

dos para formar ecos repitiendo los sonidos, será suficiente para modificar la naturaleza de las impresiones producidas por el zumbido del trueno, aumentando su intensidad aparente y tambien su duracion.

## XIII.

## Teoria del rayo.

Despues de haber explicado el relámpago y el trueno, que son los dos principales fenómenos que acompañan al rayo, veamos ahora lo que es este rayo en sí mismo, y bajo qué condiciones es determinada su explosion. Volvamos á tomar la nube tempestuosa cargada de electricidad vítrea ó positiva, y supongamos desde luego que se coloca sobre un vasto edificio. En virtud de su accion por influencia, la nube descompondrá la electricidad natural de este edificio, atraerá y acumulará su fluido negativo en la superficie superior del mismo, y repelerá el positivo al suelo y hácia el interior de la tierra. Es supérfluo recordar que la accion descomponente de la nube será tanto mas enérgica, y por consiguiente la cantidad de fluido descompuesto y acumulado en dicha superficie será tanto mayor, cuanto menor fuere la distancia de la nube al edificio, y cuanto mayor la conductibilidad de los cuerpos que entren en la composicion del mismo, y tambien la de las capas terrestres sobre las que se halla asentado. Tenemos, pues, en este caso que la electricidad

positiva de la nube, y la negativa del edificio acumulada en virtud de la accion por influencia en la parte superior del mismo, están haciendo continuos esfuerzos, por razon de su mútua atraccion, para reunirse y combinarse. Ahora bien: este fenómeno puede terminarse de tres maneras: 1.º Si la electricidad positiva de la nube, ó por su poca cantidad, ó porque la nube se halla demasiado elevada en la atmósfera y distante por consiguiente del edificio, no tiene la tension suficiente para vencer la resistencia del aire interpuesto entre ella y el edificio, entonces no habrá chispa eléctrica, ó en otros términos, *el rayo no caerá*, y como la energía de atraccion entre dos electricidades contrarias está en razon inversa del cuadrado de la distancia, como hemos dicho, conforme la nube se vaya alejando del edificio que estaba sometido á su influencia, esta influencia se hará cada vez menos enérgica, de lo cual resultará necesariamente que las dos electricidades del edificio separadas antes y descompuestas por la accion de la nube volverán á reunirse sucesivamente, y combinándose de esta manera poco á poco dentro del mismo edificio el fluido positivo que habia sido repelido al suelo, y el negativo atraído á la superficie por la influencia de la nube tempestuosa, formarán la electricidad natural, constituyendo al edificio en estado neutro, en el cual se encontraba antes que la nube electrizada ejerciera su influencia sobre él.

El segundo modo con que se puede terminar el fenómeno es el siguiente: Si la electricidad positiva de la nube adquiere la tension suficiente para vencer la resistencia de la capa de aire que como cuerpo ideo-eléctrico y mal conductor se opone á la reunion de las dos electricidades, entonces saltará la chispa de la nube, ó lo que es lo mismo, el fluido positivo de la nube pasará á través del aire para reunirse con el fluido negativo acumulado en la superficie superior del edificio, y hé aquí el rayo que cae. Infiérese de esto que el

rayo no es otra cosa que el fluido eléctrico que en mayor ó menor cantidad viene de la nube tempestuosa, y que penetrando en la tierra, que es como el reservorio general de la electricidad, se disipa en ella á mayor ó menor profundidad, segun su masa y energía, y segun la conductibilidad de las capas que encuentra á su paso. Es absurda por tanto la opinion del vulgo, que concibe los rayos como cuerpos sólidos, y sin fundamento la denominacion que dá á algunas piedras de color y figura determinadas, llamándolas *pedras de rayo*.

Finalmente, la accion por influencia puede terminarse por una recomposicion súbita de las dos electricidades del edificio descompuestas y separadas por la influencia de la nube. Segun lo que al principio se ha establecido, la eficacia de la accion de un cuerpo electrizado para descomponer el fluido neutro de otro cuerpo conductor, electrizándolo por influencia, depende no solo de la proximidad de los dos cuerpos, sino de la cantidad de electricidad del cuerpo que obra por influencia. Luego si la nube que se halla sobre el edificio se descarga de su electricidad por medio de una chispa que salte entre ella y otra cargada de electricidad contraria, ó entre la misma y otro cuerpo terrestre lejano sobre el cual tambien ejerza al mismo tiempo su influencia, los dos fluidos contrarios, que hasta entonces se habian mantenido separados por la accion descomponente de la nube, se recomponen súbitamente dentro del cuerpo, porque habiendo perdido la nube su electricidad mediante la explosion con otro cuerpo, cesa instantáneamente su influencia sobre el edificio, resultando de aqui la recomposicion brusca del fluido positivo del edificio repelido antes al suelo, con el negativo del mismo, atraido y acumulado en la parte superior. Hé aquí lo que se llama choque de retorno ó rayo por *contra-golpe*, en contraposicion al rayo directo.

Aunque esta sideracion no produce tantos estragos, ni

efectos tan intensos como la directa, puede ser suficiente para causar la muerte á hombres y animales; pues es evidente que ese movimiento instantáneo, y esa recomposicion brusca de los dos fluidos contrarios que tiene lugar dentro del mismo cuerpo cuando cesa la influencia de la nube que los mantenía separados, no puede verificarse sin que se produzca una violenta conmocion interna y sin que haya tambien trasporte de las partes ponderables del cuerpo. Un hombre puede ser considerado por *contra-golpe*, aun cuando la nube tempestuosa se halle distante; pues basta que el hombre se encuentre dentro de la esfera de actividad de la nube relativamente á la influencia, porque una vez sujeto á la accion descomponente de la nube, sus dos electricidades separadas en fuerza de dicha accion se recompondrán bruscamente desde el instante en que esta nube, aunque se halle á bastante distancia, se haya descargado de su electricidad por la explosion con otro cuerpo terrestre situado debajo de ella, ó con otra nube cercana cargada de electricidad contraria. Esta es la razon por qué algunas veces el hombre es muerto por el rayo, aun cuando la nube tempestuosa no se halle colocada sobre su cabeza, y aun cuando brille el sol en la parte de la atmósfera que le rodea. Parece que este fenómeno no fué desconocido de los antiguos, por mas que ignorasen su verdadera causa. Plinio, enumerando los efectos maravillosos del rayo, cuenta entre ellos la muerte de M. Herennio ocasionada por un rayo, hallándose el cielo sereno. *In Catilinianis prodigiis, Pompejano in municipio, M. Herennius decurio, sereno die fulmine ictus est.*

No será necesario advertir, que la muerte en estos casos no es producida por la caida del fluido de la nube, sino por la electricidad natural ó fluidos eléctricos contenidos dentro del mismo cuerpo, ó tambien de los descompuestos y atraídos del suelo con el cual comunica el hombre que experi-

menta el choque de retorno. De aquí es que los siderados por el rayo de contra-golpe no presentan exteriormente señales de quemadura, fractura ú otros efectos mecánicos, que se observan regularmente en los siderados por el rayo directo. Como la sideracion por contra-golpe depende de la reunion súbita de las dos electricidades contrarias separadas en el cuerpo por la influencia de la nube, y por otra parte el cuerpo humano es bastante buen conductor, infiérese necesariamente que el peligro de la sideracion, en igualdad de circunstancias, crece cuando el hombre se halla colocado sobre cuerpos metálicos que son los mejores conductores, ó sobre un suelo cuyas capas tengan mucha conductibilidad, pues ya se ha dicho que la electrizacion por influencia se opera con mayor eficacia sobre los cuerpos que son buenos conductores de la electricidad.

## XIV.

## Clasificacion de los efectos del rayo.

Los efectos del rayo pueden ser de tres especies, á saber: mecánicos, físicos y químicos. Los efectos mecánicos se manifiestan por el trasporte y fractura de los cuerpos. Vemos que cuando el rayo cae en un edificio, los muebles y utensilios son arrojados mas ó menos lejos y despedazados, las paredes y techo son agujereados, y las piedras rotas y separadas de su sitio. Los árboles heridos por el rayo son mas ó menos maltratados, observándose por lo comun un surco en el tronco del árbol desde la cima hasta el pié que marca el camino del rayo: no solamente la corteza, sino algunas de las ramas y astillas del tronco son desgajadas y arrojadas á grandes distancias, y muchas veces se notan al pié del árbol, hoyos mas ó menos profundos ocasionados por el fluido que, despues de haber maltratado el tronco, vá á disiparse en el interior de la tierra.

Los efectos físicos se hallan caracterizados principalmente por una elevacion de temperatura en los cuerpos heridos por el rayo. No será de estrañar por lo tanto, que si el rayo cae sobre techos de nipa ó de paja, sobre maderas secas, sobre depósitos de pólvora ó cualquiera otras materias inflamables, determine incendios y explosiones. Si este conocimiento tuviera mas aplicacion en la práctica se evitarian no

pocas desgracias; pues siendo los metales los mejores conductores y cayendo el rayo con mas frecuencia sobre los cuerpos mas elevados y puntiagudos, bastará una pieza de metal ó un cuerpo elevado colocados sin discernimiento sobre un edificio que no se halle protegido por para-rayos suficientes, para que si cae el rayo, determine una explosion ó un incendio. La carbonizacion de las materias por donde pasa el rayo, es tambien uno de sus efectos físicos, así como la fusion de los metales y alguna vez hasta la volatizacion de los mismos. Los efectos físicos son los que presentan mayor analogía con los producidos por nuestras baterías eléctricas y la botella de Leyden.

No sucede lo mismo con los efectos químicos, los cuales son mucho mas intensos, que cuantos pueden determinar las mas poderosas de nuestras baterías. Compruébase esto por las señales de fusion observadas principalmente en las cumbres de los montes mas elevados y en las rocas, atribuidas á la accion repetida del rayo. Los fulguritos ó tubos fulminarios, son otra prueba de esta energía química. Llámase así una especie de tubos que se encuentran en algunas llanuras arenosas en las que abundan las materias silíceas, cuya vitrificacion es determinada por el rayo al penetrar en la tierra. Estos tubos tan pronto se hallan en una direccion perpendicular, tan pronto penetran en direccion mas ó menos oblicua, terminando algunas veces su extremo inferior por agujeros mas pequeños y divergentes semejantes á las raices puntiagudas de algunas especies de plantas. La superficie interna de estos tubos presenta siempre señales evidentes de vitrificacion perfecta, apareciendo unida como la del vidrio y brillante, al paso que la superficie exterior, áspera y formada de granos cuarzosos aglutinados entre sí por un principio de fusion, ofrece una vitrificacion imperfecta. Aunque Plinio afirma que el rayo nunca penetra en la tierra mas que

hasta cinco piés de profundidad, los tubos fulminarios comprueban que la accion química del rayo puede obrar hasta á la distancia de mas de 20 piés debajo de la superficie. Segun las observaciones de los físicos, debajo de las capas arenosas en las que se encuentran estos fulguritos, se hallan otras de agua; de lo cual se ha inferido con razon que dichos tubos son formados por el paso del rayo á través de las capas arenosas, para ir á combinarse y neutralizarse con la electricidad del agua, que como cuerpo conductor experimenta con mayor intensidad la influencia de la nube.

Aunque hemos descrito y examinado separadamente estos tres géneros de efectos en el rayo, no se debe concebir por eso que se produzcan separadamente, sino simultáneamente: así cuando el rayo cae, podrán producirse contusion ó fractura de partes, elevacion de temperatura, fusion y vitrificacion, segun la naturaleza y disposicion de los cuerpos heridos.

No siendo otra cosa el rayo mas que una masa de fluido eléctrico, sus efectos serán mas ó menos intensos, segun la mayor ó menor cantidad ó masa del fluido, resultando de aquí que un hilo metálico de diámetro determinado solamente será calentado por el contacto de un rayo, al paso que podrá ser fundido y aun volatilizado por otro que contenga mayor masa ó cantidad de fluido; los efectos mecánicos y físicos son los que se presentan con mas frecuencia, y los que se observan mas á menudo en el rayo directo.

Esta verdad no fué desconocida enteramente de los antiguos, siendo digno de notarse que á mediados del siglo XIII clasificaba ya Alberto Magno el rayo en tres especies, fundando esta division sobre la variedad de efectos. «Tres son, dice, las especies de rayos: á la primera pertenece el rayo que horada los cuerpos; á la segunda el que los rompe y destruye, y á la tercera el que los incendia. El rayo que horada

tiene la llama sutil, y por lo mismo penetra fácilmente los poros de los cuerpos. Pero el rayo **que** despedaza y rompe tiene la figura de globo, y su materia **se** halla mas condensada y comprimida: el rayo que agujerea, vuelve algunas veces por el agujero por donde habia penetrado y se arroja hácia un lado ú otro cuando halla paso libre; **mas** el segundo rayo que despedaza, no vuelve atrás ni horada, sino que rompe los cuerpos que encuentra á su paso... **Se** debe notar, sin embargo, que aunque ningun rayo cae **que** no contenga fuego, solo aquel se llama propiamente rayo **igneo** que deja señales perceptibles de combustion perfecta, **y** otras veces finalmente origina incendio.» (1) Se vé por **las** citadas palabras, que Alberto Magno no solo conocia la **variedad** de efectos del rayo, sino que referia en gran parte **esta** diversidad de fenómenos á la mayor ó menor cantidad de **materia** contenida en el meteoro, lo cual es muy conforme á **la** teoría de la electricidad que vamos exponiendo, segun **la** cual esta variedad de efectos en el rayo no solo depende **de** la naturaleza de los cuerpos siderados, segun que son **ideo-eléctricos** ó **an-eléctricos**, buenos ó malos conductores, **sino** tambien de la cantidad y masa del fluido eléctrico que cae **sobre** dichos cuerpos.

Todos saben que el rayo difunde **por su** tránsito un olor semejante al del azufre inflamado. Los **físicos** atribuyeron al principio este olor á un compuesto **oxigenado** formado bajo la influencia de la chispa eléctrica y al **cual** denominaban **ozona**, pero al presente se tiene por **demostrado**, en conformidad á las observaciones de Schenbein, Marignac, La Rive y Becquerel, que la sustancia llamada **ozona** no es otra cosa que oxígeno electrizado.

(1) Alberti Magni, *Op. omn.*, t. II, trat. 1.º **de** los Meteo., cap. XXVI, edic. cit.

## XV.

### Explicacion de algunos fenómenos especiales que acompañan la explosion del rayo.

Además de los efectos señalados, el rayo presenta otro orden de fenómenos, cuales son entre otros, caer con mas frecuencia sobre los cuerpos mas elevados, herir con preferencia los cuerpos metálicos, los árboles, animales, etc., de manera que el rayo parece obrar con una especie de discernimiento, apartándose de cuerpos que encuentra á su paso y dirigiéndose sobre otros mas apartados y ocultos. La explicacion de estos fenómenos, á primera vista maravillosos é incomprendibles, no ofrece dificultad alguna para el que tenga presente lo que se ha dicho sobre la conductibilidad de los cuerpos, la electrizacion por influencia, y la ley fundamental que rige las atracciones y repulsiones de los cuerpos electrizados.

Se ha visto, en efecto, que la energía de atraccion entre dos electricidades contrarias está en razon inversa del cuadrado de la distancia: luego cuanto mas elevado se halle un cuerpo sobre el suelo y menos distante, por consiguiente, de la nube electrizada, mayor será la atraccion entre la electricidad de esta y la contraria, acumulada, como se ha dicho, en la parte superior del cuerpo terrestre; empero esto se debe entender en igualdad de circunstancias, es decir, que si

suponemos dos cuerpos, por ejemplo, dos edificios que contengan igual cantidad de cuerpos buenos conductores, y que descansen sobre un suelo cuyas capas se hallen dotadas de igual conductibilidad tambien, el rayo herirá al mas elevado de los dos por razon de su menor distancia á la nube; pero si varían las condiciones dichas, como si el edificio menos elevado contiene dentro de sí, ó en los materiales de que se compone mayor cantidad de cuerpos buenos conductores, como masas de metal, cuerpos húmedos, etc., ó si las capas del suelo sobre que descansa este edificio tienen mayor conductibilidad que aquellas sobre las que descansa el edificio mas alto, en este caso podrá verificarse la explosion del rayo entre la nube y el edificio menos elevado; pues ya se sabe que cuanto mejor conductor es el cuerpo sometido á la accion por influencia de la nube, mayor es la cantidad del fluido acumulado en su superficie; y la ley fundamental de las acciones eléctricas espresa que la eficacia de la atraccion está en razon inversa del cuadrado de la distancia, pero en razon directa de las cantidades de fluido acumulado en los dos cuerpos entre los cuales tiene lugar la atraccion. Fácil es comprender, en vista de esto, por qué cuando el rayo cae en un recinto que comprende varios edificios, no siempre cae sobre los mas elevados.

Hemos dicho tambien, y lo comprueba lo experiencia, que cuando cae el rayo, se dirige y produce sus peligrosos efectos sobre unos cuerpos mas bien que sobre otros; pero esto no es mas que una consecuencia de la conductibilidad de los cuerpos, y si el rayo cuando penetra en un edificio calienta y funde los metales, se dirige á los muebles dorados ó húmedos, ataca á los hombres y animales, al mismo tiempo que parece huir del vidrio, la seda, las maderas muy secas y en general de los cuerpos ideo-eléctricos, es porque los primeros pertenecen á la clase de los buenos conductores, y los segundos,

por el contrario, son malos conductores de la electricidad. Esta misma es la razon tambien porque el rayo, al caer en una habitacion ó sobre un edificio, se dirige por las paredes mas bien que por los demás puntos de la habitacion; pues es evidente que el aire contenido en el interior, como cuerpo ideo-eléctrico y mal conductor, no se presta con tanta facilidad al paso del rayo como las paredes, que ya por la naturaleza de los materiales de que se componen, ya tambien por su comunicacion con el suelo, son bastante buenos conductores.

Mas de una vez se ha observado que el rayo destruye la hoja de una espada sin destruir su vaina, derrite ó consume las monedas contenidas en el bolsillo quedando este casi intacto, determina mutaciones mas ó menos considerables en el líquido contenido en una vasija de madera sin dañar á esta. Este y otros fenómenos análogos, maravillosos á primera vista y que eran el tormento de los antiguos físicos, viéndose obligados á dar razon de ellos por la teoría de las efervescencias y combinaciones químicas operadas en la atmósfera, no ofrece dificultad especial para los que se hallen medianamente versados en el conocimiento de la electricidad, sus propiedades y fenómenos, bastando tener presente para su explicacion que la hoja de la espada, las monedas y el líquido son mejores conductores de la electricidad que la vaina de cuero, el bolsillo de seda ó pieles y la madera de la vasija.