

LA ELECTRICIDAD ATMOSFERICA Y LOS RAYOS COSMICOS

DARIO ROZO M.

El capítulo IV de la obra de Eliseo Reclus escrita bajo el título de "La Atmósfera", tiene una parte en donde al hablar de las borrascas dice: "Entonces se ve en el cielo, lleno de nubarrones, el grandioso espectáculo de esas chispas deslumbradoras que se extienden en ráfagas de fuego o brotan como tortuosos dardos. Durante un instante, formidable claridad llena los cielos, y en seguida vuelve a cubrirse de tinieblas el espacio y se oye retumbar en la oscuridad la inmensa voz del trueno que en sordos ecos repercute por las nubes y la tierra. En las tempestades violentas, las deflagraciones se suceden a veces con tanta profusión, que los relámpagos inflaman continuamente una u otra parte del horizonte y resuenan a un tiempo en diversos puntos del cielo los estridentes estallidos y los prolongados tableteos del trueno. Al mismo tiempo el agua de las nubes rotas y desgarradas cae con violencia." ... "Cada meteoro difiere en la manera de producirse: algunos son simples fenómenos pasajeros; otros son trombas eléctricas en medio de verdaderos ciclones. En esas terribles tormentas se han visto rayos de 10 y aun de 15 kilómetros de longitud."

Un misionero que viajaba por las selvas amazónicas, el P. Tapie, escribió lo siguiente: era noche cerrada y "durante aquel tiempo no dejaron de oírse los rugidos del trueno, sordos y prolongados a veces, otras, como brusco e impetuoso estampido que atemorizaba a los más valientes. Sucediáanse los relámpagos, rasgando las tinieblas de la noche con inmensas lenguas de fuego. A su fulgor siniestro vimos inclinarse toda la selva, como si estuviera constituida por una sola masa. Diríase que los árboles, conscientes del peligro, se acercaban unos a otros, se unían mezclando sus ramas para formar un todo, e inclinaban sus altas copas como para no atraer sobre sí el rayo. Empero, en los momentos cuando quedaba siniestramente iluminada la selva, se veían caer gigantescos árboles fulminados por la centella; entonces veloces sombras se escapaban y pasaban a nuestro lado en vertiginoso desfile: ¿serían ciervos, pecaris, "guaras" o jaguares fugitivos? Imposible discernirlo." Todos los viajeros, sin dejar sus vestidos, entraron al agua para sujetar la barca que había sido amarrada a la orilla y que contenía los víveres, las armas y los proyectiles; y en esa brega transcurrieron varias horas de angustia, con el continuo temor de que las amarras reventaran y las planchas del batelón se disgregaran bajo la presión del viento y de las olas. "Finalmente una claridad más intensa iluminó el horizonte: no era

un relámpago, ciento tampoco hubieran producido tal efecto luminoso: era como una inmensa capa de fuego que fulgurara en el firmamento y que descendía a torrentes sobre la tierra, mientras sobre nuestras cabezas —dice— rugía la tronamenta pavorosamente, haciendo temblar el suelo bajo nuestros pies. Luégo todo volvió a quedar tranquilo. La tempestad acabó sin transición, tan súbitamente como se había presentado: cedió el viento, apaciguáronse los embates de las olas y brillaron las estrellas en el firmamento como si nada hubiera sucedido."

Fenómenos como los descritos fueron conocidos por todas las generaciones de hombres que se han sucedido sobre la tierra; las más antiguas sólo vieron en ellos la manifestación de los poderes divinos adversos a los hombres; los griegos no sospecharon que la causa que daba al ámbar el poder de atraer las briznas y plumejas, era la misma que producía los rayos; por analogías se quiso conocer la esencia de ellos: se pensó que podía ser algo semejante a la chispa que salta del pedernal y cuando se conocieron las mezclas que producen la pólvora, se supuso que ciertos gases se acumulaban en determinadas regiones del espacio y en determinadas condiciones producían explosión. Pero lo que condujo al conocimiento más acertado fue la experimentación en los gabinetes de física cuando se pudo producir electricidad estática en cantidad suficiente para que pudiera saltar la chispa eléctrica.

La idea de que el rayo era una chispa eléctrica fue esbozada por Wall en el año de 1708, por Hawksbee en 1709 y después, en 1735, habían tratado de este asunto Desaguliers, Duhamiel-Dumonceau y Gray; también Nollet y en 1743, y Winkler en 1746, quienes, cada vez con mayor claridad, señalaban la semejanza entre los fenómenos eléctricos de laboratorio y los atmosféricos.

En 1750 la Academia de Burdeos abrió un concurso sobre el estudio del trueno y del relámpago; obtuvo el premio Barberet, médico de Dijon; poco después el magistrado De Romas presentó a la misma Academia, de la cual fue miembro, una memoria sobre la naturaleza eléctrica del rayo; al mismo tiempo Benjamín Franklin escribía su quinta carta a Collinson, en la que establecía la naturaleza eléctrica del rayo e ideaba el procedimiento experimental para comprobarlo.

Sigue a continuación el período de experimentaciones para comprobar tales ideas. Las cartas de Franklin fueron leídas en la Sociedad Real de Londres y publicadas en 1751, pero en Inglaterra no se

le dio importancia al experimento ideado por Franklin; no pasó lo mismo en Francia en donde Dalibard tradujo algunos de los escritos de Franklin e hizo los primeros experimentos sobre la electricidad atmosférica produciendo chispas con el empleo de conductores metálicos colocados en el tejado de su casa, lo que llevó a cabo en el mes de mayo de 1752. En junio del mismo año realizó Franklin su conocido experimento de la cometa; en marzo del año siguiente De Romas realizó en Francia el mismo experimento de la cometa con más cuidado y con mejor resultado que el sabio americano.

Estos datos han sido tomados de la obra del señor Paul F. Schurmann, "Historia de la Física" y de su libro copio lo siguiente:

"Delibard anunció ante la Academia de Ciencias entusiasmada, que el miércoles 10 de mayo de 1752, entre las dos y las tres de la tarde, por primera vez, la electricidad celestial había sido descargada por la mano del hombre" (esto pasaba en París). "Delor obtuvo el mismo resultado el 18 de mayo y Buffon al día siguiente. Mientras tanto, Franklin se impacientaba, pues esperaba la terminación de la construcción de una alta torre en Filadelfia para realizar el experimento. En junio, imaginó elevar una punta de hierro por medio de una cometa provista de una cuerda de cáñamo que llevaba en su extremo una llave y era aislada con un pañuelo de seda. El experimento estuvo a punto de fracasar, pues era insuficiente la conductibilidad eléctrica de la cometa y del hilo, pero una lluvia muy oportuna vino a aumentar esa conductibilidad y Franklin tuvo entonces la alegría de poder realizar su experimento, ignorando que en aquella fecha, en el viejo mundo, muchos sabios después de Dalibard, Delor y Buffon, lo repetían, e ignorando asimismo que De Romas imaginaba también y casi simultáneamente con él, elevar la punta de hierro por medio de una cometa."

"En junio de 1752, L. Lemonnier descubría que, aun en tiempo sereno, hay electricidad en la atmósfera, de lo cual no convenció sino con mucha dificultad a los sabios."

"En Inglaterra, en Italia, en Holanda, en Alemania, en Rusia, los sabios competían en interesantes observaciones relacionadas con el experimento de Franklin. En agosto de 1753, esos peligrosos experimentos hicieron su primera víctima: el profesor Richmann de San Petesburgo fue fulminado por una chispa recibida en plena frente mientras trataba de medir la intensidad de la electricidad atmosférica en una barra de hierro por medio del electrómetro."

Ahora, sin transcribir nada de los autores mencionados arriba, conviene relatar algunos hechos que den idea de los fenómenos que produce el rayo y de otras manifestaciones eléctricas de carácter muy diferente al de éste.

Arago, quien fue uno de los que metodizó el estudio de los rayos, reduce éstos a cuatro tipos: rayos

o centellas lineales, que son los que de errada manera fueron llamados de zigzag, cuyo aspecto se debe a la velocidad con que se mueve la chispa y que se pueden clasificar también como de chispa; otra clase es la de los difusos que se manifiestan por una extendida iluminación sin la presencia del camino brillante de la chispa; la tercera clase la constituyen los rayos en forma de bola cuyo movimiento no tiene la rapidez de la chispa, y por último los de descarga en rosario, que son raros y de los cuales no se ha dado todavía una teoría satisfactoria en cuanto a la forma con que se manifiestan.

Hay otros fenómenos de electricidad atmosférica propios de regiones diferentes a las ecuatoriales, como efluvios luminosos de los altos roquedos y las auroras boreales.

Los relámpagos de iluminación son frecuentes en las tardes de verano y se notan como resplandores instantáneos entre las nubes lejanas; estos resplandores se producen a cortos intervalos más o menos regulares y por espacio de horas enteras; hay regiones propicias para este fenómeno, como la del Catatumbo en donde se produce casi todas las noches y a intervalos tan regulares que ha recibido de los regionales el nombre de "Faro del Catatumbo". Los rayos de chispa sobrevienen en medio de lluvias torrenciales, aunque no son raros los casos de las centellas en tiempo sereno, llamados rayos en seco. Estando acampados a orillas del mencionado río Catatumbo, se produjo un copiosísimo aguacero con rayos frecuentísimos, uno de ellos apareció como una mancha instantánea e intensamente luminosa en el gris oscuro de la nube; era una mancha casi circular de bordes irregulares que se desflecó disparando rayos en todos sentidos los que a su vez se dividían en otros; este juego de luces de un blanco deslumbrador se produjo en brevísimos instantes.

En la historia de la Academia de Ciencias de París se encuentran relatos muy curiosos: en la noche del 14 al 15 de abril de 1718 hubo en Bretaña la Baja una tremenda tempestad; el señor Deslandes de la Real Academia de Ciencias, salió de Brest para ir a Govesnon a legua y media de distancia, para estudiar los efectos del rayo que había destruido la iglesia de ese lugar; allí se informó que al principio se habían visto tres (3) globos de fuego, como de 3½ pies de diámetro cada uno, los cuales se juntaron y se abalanzaron sobre la iglesia cuyos muros rompieron a la altura de dos pies sobre el suelo sin haber quebrado los vidrios de una ventana que estaba cerca; mató dos de las cuatro personas que estaban tocando las campanas, e hizo saltar hacia arriba el techo de la iglesia; esto último sólo se explica por las extracorrentes de las descargas irruptivas que han sido estudiadas en los laboratorios; a este mismo efecto se debe el fenómeno consignado en la misma historia, del destrozo de una encina rota de abajo hacia arriba.

También se sabe que en 1916, en el pico Aneto de los Pirineos, dos excursionistas que iban con otros, perecieron a causa de una descarga eléctrica; por las huellas que el rayó dejó en sus cadáveres, éste pasó del uno al otro cuando el primero parece que ayudaba al otro a subir una roca. Ninguno de los otros excursionistas sintió en su cuerpo fenómeno alguno eléctrico; notaron sí un ruido especial que provenía de las piedras, semejante en cierto modo al chillar de los grillos; pensaron que podía ser producido por las percusiones del granizo, pero a paco rato ese sonido se transformó en un zumbido como el que producen las líneas telefónicas cuando son muchas y en los parajes donde está tendidas de un poste a otro; vieron también efluvios que salían de los cuchillos y de las puntas metálicas y aun anotan que se produjeron chispas de unos a otros entre los excursionistas.

Hay fenómenos de otra índole producidos por el rayo: en el Tibidabo en Barcelona hubo un rayo que recorrió las barandillas metálicas de las escalinatas en un jardín de terrazas escalonadas y llegó a una cisterna cuya tapa salió proyectada a cinco o seis metros de distancia, habiendo descalzado los apoyos de las barandillas. En Swinton, cerca de Manchester, otro, trasladó sin derrumbarlo un muro que pesaba aproximadamente 26 toneladas; la distancia de transporte fue de varios pies.

La descarga del rayo es oscilante, de modo que puede producirse lo que se llama una descarga de retroceso o contracorriente, cuyo efecto se presenta principalmente en las partes que están en contacto con el suelo, así pues, se han visto casos en que se han fundido los clavos de los zapatos.

Las corrientes de alta tensión pasan por las superficies de los conductores a pequeñas distancias de ellas (skin effect, de los ingleses) cuando tienen crecidísimas frecuencias, como lo demostró Tesla haciendo ver que en tales condiciones eran inofensivas para el organismo humano: de análogo modo acontece con algunos rayos: casos ha habido de personas en quienes habiendo caído un rayo han visto fundidos los adminículos metálicos de sus vestidos, sin el menor desperfecto en su organismo. Se colige de esto que las descargas de los rayos son semejantes a las de los condensadores y que por consiguiente en la atmósfera deben formarse inmensos condensadores con altísimos potenciales. La teoría sobre la formación de estos condensadores ha sido la preocupación de muchos sabios desde el tiempo de los experimentos de Franklin con las nubes tempestuosas.

En 1899 Chauveau decía que el número de teorías sobre la presencia de la electricidad atmosférica era considerable; recordaba que en 1897 en una conferencia dada en la Real Institución de Inglaterra, el Prof. Schuster hizo referencia a que diez años antes el Dr. Suchsland había contado VEINTICINCO; durante el año de 1884 aparecieron CUATRO: en la actualidad —decía— se encontra-

rían más de treinta, contando solamente las emitidas por verdaderos hombres de ciencia, entre ellos sabios ilustres. Chwolson, en su tratado de física del año de 1920, escribe que si a lo anterior se añaden algunas teorías notables propuestas recientemente, existen en el día TREINTA Y CINCO TEORIAS serias.

En la actualidad tomando eclécticamente las ideas que sobre el particular se han emitido, se puede hacer felizmente la siguiente compilación:

Los fenómenos eléctricos naturales que se producen por encima de la superficie de la Tierra, pueden clasificarse en cuatro grupos, según Chwolson, a saber:

1º—Fenómenos con cielo *sereno*.

2º—Fenómenos en ambiente *borrascoso*.

3º—Fenómenos de luminescencia provenientes de algunos cuerpos en la oscuridad, como el *fuego de San Telmo* o el *fuego de Santa Helena*.

4º—Iluminaciones polares.

Yo me atrevería a catalogar una quinta clase:

5º—Efluvios eléctricos procedentes de la Tierra en determinadas regiones.

De los fenómenos en ambiente borrascoso ya se han dado varios ejemplos y se citaron los cuatro tipos en que se han clasificado.

El primer grupo, el que trata de los fenómenos eléctricos con cielo sereno, comprende dos clases: el de las descargas eléctricas que se dirigen hacia la tierra sin que haya nubes tempestuosas como el caso del General Gabriel Reyes Patria que pereció fulminado por un rayo en Casanare cuando el General, en día despejado y bonancible, participaba en las faenas de un rodeo; otra clase de energías eléctricas naturales es la que se manifiesta obrando sobre la dirección y reposo de la aguja magnética; pero por cuanto que esta influencia parece que obedece a corrientes eléctricas telúricas y a otras causas extrañas a la atmósfera como la actividad de las manchas solares, no será tenida esta clase en cuenta en la presente noticia y también porque su estudio forma en la actualidad otra rama de la ciencia que se ha denominado geomagnetismo, cuyas actividades en Colombia están bajo la dirección del Instituto Geográfico que ha instalado un moderno observatorio de esta índole en la isla de El Santuario en la laguna de Fúquene.

También hay otra clase de fenómenos que se producen en cielo sereno y que son de importancia trascendental para la vida animal, la vida vegetal y para la constitución de la materia; de lo que se hablará más adelante con relativa detención.

Del tercer grupo, el que se refiere a los Fuegos de San Telmo y análogos, toda persona tiene conocimiento, aunque no haya tenido la oportunidad de ver en la oscuridad, o en ambiente entreclaro, salir tenues penachos luminosos de las puntas elevadas

como mástiles de barcos o de puntas metálicas como lanzas y que cuando aparecían en las que llevaban las cohortes romanas, eran tenidas como de buen augurio para sus empresas bélicas. El llamado fuego de San Telmo se confunde muchas veces con el Fuego de Santa Helena: el que aparece en los mástiles de los navíos siempre se llama de San Telmo; pero algunos tratadistas dicen que el de San Telmo es el que se presenta en dos o más penachos luminosos y el de Santa Helena en uno sólo. Cuenta el hijo de Cristóbal Colón que en el segundo viaje del Almirante, emprendido en septiembre de 1493, se presentó el fuego de San Telmo en la verga de juanete en siete penachos o siete cirios, como dice él, cuando fue mayor el fragor de la tormenta que circundaba al buque; ese espectáculo hizo que la tripulación elevara fervorosamente preces al Cielo en acción de gracias por considerar que aquel milagro era señal de la protección divina. Este relato está tomado de la Enciclopedia Espasa. Hace varios años, en cierta ocasión cuando viajábamos por las cercanías de Popayán, nos sorprendieron las penumbras del principio de la noche en medio de un torrencial aguacero, acompañado de descargas eléctricas, las que son muy comunes en esa región, y vimos el Fuego de Santa Helena salir de los extremos de las orejas de nuestras cautelosas mulas, que no quisieron moverse a pesar del acicate, mientras no amainó la tempestad.

Del quinto grupo podremos darnos idea leyendo el capítulo IV de la obra intitulada "La Atmósfera", que escribió Eliseo Reclus, del cual entre-sacamos las siguientes noticias: En las angosturas estrechas entre dos montes escabrosos, como los llamados *alfoces*, que miran al mar, son más frecuentes los rayos. Los griegos convirtieron los montes Acroceraunios en la morada de Júpiter, disparador de rayos; en la Sierra Nevada de Santa Marta, en Colombia, se presentan tempestades diarias, con relámpagos que pueden verse abajo cuando se ha subido a los picos altos. Hacia las regiones del norte del Atlántico va disminuyendo la frecuencia de las tormentas; se dice que en Islandia y en Spitzberg nunca se han visto relámpagos, en cambio son frecuentes las auroras boreales. En las regiones de los océanos muy distantes de los continentes, hay muy pocas descargas eléctricas según el decir de los marineros. Son inexplicables ciertos fenómenos como los relámpagos que brotan de cuando en cuando en ciertas grutas de los acantilados en las costas noruegas: entre Bergen y Trondjem, a la orilla del Jorend-Fjord, se eleva una montaña llamada Roca del Prodigio o sea Trolldjold, que tiene una raja lateral de la cual salen a veces y sobre todo cuando va a cambiar el tiempo, columnas de llama o humo; pero la caverna en la cual se elaboran esas misteriosas tormentas es de tan difícil acceso que aún no se ha penetrado en ella. Tampoco —continúa Reclus— se ha tratado de explorar otro laboratorio de tormentas; en uno de los acantilados de la en-

trada del Lyese-Fjord hay una gruta altísima, como a 800 metros de elevación; cuando el viento del Este sopla con violencia sobre el peñón, se ve brotar de la roca negra un resplandor que se ensancha, se estrecha luego para volver a ensancharse, se contrae de nuevo y se pierde en franjas luminosas antes de llegar a la pared opuesta que es la septentrional; el flujo luminoso parece que girara y las expansiones y contracciones obedecen al movimiento de rotación; se oyen detonaciones con creciente fuerza antes de brotar la llama de la roca; violento trueno las acompaña repercutiendo con largos ecos. Estos fenómenos fueron presenciados en 1855 por el ingeniero geógrafo Krefting, quien levantaba el mapa de la comarca. Este fenómeno recuerda las descargas eléctricas en forma de rosario.

Habiendo demostrado Franklin y sus contemporáneos que las nubes se cargaban con electricidad como la que se podía guardar en las botellas de Leyden y sabiendo que para que salte la chispa eléctrica entre dos cuerpos cargados con ella es menester que exista entre ambos una diferencia de potencial, los hombres de ciencia se dieron a la tarea de estudiar esas diferencias de potencial en la atmósfera. El potencial es el trabajo que un ente mecánico es capaz de producir, es pues el trabajo en potencia, pero ese trabajo depende del potencial inferior a que se llegue; una de las manifestaciones del potencial eléctrico se puede concebir como la tendencia a escaparse la electricidad del lugar en donde está acumulada: a mayor tendencia, mayor potencial. Cuando la chispa eléctrica salta entre dos superficies va de la de potencial mayor a la de potencial menor; entonces la de mayor potencial se dice que tiene potencial positivo. En un condensador eléctrico una de las placas está cargada con electricidad positiva y la otra con electricidad negativa, entre las dos debe mediar un dieléctrico y en ese dieléctrico queda establecido un campo eléctrico, es decir un espacio que tiene la propiedad de hacer mover los corpúsculos sueltos que lleven cargas eléctricas, los de carga negativa hacia la placa positiva y los de carga positiva hacia la otra; estos corpúsculos cuando están reducidos a moléculas o átomos y llevan cargas elementales eléctricas tienen el nombre de *iones*; hay iones positivos y iones negativos; los iones negativos se producen espontáneamente por la acción física de fenómenos como el calor, la luz, la luz ultravioleta, las emanaciones de los cuerpos radioactivos, etc. Una carga elemental negativa puede subsistir sin corpúsculo material que la soporte y en tal caso recibe el nombre de *electrón*.

Los investigadores que estudiaron los potenciales de la atmósfera se valieron para ello de un sencillísimo instrumento que todos hemos conocido en los gabinetes de física escolares: el *electroscopio*; por medio de él se puede conocer la electricidad que posee un cuerpo. El electroscopio debidamente modificado constituye el *electrómetro*, y con este apa-

rato se puede conocer el potencial eléctrico que hay en un lugar determinado.

El empleo esmerado del electrómetro hizo conocer que el potencial eléctrico en un punto de la atmósfera aumentaba con la altura del punto sobre la superficie del suelo; se notó también que los puntos de potencial igual formaban superficies que en las llanuras y partes planas eran paralelas; estas superficies equipotenciales se aproximan unas a otras cuando quedan sobre las eminencias del terreno. En consecuencia la atmósfera puede considerarse como un campo eléctrico análogo al que se produce entre las dos placas de un condensador.

Sabido es que las superficies equipotenciales caracterizan un campo de fuerzas, pues éstas son normales, o sea perpendiculares, a dichas superficies y su intensidad es tanto mayor cuanto menor sea la distancia entre dichas superficies. Ahora bien, como sobre las eminencias las superficies equipotenciales se aproximan, esto explica por qué los rayos caen con más frecuencia sobre los cerros, sobre las torres, sobre los árboles y todas aquellas prominencias que estén en comunicación con el terreno.

De la disposición de las equipotenciales se puede deducir que la atmósfera forma parte de un condensador esférico: la carga negativa está sobre la superficie de la tierra y la positiva en las altas regiones; la capa alta conductora ha sido constatada por la radiotransmisión y se le ha dado el nombre de "ionosfera". Según la radiotécnica, esta capa es la que refleja las ondas hertzianas y por consiguiente hace posible la radiotransmisión en contorno del globo.

En lugares bajo cielo sereno la posición relativa de las superficies equipotenciales permanece constante, pero no sucede lo mismo cuando hay presencia de nubes, cuando soplan los vientos, cuando se produce la evaporación o hay cambios de temperatura. Los vientos tienen marcada influencia según su intensidad y su dirección horizontal o inclinada; hay veces que el signo del potencial cambia. El Prof. Denza hizo observaciones durante 12 años a razón de seis por día y de 15.170 solamente 655 acusaron carga negativa.

La variación de potencial entre dos superficies equipotenciales por cada metro de distancia vertical se llama gradiente; la gradiente con cielo despejado se ha visto que puede variar entre 50 y 800 voltios. Rara vez se han observado gradientes de 1.000 voltios. Estas variaciones locales explican los rayos en seco y los efluvios eléctricos de algunas rocas.

Los altos potenciales que adquirieren las nubes tempestuosas se pueden explicar por el hecho observado de que el vapor de agua al rozar con el aire se carga positivamente, entonces cada pequeñísimo glóbulo de vapor adquiere cierta tensión que depende de su superficie; cuando se forman las gotas de lluvia una infinidad de esos globulillos se juntan para formar la gota, pero la superficie total de ésta

es menor que la suma de las superficies de los globulillos componentes, por consiguiente la tensión eléctrica aumenta; se demuestra que esa tensión es tantas veces mayor como la raíz cúbica del número de globulillos; así, por ejemplo, si mil globulillos forman una gota, la tensión en ésta será diez veces mayor que la tensión en uno de los glóbulos componentes, y ya vimos que la tensión es la tendencia a saltar la chispa. A esta causa se puede agregar la variación de potencial que causan los vientos y la electrización por influencia debida al condensador atmosférico de que ya se ha hablado.

En la actualidad el campo eléctrico atmosférico debe sufrir modificaciones notables y especiales debido a las innumerables radiodifusoras que hay en actividad permanente sobre toda la superficie del globo, esto sin contar los telégrafos, la televisión y todas las grandes instalaciones de producción de electricidad; pues todos sabemos que las corrientes alternas engendran ondas hertzianas, que éstas se difunden alrededor del globo y que al encontrar cuerpos conductores producen corrientes eléctricas, lo cual tiene que causar disturbios regionales en los potenciales de la atmósfera. Quizá se demuestre algún día que condiciones de esta naturaleza sean las que determinen una aún no conocida forma de descarga de los rayos en bola y los rayos en rosario y que los platillos voladores se puedan explicar por fenómenos de esta clase; se ha dicho que algún profesor de física ha logrado producir en el laboratorio fenómenos semejantes al de los platillos, pero no se conocen los detalles y condiciones en que se verifiquen, aunque desde hace muchos años se ha producido el fenómeno de Righi que consiste en intercalar una resistencia muy grande constituida por una columna de agua en el circuito de descarga de una botella de Leyden y en producir la descarga en un ambiente de aire un poco rarificado entre dos electrodos redondos, entonces la descarga aparece en forma de una esferita luminosa que se mueve lentamente.

Ahora viene el relato de un hecho importante: los investigadores notaron que los electros copios por muy aislados que estuviesen, perdían gradualmente su carga; esto no podía explicarse sino porque la atmósfera acarrea electricidad, pero la atmósfera sólo tiene esa propiedad cuando lleva iones en su seno. Pero de dónde provenían esos iones? La fuente más activa de iones es la emanación de los cuerpos radioactivos y entonces se supuso que la tierra debía tener en su constitución cuerpos radiactivos porque la luz del sol poca influencia manifestaba en la aceleración de la descarga de los electros copios; esto fue lo que supusieron los físicos Elster y Geitler quienes en Alemania descubrieron en 1889 la presencia de los iones en la atmósfera y como independientemente lo había hecho Charles Thomson Rees Wilson en Inglaterra; por ese tiempo J. J. Thomson había demostrado que los iones eran los agentes de la conductibilidad eléctrica de los gases. Los iones

al viajar en la atmósfera deben atraer las cargas positivas de los corpúsculos que caigan bajo su acción o los iones positivos; como cerca a la superficie de la tierra se acusó la presencia de iones negativos y si éstos procedían de sales o metales radioactivos diseminados en los terrenos, debía acontecer que a medida que se alejara de la superficie terrestre, los iones fueran más escasos y se procedió a hacer esta clase de investigaciones. Gockel se elevó en un globo a 4.500 metros y comprobó que el electroscope conservaba su mismo comportamiento; en 1911 el físico vienés Víctor Hess subió a 7.800 metros y descubrió que la ionización en vez de disminuir aumentaba con la altura.

En esa época se conocían los rayos X, los rayos alfa, los beta y los gamma; estos últimos eran los más penetrantes, pero no eran tan poderosos como para vencer un espesor de 7.800 metros de aire; al principio esos rayos fueron llamados *ultrapenetrantes*, pero al comprender que debían proceder de las partes superiores de la atmósfera se les llamó *radiaciones de altura*, denominación propuesta por Hess y Kohlhöster. Hess obtuvo el Premio Nobel en 1936.

A la altura mencionada se encontró que la ionización de la atmósfera era de 15 a 20% más activa que al nivel del suelo o sobre las superficies marinas en donde siempre se encuentran pequeños elementos radioactivos. A los 18.000 metros que alcanzó la National Geographic Society en 1935, por medio de un globo provisto de instrumentos auto-inscriptores, la conductividad de la atmósfera es aproximadamente 100 veces mayor que la medida al nivel del mar.

En 1922 Millikan y Bowen realizaron en Kelly Field de San Antonio Texas, el primer transporte a la estratosfera, 15.500 metros a lo alto, de electros copios de registro automático, barómetros y termómetros llevados en globos sondas; el conjunto pesaba 210 gramos y se mantuvo en el aire durante tres horas y veinte minutos. El objeto de este experimento era el de dilucidar si los agentes de la ionización de la parte alta de la atmósfera provenían de regiones más remotas de la misma atmósfera o si procedían de regiones exteriores a la atmósfera. Se hicieron también cuidadosos estudios sobre la penetración de esos rayos de modo que pudieron comprobar que tales radiaciones eran diferentes de las que hasta entonces se conocían y a fines de 1925 Millikan redactó el primer artículo donde se dio a dichos rayos el nombre de "rayos cósmicos", pues todo condujo a deducir que provenían de las regiones exteriores a la atmósfera terrestre.

Uno de los enigmas actuales de la física consiste en comprobar esta hipótesis o en establecer la génesis de tales rayos.

Las investigaciones continúan en la actualidad: se ha empleado la cámara de Wilson para hacer visibles las trayectorias y la descomposición de los

rayos cósmicos o de lo que ellos producen. Esa ingeniosa cámara, en esencia, consiste en un recipiente lleno de un gas enrarecido y húmedo; cuando en él penetra un corpúsculo subatómico la humedad se condensa en su contorno y queda señalando la estela que el corpúsculo trazó, cuya forma depende de los campos magnéticos y eléctricos a que se someta, y puede ser fotografiada en una placa sensible; ciertos dispositivos con láminas de plomo permiten conocer la energía que lleva la partícula fotografiada y también sus componentes y los efectos que produce.

Lo curioso es que tales fotografías han ido mostrando los elementos que forman el átomo, o sea neutrones, positones, protones, mesones y combinaciones de éstos.

Entonces se pensó que la causa de la ionización podía ser esta clase de corpúsculos que parecía eran el producto de la descomposición de átomos de cuerpos conocidos como el hidrógeno, el helio u otros, al moverse rápidamente en el aire después de haber sido provocada por los rayos cósmicos propiamente dichos.

Empero, los modernos estudios de la física matemática han establecido dos cosas de mucha trascendencia, a saber: *la interconversión de masa y energía*, y *la permutabilidad entre ondas y corpúsculos*. Estos principios hacen pensar que los proyectiles captados como producto de la desintegración causada por los rayos cósmicos, sean los mismos rayos cósmicos y que la poderosa energía de penetración que poseen, se deba a la conversión de su masa en energía. En este sentido podemos decir que los rayos cósmicos que se han encontrado son los que catalogó como PARTICULAS FUNDAMENTALES el Congreso Internacional de Radiación Cósmica reunido en julio pasado en Bagnères-de-Bigorre, en el sur de Francia, organizado por la Universidad de Tolosa bajo los auspicios de la Unión Internacional para Física Pura y Aplicada y con la asistencia de la UNESCO. Este congreso convino en asignar a dichas partículas una nomenclatura y signos especiales, que podremos englobar brevemente así: mesones-L, mesones-K e Hyperones, nombres que abarcan las partículas que tienen mayor masa: de la categoría L hay 3 clases; de la K hay 8 clases; los hyperones son 2; cada una de estas partículas tiene su símbolo especial. Además, hay que contar los protones, los neutrones, el neutrino, el electrón y los nombres que convienen a los procesos de tramitación como los eventos-V y los eventos-S.

Los experimentos fotográficos de que se ha hecho mención indican que los rayos cósmicos se descomponen y en cierto modo se extinguen mediante un determinado proceso propio de los componentes del rayo. Por ejemplo el mesón pi-neutro se descompone en 2 rayos gamma y una energía de 133 MeV, o bien en un rayo gamma, un electrón positivo y un electrón negativo.

Estas transformaciones se escriben así:

$$\pi^0 \rightarrow 2\gamma \quad (Q, \text{aprox. } 133 \text{ MeV})$$

o bien $\pi^0 \rightarrow \gamma + e^+ + e^-$ (muy raro)

Estas expresiones se llaman esquemas de decaimiento (Decay Scheme) o esquemas de descomposición o simplemente *descomposición*.

Hyperones = Ω^0 — partícula

$$\Omega^0 \rightarrow p^+ + \pi^- \quad (Q, 37 \pm 3 \text{ MeV})$$

p = protón, su masa es 1836, masa-electrón = 1 (uno)

En resumen tenemos, pues, que en la atmósfera hay un campo eléctrico dirigido de arriba hacia abajo; que los potenciales de ese campo varían constantemente por muchas causas, una de las principales es el viento y la evaporación; que las nubes adquieren grandes potenciales causa de los rayos; que la atmósfera está surcada de iones que descargan lentamente la electricidad de los cuerpos; que en la estratosfera hay una capa de iones positivos llamada ionosfera; que de las regiones exteriores de la atmósfera viene una infinidad de rayos ultrapenetrantes denominados rayos cósmicos. Hay también un continuo fluir de electricidad negativa hacia las regiones superiores lo que ha dado lugar a una infinidad de teorías para explicar la recuperación de esa electricidad en las capas inferiores de la atmósfera. Y hasta ahora no se ha hablado aquí de la acción eléctrica del sol sobre la tierra; el Prof. Nodon de París hace años emprendió un delicado estudio sobre este punto, habiendo ideado al efecto electroscopios y electrómetros adecuados; en 1910 hizo la primera publicación sobre sus observaciones.

Pero de todos estos fenómenos el de mayor importancia para el género humano, es la presencia de los rayos cósmicos, es decir el que se produce bajo el cielo sereno; al respecto es pertinente tener en cuenta lo que escribió el eminente físico Juan Thibaud, director del Instituto de Física Atómica de Francia, quien hace notar que si los rayos cósmicos son capaces de desintegrar las moléculas de los cuerpos estables, serán también poderosos para modificar sustancialmente los átomos y las células de nuestro cuerpo, lo que debe producir consecuencias trascendentales para nuestro metabolismo y pregunta: “¿Quién sabe si el desequilibrio intelectual, la apatía o el genio, no están condicionados por el choque ocurrido un buen día entre un rayo cósmico y una de estas células cerebrales delicadas y sensibles?”

“Semejantes especulaciones no tienen un carácter tan quimérico como podría creerse: gracias a ellas ha podido el doctor H. Thomas imprimir una nueva dirección al problema, tan interesante, del origen de las especies.”

“El se niega a considerar como espontáneos estos bruscos cambios observados, sin ninguna duda, tanto en los insectos como en las plantas, y cono-

cidos con el nombre de mutaciones: según él, habría que buscar el origen de eso en el mismo medio en donde están.” “Se ha observado, hace poco, que el tratamiento por las radiaciones de onda corta, así como por los electrones rápidos, es capaz de producir mutaciones definidas.” “Puede pensarse entonces que la acción sobre el núcleo de una célula viva, producida por los corpúsculos constitutivos de una radiación cósmica y por las radiaciones secundarias concomitantes, puede ser análoga. Si un gene recibe el choque de uno de esos corpúsculos cósmicos, sufrirá modificaciones de estructura que acarrearán una mutación.”

“Como la intensidad de la radiación cósmica aumenta rápidamente con la altura, es interesante comparar la riqueza de especies, en el caso de la flora, entre las regiones montañosas elevadas y las llanuras bajas de las mismas latitudes. Según H. Thomas, las floras de las regiones altas particularmente ricas en variedades de una misma especie, constituirían apoyo para esta teoría.”

De los impactos de estos rayos cósmicos no escaparían sino muy pocos seres vivientes de los que habitan nuestro globo terrestre, pues se ha constatado la presencia de tales rayos aun debajo del agua a profundidades de 230 metros y más; los rayos gamma más penetrantes sólo pueden pasar 2 metros de agua.

En una revista científica de los Estados Unidos (Scientific American), del mes de enero del presente año de 1954, se lee lo siguiente:

Una nueva variedad de avena que es resistente a la enfermedad del tizón ha sido creada en el reactor nuclear en Brookhaven National Laboratory. El señor Calvin F. Konzak, biólogo de Brookhaven, ha inducido mutaciones en varios centenares de semillas de avena Mohawk exponiéndolas a los neutrones térmicos de la pila. Algunas de esas semillas produjeron plantas que no pudieron ser infectadas con la variedad de tizón al cual la avena de esta clase (Mohawk) es susceptible. La tercera generación de esas plantas cultivadas en invernadero, parece que no han disminuido en resistencia. Las semillas, sin embargo, aún no ha sido posible obtenerlas en cantidades comerciales. Actualmente en los mencionados laboratorios se está desarrollando un programa de acuerdo con el Departamento de Agricultura, para producir mutaciones benéficas en otras plantas.

En la entrega del mes de agosto que acaba de pasar, de la revista “Nucleonics”, se publican las fotografías de papas sometidas a los rayos gamma producidos por cobalto radioactivo artificialmente, que se han conservado intactas hasta 18 meses en lugares donde las muestras acompañantes presentan los bretones de la germinación; también hay muestras de las distintas formas de bretones según los roentgens a que han sido sometidos.

En 1931 Millikan presentó unas curiosas fotografías, obtenidas por Anderson en la cámara de

Wilson, que mostraban la desintegración de los átomos por la acción de los rayos cósmicos. Más tarde se demostró que en esas desintegraciones se producen electrones positivos y negativos. Esto ha dado nacimiento a otra teoría sobre las auroras boreales, pues es natural que esos corpúsculos sean atraídos por los polos magnéticos de la tierra, y hasta se han estudiado las trayectorias que deben describir, muchas de ellas deben ser helicospirales de aproximación y alejamiento de los polos magnéticos. Otros piensan que las auroras boreales se producen por fenómenos análogos a los de las descargas eléctricas en los tubos al vacío. Para nosotros los habitantes de la zona tórrida, en cuyo cielo no alcanza a proyectarse la luz de las auroras polares, es de interés escuchar una descripción de ellas, como la que hace Reclus: las primeras claridades, dudosas aún, aparecen en el horizonte del lado del polo, como un indeciso albor. Se ve un estrato de vapores y pronto aparece sobre él una curva luminosa como un inmenso arco extendido de uno a otro extremo de la tierra. La claridad de un blanco amarillento, se hace cada vez más resplandeciente pero sin extinguir los luminares de la estrellas que alcanzan a rutilar a través del velo luminoso, que fulgura, ondula y se mueve como la llama sacudida por el viento; repátese a veces en masas simétricas; en ocasiones un segundo arco luminoso, o dos más, se redondean encima del primero, y ráfagas concéntricas de fuego brillan en lo más alto del firmamento. Por algún tiempo sólo esos arcos iluminan el espacio, pero súbitamente brotan de ellos hacia el cenit rayos de colores en haces convergentes; en la base son verdes, en el centro amarillos de oro, y en lo alto rojos purpúreos. Rayos negros o de color morado oscuro alternan con las fajas de luz que con el contraste parecen más deslumbradoras. Cuando la aurora

despliega sobre el cielo sus caudales de diversos colores, toman éstos tan diversas y mudables formas que suspenden el ánimo: ya las dos bases del arco no descansan sobre el horizonte y la masa luminosa ondula y se repliega sobre sí misma como un inmenso cortinaje; ya los haces de rayos, detenidos bruscamente en el cielo, parece que forman una cúpula de oro; a veces se separan unos de otros como entre columnas de humo, y sucesivamente se extinguen y se encienden las claridades de la aurora. Los rayos que los canadienses llaman *merry dancers* (alegres bailarines), varían sin cesar de longitud y resplandor. El suelo, generalmente cubierto de nieve, interviene también en el espectáculo recibiendo y reflejando los distintos matices de luz. Y al cabo de algún tiempo el brillo de los arcos va disminuyendo; se les ve palpar como la llama cuando se va agotando el combustible, acaban por extinguirse y sólo quedan de trecho en trecho extensiones aurales que emiten escasa claridad, como lejanos relámpagos; después se ve una vaga fosforescencia en los cirros blanquecinos y la aurora magnética se extingue cuando la que produce el sol comienza a iluminar el horizonte.

Los juegos de luz de las auroras polares se producen a enormes alturas, entre 700 y 800 kilómetros sobre el suelo y se ha calculado que los trazos de fuego suelen tener unos 650 kilómetros de longitud. El antiguo cronista Idacio, que escribió "Galicia y el Reino de los Suevos" da la noticia de que en el año 452 de nuestra era, se vio en Galicia una aurora boreal; la latitud media de Galicia es de 42° y esto indica que la altura de los resplandores de esa aurora debió pasar de los 3.000 kilómetros.

Y con estas frases doy por terminada esta disertación, manifestando mi agradecimiento por la atención que se me ha dispensado.