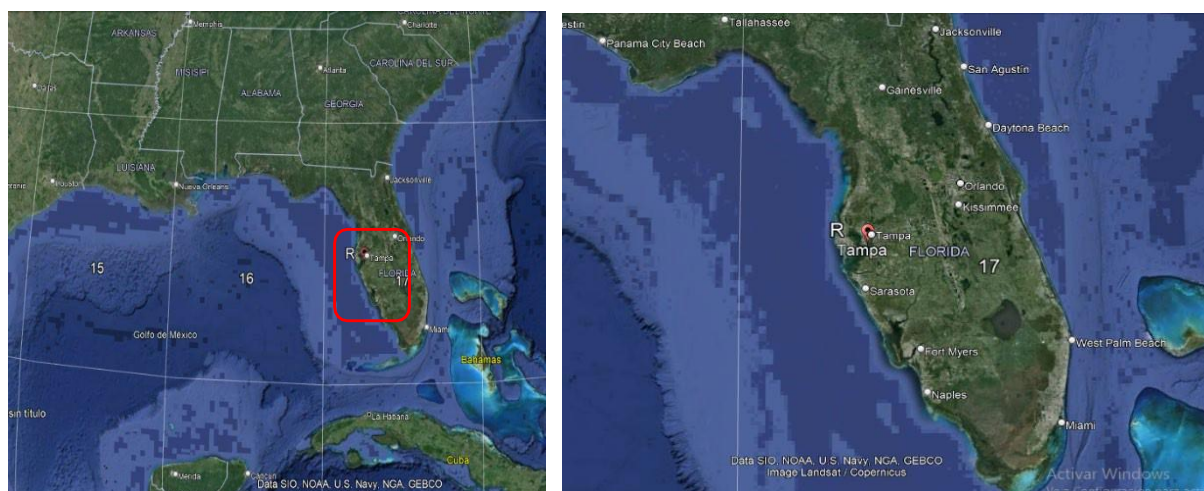


FIGURA 9. Localización de la zona de Tampa – Florida (USA). Región del Caribe – Atlántico norte. Fuente: Imagen Google Earth (2023).

Según Muñoz et al. (2011), la gran diferencia entre el fenómeno de la región del Catatumbo y Bogor (Indonesia), es el tiempo de duración de las tormentas y sus características. En la región del Catatumbo las duraciones de los días de tormentas se inician aproximadamente a las 20:00 (8:00 pm) y se prolongan por lo general hasta las 06:00 (6:00 am) del día siguiente, lo que da en promedio, tomando como referencia la recurrencia menor de 140 días de tormentas de 70 días de tormentas de 4 horas = 280 horas y 70 días de tormentas de seis horas = 280, tendremos un total de 700 horas de tormentas al año.

En lo referente a descargas de tormentas Muñoz et al. (2016), señala un rango entre 16 a 40 descargas por minuto, lo que da un promedio de 28 descargas, para un total de 1 176 000 descargas eléctricas anuales (según especialistas en el tema, cada descarga eléctrica equivale aprox. a unos 10 000 Amperios).

El relámpago del Catatumbo es una tormenta nube-nube que forma un arco voltaico a más de 5 km de altura (Muñoz et al., 2016). En Bogor (Indonesia) las tormentas son en su mayoría diurnas, de nube-tierra y su tiempo de duración es de una a dos horas (promedio de hora y media), lo que ubica su promedio

máximo anual en 335 horas tormentas. Mientras que, el promedio tormentas eléctricas en Tampa (USA), según la National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA (Donald, 2007; Laboratorio Oceanográfico y Meteorológico del Atlántico de la NOAA, 2025), por lo general, es de una hora escasamente ocurren tormentas de dos horas de duración.

Lo anteriormente expuestos, basado en investigaciones realizadas Centro de Modelado Científico (CMC), demuestra que **los relámpagos del Catatumbo no solo son, la primera fuente regeneradora de la capa de ozono (O₃) en su tipo del planeta tierra, sino que, la extensa región que ocupa el Parque Nacional de las Ciénagas en el lago de Maracaibo, es el lugar del mundo con el mayor promedio de tiempo en tormentas eléctricas anuales.**

¿Los Relámpagos del Catatumbo tiene el premio Guinness y merece ser catalogado como patrimonio de la humanidad por la UNESCO?

El fenómeno natural denominado “Relámpago del Catatumbo” fue declarado Patrimonio Natural del Zulia el 27 de septiembre de 2005. Mientras que, el 28 de enero de 2014, ingresó oficialmente a la lista mundial del Récord Guinness por poseer el mayor promedio mundial de relámpagos por km² al año (estimado en 250 relámpagos/km²), ubicándolo como el de mayor envergadura de su clase.

Esta distinción se logró a través de las gestiones del ambientalista venezolano Erik Quiroga, quien solicitara ante la sede inglesa del Guinness, que se incluyera a la región como el lugar con mayor recurrencia de relámpagos por km² al año, desplazando del primer puesto a la región de Kifuka, en el Congo (África), con 153 relámpagos/km² (Figura 10).



FIGURA 10. Región de Kifuka, localizada al este de la República democrática del Congo (África), límite con los países de Ruanda y Burundi. Fuente: Imagen Google Earth (2023).

Actualmente, se busca catalogar al relámpago del Catatumbo como patrimonio de la humanidad bajo la protección de la UNESCO, y en caso de lograrse sería el primer fenómeno meteorológico con esta figura internacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andressen, R.** (2007). Circulación atmosférica y tipos de climas. En Fundación Empresas Polar (Ed.). Geo Venezuela. Medio físico y recursos ambientales. Tomo 2, (13), 238 – 328
- Andressen, R. y Díaz, A.** (2000). Influencia de la altitud y la distancia al lago de Maracaibo en la caracterización pluviométrica del estado Trujillo, Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía UCV, 26, 107 - 124
- Angel Ecotours.** (2000). Catatumbo – Lake Maracaibo, Venezuela. Datos interesantes. <https://angel-ecotours.com/es/catatumbo-interesting-facts/3/#:~:text=%E2%80%94%20El%20ge%C3%B3grafo%20italiano%20Agust%C3%ADn%20Codazzi,alrededor%20del%20lago%20de%20Maracaibo.>

- Bürgesser R. E., Nicora M. G. y Ávila, E.** (2012). Characterization of the lightning activity of "Relámpago del Catatumbo". *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, (77), pp. 241-247. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2012.01.013>.
- Centeno, Melchor.** (2000). Energía solar en Venezuela. <http://www.asovac.org/2010/01/27/energia-solar-en-venezuela-melchor-centeno-vallenilla/>
- Donald, C.** (2007). *Meteorology today: an introduction to weather, climate, and the environment* (8th edition). Belmont, Calif.: Thomson/Brooks/Cole. pp. 298-300
- Falcón Nelson, Peter Williams, Angel Muñoz y Dia Nader.** (2000). Microfísica del Relámpago del Catatumbo. *Revista de la Facultad de Ingeniería* 7(1): 47-53
- Febres Cordero, T.** (1931). *Archivo de Historia y Variedades*. Tomos I-II. Editorial Parra León Hermanos. Caracas.
- FUNVISIS.** (1993). Mapa neotectónico de Venezuela. Neotectónico del occidente venezolanos. https://www.funvisis.gob.ve/atlas/pdf/atlas_Parte_3_geofisica_WEB.pdf
- Goldbrunner, A.** (1963). Las causas de las lluvias de extraordinaria magnitud en Venezuela. Ministerio de la Defensa. Comandancia General de la Aviación. Servicio de Meteorología. Publicación Especial No. 2. Maracay. 230 p.
- Humboldt, Alejandro von y Bonpland, A.** (1941). Viaje a las regiones equinocciales del nuevo continente (1799-1804). Traducción Lisandro Alvarado. Colección Viajes y naturaleza. Biblioteca Venezolana de Cultura. Tomos I, II, III, IV, V.
- Laboratorio Oceanográfico y Meteorológico del Atlántico de la NOAA.** 2025. Promedio tormentas eléctricas en Tampa (USA). <https://www.aoml.noaa.gov/hrd-faq/>
- Muñoz, Á.G. y Díaz-Lobatón, J.** (2011). The Catatumbo Lightnings: A review. *Memoirs of the XIV International Conference on Atmospheric Electricity*. Brazil.
- Muñoz, Á.G., Díaz-Lobatón, J., Chourio, X., and Stock, M.J.** (2016). Seasonal Prediction of Lightning Activity in North Western Venezuela: Large-Scale versus Local Drivers. *Atmospheric Research* Volúmenes 172-173, pp. 147-162. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.12.018>

Muñoz, Á.G., Núñez, A., Chourio, X., Díaz-Lobatón, J., Márquez, R., Moretto, P., Juárez, M., Casanova, V., Quintero, A., Zurita, D., Colmenares, V., Vargas, L., Salcedo, M.L., Padrón, R., Contreras, L., Parra, H., Vaughan, C. y Smith, D. (2015). Reporte Final de la Expedición Catatumbo: abril 2015. Reporte Público CMC-01-2015. Centro de Modelado Científico (CMC). Universidad del Zulia. pp. 20. DOI: 10.13140/RG.2.1.1351.0566

Vega, Lope de. (2007). La Dragontea. Ediciones Cátedra. Letras Hispánicas. Amazon. 568 p.

Whiteman, C. David (2000). Mountain meteorology: fundamentals and applications. New York: Oxford University Press. pp. 77-79

Wikipedia. (2024). Frente (Meteorología).
[https://es.wikipedia.org/wiki/Frente_\(meteorolog%C3%ADa\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Frente_(meteorolog%C3%ADa))

Zavroski, A. (1991). "Faro del Catatumbo: lo Conocido y Lo Desconocido". Carta Ecológica N° 56: Caracas. Publicación de LAGOVEN.