

Rayo en bola, realidad o mito

Agustín Ezkurra e Iñigo Errazti

1. Introducción.

Desde la antigüedad, el hombre ha mostrado interés y temor por el rayo, fenómeno de la Naturaleza, asociado con los dioses de antiguas culturas y civilizaciones. Ha sido un fenómeno atmosférico observado, admirado, temido y estudiado a lo largo de la historia de la Humanidad.

En la mitología vasca, Ortzi, el dios del cielo, era también considerado como dios de las tormentas y Aidegaxto se denominaba al genio que lanzaba los rayos. La denominación vasca más generalizada para el rayo es tximistarri, encontrándose también la forma ozkarri (piedra del cielo). El vocablo arri, en castellano piedra, nos indica el origen pétreo que al rayo se le atribuye en la mitología vasca, de esta forma se advierte un nexo de unión con la mitología nórdica e indoeuropea en general.

No fue hasta el año 1752 en el que *Benjamin Franklin* estableció la naturaleza eléctrica del rayo. Franklin determinó experimentalmente que las cargas situadas en la parte inferior de las nubes eran de signo negativo y concluyó que el rayo era una descarga eléctrica entre la nube y la tierra.

Desde que Franklin demostrara la existencia de electricidad en la atmósfera y descubriera la naturaleza eléctrica del rayo, transcurrieron más de 150 años hasta que en la década de 1920, *C. Wilson* comenzara a investigar sobre la física del rayo. Desde entonces el campo de la electricidad atmosférica ha experimentado importantes avances.

Sin embargo, la explicación de los mecanismos precisos de electrificación nubosa y de los orígenes de las propias descargas eléctricas, los rayos y los relámpagos principalmente, presentan aún muchas lagunas fundamentadas en la complicada física de estos mecanismos, pues abarcan un rango de 16 ordenes de magnitud, desde la escala atómica (procesos de ionización y electrificación) a la escala planetaria (fenómenos meteorológicos y eléctricos que afectan al globo terrestre completo).

Las descargas de rayo ocurren en la atmósfera cuando el campo eléctrico asociado con una acumulación de carga en una determinada región se hace lo suficientemente grande como para causar la ionización del aire circundante y el inicio de un flujo de corriente a lo largo de un camino en el aire.

La carga eléctrica transferida en un rayo típico (medida por *Meese y Evans*, 1962) oscila entre los 140 y los 250 coulombios. La duración total de una descarga es del orden de 0,2 segundos y la corriente media que se transfiere puede ser de miles de amperios.

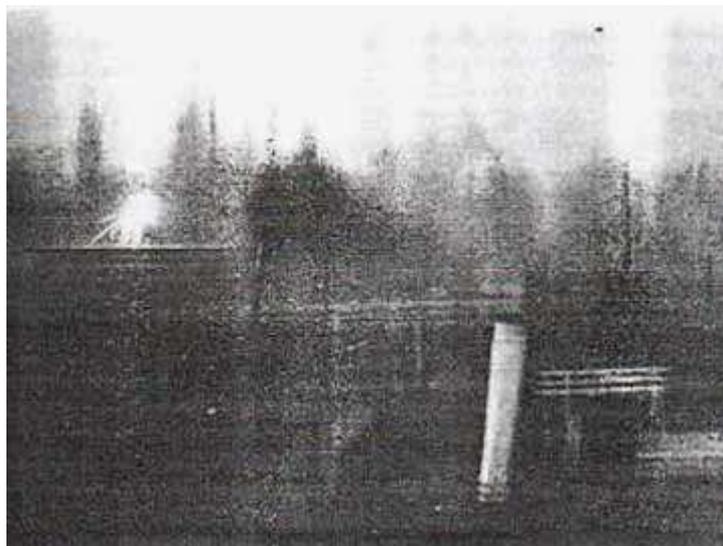
Las descargas de rayo pueden darse desde las nubes a tierra, entre nubes, dentro de las nubes, de nubes a zonas despejadas, y entre zonas sin nubes también. Una descarga de nube a suelo realmente está compuesta de varias descargas intermitentes y finalmente es seguida de una descarga de tierra a nube.

La descarga de rayo dura unos cientos de milisegundos. Cada descarga intermitente dura unas decenas de milisegundos. Estas descargas intermitentes a menudo están separadas por intervalos de tiempo de 40-50 milisegundos. Cada descarga individual es iniciada por descargas más pequeñas, denominadas descargas líderes.

La descarga intermitente de tierra a nube sucede cuando el campo eléctrico cerca de la superficie es lo suficientemente grande como para permitir un movimiento de cargas en dirección ascendente.

El rayo, es la manifestación eléctrica más conocida y popular de la atmósfera, pero sin embargo, existen en la atmósfera otra serie de fenómenos eléctricos, como son el Fuego de San Telmo, el rayo en bola –objeto de este artículo–, las auroras, y en la alta atmósfera, sprites y blue jets (descargas por encima de nube).

El Fuego de San Telmo, es un fenómeno eléctrico bien conocido por los marineros. Durante noches de tormenta, en la mar, a veces, aparece una masa globular luminosa adosada a las puntas de los mástiles de los barcos.



Es el 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. 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.

2. El rayo en bola

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 estos tipos de fenómenos eléctricos. 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.

Muchos de los informes presentados sobre el rayo en bola han sido negativos ya que, tras análisis exhaustivos, la explicación del fenómeno ha sido otra: descargas corona, Fuego de San Telmo debido a campos eléctricos elevados muy localizados, rayo bead y efectos visuales en la retina del observador debidos a flashes de luz cercanos.

Por otra parte, los investigadores del rayo en bola deben hacer frente a la complicada tarea de evaluar los informes, observaciones de rayo en bola, que muchas veces, son contradictorios entre sí. En las diferentes recopilaciones e informes de observaciones del rayo en bola se aprecian grandes diferencias en color, tamaño, movimiento, densidad de energía y decaimiento.

3. Características generales del rayo en bola.

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.



Rayo en bola

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 normales 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 en 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.

Quizá lo más complicado de explicar sea las grandes variaciones observadas en estas características generales. Por ejemplo, no siempre el rayo bola tiene forma esférica, sino que puede tener una forma irregular o presentar protuberancias, y puede emitir chispas. Su contorno no siempre está bien definido; puede estarlo sólo vagamente, envuelto en bruma... Algunos observadores han escuchado un sonido parecido a una descarga eléctrica, otros lo describen silencioso. Ocasionalmente, un rayo bola puede caer desde una nube hasta el suelo como un cuerpo masivo, incluso rebotar en el suelo como si fuese elástico. Pero puede ir también en la dirección del viento o en la opuesta.

4. Fenomenología.

La recogida y análisis de observaciones del rayo en bola ha sido durante largo tiempo un método primario de estudio del fenómeno. Es un fenómeno tan poco habitual en la Naturaleza que el método científico de recogida de información detallada en este caso no ha podido ser muy provechoso. Las fotografías del rayo en bola son extraordinariamente escasas. Por tanto, observaciones detalladas, con la presencia de más de un testigo fiable, con buenas condiciones de visibilidad, están consideradas de gran valor. Se ha de ser extraordinariamente cuidadoso en el estudio y análisis de cada observación, ya que como se ha ya citado, muchos casos son meras ilusiones ópticas o interpretaciones erróneas de otro fenómeno meteorológico.

Hay observaciones contrastadas de rayos en bola en el interior de edificios cerrados, próximos a chimeneas, e incluso, en el interior de aviones durante tormentas (Uman, 1968). Esta característica que presenta a veces el rayo en bola supone uno de los grandes problemas en la elaboración de una teoría sobre él.

En algunos informes se afirma que no hay producción de calor observable asociada con el rayo en bola, y en otros, sin embargo, hay daños sobre objetos próximos al rayo en bola.

Hay un número considerable de casos de un rayo en bola atravesando ventanas de edificios sin ningún tipo de daño en el cristal. Hay evaluaciones de la cantidad de energía asociada a un rayo en bola que se introdujo en el interior de un cuenco de agua, evaporando parte de la misma. Existen observaciones de rayo en bola por más de un testigo que permite una mayor exactitud en el informe de la observación.

Hay observaciones de rayos en bola relacionados con erupciones volcánicas y tornados.

En contadas ocasiones se ha informado de dos rayos en bola juntos.

Según varios informes, la masa globular del rayo en bola puede ser incluso fuente de chispa, rayos luminosos, o en unos pocos casos, de descarga similar a la de los rayos ordinarios.



El fenómeno del rayo en bola ha sido a menudo considerado como inofensivo, ya que han sido frecuentes las observaciones en las cuales el rayo alcanza físicamente al observador sin causarle daño alguno y desaparece sin ruido alguno.

Sin embargo, otros informes muestran aspectos peligrosos del rayo en bola, incluyendo explosiones con resultado de muerte o de daños serios y evidencia de liberación de gran cantidad de energía.

Se presenta a continuación un informe de una observación: " En 1960 un avión cisterna de la USAF cargado con fuel volaba a 5400 metros entre nubes y rayos, la temperatura estaba por encima de cero. Se observó entorno a las ventanas frontales del avión un Fuego de San Telmo. El piloto vio una bola blanca amarillenta de unos 45 cm de diámetro entrar por la ventana delantera de la cabina. Pasó entre él y el copiloto a una velocidad similar a la de una persona corriendo. Avanzó por la cabina. Tres segundos más tarde el operador de cola informaba que había visto el rayo en bola en el compartimento de carga y luego salir del avión hacia el ala derecha y desaparecer entre nubes".

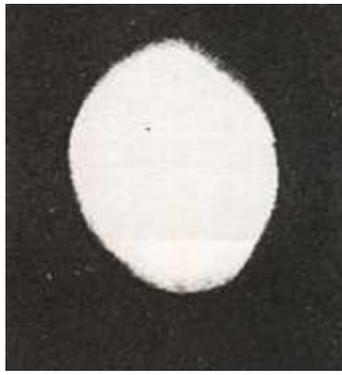
6. Teorías sobre el rayo en bola.

Se han propuesto decenas de modelos teóricos para el rayo en bola en las últimas décadas. Todos estos modelos han de tener en cuenta, por ejemplo, la fuente de energía que mantiene la luminosidad de la bola de forma prolongada, proponiendo en algunos casos, fuentes de energía internas, y en otros modelos, fuentes de energía externas a la bola.

Entre la multitud de modelos teóricos propuestos, citaremos el modelo de una onda estacionaria de radiación electromagnética (Kapitsa,1955; Endean, 1993), el modelo de descarga eléctrica alimentada por un campo eléctrico (Uman, Helstrom, 1966), los modelos basados en energía nuclear (Altschuler et al, 1970), en antimateria (Ashby y Whitehead, 1971), en combustión química (Fischer, 1981), en polímeros-composites (Amirov, Bychkov, 1966), de máser atmosférico (Handel, Leitner, 1994). Ninguno de los modelos presentados ha sido por el momento capaz de explicar completa y satisfactoriamente este fenómeno atmosférico.

Algunas propiedades del rayo en bola son bastante difíciles de explicar. En primer lugar, su sorprendente estabilidad y vida media elevada. En segundo lugar, dado que estas bolas emiten luz, se puede esperar que algo esté caliente en su interior; sin embargo, el aire caliente se expande y se mueve hacia arriba, algo que no sucede en este caso, donde el rayo en bola no parece cambiar de tamaño y tiene una tendencia a moverse horizontalmente. En tercer lugar, hay una curiosa contradicción en los diferentes informes de testigos. Algunos, afirman que la bola está fría ya que no sintieron calor cuando pasó cerca de ellos, y otros testigos, afirman que la bola está caliente, ya que tuvieron quemaduras cuando la bola los alcanzó.

Estas tres dificultades parecen indicar que algún tipo de mecanismo estabilizador desconocido actúa sobre los rayos en bola, produciendo algún tipo de fuerza de cohesión realmente efectiva. La aparición de estas bolas próximas a rayos ordinarios apoya la idea de que el rayo en bola es un fenómeno electromagnético con plasma (gas ionizado) y campo magnético en su interior. Sin embargo, dos serias objeciones han sido planteadas frente a este argumento: *el problema de la salida de energía y el problema del equilibrio.*



Esta primera objeción plantea que una bola de plasma caliente con las dimensiones observadas por los testigos debería radiar con una potencia del orden de 1 MW o más, al menos cinco órdenes de magnitud por encima de lo observado. La segunda objeción es que los testigos no informan de cambios en su radio; las bolas parecen estar en un equilibrio estacionario.

Sin embargo, ningún modelo electromagnético en una configuración de equilibrio adecuada ha sido encontrado, debido a que la presión magnética lo haría inestable, provocando una explosión. Esta argumentación, tiene bastante peso históricamente; incluso *Faraday* consideraba que el rayo en bola no podía ser un fenómeno eléctrico, porque ninguna configuración eléctrica puede mantenerse en equilibrio por mucho tiempo, siendo ésta la base para creer que el rayo en bola no es mas que una ilusión óptica.

Cada vez están más extendidos, entre la comunidad científica, los modelos de plasma que interacciona con campos electromagnéticos presentes en la atmósfera. Esta idea es apoyada por *Rañada, Soler, y Trueba*, 2000, en su modelo de nudo electromagnético acoplado a un plasma.

Básicamente su modelo de rayo en bola consiste en dos subsistemas en interacción: filamentos de plasma (gas atmosférico ionizado) que se van a curvar según "anillos" enlazados entre sí debido a una configuración muy particular del campo electromagnético que se ha formado próximo a un rayo ordinario que cae a tierra. El campo magnético crea fuerzas electromagnéticas que actúan sobre dichos filamentos y que hacen que se curven hasta enlazarse, formándose una estructura estable. La apariencia visible para el observador, al emitir estos filamentos energía radiante, es una bola esférica luminosa de vida media de 10 segundos o más.

Bibliografía

- Singer, S.* "The nature of Ball Lightning", Plenum Press, Nueva York, 1971.
Barry, J.D. "Ball Lightning and Bead Lightning", Plenum Press, Nueva York, 1980.
Stenhoff, M. "Ball Lightning. An unsolved problem in Atmospheric Physics". 1999
Mc Gorman, D.R; Rust, W.D. "The Electrical Nature of Storms", Oxford University Press, Oxford, 1998.
Coleman, P.F. "Ball Lightning. A Scientific Mystery Explained". Fireshine Press, New Zealand, 1998.
Rañada, A.F, Soler, M. & Trueba, J. "Ball lightning as a force-free magnetic knot". Physical Review E, November 2000.
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.

Amirov, A; Bychkov, V.L. "Polymer-Composite structure of Ball Lightning". Institute for High Temperatures. Russian Academy of Science, Moscow. 1996

Errasti Arrieta y Agustín Ezkurra Talejón, grupo de trabajo de electricidad atmosférica

Fotografías tomadas de: *Singer, S.* "The nature of Ball Lightning", Plenum Press, Nueva York, 1971 y *Barry, J. D.* " Ball Lightning and Bead Lightning", Plenum Press, Nueva York, 1980.