

»» LAS TORMENTAS SIN LLUVIA DEL UNIVERSO

Mauricio René Reyes Gutiérrez*, Alfredo Raya
Montaño, Israel Luna Reyes

Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

*Contacto: mauricio.reyes@umich.mx



Las tormentas sin lluvia del universo

Resumen

Las tormentas no lluviosas son fenómenos naturales que ocurren sin precipitación, pero con importantes efectos ambientales y tecnológicos. Este artículo describe cuatro tipos principales: *tormentas eléctricas secas*, *relámpagos volcánicos*, *tormentas geomagnéticas* y *eventos luminosos transitorios en la atmósfera superior*. A través de ejemplos accesibles y explicaciones sencillas, se analizan sus mecanismos de formación, sus impactos en infraestructuras como redes eléctricas y sistemas de comunicación, y su relevancia científica.

Palabras clave: Tormentas secas, fenómenos volcánicos eléctricos, tormentas geomagnéticas, fenómenos atmosféricos de gran altitud.

Cuando pensamos en tormentas, nos imaginamos nubes oscuras, lluvia torrencial y truenos ensordecedores. Otros fenómenos naturales que también son tormentas, igual de impresionantes e incluso más peligrosas, pero que ocurren sin que caiga una sola gota de lluvia. Conocidas como tormentas no lluviosas. Son espectaculares desde una perspectiva científica y, como la lluvia, también tienen implicaciones prácticas para nuestra sociedad. Existen cuatro categorías de tormentas no lluviosas: *las tormentas eléctricas secas*, *los fenómenos volcánicos eléctricos*, *las tormentas geomagnéticas* y *los fenómenos atmosféricos de gran altitud*.

Las tormentas eléctricas secas se forman con aire cálido y húmedo que asciende y se condensa, formando nubes llamadas cumulonimbos. A medida que el aire asciende, el vapor de agua se condensa formando gotas de lluvia y precipitación dentro de las nubes, pero ya que estas nubes se forman en áreas donde la atmósfera inferior está extraordinariamente seca [1] debido a sistemas de alta presión [2]; este aire seco hace que las gotas de lluvia se evaporen antes de llegar al suelo. A pesar de la ausencia de lluvia, que puede crear una falsa sensación de seguridad, la actividad eléctrica de la tormenta continúa, produciendo hasta miles de relámpagos que pueden provocar incendios forestales devastadores [1, 3], tal como ocurre en

regiones áridas de México y otros países. Por ello, su detección temprana es crucial para la protección de comunidades e instalaciones donde se produce y distribuye la energía eléctrica, como parques eólicos, instalaciones fotovoltaicas y otros equipamientos sensibles (Fig. 1).

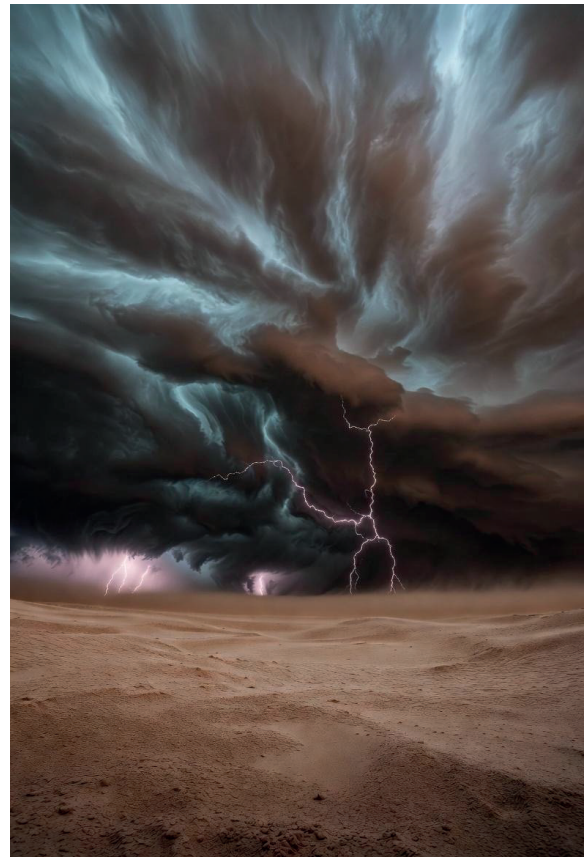


Figura 1. Tormenta eléctrica. Elaborado con Grok IA.

Por otro lado, el relámpago volcánico combina la furia de un volcán en erupción con el poder desatado de la electricidad atmosférica. Ocurre dentro de la columna de ceniza que se eleva durante una erupción volcánica, cuando la electricidad estática se acumula en la atmósfera antes de liberarse en forma de un rayo. La acumulación de carga estática en la atmósfera se debe a la fricción generada por la colisión de

muchas partículas de ceniza, rocas y otros materiales, incluso radiactivos, producidos a altas temperaturas durante la erupción volcánica y el cambio brusco de temperatura en la atmósfera alta, que es la parte más elevada del aire que rodea la Tierra, donde el aire es mucho más delgado y las condiciones de presión y temperatura cambian bastante; por eso es un lugar donde ocurren fenómenos poco comunes, pero muy importantes, que no podemos ver fácilmente desde el suelo [4, 5]. Las erupciones con columnas de ceniza mayores a 7 km producen más relámpagos debido a la mayor concentración de vapor de agua y a las temperaturas ambientales más frías a esas altitudes. Los relámpagos volcánicos no son solo un fenómeno visual impresionante. Pueden afectar a las comunicaciones de radio, especialmente en la aviación. Alteran la composición química de las cenizas y las propiedades del suelo donde estas caen y generan gases perjudiciales para nuestra salud como el Dióxido de azufre (SO_2), el Sulfuro de hidrógeno (H_2S) y algunos derivados de los Fluoruros, estos últimos son los principales contaminantes del agua (Fig. 2) [6].

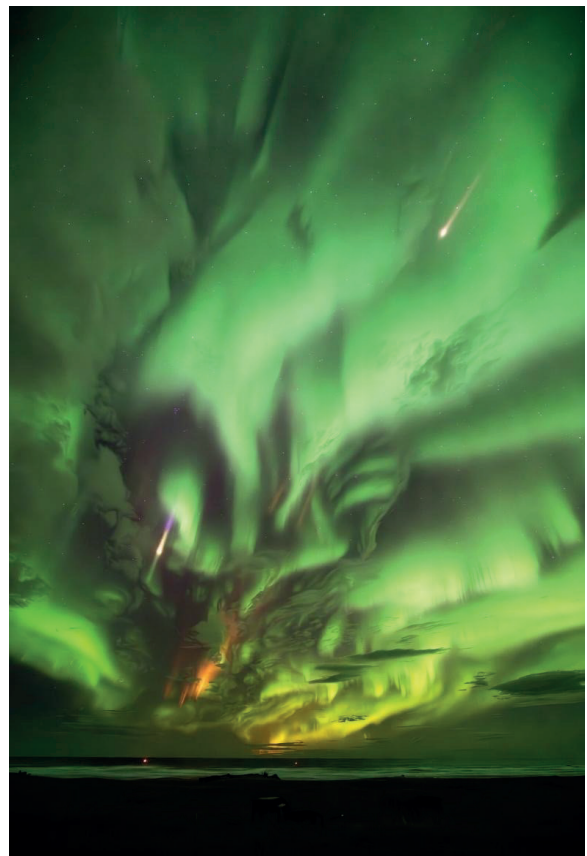
Figura 2. Relámpago volcánico. Elaborado con Grok IA.



Las tormentas geomagnéticas, por su lado, son uno de los fenómenos naturales más poderosos e impactantes de nuestro sistema solar. Estas tormentas no provienen de nuestra atmósfera, sino del sol. No traen lluvia, viento o truenos, sino radiación electromagnética y partículas cargadas que alteran el campo magnético planetario. El sol experimenta ciclos de actividad de aproximadamente 11 años, durante los cuales su campo magnético cambia.

En periodos de máxima actividad, el sol produce erupciones solares, fulguraciones y eyecciones de masa coronal que pueden causar efectos devastadores en la Tierra (Fig. 3) [7]. Una eyección de masa coronal es una enorme nube de plasma magnetizado lanzada por el sol al espacio a velocidades superiores a los 500 km/s (kilómetros por segundo) en todas direcciones. Solo algunas de ellas llegan a la Tierra. La eyección más poderosa registrada fue el Evento Carrington de 1859, nombrado así por el astrónomo inglés Richard Carrington que lo observó. Esta tormenta generó auroras boreales tan intensas que se pudieron observar en México y otros países tropicales. También provocó que las líneas telegráficas mundiales emitieran chispas, incendiando oficinas y afectando las comunicaciones globales [8]. Las tormentas geomagnéticas llegan a afectar severamente las

Figura 3. Aurora boreal producto de una tormenta geomagnética. Elaborado con Grok IA.



comunicaciones [9]. Los satélites en órbita son especialmente vulnerables a ellas, pues pueden caer y quemarse en la atmósfera si no se corrigen sus órbitas cuando estas ocurren. Además, las partículas más energéticas de los rayos del sol pueden causar daños físicos a sus microchips, cambiar los programas en sus computadoras e incluso provocar descargas eléctricas entre sus componentes [10]. Pero quizás su efecto más peligroso es su capacidad de afectar las redes eléctricas terrestres, pues inducen corrientes eléctricas en los cables de alta tensión que llegan a sobrecargar los transformadores, causando apagones masivos como lo ha vivido Canadá en 2018 y España en el mes de julio de 2021, o la más reciente en abril de 2025 [11]. Por ello, la predicción del clima espacial se ha vuelto una prioridad global [7, 8].

La última categoría de tormentas no lluviosas ocurre en las capas superiores de nuestra atmósfera, produciendo fenómenos eléctricos luminosos tan extraordinarios que parecen de ciencia ficción. Estos eventos, conocidos colectivamente como Eventos Luminosos Transitorios (ELT), se producen a altitudes donde los aviones comerciales vuelan e incluso más allá. Los "sprites" fueron los primeros ELT en ser documentados. Aunque los relatos de luces fantasmales danzando sobre tormentas se remontan a siglos atrás, en 1989 un grupo de científicos de la Universidad de Minnesota capturó uno de estos fenómenos en video por accidente [12]. Lucen como tenues columnas luminosas, rojizas o anaranjadas, que se extienden desde las nubes, alcanzando altitudes entre 40 y 80 km sobre la superficie terrestre, pero duran apenas milésimas de segundo. Son miles de pequeños filamentos que forman patrones en forma de zanahorias o medusas [12], y son causados por intensos relámpagos de nube a tierra tales que a grandes altitudes producen una descarga eléctrica a través de la atmósfera, excitando las moléculas de aire que son las que finalmente emiten luz de colores de acuerdo con las diferentes altitudes donde se encuentran: rojo en las partes superiores y azul en las partes inferiores [13, 14].

Los "elfos" son otro tipo de ELT y aparecen como anillos brillantes que se expanden a la velocidad de la luz a altitudes de aproximadamente 100 km. Son causados por descargas de relámpagos extremadamente poderosas que generan un pulso electromagnético intenso que se propaga en forma de esfera a la velocidad de la luz en una capa delgada de la atmósfera, excitando a su paso moléculas de nitrógeno que emiten luz roja. Los "jets azules" son otro fenómeno que se propaga directamente desde la parte superior de las nubes de tormenta hasta unos 40 km de altitud. Su color azul característico proviene de la excitación de moléculas de nitrógeno ionizadas.


Finalmente, los "jets gigantes" son el fenómeno ELT más espectacular y poderoso, que crean un puente eléctrico entre las tormentas troposféricas y la ionosfera, transportando enormes cantidades de carga a altitudes de 70 a 90 km. Los "jets gigantes" tienen una estructura arbórea con un tronco azul que se ramifica en estructuras rojas a mayores altitudes y son relativamente raros. La importancia científica de los ELT va más allá de su mero valor

estético. Estos fenómenos representan un componente crucial del circuito eléctrico global de la Tierra. Además, las corrientes eléctricas asociadas con los ELT pueden afectar la química atmosférica. La comprensión de estos fenómenos es esencial para desarrollar modelos más precisos del clima y del comportamiento eléctrico de nuestra atmósfera [13, 14].

El estudio de las tormentas no lluviosas es multidisciplinario. Los físicos atmosféricos estudian los mecanismos de formación de estos fenómenos. Los geofísicos investigan las interacciones entre los procesos terrestres y atmosféricos. Los ingenieros desarrollan tecnologías para proteger nuestra infraestructura contra los efectos de estas tormentas. Los científicos de datos analizan enormes cantidades de información para predecir cuándo y dónde ocurrirán estos eventos. Así pues, las tormentas no lluviosas nos ofrecen una ventana a los procesos fundamentales que gobiernan nuestro universo [15]. Nos enseñan que la naturaleza es mucho más creativa y espectacular de lo que podríamos haber imaginado. Y nos recuerdan que, como especie, aún tenemos mucho que aprender sobre el planeta que habitamos y el universo que nos rodea.



Referencias bibliográficas

- 1 *RainViewer. Understanding dry thunderstorms [Internet]. 2025. Disponible en: <https://www.rainviewer.com/blog/understanding-dry-thunderstorms.html>*
- 2 *AT3W. Dry thunderstorm and its risks: storm detection. [Internet]. 2022. Disponible en: <https://at3w.com/en/blog/what-is-a-dry-thunderstorm>*
- 3 *National Weather Service. Dry thunderstorms. [Internet]. 2023. Disponible en: <https://www.weather.gov/safety/lightning-dry>*
- 4 *SciTechDaily. Volcanic lightning: The science behind this spectacular phenomenon. [Internet]. 2022. Disponible en: <https://scitechdaily.com/volcanic-lightning-the-science-behind-this-spectacular-phenomenon/>*
- 5  *McNutt SR & Davis CM. Lightning associated with the 1992 eruptions of Crater Peak, Mount Spurr Volcano, Alaska. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2015,102(1-2): 45-65. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(00\)00181-5](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(00)00181-5)*
- 6 *Volcanic Ash Advisory Center. Volcanic ash advisories and aviation safety. [Internet]. 2022. Disponible en: <https://www.icao.int/safety/meteorology/iavwopsg/Pages/VAA.aspx>*
- 7 *NOAA Space Weather Prediction Center. Geomagnetic storms. [Internet]. 2024. Disponible en: <https://www.swpc.noaa.gov/phenomena/geomagnetic-storms>*
- 8 *Exploratorium Auroras, clima espacial y tormentas solares. [Internet]. 2023. Disponible en: <https://www.exploratorium.edu/es/eclipselclima-espacial>*
- 9 *Schrijver CJ, Kauristie K, Aylward AD, Denardini CM, Gibson SE, Glover A, Jakowski N, Kalegaev V, Lapenta G, Linker JA, Liu S, Mandrini CH, Mann IR, Nakamura R, Ngwira CM, Pisacane V, Reckmann K, Romanova N, Stanislawska I. & Zuccarello F. Understanding space weather to shield society: A global road map for 2015-25 commissioned by COSPAR and ILWS. Advances in Space Research, 2015, 55(12): 2745-2807. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2015.03.023>*
- 10 *NASA Science. Solar storms and flares [Internet]. 2025. Disponible en: <https://science.nasa.gov/sun/solar-storms-and-flares/>*
- 11 *Red Europea de Gestores de Redes de Transporte de Electricidad. Blackout. [Internet]. 2025. [Consultado 28 April 2025] Disponible en: <https://www.entsoe.eu>*
- 12 *Science News Explores. Explainer: sprites, jets, ELVES and other storm-powered lights [Internet]. 2024. Disponible en: <https://www.snews.org/article/sprites-jets-elves-storm-powered-lights>*
- 13 *Physics Today Sprites, elves, and glow discharge tubes [Internet]. 2025. Disponible en: <https://physicstoday.aip.org/features/sprites-elves-and-glow-discharge-tubes>*
- 14 *Pasko VP, Yair Y & Kuo CL. Lightning related transient luminous events at high altitude in the Earth's atmosphere: Phenomenology, mechanisms and effects. Space Science Reviews, 2012, 168(1-4): 475-516. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11214-011-9813-9>*
- 15 *SkyAlert Clima espacial: cuando las tormentas no vienen de la atmósfera [Internet]. 2025. Disponible en: <https://skyalert.mx/articulos/clima-espacial-tormentas-solares>*