

# RAYOS Y RELÁMPAGOS

**José Antonio Aparicio Florido**

*Máster en Protección Civil y Emergencias – Universidad Politécnica de Valencia*

@ Octubre, 2004

I.	DEFINICIÓN DE RAYO Y RELÁMPAGO .....	1
II.	GÉNESIS DE LOS RAYOS.....	2
III.	PELIGROSIDAD Y VULNERABILIDAD .....	3
IV.	PREVENCIÓN CONTRA LOS IMPACTOS POR RAYOS.....	4

## I. DEFINICIÓN DE RAYO Y RELÁMPAGO

Tanto los rayos como los relámpagos, que aunque nos lo parezca no significan lo mismo, son fenómenos meteorológicos consistentes en descargas eléctricas engendradas en el interior de un condensador natural que se propagan a través de un dieléctrico como es el aire —un dieléctrico es una sustancia que es mala conductora de la electricidad y que amortigua la fuerza de un campo eléctrico que la atraviese—.

Según el origen y destino de estas descargas en la atmósfera terrestre, se pueden clasificar en cuatro grupos:

1. Descargas entre nube y tierra
2. Descargas dentro de una misma nube (intranubes)
3. Descargas entre una nube y otra nube (internubes)
4. Descargas entre una nube y la ionosfera

Obviamente, las primeras son las que suelen causar un daño o pérdida más frecuente en los sistemas antrópicos por lo que suponen una situación de riesgo que merece un especial interés desde la perspectiva de Protección Civil. Los tres tipos restantes circunscriben su peligrosidad a los aviones, como bien apuntan J. Olcina Cantos y F.J. Ayala-Carcedo, y, aunque es poco probable, podrían llegar a ser tanto más catastróficos por el número de pasajeros que pueden viajar en alguno de estos aparatos aeronáuticos.



Rayo: descarga de nube a tierra  
(Foto cedida por Adolfo Darriba)



Relámpago: descarga entre nubes  
(Foto cedida por Adolfo Darriba)

De todos estos cuatro casos, el primero es el único en el que podemos hablar propiamente de rayo, ya que los restantes tres casos son los que se conocen y denominan como relámpagos. Por tanto, se define como "rayo" exclusivamente la descarga eléctrica que se produce entre una nube y la superficie de la tierra. Los relámpagos por su parte no conllevan ningún otro tipo de peligrosidad asociada para el hombre, a excepción del caso mencionado de aviones en vuelo, calculándose que la aparición de estas descargas entre nubes es del 80% mayor que la de los rayos, que se derivan hacia tierra (A. Cocco, E. Anagnostou y T. G. Chronis).

Con respecto a las descargas que se producen entre una nube y la ionosfera (disparo ascendente), ésta se conocen como "espíritus" o, más comúnmente, "duendes".

## II. GÉNESIS DE LOS RAYOS

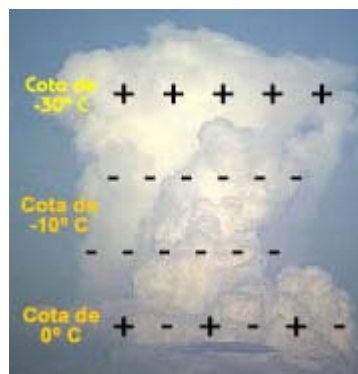
Desde la antigüedad, el rayo se ha asociado en muchas culturas a la intervención divina y siempre como una forma de castigo de ésta hacia el hombre. Sin embargo, ya los etruscos empezaron a sospechar que era el choque entre nubes la fuente generadora del rayo (J. Areitio). Pero no fue hasta 1752, con Benjamín Franklin, famoso inventor del pararrayos, cuando se logra establecer científicamente la relación existente entre las formaciones nubosas y las descargas eléctricas que se originan en su seno. Así, por medio de experimentos se descubrió que las tormentas —en cuyo seno se produce una gran liberación de energía que se manifiesta en forma de fuertes precipitaciones, intensas rachas de viento y abundante aparato eléctrico— se cargan eléctricamente como si se tratara de una enorme pila, esto es, con el polo negativo en su base y el polo positivo en su cúpula. El proceso completo sería el siguiente:

1º. El aire caliente de las capas inferiores de la atmósfera tiende a subir y a medida que lo hace, al encontrarse con otras masas de aire más frío que la corriente ascendente, ésta se va enfriando y condensando en forma de minúsculas gotitas de agua que, bajo determinadas condiciones de verticalidad o convectividad, humedad, temperatura y disparo orográfico da lugar a enormes formaciones nubosas denominadas cumulonimbos, con forma de castillo (de ahí también el nombre de cumulus castellanus) o yunque (al expandirse horizontalmente la parte superior de la nube al aproximarse a la tropopausa), y que ahora se viene a denominar supercélula (K. A. Browning).

2º. Al exponerse al umbral de los 0º C y por debajo de esta temperatura de congelación, las gotas de agua comienzan a cristalizarse en hielo al tiempo que empiezan a darse las condiciones para que se puedan fraguar distintos fenómenos naturales ligados a los cumulonimbos que, además de precipitaciones intensas, son también los huracanes, tornados,

granizadas, rayos, relámpagos y, por supuesto, los truenos que acompañan a los destellos luminosos. En el núcleo del cumulonimbo hidrometeoros de granizo y cristales de hielo empiezan a golpearse y colisionar entre sí y contra otras gotas de agua que, a pesar de estar sometidas a temperaturas de varios grados bajo cero no llegan a cristalizar, provocando que los hidrometeoros se carguen eléctricamente: las partículas más grandes se precipitan por gravedad hacia la base de la nube, cargándose negativamente, mientras que las más pequeñas —menos de 100 micrómetros— continúan ascendiendo hasta la cúpula del cumulonimbo, cargándose positivamente. Así es como adopta esa forma de pila eléctrica, donde el polo negativo se sitúa en la parte central y baja de la nube y el polo positivo en la parte más alta (dipolo tormentoso).

3º. A continuación el granizo precipitado se carga positivamente en su caída al llegar a la misma base de la nube, creando una pequeña zona de carga positiva sin neutralizar en la parte más inferior de la célula tormentosa, que da lugar al tripolo tormentoso, estructura fundamental para que se produzcan las descargas eléctricas. En palabras de E.N. Anagnostou y T.G. Chronis, un núcleo tormentoso típico tiene tres regiones distintivas de carga: una región superior cargada positivamente de  $-30^{\circ}\text{C}$ , una negativa intermedia de unos  $-10^{\circ}\text{C}$  y una mixta positiva y negativa en torno a la isoterma de  $0^{\circ}\text{C}$ . En esta zona del cumulonimbo, entre esa pequeña carga positiva subyacente y la carga negativa inferior se produce una pequeña chispa que desencadena una descarga-guía que va progresando a través



del aire de forma escalonada y con múltiples ramificaciones, que le dan al destello luminoso ese aspecto dentado y nérvico que nosotros podemos contemplar, rasgando el aire por la parte que ofrece menor resistencia. Por inducción eléctrica de la carga negativa de la nube, la superficie de la tierra, habitualmente con carga negativa, invierte su polaridad convirtiéndose en positiva, y esto hace que la descarga eléctrica que se dirige hacia el suelo bajo determinadas condiciones sea atraída por éste, dando lugar al rayo.

Pero no todos los rayos nacen necesariamente del seno de una tormenta. Las erupciones volcánicas, por ejemplo, provocan una importante fuente de calor atípica que al elevarse en el aire se expone a una rápida condensación, iniciando con ello el proceso generador del rayo.

Por último debemos decir que si las formaciones nubosas no van acompañadas de rayos o relámpagos, además de precipitaciones intensas en cualquiera de sus posibles estados (agua, nieve o granizo), no las podemos clasificar como tormentas.

### III. PELIGROSIDAD Y VULNERABILIDAD

Una descarga eléctrica originada por una tormenta puede viajar hasta 30 kms de distancia de su origen (menos de 1,5 kms en el caso de los rayos y hasta 30 kms en el caso de los relámpagos), a una temperatura de  $25.000^{\circ}\text{C}$  a  $30.000^{\circ}\text{C}$ , con una potencia de 100-150 millones de voltios, una intensidad de 20.000 amperios y una velocidad de 140.000 km/sg. Si además se producen descargas sucesivas, éstas caen a una media de 1,8 kms de distancia de separación entre ellas, siendo de 40 mts la extensión que pueden llegar a afectar.

De las 44.000 tormentas diarias que se abaten a diario sobre el planeta, se ha calculado de una forma aproximada que éstas generan unos 100 rayos por segundo. No obstante, la distribución espacial de éstos no es proporcional en todo el mundo, ya que la franja ecuatorial es más propensa a los impactos, mientras que en los polos y en los desiertos tropicales la presencia de estos fenómenos es mínima. Del mismo modo, las tormentas visitan más las zonas continentales que las oceánicas.

Por otra parte, las horas de mayor peligrosidad son entre las 12 del mediodía y las 4 de la tarde (12'00 a 16'00) y el mes de mayor riesgo, julio. Hay que tener en cuenta que en España, el 75% de los rayos que caen al año lo hacen entre los meses de junio y septiembre.

En España, el número medio de tormentas al año oscila entre 10 y 25 días al año; en Andalucía central y occidental, el número es de 10 a 15 días anuales, así como en Galicia; en ambas Castillas aumenta a 20, igual que en Asturias, Cantabria, las zonas costeras de Cataluña y la cuenca del Ebro; las zonas más frecuentadas por las tormentas serían finalmente Alicante, Teruel y la cordillera pirenaica, donde la caída de rayos es el mayor peligro de los montañeros.

Con respecto al resto del mundo, la caída de rayos se concentra en lugares como el Himalaya, en África Central —donde prácticamente hay tormentas durante todo el año—, en la República Dominicana y Estados Unidos (sobre todo en Florida, Georgia, Carolina del Sur, Nueva York y Oklahoma). En este último país mueren una media de 87 personas al año por este motivo, cuando la media en España es de 12.

Las antenas, conducciones metálicas, vallas y alambradas, líneas telefónicas, tendidos eléctricos y, en general, los elementos metálicos, además de los árboles, sobre todo los más altos y aislados, ejercen un elevado poder de atracción sobre los rayos. Curiosamente, esto supone un riesgo insospechable para los golfistas, cuyos palos ejercen como pararrayos.

A pesar de estas cifras, sólo el 10-20% de las personas alcanzadas por un rayo mueren, y de las que sobreviven al impacto, el 70-75% sufre secuelas permanentes de carácter neurológico y físico, cardiovascular, pulmonar, dérmico (quemaduras), traumático o sensorial.

Pero no todos los alcanzados por un rayo mueren necesariamente, sino que todo depende del lugar por el que discurre la corriente. Si ésta circula a través del cuerpo, por su interior, existe sólo un 15% de probabilidades de supervivencia; si por el contrario traza un arco voltaico entre la cabeza y el suelo, por el exterior, la probabilidad de supervivencia asciende al 55% aunque con graves quemaduras en la piel, además de otras posibles lesiones físicas. También dependerá de si se trata de un impacto directo o indirecto, siendo el primero el caso más grave.

Por último cabe reseñar la discrepancia entre diversos especialistas sobre si la proliferación de estructuras metálicas de comunicaciones u otras instalaciones similares aumentan la frecuencia de caída de rayos. Según Dennis Boccippio esta probabilidad es mínima y además no ha sido comprobado experimentalmente. Sin embargo, J. Olcina Cantos opina todo lo contrario; para este autor la construcción de antenas o torres metálicas está incrementando la probabilidad de ser impactados por rayos en todos los entornos urbanos y algunas áreas rurales.

#### **IV. PREVENCIÓN CONTRA LOS IMPACTOS POR RAYOS**

El resplandor del rayo o del relámpago, como luz que es, viaja a la velocidad de 300.000 km/sg, mientras que su sonido, es decir, el trueno, lo hace a una velocidad muy inferior, 330 m/sg. Esa es la razón por la que siempre vemos el destello antes de percibir su estruendo. Quiere decir esto que, por cada segundo que transcurre entre el destello y el sonido, la distancia entre el rayo y el sitio en el que nos encontramos es de 330 mts, o, dicho de otro modo, cada 3 segundos transcurridos entre ambos momentos implica una distancia de 1 km. Por tanto, para calcular la distancia existente entre el rayo y nosotros hay que contar el número de segundos que transcurren entre el fogonazo y el trueno y dividirlo entre 3,30 o, si nos resulta más fácil, entre 3. Por ejemplo, si pasan 9 segundos entre fenómeno y fenómeno, la distancia existente será de 3 kms o, más exactamente, 2,72 kms. Si las descargas eléctricas siguientes van reduciendo el intervalo del primero, significará que la tormenta viene hacia nosotros y que la probabilidad de exposición al rayo aumentará. Si sucede lo contrario, la

tormenta se aleja. En el primero de los casos debemos buscar protección inmediatamente, localizando un refugio adecuado hasta que el peligro haya pasado totalmente. Un dato muy importante a tener en cuenta para el cálculo de los tiempos y la toma de decisiones es que el trueno puede oírse a más de 10 kms de distancia en condiciones orográficas no abruptas y según algunos especialistas hasta un máximo de 24 kms, aunque suponemos que con viento favorable, orografía totalmente llana y ruido ambiental nulo.

El sonido del trueno, que suele durar entre décimas de segundo y 2 ó 3 segundos, es producto de la brusca expansión del aire, al calentarse súbitamente hasta los 25.000 ó 30.000° C, cinco veces más temperatura que la existente en la superficie del sol (5.800°C). Esto genera una onda de choque, cuyo recorrido percibimos en parte más los ecos ocasionados por sus rebotes contra los perfiles orográficos y las construcciones.

Puesto que, como hemos dicho más arriba, un rayo puede alcanzar hasta 1,5 kms de distancia (el rayo, no el relámpago), para estar libres de ser impactados por él deberíamos situarnos a una distancia superior del foco. Pero como en la práctica no habrá tiempo a ello, las medidas preventivas deben ir orientadas a conocer y evitar los lugares más propensos a atraer los rayos. Estos son especialmente el campo abierto y las áreas montañosas, cuyos picos y crestas absorben poderosamente las descargas eléctricas de los núcleos tormentosos. Por ello las actividades agrarias, ganaderas, deportivas u otras que se exponen de continuo al aire libre son las de mayor riesgo. Los pastores de rebaños de ovejas, por ejemplo debido a la facilidad con que se carga de energía electrostática la lana, corren un auténtico peligro en días de tormenta.

Para evitar ser alcanzado por un rayo se deben adoptar las medidas que se expondrán más adelante, pero, principalmente, debemos guarecernos en el interior de una construcción edificada con elementos sólidos, cerrada y lo suficientemente grande, como una casa, un pabellón, un hangar, etc. Si nos sorprende al aire libre y no disponemos de esta posibilidad debemos evitar a toda costa el amparo de los árboles, los escarpes montañosos y las estructuras o entramados metálicos (cercados, torretas, cableados, conducciones, subestaciones eléctricas, antenas, etc.). A ser posible debemos buscar el resguardo de una cueva, pero siempre y cuando permanezcamos en su interior y no en su boca. Debemos tener en cuenta que el 90% de las muertes se producen en áreas rurales y un tercio de ellas (30%) bajo los árboles en los que se refugian.

También son un lugar seguro los automóviles, trenes, autobuses y barcos, aunque nos parezca increíble. Antes se pensaba equivocadamente que eran los neumáticos de los coches los que actuaban como elementos aislantes, pero esto no es así. En realidad, lo que evita que seamos alcanzados por un rayo es el hecho de que este tipo de transportes de estructura exterior metálica actúen como una "jaula de Faraday", impidiendo el paso de la corriente eléctrica hacia el habitáculo interior, siempre que las ventanillas y las puertas permanezcan cerradas. Un experimento ilustrativo de esta teoría es coger una radio, ponerla en funcionamiento y envolverla en papel de periódico; las ondas penetrarán sin dificultad a través del papel, y la radio se seguirá escuchando; pero si la envolvemos en papel de aluminio, la radio dejará de oírse, al no poder atravesar las ondas esa "jaula". Por tanto, un automóvil es una buena opción que habitualmente tenemos muy cerca.

Otro mito carente de fundamento y ampliamente extendido es el que las personas impactadas retienen la electricidad en su cuerpo durante algún tiempo. Esta creencia es completamente incierta aun cuando se trate de un impacto directo. Por el contrario, se les puede prestar asistencia inmediata y se les puede manipular sin ningún problema, incluyendo maniobras manuales de reanimación cardio-pulmonar (RCP).