

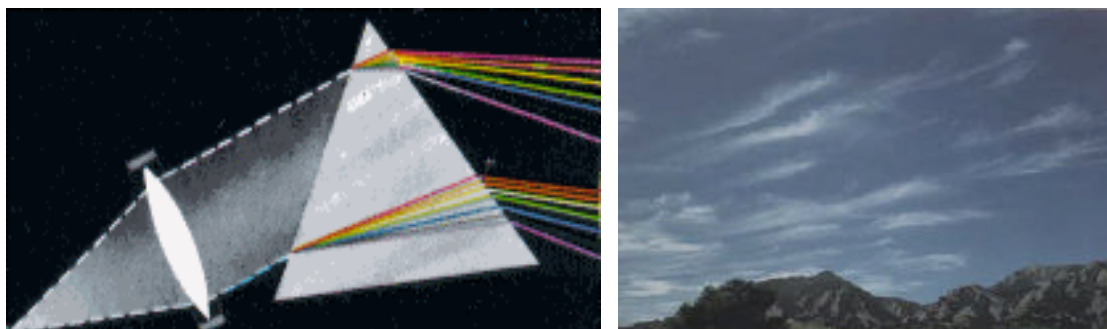
## CAPITULO 10

### METEOROS ELÉCTRICOS Y LUMINOSOS

#### 1. EL COLOR AZUL DEL CIELO

Durante el día el cielo es azul, mientras que de noche es negro. Esta observación trivial nos indica que el cielo no brilla por si solo y que de alguna manera su color está relacionado con la presencia del Sol. En un día sin nubes el cielo envía a nuestros ojos una cantidad de luz de aproximadamente 10% de la que nos llega directamente del Sol. ¿Cómo brilla el cielo de día? Dado que el cielo de noche es oscuro, la luz que vemos llegar de todos lados del cielo de día debe venir originalmente del Sol.

El secreto del **color azul del cielo** esta relacionado con la composición de la luz solar -integrada por los distintos colores del arco iris- y con la humedad de la atmósfera. (El Sol es quien se encarga de procurar al aire su humedad. Con su calor, hace que parte del agua de la superficie terrestre se evapore. En corriente invisible pero incesante, la humedad se dirige hacia el cielo desde los océanos, mares, lagos y ríos; desde el suelo, las plantas y los cuerpos de los animales y del hombre).

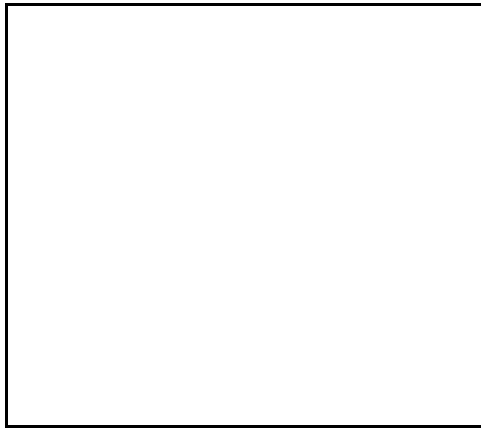


Para explicar el color azul del cielo, imaginemos que dejamos pasar un rayo de sol por un prisma de vidrio. La luz se abre en un abanico de colores (se dispersa) por refracción y como resultado de esta dispersión vemos una gama de colores: violeta, azul, verde, amarillo y rojo. El rayo violeta es el que se ha separado mas de la dirección del rayo blanco y ahí esta precisamente la explicación del color del cielo. La desviación es máxima para los rayos de longitud de onda corta (violeta y azul), y mínima para los de longitud de onda larga (amarillos y rojos), que casi no son desviados. Los rayos violetas y azules, una vez desviados, chocan con otras partículas de aire y nuevamente varían su trayectoria, y así sucesivamente: realizan, pues, una danza en zigzag en el seno del aire antes de alcanzar el suelo terrestre. Cuando, al fin, llegan a nuestros ojos, no parecen venir directamente del Sol, sino que nos llegan de todas las regiones del cielo, como en forma de fina lluvia. De ahí que el cielo nos parezca azul, mientras el Sol aparece de color amarillo, pues los rayos amarillos y rojos son poco desviados y van casi directamente en línea recta desde el Sol hasta nuestros ojos.

El color del cielo, debería ser violeta por ser ésta la longitud de onda más corta, pero no lo es, por dos razones fundamentalmente: porque la luz solar contiene más luz azul que violeta y porque el ojo humano (que en definitiva es el que capta las imágenes -aunque el cerebro las interprete), es más sensible a la luz azul que a la violeta. El color azul del cielo se debe por tanto a la mayor difusión de las ondas cortas. El color del sol es amarillo-rojizo y no blanco, porque si a la luz blanca procedente del Sol -que es suma de todos los colores- se le quita el color azul, se obtiene una luz de color amarillo-roja.

## **2. LA AURORA POLAR:**

Fenómeno luminoso que aparece en la alta atmósfera, en forma de arcos, bandas, cortinas, doseles, etc., generalmente en latitudes altas. Aunque su estudio cae dentro de la astronomía por su origen, es importante citarlo por ser parte de los meteoros luminosos y eléctricos. Son llamadas también boreales las que ocurren en el hemisferio norte y australes las que se observan en el hemisferio sur.



AURORA BOREAL (HN)



AURORA AUSTRAL (HS)

Es un fenómeno de variadas manifestaciones, con sus colores unas veces blancos, amarillentos o verdosos, y otras rojizo, que presentan estas fantásticas cortinas de finísimo tul. Las investigaciones realizadas en el transcurso de los últimos años, parecen confirmar que las auroras polares son producto de la presencia en la alta atmósfera, de partículas electrizadas sobre cuyos movimientos actúa el campo magnético terrestre, el que tiende a dirigir las hacia las regiones polares; de aquí la alta frecuencia del fenómeno en estas zonas.

Las auroras se producen a alturas muy variadas, rara vez se encuentran debajo de los 70 u 80 km y extendiéndose a lo largo de centenares de kilómetros.

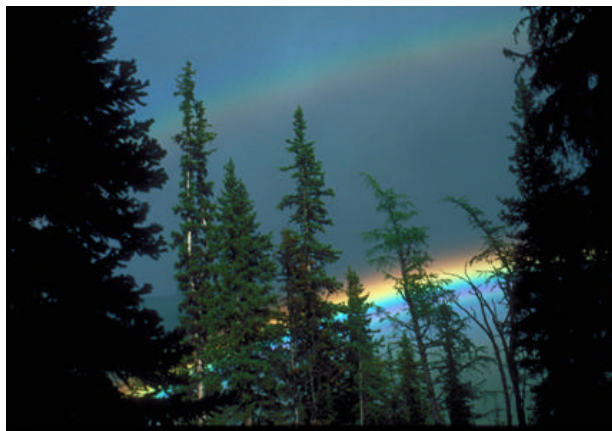
## **3. EL ARCO IRIS:**

Grupos de arcos concéntricos, cuyos valores van desde el violeta rojo, provocado por la separación de la luz solar o lunar, sobre una cortina de gotas de agua (gotas de lluvia, gotitas de llovizna o niebla).

De todos los fenómenos ópticos, el más antiguamente conocido es el arco iris. Este se produce cuando llueve en la parte del cielo opuesta a aquella donde el Sol brilla sin obstáculos de nubes. Esto quiere decir, que en su formación, intervienen fenómenos de reflexión; pero los colores que muestra indican que la luz ha sido descompuesta por refracción, en las gotas de lluvia.

La teoría elemental del arco iris se debe al matemático y físico R. Descartes, quien la dio a conocer en 1637.

El arco iris consiste en dos arcos, uno de ellos más brillante, de color rojo en el exterior y violeta en el interior y otro mayor y más débil, en el que el orden de los colores está invertido.



El centro de estos arcos se encuentra en un punto del espacio llamado antisol, por ser diametralmente opuesto al Sol y, a causa de esto, nunca se puede ver el arco iris completo. Según sea la posición de las gotitas de agua, se puede producir una reflexión total de los rayos luminosos sobre ellas, y bajo determinada forma de incidencia, dos reflexiones también totales a las cuales se debe la inversión de los colores. Con esto se produce la emisión hacia nuestra vista de los denominados "rayos eficaces" de Descartes. Al variar la incidencia, varía también el color. Para que el arco iris pueda ser observado, la altura del Sol sobre el horizonte debe ser inferior a  $51^\circ$ ; si su altura pasa de  $42^\circ$ , el arco iris principal estará completo debajo del horizonte. Para que los colores sean brillantes, las gotas deben ser gruesas (de diámetro superior a 0.5 mm) y así se explica que el fenómeno sea mucho más visible con motivo de los chaparrones de verano.

A veces, por debajo del arco principal y más raramente, por encima del arco secundario, se observan franjas violetas y verdes que se llaman arcos supernumerarios. Las dimensiones de estas franjas dependen del tamaño de las gotas de lluvia. Por el contrario, cuando hay niebla, como ocurre con gran frecuencia en las regiones polares durante el verano, los colores del arco iris aparecen mezclados y éste es casi blanquecino. Esto ocurre cuando las gotitas de agua que forman la niebla, tienen un diámetro inferior a 0.025 mm. Este mismo fenómeno se observa desde las montañas o los aviones, sobre un mar de nubes y se llama arco de niebla.

También se percibe, en algunas ocasiones, un arco iris horizontal en condiciones atmosféricas normales. Contemplando un prado o el césped sobre el cuál se ha depositado el rocío de la mañana, o la fina lluvia artificial lanzada con manguera pulverizadora, se puede llegar a ver una especie de arco tendido sobre la hierba, si los rayos del Sol procedentes detrás del observador, inciden sobre dichas gotas de agua.

La Luna puede evidentemente, dar los mismos arco iris que el Sol; pero la intensidad de su luz puede ser insuficiente para que sean observados y, sobre todo, para que se puedan distinguir los colores. Por estas razones, dichos arcos son siempre blanquecinos y poco perceptibles.

Aunque sea un fenómeno vistoso, desde el punto de vista meteorológico, no tiene interés alguno y no permite hacer deducción o previsión del tiempo, únicamente indica que llueve en la dirección donde se observa.

#### **4. LOS HALOS:**

Son fenómenos ópticos, en forma de anillos, arcos, columnas o focos brillantes, producidos por la refracción o reflexión de la luz en cristales de hielo suspendidos en la atmósfera (nubes cirriformes, niebla congelada, etc.).



Los fenómenos de halo comprenden:

**El halo pequeño.-** es un anillo luminoso de  $22^\circ$  de radio, con el astro en el centro, habitualmente con un borde interno débilmente rojizo y en pocos casos, con un borde violáceo del lado externo. Este es el halo más frecuente.

**El halo grande.-** es un anillo luminoso de  $46^\circ$  de radio, menos brillante y menos común que el halo pequeño.

**La columna luminosa.-** es blanca y semejante a una estela de luz, continua o no; puede observarse verticalmente, por encima o por debajo del Sol o de la Luna.

**Arcos tangentes superior e inferior.-** vista a veces en la parte exterior del halo grande, o del pequeño; estos arcos tocan el halo circular en su punto más alto y en su punto más bajo, respectivamente. Los arcos, con frecuencia, son cortos y pueden reducirse a simples focos brillantes.

**Arcos circuncenitales superior e inferior.-** el arco circuncenital superior es un arco marcadamente curvado, perteneciente a un pequeño círculo horizontal, próximo al cenit; tiene una brillante coloración roja en la parte exterior y violeta en la parte interior. El arco circuncenital inferior es un arco de un círculo horizontal, muy abierto y próximo al horizonte.

**Círculo parhético.-** es un círculo blanco horizontal, situado a la misma altura angular del sol. Pueden observarse focos luminosos (falsos soles), en ciertos puntos del círculo parhético. Estos focos aparecen comúnmente, algo afuera del halo pequeño (parhéticos con frecuencia brillantemente coloreados), ocasionalmente a una distancia azimutal de  $120^\circ$  del Sol (parahéticos), y muy raramente, opuestos al Sol (anthéticos). Los fenómenos correspondientes que se producen por efecto de la Luna, se designan como círculo paraselénico, paraselene, paranteselene y anteselene.

**Imagen del sol.-** aparece verticalmente debajo del Sol, en forma de una mancha blanca brillante, similar a la imagen del Sol en una superficie de agua en reposo. Los halos raros o más difíciles de observar, pasan inadvertidos para el vulgo, aunque los campesinos saben que presagian lluvias y son de mal tiempo. Cuando son poco intensos, los anillos aparecen de color blanquecino, pero generalmente se distinguen los colores del espectro, siendo rojos en el interior y violetas, más o menos pálidos, en el exterior.

La Luna puede presentar este fenómeno, aunque más tenue. Los puntos de intersección se llaman paraselenes, en vez de parhéticos. A la salida y a la puesta del Sol, suelen aparecer las llamadas columnas luminosas o pilares del sol, a veces con ramas laterales en cruz.

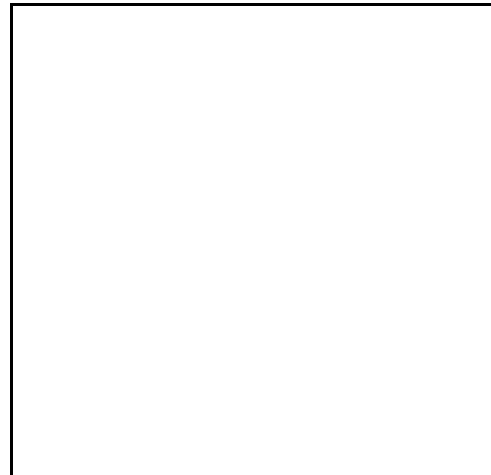
Se explica la formación de los halos por reflexión y refracción de los rayos solares en los cristales de hielo que constituyen las nubes elevadas (cirrus o cirrostratus), y de un modo general, todas las nubes de los países polares, donde estos fenómenos se producen con bastante frecuencia. Como estos cristales pertenecen a la simonía hexagonal y se presentan en prismas o estrellas, se han hecho las hipótesis convenientes para explicar todos estos fenómenos, como resultado de reflexiones o refracciones preferenciales.

Por lo tanto, un halo es el indicio de cristales de hielo y el índice probable de su presencia exclusiva, teniendo en cuenta la inestabilidad de las gotitas en una nube de cristales. Pero no todas las nubes de hielo producen halo; además de la forma y el tamaño de los cristales, se requiere la ausencia de turbulencia, porque los halos exigen una orientación definida de la cara y además, la transparencia de la nube. Un espesamiento local, suprime frecuentemente, una parte del halo nítido; de esto proviene, quizás, la rareza de las "columnas" que corresponden a nubes atravesadas en su máxima dimensión.

## **5. LAS CORONAS:**

Consisten en una o más series (raramente más de tres) de anillos coloreados, de radio relativamente pequeño, centrados alrededor del Sol o de la Luna.

Entre los fenómenos ópticos, los más corrientes son las coronas. Son unos anillos de color que se observan alrededor de la Luna (raramente alrededor del Sol, porque brilla demasiado y de los planetas, porque brillan demasiado poco), cuando se observa una capa de nubes adelante de los astros. Muchos de nosotros hemos visto la Luna medio borrada por un banco de Altocumulus, rodeándose de un anillo teñido de blanco azulado en su interior y de rojo en su exterior.



Se pueden percibir más raramente (exclusivamente alrededor del Sol) dos, tres y cuatro anillos concéntricos, que presentan más o menos claramente, la serie de colores del espectro solar. El diámetro angular de la corona depende de la magnitud de las partículas, siendo tanto mayor cuanto más pequeñas sean éstas.

En el borde de las nubes, es frecuente ver coronas que se apartan de la forma circular, porque en el borde extremo, las partículas se evaporan y se hacen más pequeñas. Si se admite que las partículas de las nubes son gotitas esféricas de la misma dimensión, se puede aproximadamente deducir de la observación de las coronas naturales y artificiales, el diámetro predominante, siendo éste un medio cómodo para la investigación de las nubes.

Las coronas más hermosas, de gran diámetro y brillantes colores, se observan en el Cirrocumulus y en el Cirrostratus, en el seno de los cuales la sobrefusión parece poco probable.

## **6. TORMENTA ELECTRICA:**

Una o más descargas eléctricas repentinas, manifestadas por una luminosidad breve o intensa, rayo (relámpago), y un fragor intenso o sordo, trueno.

## El Rayo

El rayo es uno de los espectáculos más extraordinarios y peligroso de la atmósfera. No es pronosticable y tiene una vida de pocos segundos. Siempre se presenta brillante, resplandeciente, pero casi nunca sigue una línea recta, sino que describe un camino tortuoso para llegar al suelo, como si se trataran de las raíces de un extraño árbol. Pero otras veces se presenta como una lámina de fuego y, en raras ocasiones, como una esfera intensamente iluminada que queda suspendida en el aire. Generalmente, la chispa eléctrica que llega a tierra recibe el nombre de *rayo*, mientras que la chispa que va de una nube a otra nube, o de la parte alta a la parte baja de la misma nube, se llama *relámpago*, aunque en la vida cotidiana los dos son usados como sinónimos del mismo fenómeno. La aparición del rayo es sólo momentánea, seguida a los pocos momentos por un tremendo chasquido y el retumbar del *trueno*.



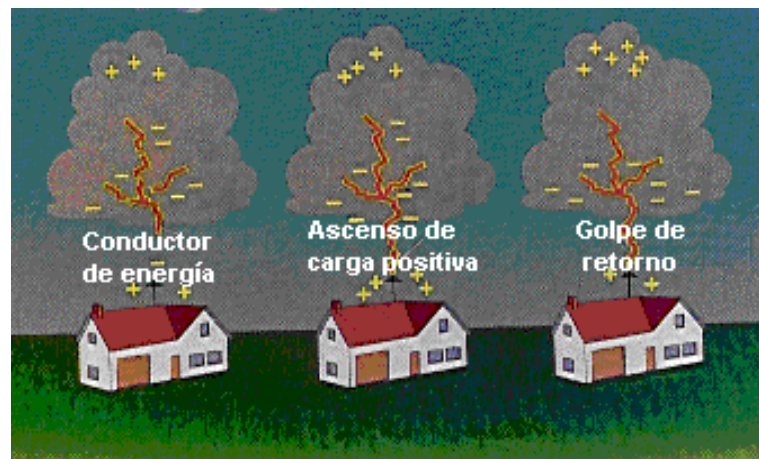
En realidad, el rayo es una enorme chispa o corriente eléctrica que circula entre dos nubes o entre una nube y la tierra. Es un efecto parecido al que observamos, en pequeña escala, cuando desenchufamos un artefacto eléctrico en funcionamiento. La diferencia más importante es que esa pequeña chispa sólo salta a través de una fracción de milímetro y que el rayo natural puede cruzar kilómetros de distancia. El rayo, como es de sobras conocido, se origina en los cumulonimbos o nubes de tormenta.

### **Como se produce el rayo:**

En general, no hay mucho acuerdo entre los científicos acerca de las causas que dan lugar a los rayos. Pero, de todos modos, es un hecho innegable que el rayo representa una descarga o arco entre dos centros de distinta carga eléctrica. Cuando el gradiente de potencial eléctrico entre dos regiones de una nube, o entre una nube y el suelo, excede el valor crítico de unos 10.000 voltios por centímetro (la corriente doméstica moderna posee un voltaje de 220 voltios), se produce una chispa eléctrica de descarga.

Para la comprensión de la electricidad de las tormentas es necesario tener un conocimiento completo del proceso o procesos por los cuales pueden generarse las grandes magnitudes de carga eléctrica que originan los rayos. Existen varias teorías para explicar ese singular fenómeno, pero ninguna ha sido aceptada universalmente.

En principio, se sabe que las partes superiores de las nubes de tormenta poseen carga positiva, mientras que en las partes centrales predominan las negativas. Algunas veces, un pequeño centro cargado positivamente aparece en la lluvia, en la parte inferior de la nube. La región de máxima intensidad de campo eléctrico se halla entre las dos zonas principales de distinta polaridad.



Las teorías que intentan explicar la electrificación de las tormentas pueden dividirse en dos grupos, según que para su tesis requieran la presencia de cristallitos de hielo y precipitación o no. La mayor parte de los meteorólogos opinan que la primera clase de hipótesis es la correcta, puesto que las descargas no se observan, en general, hasta que las nubes no alcanzan un desarrollo bastante notable, con hielo en las capas superiores.

En experimentos de laboratorio se ha demostrado claramente el papel que desempeñan las partículas de hielo en la electrificación de las nubes. Se ha comprobado que cuando se congelan soluciones diluidas de agua, se originan grandes diferencias de potencial eléctrico entre el agua y el hielo. Mientras el hielo adquiere carga eléctrica negativa el agua retiene carga positiva.

Se cree que la formación de los centros de carga en las nubes de tormenta tiene lugar cuando el granizo recoge más agua líquida de la que puede ser congelada al instante. Una vez que se inicia la solidificación, parte del agua que no pasa inmediatamente al estado sólido es arrastrada por la corriente vertical de aire. Las pequeñas gotitas de agua, llevadas hacia arriba, constituyen la porción de carga positiva que corona la nube, mientras que las partículas de hielo más grandes caen hacia alturas menores.

También se ha demostrado que la ruptura de una gota de agua en una fuerte corriente vertical de aire produce una separación de cargas eléctricas. En este proceso las grandes partículas de agua conservan el signo positivo, mientras que el



aire adquiere signo negativo. Esta separación conduce a una polaridad opuesta a la que está asociada con los principales centros de carga de las tormentas, pero explica perfectamente el pequeño núcleo positivo cercano a la base de la nube.

Otros físicos sostienen la idea de que la precipitación, y en particular los cristales de hielo, no es necesaria para la formación de los grandes centros de carga en las tormentas. Y aunque sus teorías difieren en principio, ninguna de ellas requiere la presencia de partículas de hielo. Todas están basadas en la captura de iones, diminutas cargas eléctricas en el aire, por parte de las gotitas de nube.

Las variaciones de estas teorías, llamadas de *captura de iones*, son muchas, y existen evidencias de laboratorio que confirman la efectividad de algunas de ellas. Uno de los más fuertes argumentos de sus defensores es que dicen haber observado relámpagos en pequeñas nubes convectivas en las que no existía hielo. Si esas observaciones pueden ser corroboradas, es evidente que las partículas de hielo no son necesarias y que las teorías de captura de iones se harán más sostenibles.

### Los daños que causa el rayo:

Como no todas las descargas eléctricas tienen la misma potencia, los "caprichos" del rayo son realmente extraordinarios. Si se considera que la *intensidad media* durante cada descarga principal llega hasta 20.000 amperios, no debe extrañar que el rayo sea tan poderoso y atemorice tanto. No obstante, la cantidad real de electricidad transferida desde la nube a tierra es muy pequeña, pues esa enorme corriente circula solamente durante una fracción de segundo. Con todo, es sumamente peligrosa, ya que quema lo que toca y electrocuta a los seres vivos.



El daño que causa el rayo se debe en gran parte al calor que engendra. Los incendios que las chispas eléctricas provocan todos los años calcinan miles de kilómetros cuadrados de bosques, con los consiguientes incendios de casas y haciendas. Muchas veces los árboles y los edificios resultan perjudicados debido a que la onda repentina de calor provoca la vaporización del agua y la acumulación de una presión suficiente para hacer estallar la corteza o saltar los ladrillos. por otro lado, cada año mueren fulminados por el rayo miles de personas.

## **El pararrayos:**

Ya hemos dicho que las nubes de tormenta llegan a cargarse, algunas veces, positivamente en su base. Sin embargo, generalmente son las cargas negativas las que se acumulan en esa zona de la nube. Esa carga negativa de la nube significa que se halla a una tensión negativa (presión eléctrica) con relación a la Tierra, que tiene carga positiva. La presión eléctrica tiende a impulsar las cargas hacia tierra, pero el aire que se interpone normalmente es un mal conductor de la electricidad. De ahí las grandes tensiones necesarias que hemos señalado para que pase una chispa o descarga entre una nube y el suelo.

El paso de la chispa eléctrica es facilitado por la circunstancia de que la tierra que se halla debajo de la nube llega a cargarse con cargas contrarias durante una tormenta. Así, lo hace positivamente si la nube lo está negativamente. Este proceso se denomina *inducción electrostática*.

Las cargas eléctricas negativas se repelen entre sí, de manera que la nube rechaza las de este signo (electrones) existentes en la superficie del suelo, en la zona ubicada debajo de ella misma. El movimiento de electrones puede ser muy escaso, porque la Tierra se compone, en su mayor parte, de material aislante, pero siempre queda una carga positiva inducida sobre el suelo situado bajo la nube de tormenta, de la misma magnitud que la negativa de la nube. Como ambas se atraen, a medida que esta última avanza, descendiendo, también lo hace la zona de carga positiva del suelo, ascendiendo.

El pararrayos corriente es una varilla puntiaguda de metal buen conductor, instalada en la parte más elevada de un edificio y unida por un grueso cable de cobre a una plancha del mismo metal introducida profundamente en la tierra. Los electrones pueden trasladarse fácilmente por el pararrayos, ir desde la carga negativa de la nube que está encima y dejar cargas positivas en la punta del pararrayos, las cuales adquieren tal fuerza y cohesión que ionizan el aire que las rodea. A diferencia de las cargas de la punta, las del aire ionizado pueden ascender hacia la nube, rechazadas por las cargas positivas que quedan detrás del pararrayos y atraídas por las negativas de la nube. Por lo tanto, si el rayo se produce entonces, recorrerá el camino más corto y fácil, que es el que conduce al pararrayos. Y como éste está conectado al suelo, el rayo, al tocar la punta metálica, se descarga a tierra sin causar daños.

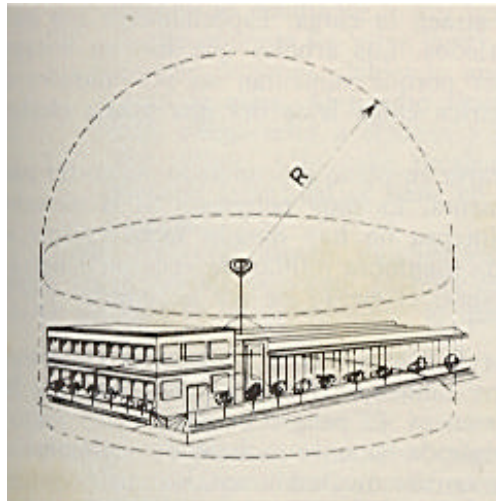
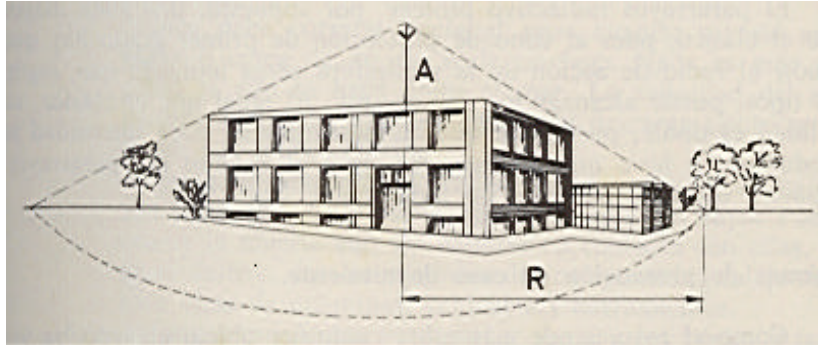
### **Partes principales del pararrayos:**

**La barra:** es cilíndrica de 3 a 5 metros de altura, con una punta o puntas de hierro galvanizado o de cobre.

**El conductor aéreo:** está formado de cable de cobre de más de 8 mm de diámetro o cable de hierro de más de 11 mm de diámetro, aunque también se puede emplear tubos de los mismos materiales. Una condición importante es que no esté aislado del edificio que protege.

**El conductor subterráneo:** consiste en placas de cobre o de hierro galvanizado de un metro cuadrado de superficie por lo menos, hundidas en el agua de un pozo o

mejor en la tierra húmeda y enlazadas al conductor aéreo. Si el terreno es seco, es mejor usar como conductor subterráneo un cable muy largo enterrado alrededor de la casa. Se debe tomar en cuenta que el radio de la base circular (R) es igual a la altura (A) del pararrayos. Ver la siguiente figura.



## **7. NORMAS DE PRECAUCIÓN EN CASO DE TORMENTA:**

Como el rayo tiende a ir sobre cualquier objeto elevado, ya sea un edificio o un árbol, en virtud de que las cargas eléctricas se acumulan en los puntos más altos, la mejor protección la constituyen "los pararrayos", a continuación citamos algunas recomendaciones:

- No refugiarse debajo de un árbol aislado. La humedad y la altura aumentan la intensidad del campo eléctrico y atraen la carga. Los árboles que forman bosques son menos de temer porque aumentan las posibilidades de que la chispa eléctrica caiga lejos.
- En caso de encontrarse en pleno campo, no correr para escapar de la tormenta. Es muy peligroso. Si la tormenta eléctrica es muy intensa no hay

ningún inconveniente en colocarse horizontal sobre la tierra, que reduce al máximo el riesgo de ser alcanzados por el rayo.

- En las casas fuera de la ciudad, cierre puertas y ventanas. No camine sobre suelos húmedos o con calzado mojado.
- Evite permanecer en lo alto de las colinas; busque refugio en lugares bajos, pero no en quebradas o ríos.
- No salga a la puerta ni tenga las ventanas abiertas.
- No manejar herramientas ni objetos metálicos durante la tormenta.
- No tener contacto con el agua, por ejemplo cuando se está en la playa o cerca de un río o un lago. La salinidad del agua permite que toda la intensidad de la descarga eléctrica produzca efectos fatales.
- Alejarse de las verjas metálicas o vallas. Estas podrían causar la muerte aun sin hallarse en contacto con ellas. Por tal motivo, se recomienda alejarse de toda clase de maquinaria, vehículos y herramientas.
- Dentro de la casa, la máxima seguridad se encuentra sobre la cama, principalmente si es de madera.
- Durante la tormenta no utilice artefactos eléctricos; use el teléfono solo en una emergencia.
- En lugares abiertos no use paraguas con punta de metal.
- Los vehículos constituyen un buen refugio; se debe quedar dentro del automóvil.
- Los edificios grandes como escuelas y otros similares, son seguros.-