



Meteoros eléctricos (electrometeoros)

METEOROS ELÉCTRICOS

Los meteoros eléctricos o ***electrometeoros*** son los fenómenos eléctricos que ocurren en la atmósfera.

Su origen se debe a la existencia de carga eléctrica atmosférica y en diferente medida al campo magnético de la Tierra.

Entre estos fenómenos, destacan el ***rayo, el fuego de San Telmo y las auroras boreales y australes.***

Rayos, relámpagos y truenos

El **rayo** es una poderosa descarga natural de electricidad estática (una gran chispa), producida durante una tormenta eléctrica, generando un "pulso electromagnético" (EMP) .

La descarga eléctrica del rayo es acompañada por emisión de luz causada por el paso de corriente eléctrica que ioniza las moléculas de aire - el **relámpago** (fenómeno luminoso) - y por el sonido del **trueno** (fenómeno acústico), desarrollado por la onda de choque. La electricidad (corriente eléctrica) que pasa a través de la atmósfera caliente y expande rápidamente el aire, produciendo el ruido característico del trueno.

Los rayos se encuentran en estado plasmático.

En el planeta hay:

~ 1800 tormentas activas en cada momento

~ 8 Millones de descargas por día

~ 50 descargas por seg

La disciplina que, dentro de la meteorología, estudia todo lo relacionado con los rayos se denomina **ceraunología** (del griego *keraunos* – rayo y *logos* - tratado)

Tipos de rayos más conocidos

Rayo traza

(“streak, forked, jagged or zigzagged lightning”)

El que se observa más comúnmente.

Es un rayo de nube a tierra que exhibe ramificación de su trayectoria



Rayo de nube a tierra **CG** (Cloud to Ground)

Es el más conocido y el segundo tipo más común.

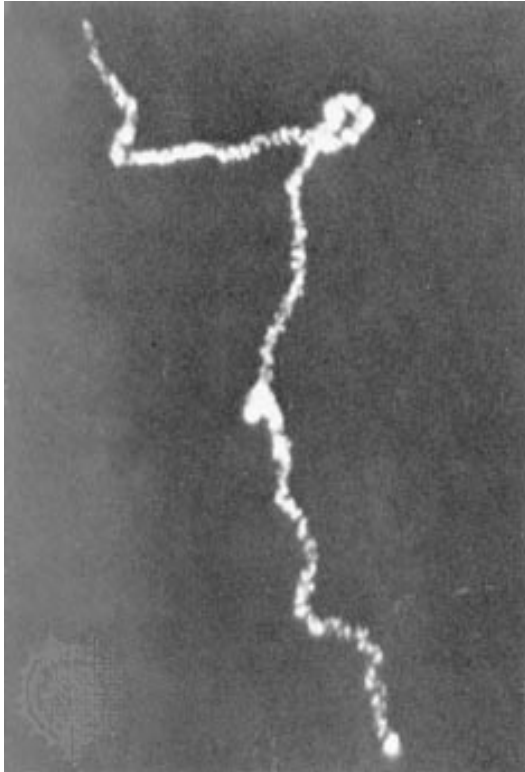
De todos los tipos de rayos, este representa la mayor amenaza para la vida y la propiedad, puesto que impacta contra la tierra.

El rayo nube a tierra es una descarga entre una nube cumulonimbus y la tierra.

Comienza con un trazo inicial que se mueve desde la nube hacia abajo



Rayo de cuentas (rayo cadena, rayo perla)



Caso particular de un rayo normal: el observador ve una serie de segmentos irregulares (rayos zigzag) y por lo tanto recibe una impresión de mayor luminosidad en una serie de lugares a lo largo del canal.

El *rayo perla* es un tipo de rayo de nube a tierra que parece romperse en una cadena de secciones cortas, brillantes, que duran más que una descarga habitual. Es relativamente raro.



Rayo Staccato

El Rayo Staccato es un rayo de nube a tierra, con un trazo de corta duración que aparece como un único flash muy brillante y a menudo tiene ramificaciones considerables

Rayo de nube a nube CC (Cloud to Cloud)



Este tipo de rayos pueden producirse entre las zonas de nube que no estén en contacto con el suelo. Cuando ocurre entre dos nubes separadas es llamado rayo *inter-nube* y cuando se produce entre zonas de diferente potencial eléctrico, dentro de una sola nube, se denomina rayo *intra-nube*. El rayo Intra-nube es el tipo que ocurre con más frecuencia.

Rayo de tierra a nube GC (Ground to Cloud)



El rayo de tierra a nube (a veces llamado *rayo ascendente*) es una descarga entre la tierra y una nube cumulonimbus, que es iniciado por un trazo inicial ascendente; es mucho más raro que el rayo nube a tierra. Este tipo de rayo se forma cuando iones cargados negativamente, se elevan desde el suelo y se encuentran con iones cargados positivamente en una nube cumulonimbus. Entonces el rayo vuelve a tierra como traza. son comunes en las altas torres y rascacielos puede ser positivo o negativo en la polaridad.

Rayos en yunques “Crawlers Anvil”



Son horizontales, en forma de árbol. El movimiento en el yunque es lento (en comparación con la mayoría de las descargas de rayos) por lo que un observador humano o una cámara de vídeo a velocidad normal pueden ver su rápido movimiento a través del cielo. Este tipo de rayo (a veces conocido como "rastreadores" o "rayo de cohetes ") a menudo cubren distancias muy grandes, lo que resulta en grandes descargas espectaculares que cubren el cielo. Son a menudo eventos de gran altitud, y como tal, suelen dar lugar a un trueno suave, debido a su gran distancia del observador.

Rayo caído del cielo (" Bolt from the Blue")



Un rayo *caído del cielo* (a veces llamado rayo 'yunque-tierra ") es un nombre dado a una descarga de nube a tierra que golpea lejos de su tormenta eléctrica "madre". Se origina típicamente en las regiones más altas de un cumulonimbus, y viaja horizontalmente a una buena distancia de la tormenta eléctrica antes de su descenso vertical a la tierra. Debido a que cae a una distancia considerable de la tormenta (a veces hasta diez kilómetros de distancia), estos rayos pueden ocurrir en lugares con cielos claros, "azules", de ahí el nombre.

Rayo nube - aire CA (Cloud to Air)

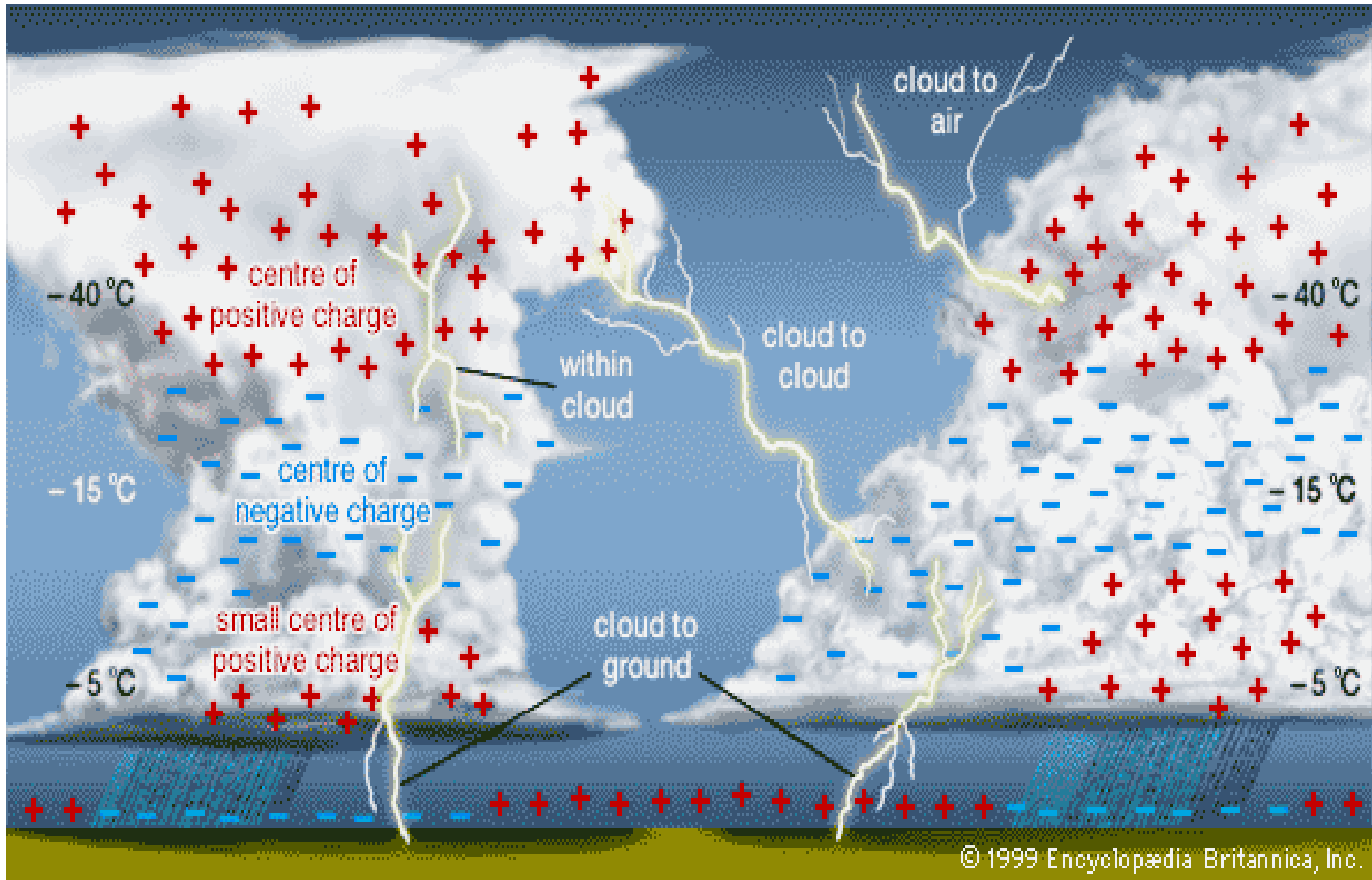


Es una descarga (o una porción de una descarga) saltando de una nube en el aire claro. En general, todos los rayos en nubes contienen componentes “nube-aire” en las muchas ramas que se extienden lejos del canal principal y terminan bruscamente en el aire. Sin embargo, los ejemplos visuales más dramáticos de los rayos de nube a aire se producen cuando un canal largo y brillante salta de un lado del cumulonimbus y termina en el aire claro que rodea la tormenta.

Rayo Cinta (Ribbon Lightning)



Una descarga de rayo repetida en la que las descargas sucesivas están desplazadas una de otra por el viento, resultando en una apariencia ampliada en la imagen



Electrificación de las Tormentas

Para que ocurra una descarga, la altura de la nube debe ser mayor a 3 - 4 km.

Las nubes de tormenta muy altas producen una mayor frecuencia de descargas que una nube de altura ordinaria.

Las regiones altamente electrificadas de las nubes de tormenta casi siempre coinciden con la coexistencia de hielo y agua sobreenfriada.

La electrificación fuerte ocurre cuando la nube exhibe una fuerte actividad convectiva con un rápido desarrollo vertical.

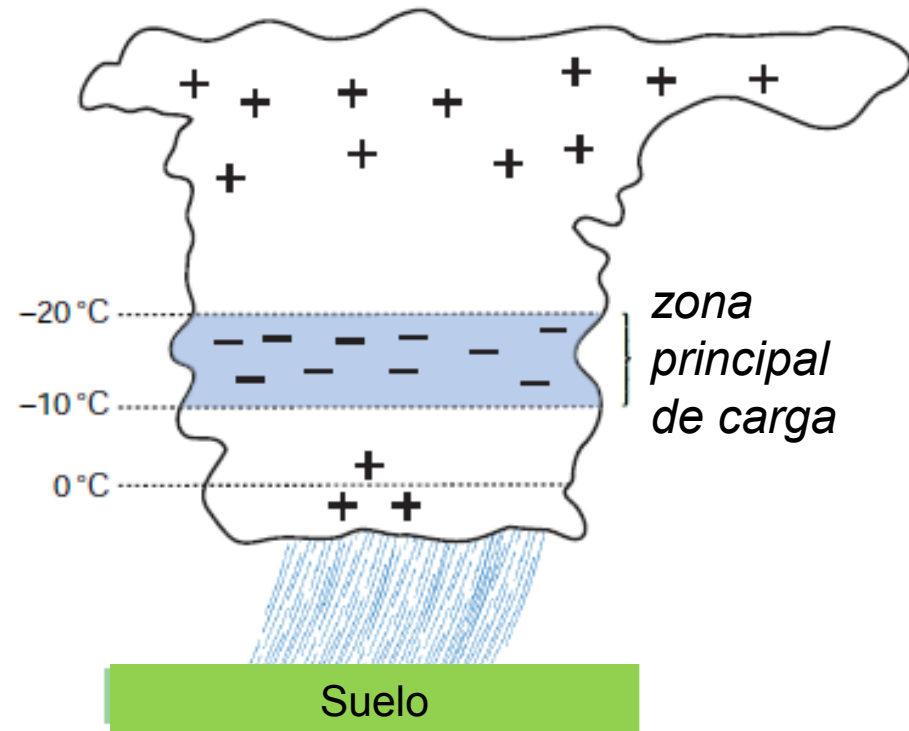
La localización de los centros de carga parece estar determinado por la temperatura y no por la altura sobre el suelo.

El centro de carga negativo principal (*zona principal de carga*) está generalmente ubicado entre las isotermas de -10 y -20°C

Electrificación de las Tormentas

Todas las nubes están electrificadas en cierto grado, Sin embargo, en las nubes convectivas intensas se separan suficientes cargas eléctricas como para producir campos eléctricos que exceden la ruptura dieléctrica del aire húmedo ($\sim 1-3$ MV/m), resultando en una descarga inicial (rayo) *intra-nube* (es decir, entre dos puntos de la misma nube).

La distribución de las cargas en las tormentas se han investigado con radiosondas especiales, mediante la medición de los cambios en el campo eléctrico en el suelo que acompañan a los rayos y con aviones instrumentados. Un resumen de los resultados de tales estudios, para una nube relativamente simple , se muestra en la figura.



Esquema que muestra la distribución de cargas eléctricas en una tormenta eléctrica típica y relativamente simple.

Las cargas positivas más bajas y más pequeñas no siempre están presentes

La ubicación de la carga negativa (llamada la *zona principal de carga*) está bastante bien definida entre los niveles de temperatura de aproximadamente -10°C y -20°C . La carga positiva se distribuye en una región más difusa por encima de la carga negativa. Aunque ha habido algunos informes de rayos en nubes calientes, la gran mayoría de las tormentas se producen en las nubes frías.

Un resultado observacional importante, que proporciona la base para la mayoría de las teorías de la electrificación de las tormentas, es que al inicio de la electrificación fuerte le sigue la ocurrencia (detectada por radar) de fuertes precipitaciones dentro de la nube en forma de granizo blando (graupel) o granizo.

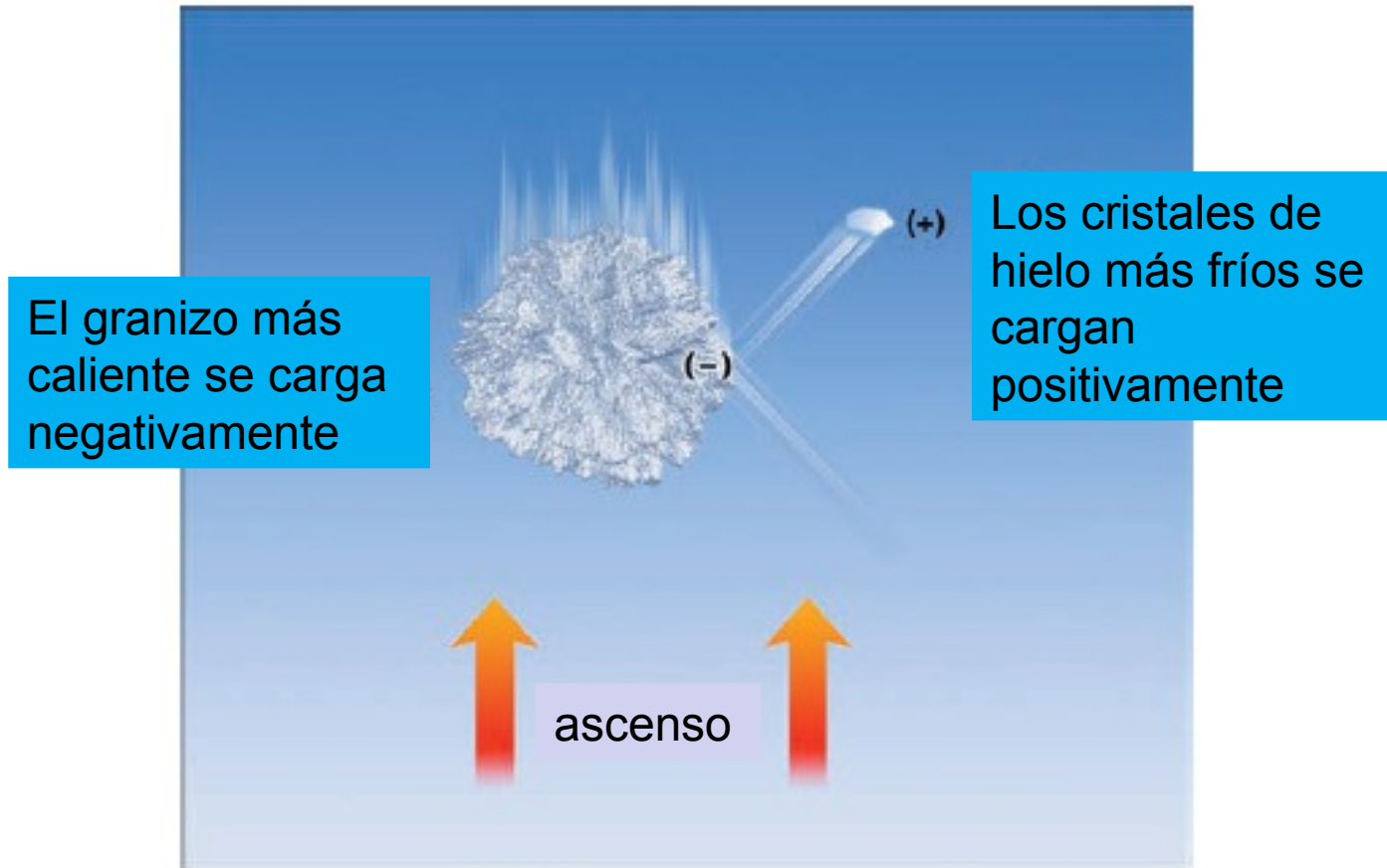
La mayoría de las teorías asumen que como una partícula de nieve granulada o granizo cae a través de una nube que está cargada negativamente debido a las colisiones con partículas pequeñas de las nubes (gotitas o hielo), da lugar a una carga negativa en zona principal de carga.

La carga positiva correspondiente se imparte a partículas de las nubes a medida que rebotan de la nieve granulada o granizo, y estas pequeñas partículas, a continuación, son transportadas por las corrientes de aire a las regiones superiores de la nube.

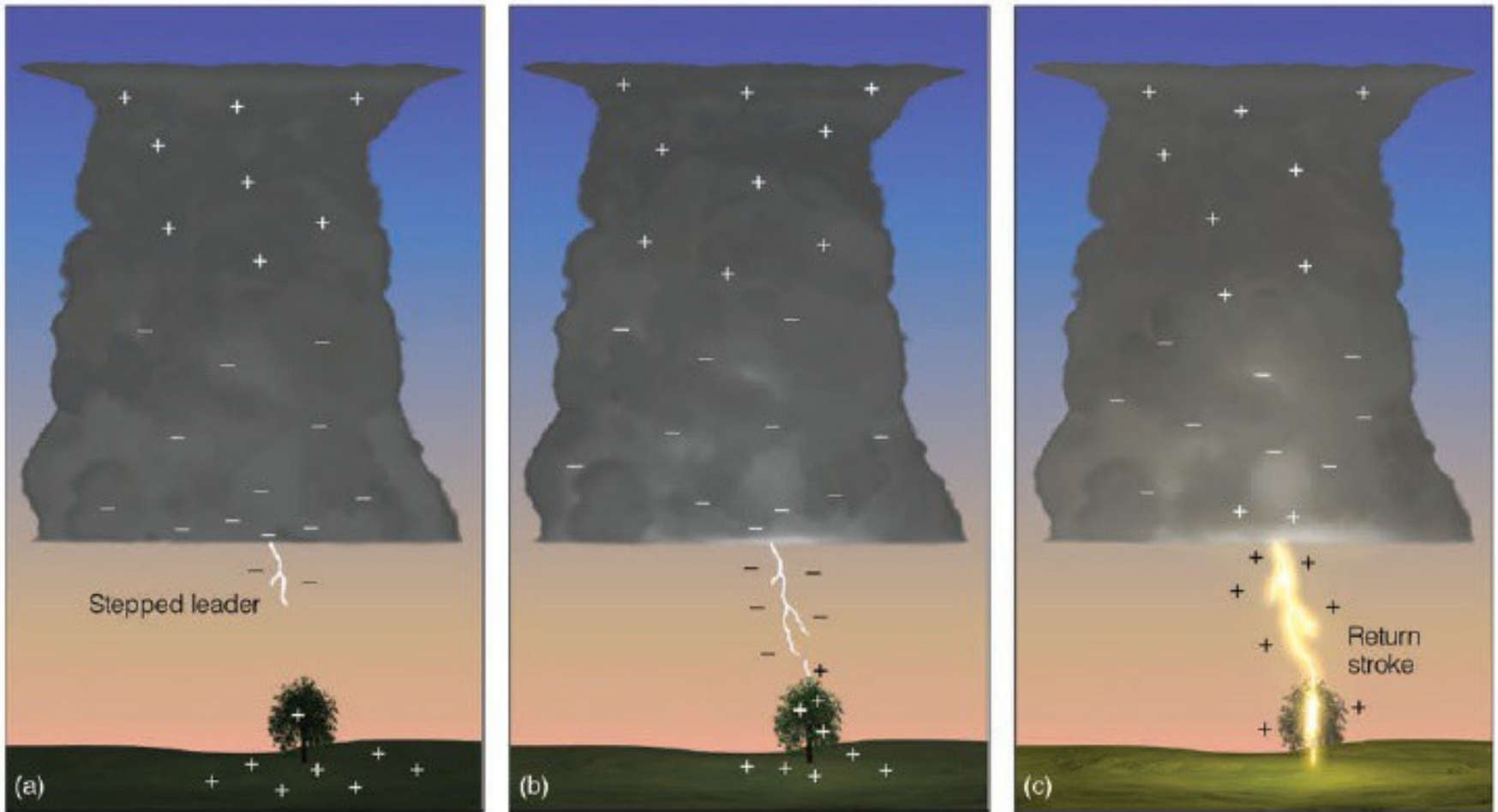
Las condiciones exactas y el mecanismo por el que el graupel se carga positivamente y las pequeñas partículas de hielo de la nube se cargan negativamente, han sido objeto de debate desde hace un siglo.

Han sido propuestos muchos mecanismos potencialmente prometedores pero posteriormente se han encontrado incapaces de explicar la tasa observada de generación de carga en las tormentas eléctricas.

- los cristales de hielo (10-100 μm) colisionan con granizos, los cuales tienen tamaños del orden de milímetros, y rebotan dentro de un medio de gotas de agua de nube del orden de 10 μm de diámetro ;
- durante el breve contacto entre las partículas de hielo se separa carga eléctrica;
- no es necesario un campo eléctrico para que ocurra la separación de carga;
- las partículas de hielo son transportadas a diferentes regiones dentro de la nube debido a las corrientes de aire y a la fuerza gravitatoria.



Cuando los diminutos cristales de hielo más fríos toman contacto con el granizo (o graupel) mucho más grande y más caliente, el cristal de hielo se carga positivamente y el granizo negativamente. Las corrientes ascendentes llevan los pequeños cristales de hielo cargados positivamente hacia la parte alta de la nube, mientras que la piedra de granizo más pesada cae a través de la corriente ascendente hacia la región inferior de la nube.



El desarrollo de un rayo. (a) Cuando la carga negativa cerca de la parte inferior de la nube se vuelve lo suficientemente grande como para vencer la resistencia del aire, un flujo de electrones - el *precursor* o *líder escalonado* (stepped leader) – se dirige hacia la tierra. (b) A medida que los electrones se acercan a la tierra, una región de carga positiva se mueve hacia arriba en el aire a través de cualquier objeto conductor, tales como árboles, edificios, e incluso seres humanos. (c) Cuando el flujo de electrones hacia abajo se encuentra con la oleada ascendente de carga positiva, una fuerte corriente eléctrica - una descarga de retorno brillante (return stroke) - lleva carga positiva hasta la nube.

Videos YT de rayos con camaras de alta velocidad

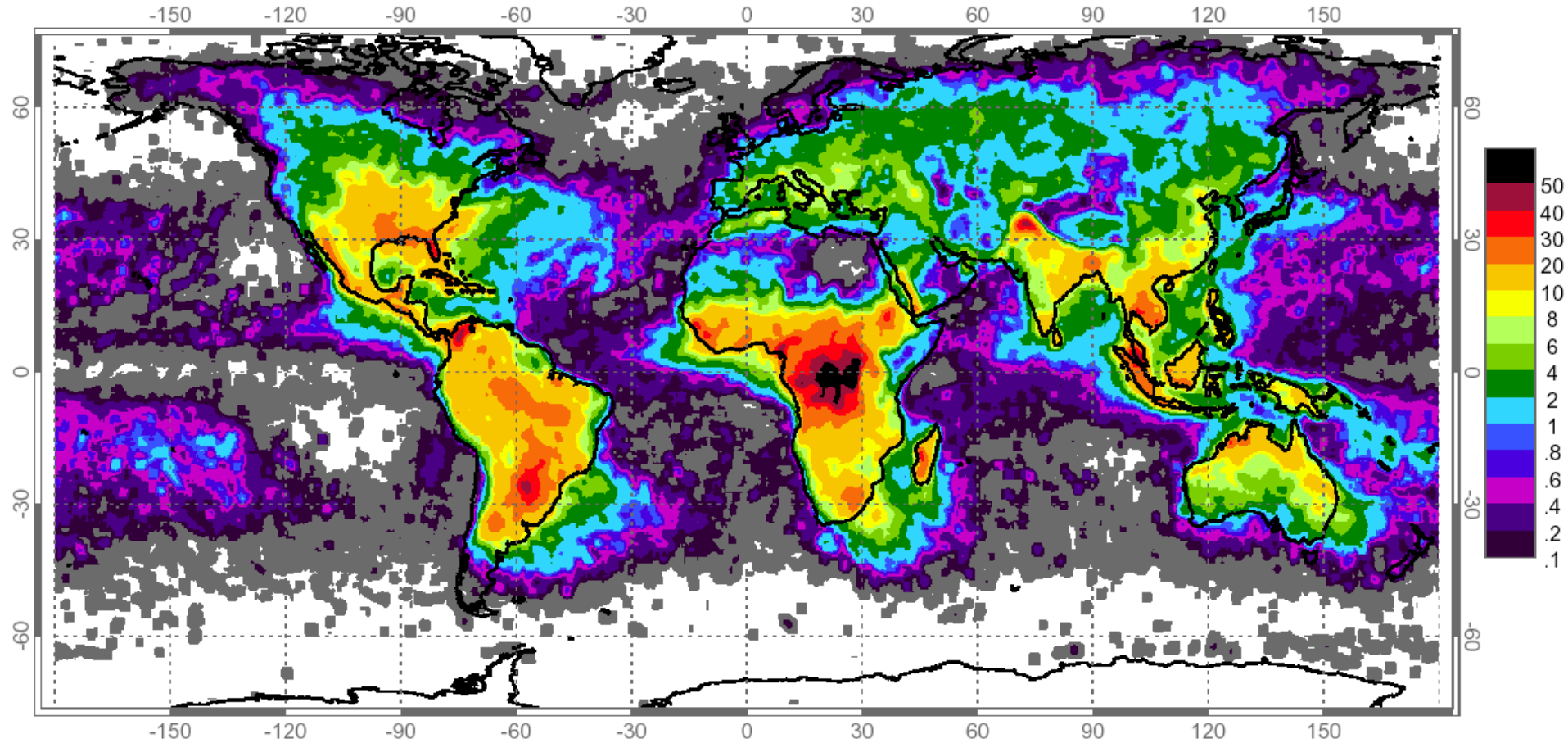
<https://youtu.be/XWuZqw3LopE>

https://youtu.be/WP9_9L20CYM

Lightning strikes

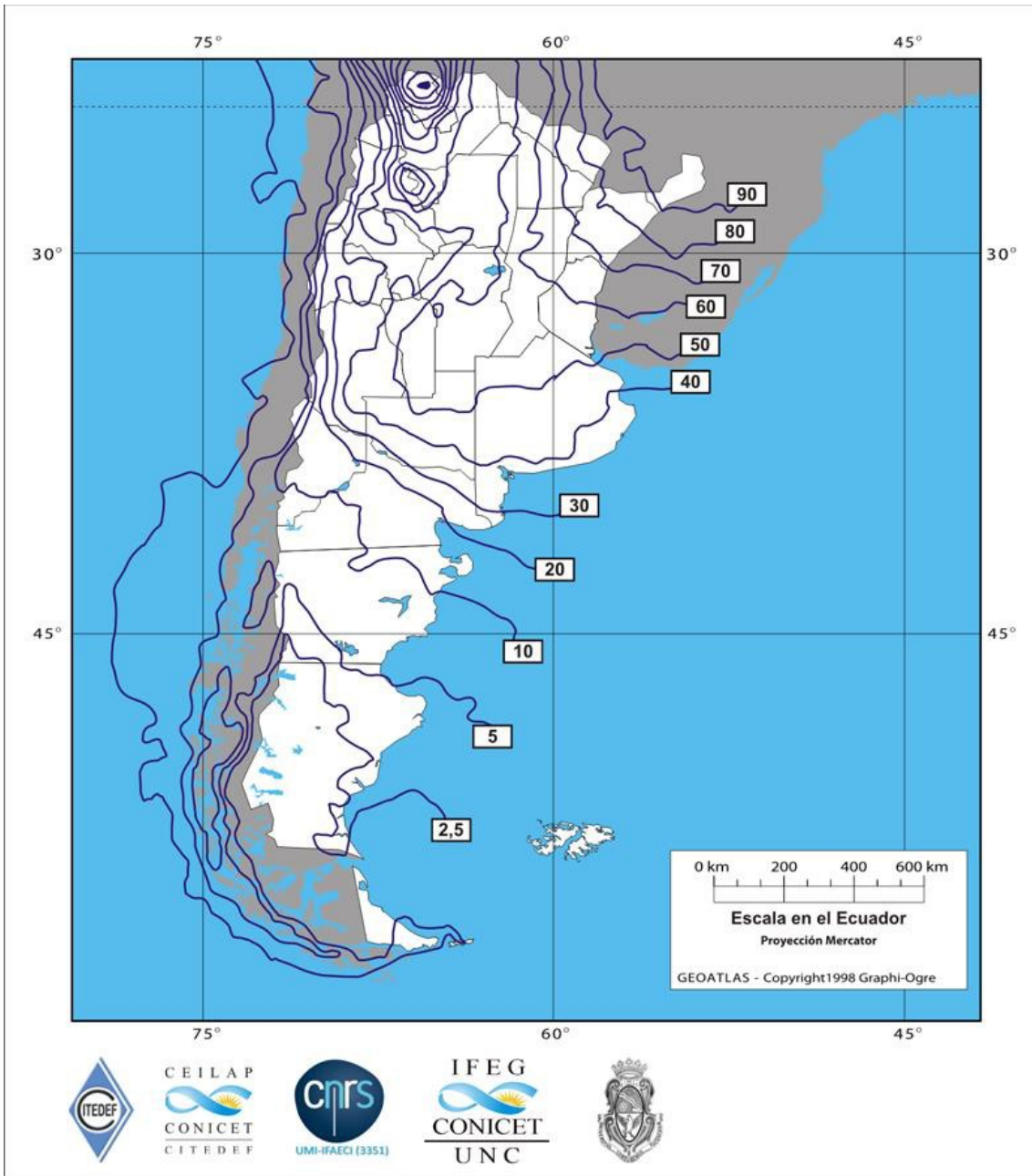
<https://youtu.be/KO3H285CFRo>

Distribución de la actividad eléctrica



Datos de los sensores ópticos espaciales que revelan la distribución desigual de la caída de rayos en todo el mundo. Unidades: destellos / km² / año.

Crédito de la imagen: Equipo de Rayos NSSTC



Mapa Isoceráunico

Actividad Eléctrica Atmosférica en Argentina

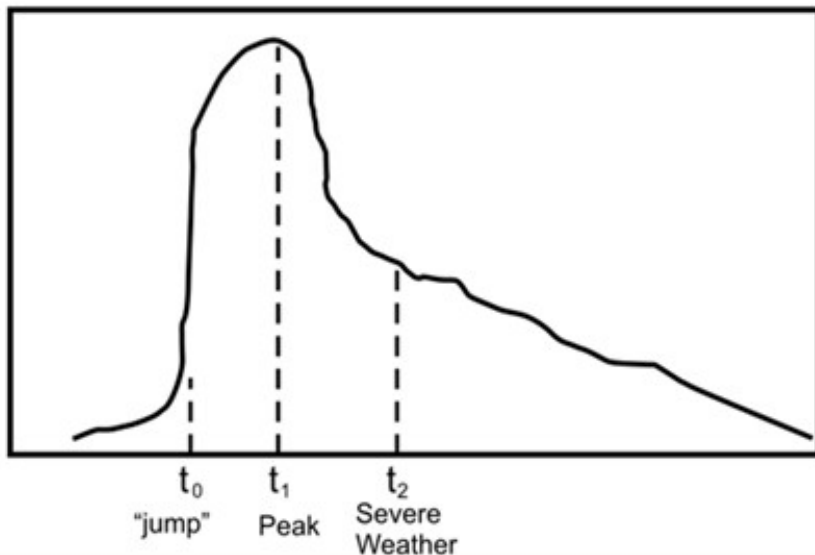
Como se realizaron:

- Se definió día de tormenta por lo menos si la red detecto un evento
- Se trabajo comparando la base de datos del SMN
- Se definió para una grilla de 0.5°

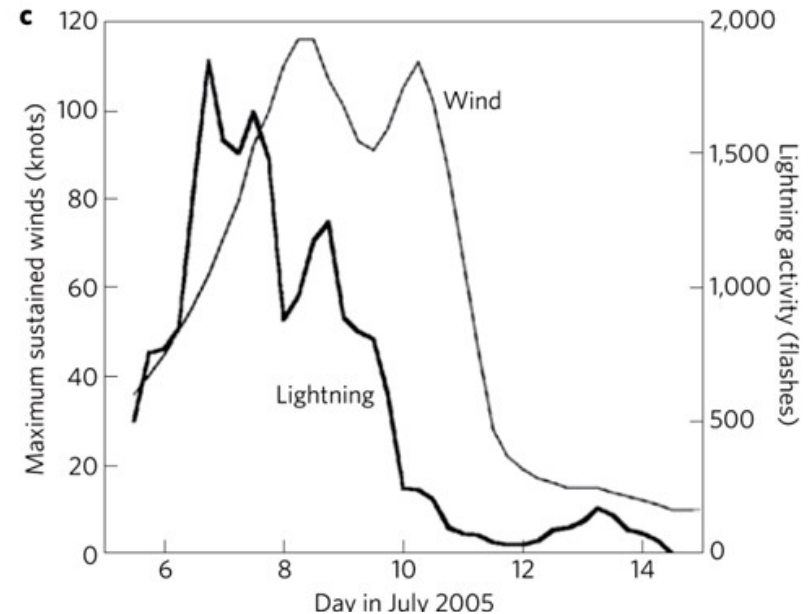
Gabriela Nicora,
Div LIDAR / CITEDEF

Descargas y eventos severos

Numerosos estudios demostraron la posibilidad de usar descargas como marcadores de eventos severos (tornados, granizos, etc.) por lo que pueden ser usadas para dar una alerta temprana de esos eventos.



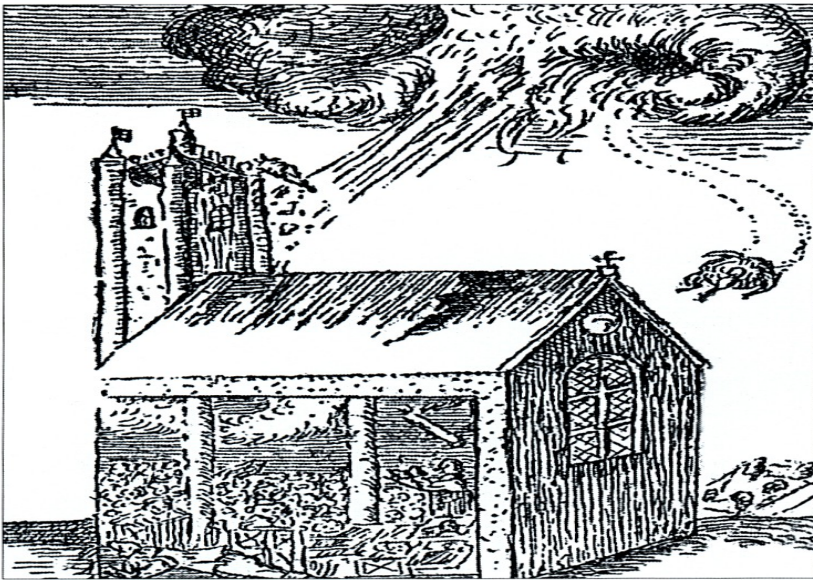
Una característica distintiva de las tormentas eléctricas severas en Florida es la presencia de "saltos" ("jumps") - aumentos bruscos en la tasa de descargas (Williams y otros, 1999)



Los vientos máximos en huracanes son precedidos por aumentos en la actividad eléctrica aproximadamente un día antes. (Según Price y otros, 2009 analizando la evolución de vientos máximos y frecuencia de actividad eléctrica de 56 huracanes).

Centella o Rayo globular

También conocido como *rayo en bola* o *esfera luminosa*, es un fenómeno natural relacionado con las tormentas eléctricas. Toma la forma de un objeto flotante brillante que, a diferencia de la breve descarga del rayo común, es persistente. Puede moverse lenta o rápidamente, o permanecer casi estacionario. Puede hacer sonidos sibilantes, crepitantes o no hacer ruido en absoluto. Uno de los primeros intentos de explicar el rayo globular fue registrado por Nikola Tesla en 1904.



Un rayo globular destruye el techo de la iglesia de San Pancracio, en el condado de Devon (Inglaterra), durante la «Gran Tormenta Eléctrica» del 21 de octubre de 1638.



Ilustración de 1901



GLOBE OF FIRE DESCENDING INTO A ROOM.

Una centella entra por una chimenea (1886).

Un artículo publicado en 1972 identifica las propiedades de un rayo en bola "típico", al tiempo que advierte contra la excesiva dependencia de los relatos de testigos:

- Con frecuencia aparecen casi simultáneamente con la descarga de un rayo de nube a tierra
- Son generalmente esféricos o en forma de pera con bordes borrosos
- Sus diámetros van de 1-100 centímetros, más comúnmente 10 a 20 cm .
- Su brillo corresponde aproximadamente a la de una lámpara doméstica, por lo que se puede ver claramente en la luz del día
- Se ha observado una amplia gama de colores, rojo, naranja y pero el amarillo es el más común.
- El tiempo de vida de cada evento es de 1 segundo hasta un minuto con un brillo bastante constante durante ese tiempo
- Tienden a moverse, lo más a menudo en una dirección horizontal en unos pocos metros por segundo, pero también pueden moverse verticalmente, permanecer estacionarios o pasear de forma errática.
- Muchos se describen como que tienen movimiento de rotación
- Es raro que los observadores informen sobre una sensación de calor, aunque en algunos casos la desaparición de la centella está acompañada por liberación de calor
- Algunos muestran una afinidad con objetos de metal y pueden moverse a lo largo de los conductores tales como cables o vallas metálicas. Algunos aparecen dentro de los edificios pasando a través de puertas y ventanas cerradas
- Algunos han aparecido dentro de aviones de metal y han entrado y salido sin causar daños
- La desaparición de la centella es generalmente rápida y puede ser silenciosa o explosiva.
- Los olores a menudo se asemejan al ozono, azufre ardiente, u óxidos de nitrógeno

El desgraciado final de Richman

Richman fue un científico ruso de origen germánico, nacido el 11 de julio de 1711 en Pernau (hoy Pärnu, en Estonia). Investigó en diversos campos de la física, como la electricidad, la calorimetría, el magnetismo, la óptica... y fue colaborador de Mijaíl Lomonósov, uno de los científicos rusos más importantes de la época.

Miembro de la Academia Rusa de Ciencias en San Petersburgo, en 1744 Richman llegó a ser director del departamento de Física de dicha institución.

El 6 de agosto de 1753, Richman se encontraba en una reunión de la Academia de Ciencias cuando se escuchó un trueno. El científico quiso aprovechar la ocasión para repetir el experimento de Dalibard, y regresó inmediatamente a su casa acompañado de su grabador para inmortalizar el momento. (En aquella época anterior a la fotografía, el arte del grabado se encontraba en su apogeo).

Durante el experimento, una esfera luminosa recorrió la barra de hierro y golpeó en la cabeza a Richman, que murió en el acto con una marca roja en la frente, la ropa quemada y los zapatos reventados. En la explosión que siguió, la puerta se rompió y se salió de sus goznes, y el grabador fue arrojado al suelo.

¿Qué fue lo que mató a Richman? Probablemente, un rayo globular.

El trágico accidente de Richman mostró los peligros de la experimentación eléctrica sin toma de tierra. Richman fue la primera persona de la historia que murió realizando un experimento con electricidad.



Fig. 677. Muerte de Richman.

El comportamiento de los rayos globulares es lo más extraño de este fenómeno, puesto que se ha descrito una gran variedad de movimientos: desde la inmovilidad hasta el desplazamiento aleatorio zigzagueante, pasando por el movimiento espiral o vertical, aunque lo más habitual es el movimiento horizontal cerca del suelo, con una velocidad de pocos metros por segundo. Unas veces parecen arrastrados por la brisa, mientras que otras se mueven contra el viento. A veces el rayo rota sobre sí mismo o rueda o rebota en el suelo. En un caso, un rayo globular se sumergió en el mar y volvió a salir repetidas veces. El rayo globular puede viajar por pasillos estrechos y colarse por chimeneas, mosquiteras y cerraduras, e incluso atravesar ventanas, paredes y otros objetos sólidos. También puede viajar a lo largo de cables de alta tensión, como una cuenta en un collar, pero no se ve afectado por los pararrayos

Se han formulado varias teorías para tratar de explicar el rayo globular. Casi todas recurren para ello a fenómenos químicos o electromagnéticos: plasmas (moléculas ionizadas), aerogeles (sustancias sólidas muy porosas de bajísima densidad), campos electromagnéticos cerrados sobre sí mismos, burbujas de agua, ovillos de fibras poliméricas o aerosoles cargados de electricidad, átomos muy excitados (en los que los electrones orbitan muy lejos de los núcleos) y polarizados, materiales vaporizados por la caída de un rayo, aire ultracomprimido... Incluso se ha llegado a proponer que el rayo globular está provocado por el paso por la atmósfera de un agujero negro microscópico. Pero ninguna de las hipótesis presentadas hasta el momento ha sido capaz de explicar adecuadamente todas las características del fenómeno.

Hacía falta observar y estudiar un rayo globular en la naturaleza. Y eso es lo que ha hecho, por fin, un equipo de investigadores de la Universidad Normal del Noroeste, en Lanzhóu (China). En 2012 (Cen, Jianyong; Yuan, Ping; Xue, Simin (17 January 2014). Observation of the Optical and Spectral Characteristics of Ball Lightning . Physical Review Letters (American Physical Society) 112 (35001)), el equipo se encontraba observando una tormenta con cámaras y espectrógrafos en la región de Qinghai, en el centro del país, cuando se les presentó, a 900 metros de distancia, un rayo globular, generado por la caída de un rayo. La esfera luminosa, de unos cinco metros de diámetro, surgió del suelo y se desplazó unos quince metros en 1,6 segundos, antes de desintegrarse. Los espectrógrafos revelaron que el rayo globular estaba formado por los mismos elementos que componen el suelo: silicio, hierro y calcio.

El descubrimiento apoya una teoría sobre el origen de los rayos globulares planteada en 2000 por el químico John Abrahamson, de la Universidad de Canterbury, en Nueva Zelanda. Según esta teoría, cuando cae un rayo, el calor liberado vaporiza la sílice presente en el suelo, y una onda de choque proyecta este vapor de óxido de silicio hacia arriba. Si también hay carbono presente, por ejemplo en hojas secas, éste roba el oxígeno al óxido de silicio, dejando una nube de vapor de silicio puro, que rápidamente se vuelve a oxidar con el oxígeno del aire. Es esta oxidación la que hace brillar al rayo globular.

Queda por saber si esta interpretación puede explicar toda la enorme variedad de rayos globulares que se han observado y descrito o si nos encontramos ante una variedad de fenómenos semejantes, pero de causas diferentes.



Aviones japoneses



Aviones estadounidenses



“Foo fighters”

Caza estadounidense

El nombre "foo fighter" se deriva a partir de una mala pronunciación de "feu" (fuego en francés), unido a "fighter" (caza en inglés), queriendo significar caza de fuego. Este término fue utilizado por aviadores de la Segunda Guerra Mundial para referirse a ciertos fenómenos aéreos que avistaban regularmente durante sus misiones de combate. Estos eran descritos como esferas de apariencia metálica o bolas luminosas, que aparecían individualmente o en grupos. Aunque muchas veces perseguían o acompañaban a los aviones militares, no existe constancia de que algún foo fighter haya intentado algún tipo de ataque o interacción. Se caracterizaban por su alta velocidad y maniobrabilidad más allá de las posibilidades desarrolladas en la época; los relatos indican que podían acelerar o decelerar instantáneamente, o flotar estacionarios. Los "foo fighters" fueron observados por pilotos militares británicos, estadounidenses, alemanes y japoneses.

Video YT de rayos globulares

<https://youtu.be/lavcOYUGnfQ>

Efecto de los rayos: Las figuras de Lichtenberg

Pueden aparecer sobre la piel de víctimas de un rayo. Son rojizas, con patrones en forma de helecho, y pueden persistir por horas o días.

También, para los médicos legistas, son un indicador que ayuda a determinar la causa de la muerte.

A las figuras de Lichtenberg que aparecen sobre personas, se las llama a veces *flores del rayo*, y se piensa que son causadas por la ruptura de vasos capilares debajo de la piel, producida por el pasaje de la elevada corriente eléctrica de la descarga del rayo, por las ondas de choque del sonido, o por el poderoso destello luminoso.



Efecto de los rayos: Las figuras de Lichtenberg

La caída de un rayo también puede producir una gran figura de Lichtenberg sobre la hierba, en la zona que rodea el punto de impacto. A veces se las encuentra en los campos de golf o en praderas de césped.

Pueden además crearse *fulguritas*, cuando el intenso calor producido por la corriente eléctrica del rayo funde la arena o la tierra del suelo y forma tubos vitrificados.

