

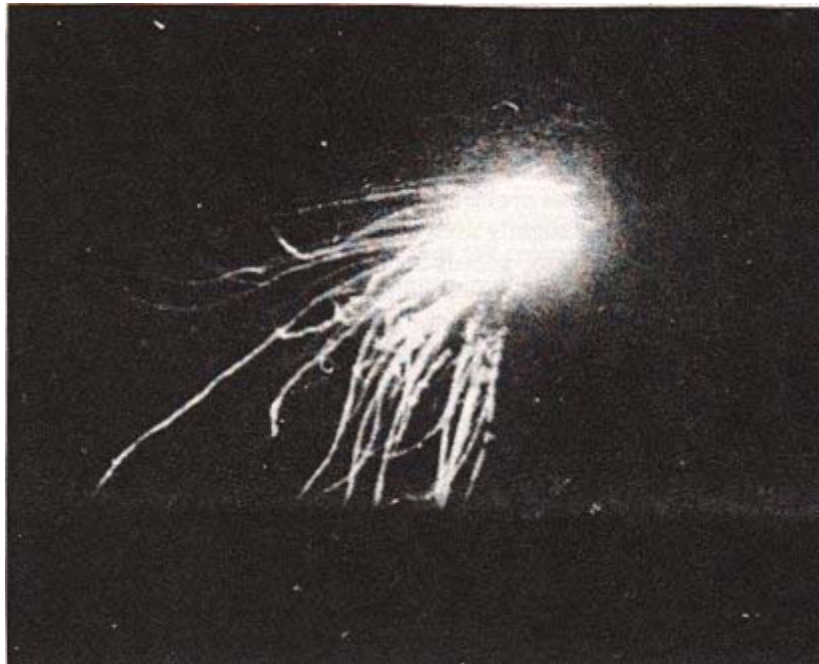


HACIA UNA POSIBLE HIPÓTESIS DE FORMACIÓN DE UN RAYO EN BOLA

Iñigo Errasti y A. Ezkurra

Departamento de Física Aplicada, Universidad del País Vasco

vpa00034@va.ehu.es
inigoerrasti@hotmail.com



La denominación de rayo en bola (rayo globular, bola de fuego, coup de foudre, ball lightning, kugelblitz), ha sido aplicada a una masa globular, que avanza horizontalmente, relativamente pequeña, persistente, luminosa, ocasionalmente observada en la atmósfera y asociada a tormentas y rayos ordinarios, y no ha de confundirse con el rayo collar o *rayo bead* aplicada a las series de masas globulares, relativamente pequeñas, persistentes, luminosas y aparentemente conectadas entre sí, ocasionalmente observadas en la atmósfera y que a menudo son descritas como restos residuales de una descarga de rayo ordinario.

La investigación, observación y descripción teórica de este fenómeno atmosférico está todavía en discusión y estudio. De hecho, la existencia del rayo en bola ha sido durante largo tiempo cuestionada, y todavía son muchos los científicos que se muestran escépticos ante este fenómeno, otros, lo consideran como un fenómeno atmosférico eléctrico.

Este fenómeno representa una forma luminosa que no se da habitualmente en la atmósfera, y al suceder de forma ocasional, no suele haber observadores cualificados presentes. Es todavía incluso menos habitual el registro fotográfico de este tipo de fenómeno eléctrico atmosférico. Algunas supuestas fotografías del rayo en bola tras un largo debate han sido finalmente rechazadas.

Tompkins et al (1975), por ejemplo, han sugerido que la probabilidad de la aparición de rayos en bola en los estados del medio oeste de los Estados Unidos puede ser de uno frente a 10000 casos de rayos ordinarios registrados. Otros autores hablan de 1 rayo en bola por cada 10000 rayos ordinarios registrados durante una tormenta.

Este fenómeno natural extraño consiste en una de bola de fuego que a veces aparece cerca de la descarga de un rayo ordinario durante tormentas en la atmósfera, en movimiento casi estacionario, manteniendo su brillo, forma y tamaño durante al menos 10 segundos. Frecuentemente, es de color naranja, amarillo, blanco o rojo, pero también puede ser verde o azul. Se desvanece suavemente o mediante una explosión. Su diámetro típico varía entre 10-40 cm, y su radiancia es inferior a 150 W. Para explicar este fenómeno se han propuesto diferentes modelos, pero ninguno ha sido aceptado como totalmente válido.

Se ha observado, que a veces, los rayos en bola se acercan a los cables de alta tensión, y luego se mueven a lo largo de ellos. Su apariencia está en contraste con los rayos habituales de una tormenta, pues, a menudo, se mueven en una trayectoria cercana a la superficie de la tierra a baja velocidad, pueden permanecer estáticos momentáneamente o cambiar repentinamente de dirección en el transcurso de su movimiento.



Contrariamente a lo que ocurre con los rayos normales, los rayos bola existen durante un tiempo prolongado, que va desde pocos segundos hasta, incluso, minutos.

En ocasiones, el rayo en bola decae repentina y silenciosamente, sin embargo, otras veces, el decaimiento es violento, mediante incluso una explosión, que puede desplazar y dañar a seres vivos y objetos.

La idea de nuestros trabajos se basa en la suposición de que el rayo en bola es un plasma que interacciona con campos electromagnéticos presentes en la atmósfera. El plasma del rayo en bola provendría del gas atmosférico previamente ionizado presentando una baja densidad y una baja temperatura. Esta idea es apoyada igualmente por *Rañada, Soler, y Trueba (2000)*, en su modelo de nudo electromagnético acoplado a un plasma.

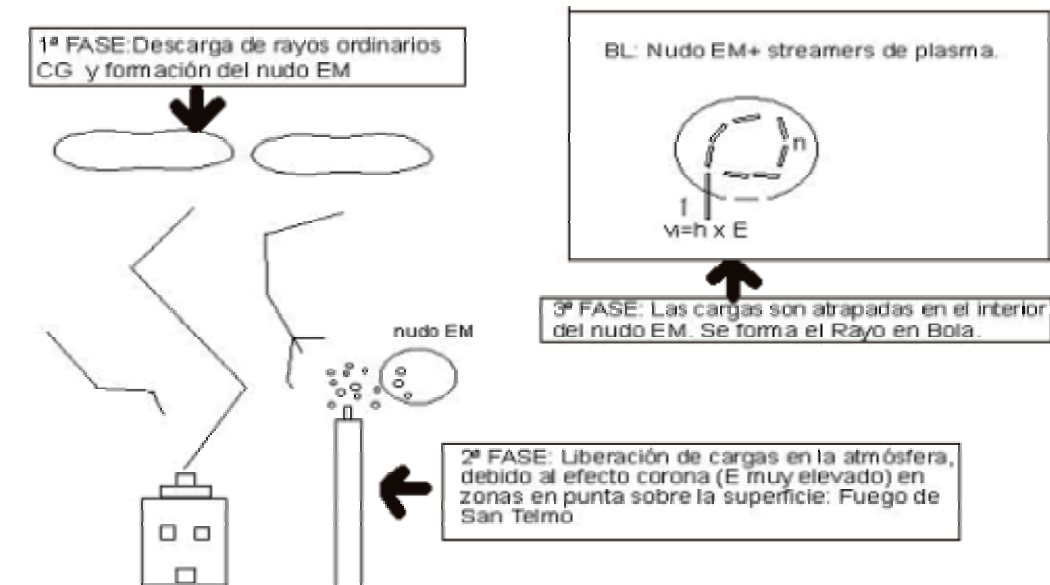
En nuestro trabajo de investigación partimos del supuesto de que un rayo en bola se forma durante episodios tormentosos con alta electrificación atmosférica y que su formación requiere tres fases o etapas diferenciadas que deben estar encadenadas sucesivamente, lo que explicaría que su expectativa de formación fuera tan improbable.

Estas fases serían:

1ª Fase. Descargas eléctricas nube-tierra o nube-nube y formación de un nudo electromagnético.

2ª Fase. Liberación de cargas atmosféricas cerca de tierra debido al efecto corona tipo Fuego de San Telmo.

3ª Fase. Atrapamiento o confinamiento de los iones atmosféricos del Fuego de San Telmo en el nudo electromagnético.



Desde nuestra hipótesis, sería entonces posible que a partir de las descargas de rayo ordinario, pudiera aparecer un campo magnético con líneas de campo magnético enlazadas entre sí n veces formando un nudo electromagnético del tipo al explicado por *J.L. Trueba*. El origen de este nudo estaría soportado por el hecho de que el rayo ordinario consiste en una sucesión de pulsos o flujos de corrientes cayendo hacia tierra separados por microsegundos. La geometría propia del rayo ordinario puede hacer que las líneas de campo magnéticas generadas por la corriente eléctrica que fluye a lo largo del canal del rayo ordinario se enlacen entre sí dando lugar a la aparición de un nudo.

Estos nudos tendrían un valor para el campo magnético del orden de 10^{-9} Teslas, del mismo orden de magnitud que el campo magnético terrestre. De hecho, las mediciones realizadas en un regiones próximas a una fuerte tormenta eléctrica muestran que los rayos generan perturbaciones magnéticas en el campo magnético terrestre del orden de nanoteslas.



Por otro lado durante la misma tormenta y desde objetos puntiagudos situados sobre la superficie terrestre se liberarían cargas eléctricas a la atmósfera, que a su vez, ionizarían las moléculas del aire circundante mediante el denominado efecto corona. Este fenómeno, por ejemplo, es bien conocido por los marineros en alta mar, como *Fuego de San Telmo*; en los mástiles de los barcos, en condiciones adversas, de tormenta, con campo eléctrico atmosférico muy elevado ($E=10^6$ Voltios por metro aproximadamente) y reforzado a su vez localmente por la geometría del objeto en punta, se puede observar una especie de nube o masa globular adosada que brilla y que se desplaza con el mástil.

El Fuego de San Telmo es un fenómeno eléctrico habitual que surge como resultado visible de una descarga corona desde algún objeto prominente situado sobre tierra. La gran diferencia de potencial eléctrico entre tierra y nube que se crea en condiciones de tiempo adversas puede provocar un campo eléctrico intenso entorno al objeto en punta, que puede causar la emisión de electrones desde el objeto (ruptura e ionización del material). Esta emisión, a su vez, puede provocar la disociación e ionización de las moléculas del aire circundante. La recombinación de estas moléculas libera energía radiante en longitudes de onda que pueden estar dentro del espectro visible. De hecho, el Fuego de San Telmo, es un plasma de baja densidad y temperatura, de iones atmosféricos. Otro ejemplo de este tipo de plasma sería la llama de una vela o mechero.

Estas cargas, generadas en la atmósfera por efecto corona, se mueven con una velocidad dada por la expresión $v = h E$, siendo h la movilidad eléctrica de las cargas, y E el campo eléctrico presente. Para iones pequeños, el valor de la movilidad en la atmósfera es, $h = 1.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$, y para iones pesados, $h = 1.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Teniendo en cuenta que el campo eléctrico durante tormentas alcanza órdenes de magnitud de hasta $E = 10^6 \text{ Vm}^{-1}$ (Voltios por metro), se obtiene un rango de velocidades entre $2.2 \times 10^{-2} \text{ ms}^{-1}$ y 2.25 ms^{-1} . Los valores de las masas de estos iones atmosféricos (iones N_2 y O_2 mayoritariamente) serían $m = 9.1 \times 10^{-27} \text{ kg}$, y el valor de sus cargas similar al valor de la carga de un electrón, $q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ (coulombios). Así el cociente carga-masa para este tipo de plasma sería aproximadamente $q/m = 10^7$.

Finalmente sería necesario que un nudo electromagnético fuera capaz de capturar el plasma así generado. En este punto es donde entran en juego nuestros trabajos de investigación. Mediante simulación numérica y utilizando las expresiones propuestas por Trueba para caracterizar un nudo electromagnético esférico de diámetro 0.2 m, hemos intentado calcular las trayectorias que seguirían iones similares a los del plasma producido en un Fuego de San Telmo cuando fueran lanzados hacia un nudo electromagnético. Nuestros primeros resultados muestran que bajo ciertas configuraciones muy particulares de intrusión en el nudo estos iones realizan una trayectoria dentro del mismo como si fueran atrapados durante tiempos del orden de 10 s tiempo característico de duración de un rayo en bola.

Así y tras nuestros trabajos parece posible imaginar que un rayo en bola nacería como el resultado visible de **dos subsistemas en interacción**: (i) un nudo electromagnético esférico creado por las descargas próximas de rayos ordinarios (ii) unos streamers o filamentos de plasma producidos por efecto corona como consecuencia de la existencia de un campo eléctrico atmosférico muy elevado (reforzado localmente incluso por la geometría de objetos puntiagudos en tierra). Estos dos subsistemas interactuarían de tal suerte que bajo ciertas condiciones los iones del plasma corona quedarían atrapados o confinados dentro del nudo electromagnético durante un tiempo significativo.

Bibliografía.

1. *Singer, S.* " The nature of Ball Lightning", Plenum Press, Nueva York, 1971.
2. *Barry, J.D.* " Ball Lightning and Bead Lightning", Plenum Press, Nueva York, 1980.
3. *Stenhoff, M.* "Ball Lightning. An unsolved problem in Atmospheric Physics". 1999
4. *Mc Gorman, D.R;* *Rust, W.D.* " The Electrical Nature of Storms", Oxford University Press, Oxford, 1998.
5. *Coleman, P.F.* " Ball Lightning. A Scientific Mystery Explained". Fireshine Press, New Zealand, 1998.
7. *Rañada, A.F,* *Soler, M.* & *Trueba, J.* "Ball lightning as a force-free magnetic knot". Physical Review E, November 2000.
8. *Handel, Petr;* *Leitner J.F.* " Development of the master-caviton ball lightning theory". Journal of Geophysical Research, Washington, DC, 99(D5);10689-10691, Mayo 20, 1994. Paper 93JD01021.
9. *Amirov, A;* *Bychkov, V.L.* "Polymer-Composite structure of Ball Lightning". Institute for High Temperatures. Russian Academy of Science, Moscow. 1996

ram@meteored.com