

# LA RADIOACTIVIDAD DEL AIRE A NIVEL DEL SUELO EN BOGOTÁ<sup>1</sup>

JESUS EMILIO RAMIREZ, S. J.

Rector Magnífico de la Universidad Pontificia Javeriana, Director del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos y Presidente de la Academia.

Entre los programas de medidas de la radiactividad en el mundo durante el Año Geofísico Internacional (Julio 1º de 1957 - Diciembre 31 de 1958), se contaba el de medidas de la radiactividad del aire atmosférico a nivel del suelo en escala mundial.

El Naval Research Laboratory de Washington, estableció como parte de este programa una serie de 21 estaciones uniformemente equipadas a lo largo del meridiano 80 en las Américas desde Groenlandia hasta Punta Arenas. El Comité Nacional de Colombia para el Año Geofísico Internacional colaboró activamente en el funcionamiento de la Estación de Bogotá, para beneficio de la salud y para progreso de la ciencia en general.

El presente estudio explica el programa de las medidas de la radiactividad del aire a nivel del suelo en las

Américas, resume algunas nociones sobre la radiactividad atmosférica, sus causas, importancia y peligros, presenta los datos obtenidos en Bogotá, los compara con los publicados por el Naval Research Laboratory de Washington para las estaciones de toda la América y los relaciona con los ensayos atómicos de las tres grandes potencias para el mismo período.

## *El Programa en las Américas*

Escalonados a trechos más o menos iguales y situados a uno y otro lado del meridiano 80°W han funcionado desde 1956 hasta el día de hoy las siguientes estaciones de medidas de la radiactividad de la atmósfera a nivel del suelo en las Américas.

## ESTACIONES DE LA RADIOACTIVIDAD ATMOSFERICA EN LAS AMERICAS

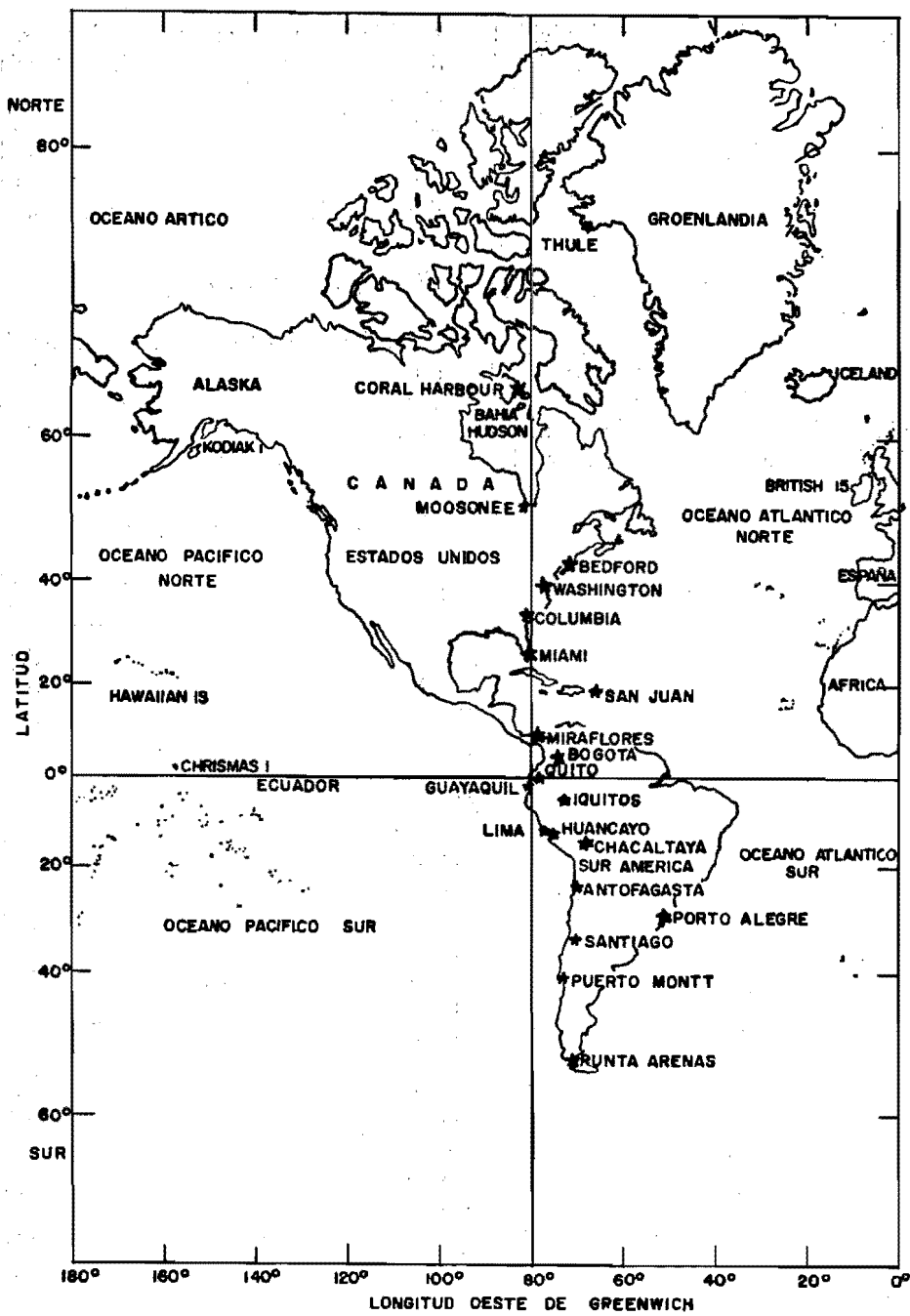
Nº	ESTACION	LONGITUD	LATITUD	FECHA INICIAL DE FUNCIONAMIENTO
1	Thule, Groenlandia	76° 30' N	68° W	Septiembre 1957*
2	Coral Harbour, Canadá	66° N	84° W	Septiembre 1957*
3	Moosonee, Canadá	51° 30' N	81° W	Septiembre 1957*
4	Bedford, EE. UU.	42° 20' N	71° 30' W	Octubre 1957*
5	Washington, EE. UU.	38° 50' N	76° 57' W	
6	Columbia, EE. UU.	34° N	81° W	
7	Miami, EE. UU.	25° 40' N	80° 20' W	Junio 1957
8	San Juan, Puerto Rico	18° 40' N	66° W	Junio 1957
9	Miraflores, Zona del Canal	9° N	79° 30' W	Junio 1956
10	Bogotá, Colombia	4° 37' N	74° 04' W	Julio 1957
11	Quito, Ecuador	15° S	78° 30' W	Marzo 1957
12	Guayaquil, Ecuador	2° 15' S	80° W	Mayo 1956
13	Iquitos, Perú	3° 40' S	73° 20' W	Septiembre 1957*
14	Lima, Perú	12° S	77° W	Octubre 1956
15	Huancayo, Perú	12° S	75° W	Septiembre 1957*
16	Chacaltaya, Bolivia	17° S	68° W	Septiembre 1957*
17	Antofagasta, Chile	23° 40' S	70° 30' W	Septiembre 1957*
18	Porto Alegre, Brasil	30° S	51° W	* * *
19	Santiago, Chile	33° 30' S	70° 40' W	Noviembre 1956
20	Puerto Montt, Chile	41° 40' S	73° W	* * *
21	Punta Arenas, Chile	53° S	71° W	Mayo 1957

\* Fecha aproximada de comienzo.

Cada una de estas estaciones fue equipada con un filtrador de aire consistente en una bomba de succión de aire accionada por un motor eléctrico de velocidad constante. El aire pasa a razón de un metro cúbico por minuto a través de un filtro de 20 centímetros de diámetro, hecho de material celuloso y asbesto tipo 6 del Army Medical Corps de Estados Unidos. El filtro va sostenido dentro de una rejilla o cedazo y todo el equipo va cubierto por una casilla meteorológica para protegerlo contra las lluvias directas.

Los filtros se cambian diariamente a las 7 a. m. y se envían a Washington para los análisis de los productos radiactivos de larga duración, como el estroncio 90, el cesio-137, etc. Allí se calcinan en un horno eléctrico a una temperatura de 650° C., se comprimen en una prensa hidráulica y se montan en discos plásticos, para medir las radiaciones de los rayos Beta y compararlos con isótopos calibrados por la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos.

<sup>1</sup> Colaboración del Comité Nacional de Colombia para el Año Geofísico Internacional y del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi".



Estaciones de Radiactividad Atmosférica a lo largo del Meridiano 80°

Figura 1

Los promedios de centelleos se convierten en promedios de desintegración calculando la energía media de rayos Beta de 1 MeV, para productos de fisión y reducidos al nivel del mar.

Por estar la estación de Bogotá a una altura de 2.640 metros sobre el nivel del mar, lo cual implica una menor cantidad de aire por metro cúbico, se aplicó un factor de 1.30 para corregir las desintegraciones por minuto por metro cúbico de aire. Factores proporcionales a la altura se aplicaron a otras estaciones suramericanas.

La estación en Bogotá y única en Colombia, está situada en la azotea del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, (Colegio de San Bartolomé, La Merced, Cra. 5ª, N° 34-00), a 25 metros sobre el nivel de la calle. Su inauguración tuvo lugar el día 23 de Julio de 1957 y desde entonces ha trabajado ininterrumpidamente hasta el presente. Las coordenadas geográficas son: Lat. 4° 37' N. y Long. 74° 04' W.

El análisis radioquímico del material obtenido de las estaciones, realizado por un mismo equipo, instrumental y personal del U. S. Naval Research Laboratory de Washington, ha suministrado ya una notable información sobre los principales constitutivos radiactivos del aire atmosférico normal y se han podido seguir los cambios a largo plazo que han ocurrido en la concentración de los productos de fisión y fusión en el aire, en distintos sitios del Hemisferio Occidental.

#### *El Polvo Letal y sus causas*

La radiactividad del aire atmosférico se debe a tres causas distintas:

1º)—A un número de sustancias normales radiactivas constitutivas del aire como son pequeñas partículas de uranio y radón y a compuestos de torio y potasio que siempre están presentes en el aire a modo de polvo, cuyas cantidades varían con la geografía y la estación del año. Esta radiactividad siempre ha existido en el mundo.

2º)—A materiales radiactivos producidos en el aire por la actividad de los rayos cósmicos. Son éstos ciertas sustancias exóticas como el tritio ( $H^3$ ), el carbón-14 y el berilio-7. Gran número de radioisótopos se forman por la reacción mutua de los neutrones producidos por los rayos cósmicos con cualquiera de los elementos de la corteza terrestre. Estas partículas radiactivas tampoco son cosa nueva en el mundo y contribuyen en general muy poco a la radiactividad general.

3º)—A partículas radiactivas introducidas por el hombre en el campo de la física nuclear.

Estas empezaron con la primera bomba atómica estallada en Alamo Gordo, New México, EE. UU. el 16 de Julio de 1945; a la que siguió la de Hiroshima, Japón, el 6 de Agosto de 1945 y la de Nagasaki, Japón, tres días más tarde.

Cuando estalla una bomba de fisión de Uranio-235, o Plutonio, una décima parte del uno por ciento de la masa se convierte en energía y desechos radiactivos en gran variedad de tamaños se elevan con la bola de fuego a grandes alturas para bajar lentamente en forma de lluvia invisible. Mucho más radiactivo que esta es la bomba de fusión v. g. de Hidrógeno en la que la reacción de fusión mutua del deuterio y del tritio o del tritio solo, hace que siete décimas del uno por ciento de la

masa se conviertan en energía. En las bombas de fusión no hay límite a la cantidad de materia fusionable que puede hacer parte de la bomba mientras la temperatura se mantenga alta dentro del material que explota. La bomba atómica de Plutonio lanzada en Hiroshima dio una energía equivalente a 20.000 toneladas de TNT o sea de 20 kilotones. Una de las bombas de fusión probadas por Estados Unidos en la Isla de Eniwetok, en el Océano Pacífico, (la primera fue ensayada en 1951), desprendió una energía equivalente a una explosión de 14 a 17 millones de TNT o sea de 14.000 a 17.000 kilotones. Un atolón de Eniwetok desapareció vaporizado como por ensalmo.

Los rusos dicen tener una bomba de hidrógeno equivalente a 50 millones de TNT o a 50.000 kilotones.

Pero esto no es todo. Los EE. UU. han ensayado bombas de hidrógeno de tres etapas casi simultáneas; en la primera etapa hace de fulminante una bomba de uranio-235; luego una de deuterio y tritio y por último, en una tercera etapa, estalla una cobertura de uranio ordinario y torio. Estas dos sustancias no sufren fisión con los neutrones térmicos, pero sí con los neutrones de energías de varios millones de electrones voltios. Bombas como estas tienen los rusos.

Pues bien, la bola de fuego de una bomba de fisión o de fusión colocada a ras del suelo con su intenso calor convierte grandes cantidades de tierra sólida en vapor y succionándolas las levanta en su gigantesco hongo hasta alturas de docenas de kilómetros. Entonces se producen directa o indirectamente más de un centenar de isótopos radiactivos emisores de rayos Beta y de rayos Gama que persisten durante períodos que van de segundos hasta cientos de años. Todos ellos constituyen el polvo radiactivo o "fall out" que los vientos de la estratosfera y de la troposfera se encargan de espolvorear por toda la redondez del globo en forma de lluvia invisible y letal.

Cuanto más alto estalla una bomba, menos posibilidad hay de contaminar elementos de la tierra.

#### *Poder de Muerte*

A poca distancia, es decir, para una bomba media de hidrógeno, en una área de 600 kilómetros cuadrados, se extingue literalmente toda vida y se destruye toda estructura. A mayor distancia se siembra una muerte lenta y silenciosa por quemaduras de simple contacto de las partículas más pesadas con tamaños medibles en micras que caen por gravedad o arrastrados por la lluvia. Bombas de tres etapas siembran la muerte radiactiva en superficies de 2.000 kilómetros cuadrados, contados en la dirección que sopla el viento. A distancias mayores, la inhalación y deposición en los pulmones de las sustancias radiactivas, especialmente de las sustancias productoras de las partículas beta, constituyen un serio peligro.

Pero aquí no termina todo. Las armas nucleares de pocos kilotones que contaminan principalmente la troposfera (debajo de los 15 kilómetros), y las bombas termonucleares que lleven las cenizas hasta la estratosfera, dan lugar a productos de larga duración que se riegan por el mundo entero para producir también su efecto retardado y devastador.

Estos productos son principalmente: El Cesio-137 (vida media 30 años), el Cesio-134 (vida media 2.3 años), el Lutecio-176 (vida media  $3 \times 10^{10}$  años), el Prometio-147 (vida media 2.6 años) y el Estroncio-90 (vida media 28 años).

### *El Estroncio-90*

El más peligroso elemento de esta lluvia es el estroncio-90, el cual inquieta y perturba al mundo político internacional, a los hombres de ciencia, a los gobiernos que tienen el deber de investigar y a los pueblos que tienen el derecho de saber lo que se descubriere acerca de los efectos somáticos y genéticos de la lluvia radiactiva. Mucho del miedo, sin embargo, es simplemente un miedo de los peligros del diario vivir en la edad atómica.

El estroncio-90 inquieta por provenir en grandes cantidades como un producto de fisión, por su larga vida media de 28 años, por su semejanza química con el calcio, al que sigue desde el suelo a través de la vegetación y de los productos lácteos hasta su eventual incorporación en el hueso humano.

La cantidad de estroncio-90 producido por armas nucleares es usualmente de 100 curies por kilotón de energía de fisión liberada. Un curie es una unidad empleada para medir emanaciones radiactivas de un material y equivalente a la radiactividad de un gramo de radio.

W. F. Libby ha calculado la cantidad de Estroncio-90 introducida en la estratosfera por los ensayos de las tres potencias poseedoras de las bombas nucleares hasta fines de 1957, en 3.6 megacurries de los cuales dos terceras partes se debían entonces a los ensayos de los EE. UU. en el Pacífico. A esto hay que añadir 0.6 megacurries en que se calcula el total de dicho polvo distribuido en la troposfera.

En el mes de Octubre de 1958 los rusos han venido a empeorar la situación lanzando en el Artico una recámara de 14 bombas "sucias" o sea inyectoras de estroncio-90, que parece que han aumentado el inventario del polvo estratosférico en un 50%. Los estudios preliminares dan algunos resultados poco agradables de la lluvia resultante:

1º)—El polvo radiactivo ruso, principalmente el estroncio-90, está cayendo de la atmósfera mucho antes de lo que se predecía.

2º)—Está cayendo mucho más rápido de lo que se esperaba.

3º)—La distribución no sigue la manera como se veía. Por ejemplo están regándose por algunas regiones como EE. UU. más fuertemente que por ninguna otra parte del mundo.

La ceniza radiactiva en tamaños medibles sólo en diámetros de micras y centésimas de micra, que se inyecta en la estratosfera, según el Dr. Libby, se distribuye y mezcla uniformemente sobre ambos hemisferios durante el primero y segundo año que sigue a la inyección y después de un tiempo acumulativo en la estratosfera que se creyó ser los  $10 \pm 5$  años y que hoy se ha reducido a tres años, cae sobre el mundo de una manera uniforme con excepción de diferencias que se deban a variaciones de las lluvias. En cambio, las cenizas

radiactivas troposféricas de los 14 kilómetros para abajo, procedentes de las armas nucleares menores a un megatón se distribuyen durante un mes que es lo que dura más o menos su suspensión en la atmósfera en forma de banda estrecha a lo largo de las latitudes desde cada campo de pruebas.

### *Precipitación de la lluvia nociva*

Experimentos largos y delicados han demostrado que la lluvia y la nieve son el principal agente de la extracción de la radiactividad de larga duración del aire atmosférico asentándola sobre el suelo y la vegetación. El segundo agente que precipita la radiactividad del aire al suelo es la gravedad. Otros factores que afectan la precipitación del estroncio-90 en los suelos son: la distribución de la lluvia según la estación, el tipo de lluvia, la circulación del aire regional y la proximidad al campo de ensayos nucleares. De donde se sigue que no hay porción de la superficie del globo terráqueo que quede libre del polvo fatal.

El estroncio-90 que no se deposita sobre el follaje de las plantas va a tierra y se queda en una capa superficial del suelo de unos pocos centímetros de espesor. Más de 70 por ciento del estroncio-90 depositado hasta ahora en el suelo en general se limita a los 5 centímetros del suelo no perturbado.

Con gran interés y exactitud se prosiguen los estudios del polvo radiactivo incorporado al suelo. Su acumulación es desigual aún para aquellas regiones de las Américas que están lejos de los campos de pruebas. Este fenómeno tiene varias explicaciones.

En primer lugar los suelos de las regiones lluviosas acumulan más estroncio-90 que los de las regiones desérticas y la intensidad de acumulación es proporcional a la intensidad de las lluvias.

Los investigadores ingleses han revelado que la leche contiene tanto más cesio-137, cuanto más es la pluviosidad del lugar donde pacen las vacas. De ahí se puede concluir a priori, que la región del Chocó puede poseer el suelo más contaminado de Colombia. En Antofagasta, Chile, donde casi nunca llueve, en Enero de 1956 el nivel del estroncio-90 era de 0.02 milicurries por milla cuadrada, o sea que era una centésima parte del nivel radiactivo de los suelos para áreas de alta precipitación del Hemisferio Sur. Experimentos en California y en Mediterráneo muestran hasta la evidencia, la dependencia del estroncio-90 acumulado en el suelo de la precipitación acuosa. Por tanto la caída de gravedad del estroncio seco es un factor pequeño de la lluvia radiactiva en escala mundial. Según el Dr. Martell, se tiene por seguro que los datos de los suelos suramericanos y las nieves del Antártico, tienen como fuente exclusiva el polvo radiactivo retardado de la estratosfera. Así los exámenes de dos suelos de Bello Horizonte, Brasil, contenían 0.11 y 0.17 milicurries por milla cuadrada en Marzo de 1954, y áreas cercanas de lluvias semejantes en Sao Paulo, Brasil, y Asunción, Paraguay, mostraron un aumento de 1.2 y 2.0 milicurries respectivamente por milla cuadrada, indicando la intensidad anual de lluvia de estroncio-90 de un milicurie por milla cuadrada. Los recientes resultados de aguas lluvias en el Hemisferio Sur indican que de 1 a 2 milicurries por milla cuadrada por año era la intensidad de precipitación del estroncio-90 hasta 1957.

Sin embargo, durante el año de 1958, los niveles de productos de fisión en los suelos del Hemisferio Norte fueron 10 veces mayores que los del Hemisferio Sur en latitudes similares.

Afortunadamente el Hemisferio Sur y hasta cierto punto la zona ecuatorial han estado más defendidas de esta lluvia peligrosa. Por una parte la zona tropical de convergencia debido al calentamiento y circulación de la atmósfera ecuatorial, forma una barrera que separa el aire contaminado del Hemisferio Norte del aire más puro del Hemisferio Sur. Por otra parte, gran número de ensayos atómicos han tenido lugar en la mitad norte del globo, mientras que los de la mitad sur han sido limitados en número y tamaño. Los ensayos ecuatoriales de EE. UU. han sido en latitud 11° Norte.

Un cálculo razonable de la cantidad de productos de fisión inyectados a la estratosfera por los ensayos nucleares llega a la suma de 65 megatones de energía de fisión. Esto corresponde a 50 kilogramos de estroncio-90 en toda la estratosfera. Se cree que una mitad de este total, o sea 25 kilogramos ha caído ya, y el resto flota aún en la alta atmósfera.

#### *El Estroncio-90 se deposita como el Calcio en los huesos*

Las partículas de Estroncio-90 que son depositadas por la lluvia y la gravedad sobre las legumbres y las frutas, son ingeridas directamente por el hombre. Otras acumuladas sobre la hierba pasan a las vacas y de éstas por la leche al ser humano que la toma. Otras finalmente entran a la cadena de alimentos a través de los suelos y de allí por las plantas juntamente con el calcio hasta depositarse como éste en los huesos para producir la radiación. Un ochenta por ciento del estroncio-90 viene directamente de la leche y de las hiervas sin pasar por los suelos o sea que se debe a la absorción del follaje.

Trazas de Cesio-137 en los huesos humanos fueron anotadas por primera vez en 1956 y se ha descubierto en Inglaterra que la fuente principal que las lleva al organismo es la leche.

#### *El Estroncio-90 en los huesos humanos*

Los factores que determinan el paso del estroncio-90 de la hierba a la leche y del alimento a los huesos se conoce bien y mejor que los del suelo a las plantas.

Estudios completos se han hecho del estroncio-90 acumulado uniformemente en el esqueleto humano en todo el mundo con resultados por demás interesantes.

Tres factores indican la carga del estroncio-90 encontrada en los huesos humanos según estudios realizados y basados en huesos recogidos en estaciones diseminadas por el mundo: la dieta, la latitud y el tiempo.

La población media de EE. UU. obtiene un 85% del calcio de la leche, 4% de los cereales y un 5% de las legumbres. En cambio la población indígena del Amazonas y sus afluentes lo asimila probablemente de los productos de la yuca brava, como son la fariña y el casabe. Esta alta concentración del estroncio-90 se debe quizá aquí a la fuerte lixiviación del calcio del suelo, bajo condiciones de alta temperatura y humedad. Por lo demás el polvo radiactivo es normal para esas latitudes y pluviosidad, (5 milicuríes por milla cuadrada) y mucho menor en las latitudes 20° a 60° Norte. Mien-

tras que la leche de EE. UU. y de Inglaterra contiene entre 6 y 14 micro-micro-curíes por gramo de calcio, la yuca brava de los indios ecuatorianos, contiene 40 unidades del mismo tipo, o sea 5 veces más estroncio-90 que el promedio de la dieta mundial humana.

La concentración del estroncio-90 en los huesos de los niños en el Hemisferio Norte es de 1 micro-micro-curíe por gramo de calcio. El nivel en los adultos de los 20 años para arriba es 10 veces menor y es independiente de la edad. Los habitantes del Hemisferio Sur han adquirido una carga que es la mitad de la de sus hermanos del Norte. El promedio del contenido en los huesos humanos para todo el mundo era en Enero de 1958 de 0.52 micro-micro-curíes por gramo de calcio y para los adultos era de 0.19 unidades.

Por lo que hace a la latitud, la lluvia radiactiva en 1957 era mayor en la zona templada del Norte. En EE. UU. e Inglaterra era de 10 milicuríes por milla cuadrada por año y su acumulación en estas latitudes era la mayor del mundo. La concentración en ciertas regiones de la zona templada del Hemisferio Sur era menor pero con respecto al resto del mundo era alta y se debía posiblemente a alimentos venidos de EE. UU. como leche en polvo y quesos. Las zonas menos afectadas eran las altas latitudes y las zonas polares.

La concentración máxima permisible en los huesos, recomendada por el Comité Internacional de Protección contra Radiación, era en micro-micro-curíes de estroncio-90 por gramo de calcio, de 1.000 para el personal dedicado a la industria nuclear, de 100 para la población en general o para jóvenes, siendo 50 la radiación equivalente debido a la radiación natural.

Si no hay más ensayos nucleares se ha calculado de que para el año 1966 los niños alcanzarán 4 unidades del tipo anotado. Si los ensayos continúan como al presente y en las mismas localidades, habrá un equilibrio entre lo que se produce y lo que cae de estroncio-90 el año 2.000, y la carga de la población en el mundo será de 10 unidades y en el Hemisferio Norte de 20 unidades.

Como puede verse, los niveles de estroncio-90 son bajos comparados con los niveles de la radiación natural y con los de la concentración máxima permisible.

#### *La Radiación*

La radiación por rayos X o rayos gamma, nos presenta una paradoja. Ella puede hacer aparecer cáncer en un tejido sano y normal, hasta producir finalmente la destrucción de la vida y la misma radiación puede destruir el cáncer que ha aparecido en un tejido sano y normal preservando la vida. Todo depende de la cantidad de radiación y el tiempo durante el cual se recibe. Pequeñas y repetidas dosis producen cáncer, pero para destruirlo se necesitan altas dosis en relativamente cortos períodos. Las máquinas o los isótopos para tratar el cáncer dan miles de unidades por hora. Esta unidad de radiación es el roentgen, o simplemente r. Muy poco es realmente lo que se sabe acerca de la manera como la radiación produce sus efectos nocivos en las células vivas ni es tampoco nuestro propósito explicar lo que se sabe sobre ello. Pero sea lo que fuere, una cosa es cierta y es que los efectos de la radiación no guardan proporción con la cantidad de energía que la célula recibe cuando la radiación la ataca. No hay veneno químico conocido,

ni hay tóxico tan mortífero producido por bacterias que exceda los poderes destructores de la radiación.

Las células más sensibles a la radiación son aquellas que están sometidas a divisiones para producir células. Por tanto las células más afectadas por la radiación, son las generativas, las de los intestinos que absorben los productos de digestión, las de la médula de los huesos que dan origen a los glóbulos rojos y blancos de la sangre, las de las glándulas linfáticas y del bazo en donde se desarrollan los glóbulos blancos llamados linfocitos.

El estroncio-90 incorporado al organismo en buenas cantidades, produce con sus radiaciones o la muerte de las células o ciertos cambios llamados mutaciones biológicas. Estos se observan en los genes, portadores de las características hereditarias del individuo y que están presentes en los cromosomas del núcleo celular. Estos cambios hereditarios pasan a los individuos llevando consigo el gene mutado. Las mutaciones tienen lugar espontáneamente y aunque son de reducida intensidad, sin embargo, la probabilidad de su aparición depende de la dosis radiactiva. Generalmente dan origen a cualidades desfavorables y no aparecen sino en la tercera o cuarta generación. Para conocer realmente los efectos de las mutaciones producidas por la radiación en la raza humana, hay que aguardar a los nietos de los actuales habitantes de Hiroshima y Nagasaki.

Además el estroncio-90, pone fuera de combate las glándulas linfáticas e ingerido en dosis fuertes las aniquila. Los glóbulos rojos que están en formación en la médula ósea son tan sensibles como las células linfáticas y los glóbulos blancos también se afectan con dosis mayores resultando la leucemia o cáncer de los órganos que forman la sangre. La leucemia es una reproducción incontrolable de glóbulos blancos ya sea en la médula de los huesos ya en las glándulas linfáticas.

En conclusión, la dosis de exposición en radiaciones no debe exceder 0.3 r. semanales como promedio de 13 semanas consecutivas.

Durante toda su vida un individuo no debe acumular más de 200 r. como radiación total del cuerpo además de la recibida por la radiación natural.

Cualquier individuo no puede ni debe permitir una acumulación de 50 r. de radiación en las gónadas, por lo menos hasta los 30 años.

A la población en general no se le debe exponer a que se le duplique la radiación natural.

La radiación externa de la lluvia radiactiva actual es pequeña; la radiación interna debida al estroncio-90 acumulado en los huesos, es peligrosa y durante la vida toda, pueden acumularse cantidades que se acerquen a niveles que pueden producir efectos nocivos en algunos números limitados de la población.

Un mundo desconfiado, que juega a las armas nucleares, acumula más y más polvo letal que aunque no haya llegado a una dosis mortal, es siempre nocivo; no hay que repetir que una guerra atómica sería la destrucción del hombre sobre la faz de la tierra. Los que no mueren quemados directamente y vaporizados, morirían por sus efectos radiactivos.

### La Radiación en el aire bogotano

Antes de hacer cualquier comentario o análisis estadísticos se dan escuetamente los datos de radiactividad de Bogotá, anotando por ahora que ésta ha ido en

aumento desde Julio de 1957 hasta Abril de 1959, alcanzando su máxima en Febrero de 1959\*. Sin embargo ellos están muy por debajo del nivel permisible.

### Datos diarios de productos de radiactividad de fisión Beta recogidos por filtración de aire en Bogotá-Colombia.

#### Desintegraciones por minuto por metro cúbico de aire.

Día	1957					
	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1		1.59	0.32	0.40	0.19	0.43
2		0.93	0.23	0.48	0.21	0.24
3		0.26	**	0.32	0.16	0.24
4		0.63	**	0.43	0.11	0.16
5		0.41	**	0.37	0.11	0.11
6		0.30	**	0.37	0.11	0.13
7		0.41	0.39	0.16	0.16	0.16
8		0.22	0.62	0.13	0.13	0.53
9		0.15	0.59	0.11	0.11	0.80
10		0.48	0.32	T	0.16	0.80
11		0.41	0.37	0.11	T	0.61
12		0.41	0.64	0.24	0.14	0.53
13		0.63	0.40	T	0.16	1.30
14		0.48	0.35	0.11	0.19	1.17
15		0.33	0.51	T	0.37	0.40
16		0.52	0.35	T	0.59	0.29
17		0.37	0.39	0.16	0.49	0.27
18		0.48	0.59	0.13	0.43	0.29
19		0.48	0.46	0.11	0.83	0.16
20		0.26	0.40	T	0.61	0.13
21		0.30	0.29	T	1.20	0.13
22		—	0.29	0.27	0.61	0.21
23		0.44	0.43	0.35	0.27	0.59
24		0.48	0.43	0.24	0.13	0.45
25	0.15	0.30	0.32	0.13	1.04	0.37
26	T	0.52	0.21	T	0.27	0.51
27	0.00	0.48	0.19	0.11	0.19	0.59
28	0.00	0.23	0.21	0.11	0.45	0.77
29	0.81	0.41	0.29	T	1.60	0.69
30	1.78	0.29	0.40	0.13	0.61	0.29
31	2.81	0.51	—	—	—	0.19
V. P.	0.8	0.45	0.38	0.17	0.39	0.44

Día	1958					
	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.
1	0.22	0.55	0.55	0.52	0.12	1.40
2	0.41	0.52	0.33	0.76	T	2.57
3	0.28	0.62	0.31	1.17	0.12	2.50
4	0.25	0.48	0.10	0.40	0.12	1.88
5	0.25	0.31	0.17	0.21	0.10	0.86
6	0.29	0.38	0.29	0.88	T	1.24
7	0.29	0.50	0.24	0.14	0.29	1.07
8	0.29	0.64	0.64	1.07	0.62	1.29
9	0.21	0.52	1.07	0.26	0.14	1.29
10	0.26	0.60	0.60	0.81	—	0.64
11	0.83	0.45	0.48	1.05	0.24	0.29
12	1.50	0.57	0.93	0.88	0.55	0.33
13	1.81	0.52	1.09	0.79	0.25	0.40

\* Durante marzo 1960 el nivel radiactivo subió como nunca en el trópico debido probablemente a los primeros ensayos atómicos de los franceses en el Sahara.

— = No se recibió la muestra para el examen.

\*\* = Muestra perdida.

T. = Traza.

V. P. = Valor Promedio.

14	2.05	0.43	0.52	0.76	0.12	0.69	8	3.09	14.4	2.95	2.26	T	T
15	1.79	0.26	0.55	0.67	T	0.55	9	2.48	18.0	2.76	1.02	T	0.21
16	1.17	0.29	0.69	0.31	T	0.57	10	2.09	15.6	3.45	1.02	0.10	0.36
17	1.40	0.29	0.81	0.48	0.10	1.07	11	2.76	9.04	3.17	1.48	0.95	T
18	1.45	0.31	0.55	0.12	0.10	0.83	12	2.78	9.04	2.17	1.38	1.98	0.10
19	1.21	0.29	1.14	T	0.11	0.62	13	1.52	9.10	0.69	0.86	1.81	T
20	1.26	0.19	0.96	0.12	0.26	0.57	14	1.38	6.00	0.90	0.98	0.36	T
21	0.83	0.48	0.99	0.40	0.10	0.98	15	1.57	9.16	3.05	0.52	0.57	T
22	0.71	0.52	1.21	0.67	0.17	0.33	16	2.43	10.0	6.93	0.12	0.95	0.10
23	0.64	0.57	1.62	0.60	0.21	0.40	17	1.66	8.81	4.00	1.02	1.12	0.14
24	0.52	0.48	1.19	0.43	0.38	0.24	18	1.50	7.76	4.12	0.26	0.57	0.17
25	0.75	0.52	0.90	0.86	1.48	0.16	19	0.24	6.05	0.21	0.52	0.31	T
26	0.67	1.43	0.69	1.07	1.69	0.12	20	1.02	5.16	7.59	1.43	0.14	0.14
27	0.76	1.07	0.69	0.62	0.88	0.21	21	1.93	5.26	7.26	2.02	0.14	0.33
28	0.57	0.71	0.21	0.93	1.48	0.21	22	2.55	4.52	3.62	1.09	T	0.29
29	0.67		0.14	0.31	1.31	0.50	23	4.17	4.76	1.95	1.69	0.10	T
30	0.21		0.17	0.14	1.02	0.67	24	6.40	3.09	1.52	1.21	T	0.64
31	0.50		0.45		0.36		25	7.00	7.21	1.45	1.02	T	0.09
V. P.	0.76	0.52	0.65	0.65	0.41	0.81	26	5.71	6.76	4.12	0.83	0.26	0.19

1958

Día	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1	0.62	5.19	3.12	2.28	0.53	4.00
2	0.19	0.98	3.24	1.18	0.55	2.64
3	T	3.05	1.65	1.55	0.67	1.43
4	0.29	2.90	2.34	0.45	0.64	0.88
5	0.19	1.93	1.27	2.43	0.83	0.29
6	0.36	1.40	2.34	1.31	0.62	0.36
7	1.24	1.98	2.17	0.83	0.62	0.38
8	0.83	1.29	3.63	0.81	0.93	0.66
9	1.36	0.79	2.59	1.19	0.86	1.40
10	2.62	1.48	5.31	0.69	0.57	1.90
11	1.88	2.02	5.09	0.36	0.48	4.13
12	1.36	1.36	3.62	0.26	0.52	4.46
13	1.71	1.24	2.95	0.36	0.48	3.38
14	1.19	2.43	2.12	0.36	0.93	1.50
15	3.21	3.12	2.14	0.41	0.48	1.02
16	3.05	2.62	2.14	0.22	0.36	1.00
17	6.16	0.93	3.90	0.36	1.09	0.60
18	6.35	1.33	4.02	1.05	1.14	3.31
19	8.90	1.43	3.17	T	0.50	2.76
20	7.40	0.67	1.98	1.93	0.45	1.55
21	9.95	1.38	2.55	1.43	0.48	1.71
22	1.76	2.76	1.74	1.51	0.79	2.00
23	1.26	2.69	0.86	0.94	0.52	1.67
24	3.97	1.17	0.83	0.62	0.21	0.86
25	4.43	0.93	1.00	1.14	0.52	1.93
26	4.45	0.81	1.67	0.48	0.60	2.59
27	1.50	0.88	2.17	0.24	0.33	3.55
28	2.36	1.62	2.05	0.12	0.36	1.83
29	3.26	0.93	1.90	0.36	0.33	1.50
30	2.86	1.09	1.40	0.40	2.87	1.86
31	3.97	2.09		0.48		1.36
V. P.	2.86	1.76	2.50	0.83	0.68	1.89

1959

Día	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.
1	1.59	3.40	1.55	1.69	0.83	T
2	1.98	3.78	2.00	1.31	0.52	0.10
3	2.36	4.02	0.62	1.57	0.14	0.17
4	3.05	3.88	1.38	1.79	0.12	T
5	1.67	2.86	1.98	1.88	T	T
6	2.19	6.35	1.93	2.83	T	0.12
7	0.45	5.02	2.76	2.19	0.17	0.10

V. P.	2.84	7.02	2.72	1.34	0.38	0.13
-------	------	------	------	------	------	------

Día	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1	0.12	0.40	T	T	T	T
2	0.12	0.14	T	T	T	0.09
3	0.14	0.14	T	T	T	T
4	0.12	0.10	T	T	T	T
5	T	T	0.10	T	T	T
6	0.14	T	T	T	T	T
7	T	0.12	T	T	T	T
8	T	0.17	T	T	T	T
9	0.26	0.24	0.10	T	T	T
10	0.48	0.26	T	T	T	T
11	0.12	0.12	T	T	T	T
12	0.12	0.10	T	T	T	0.14
13	0.10	T	T	T	T	0.11
14	0.14	0.10	T	T	0.48	0.09
15	0.10	0.24	T	T	T	—
16	T	0.10	T	T	T	T
17	T	0.10	T	T	T	T
18	T	T	T	T	T	T
19	0.21	T	T	T	T	T
20	T	0.17	T	T	T	T
21	T	0.12	T	T	T	T
22	T	T	T	T	T	T
23	T	T	0.10	T	—	T
24	T	T	T	T	T	T
25	T	T	T	T	T	T
26	T	T	T	T	T	T
27	T	T	T	T	T	T
28	T	T	T	T	T	T
29	T	T	T	T	T	T
30	T	T	T	T	T	T
31	T	—		T		T

Como frecuentemente se harán algunas referencias a las explosiones atómicas y al aumento de la radiactividad del aire en Bogotá en ciertos días, se da a continuación la lista de las explosiones atómicas de las tres potencias, desde Junio de 1957, hasta Noviembre de 1958.

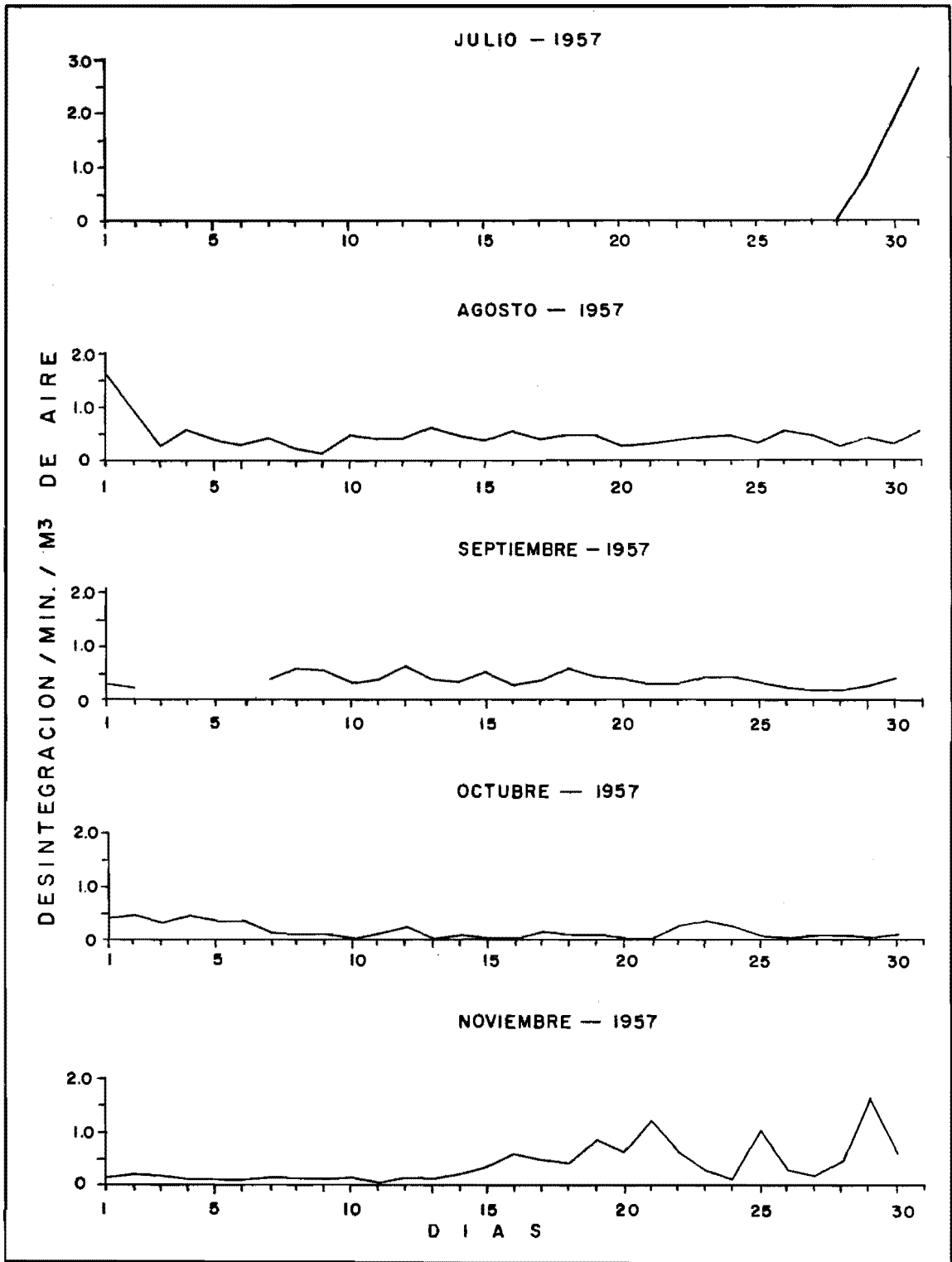


Figura 2

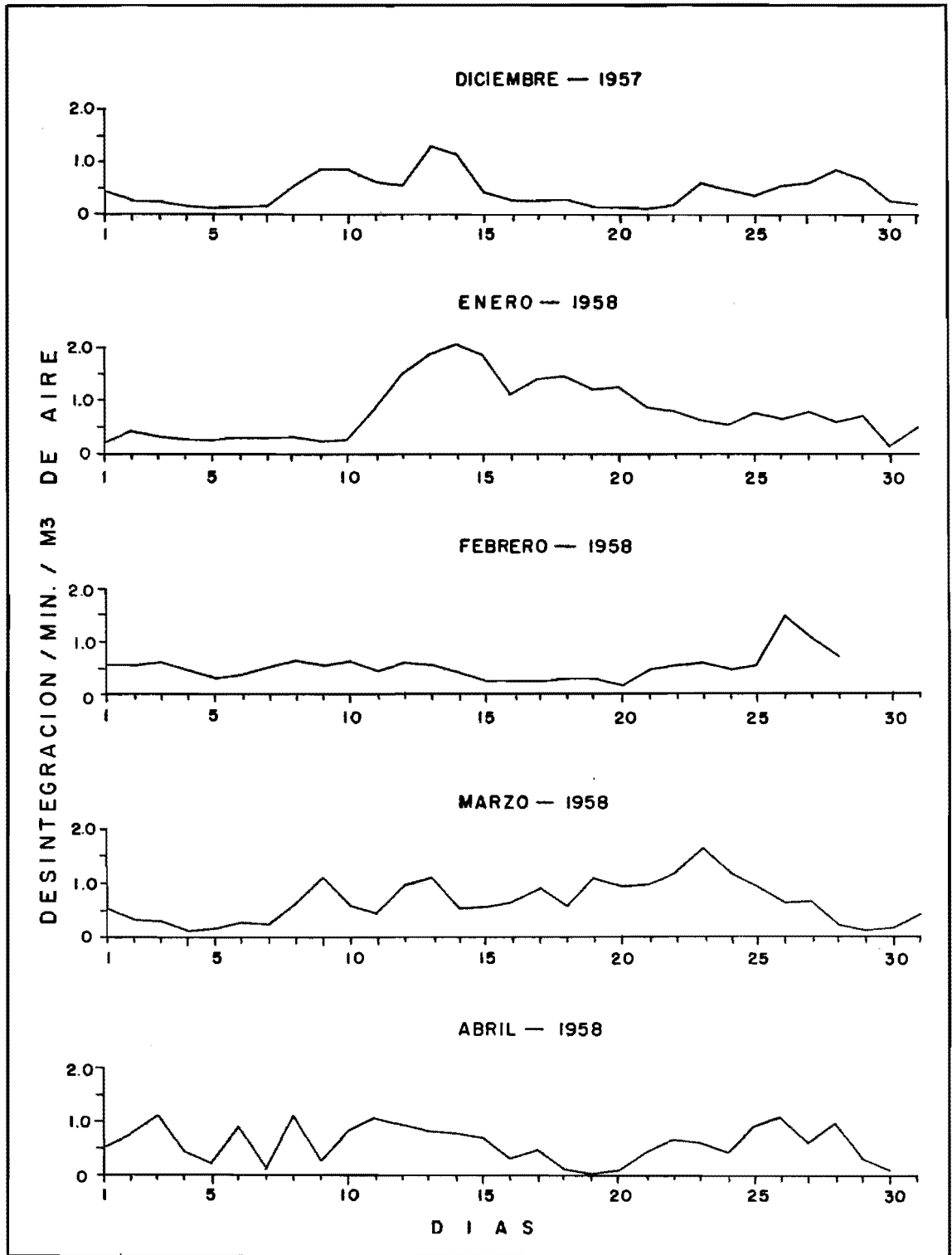


Figura 3

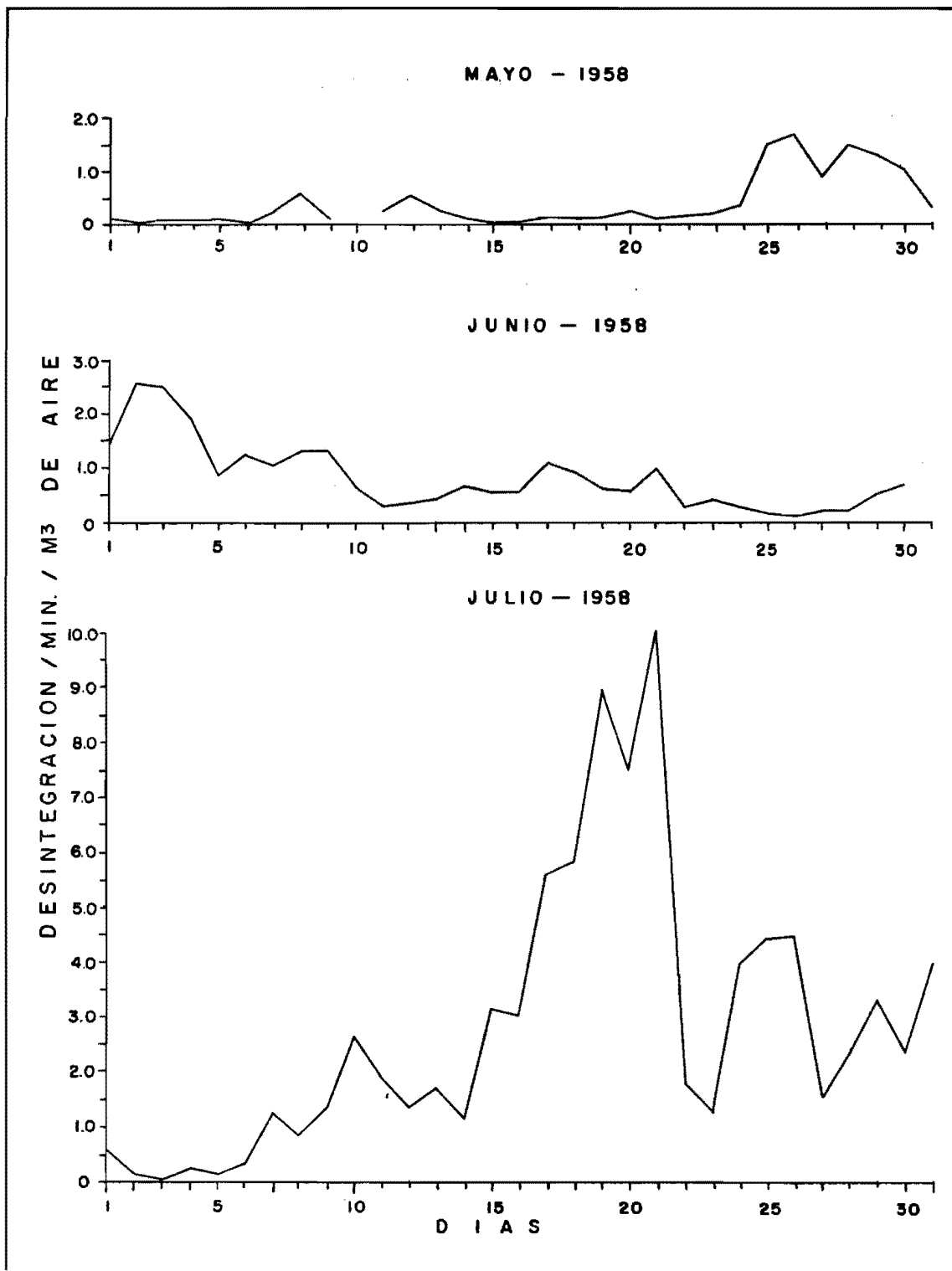


Figura 4

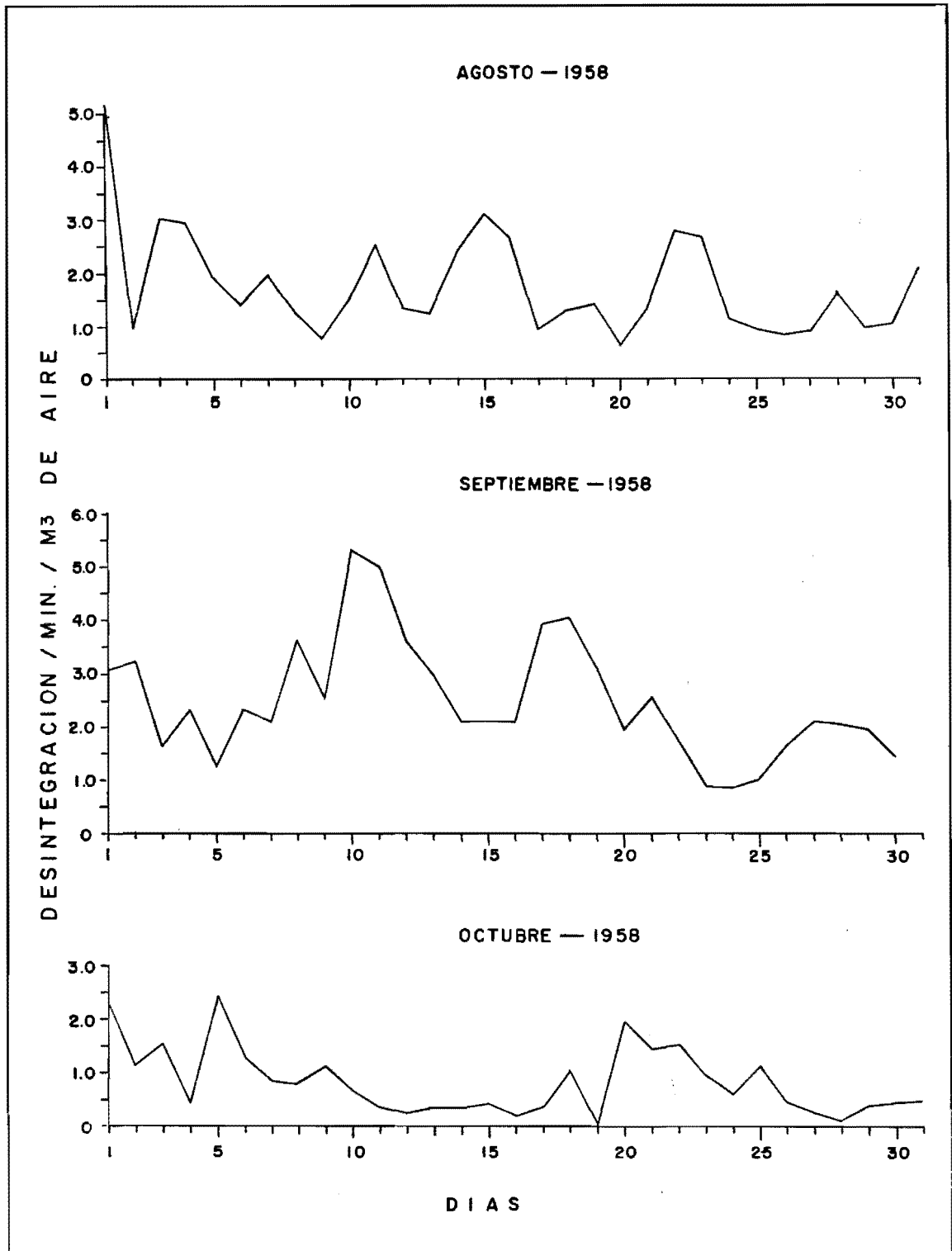


Figura 5

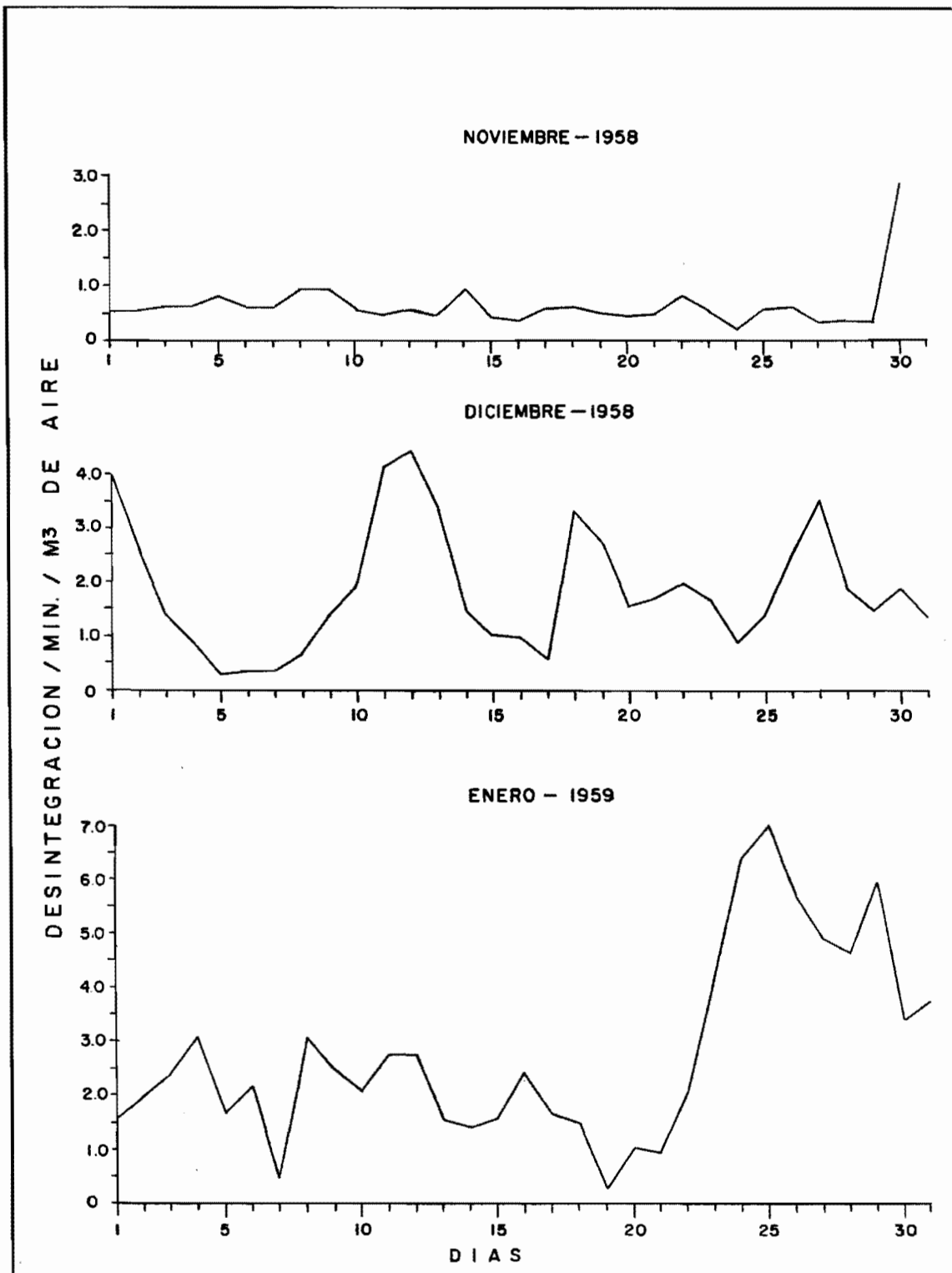


Figura 6

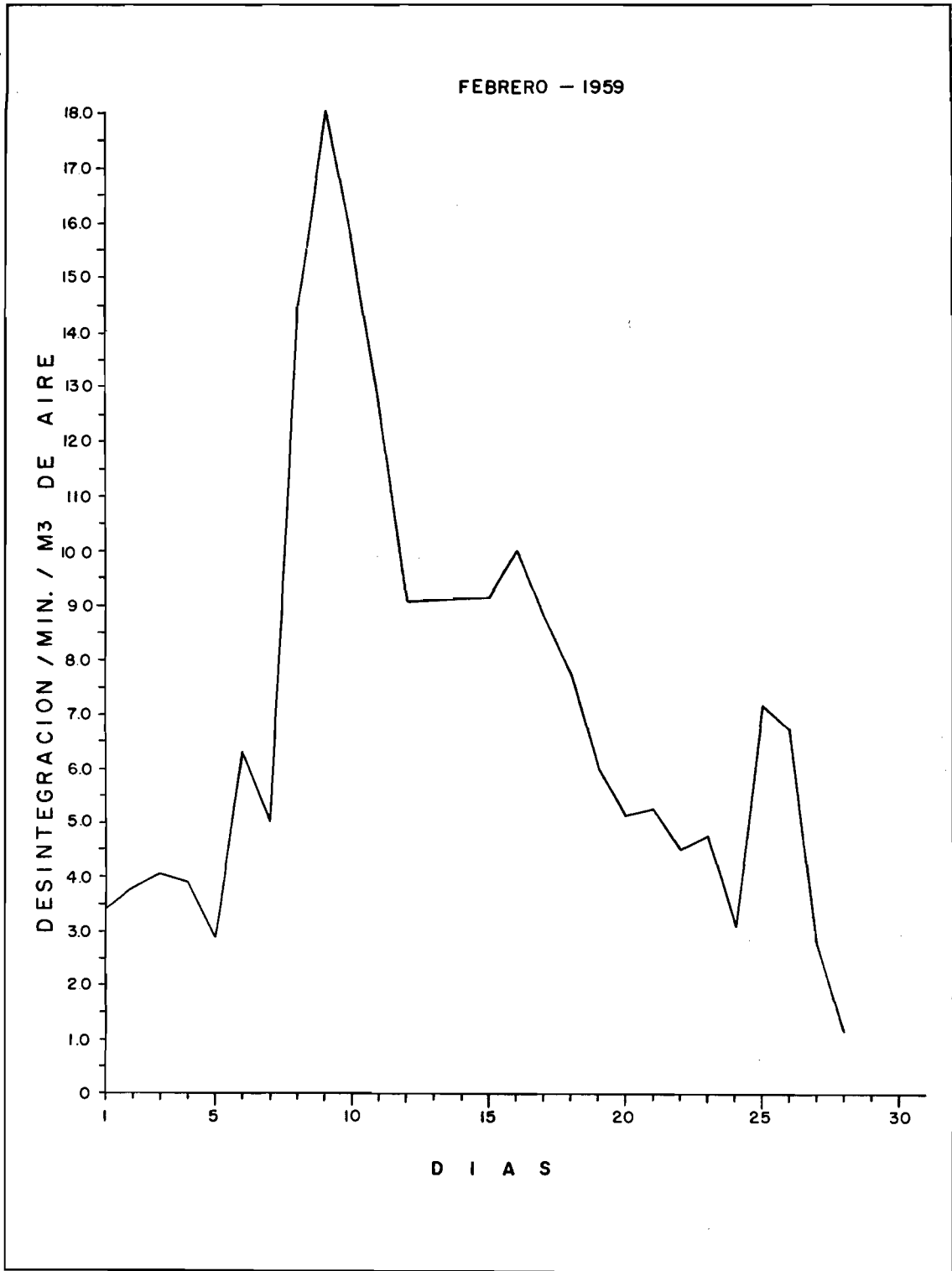
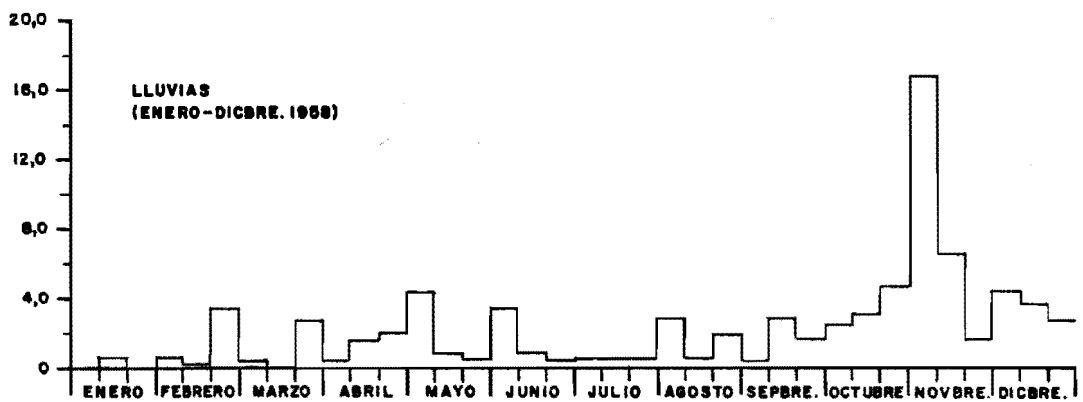
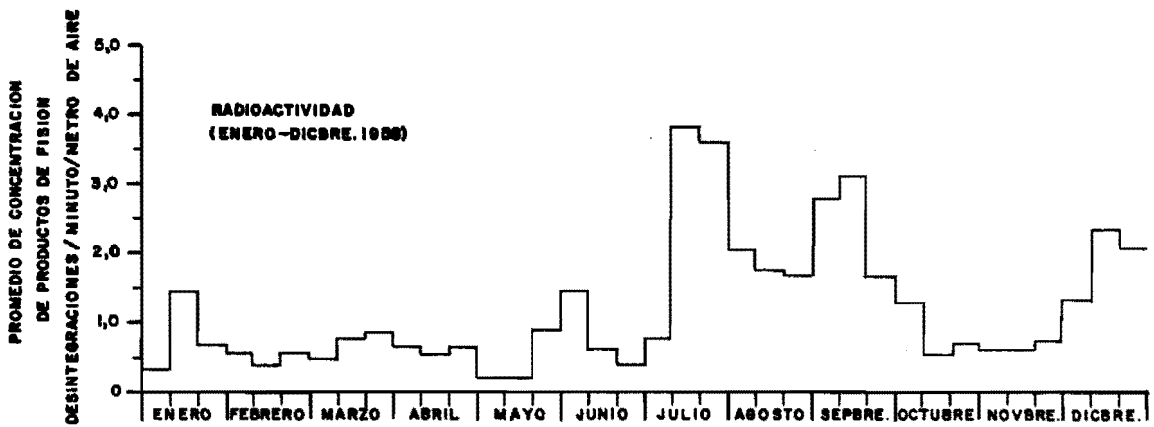
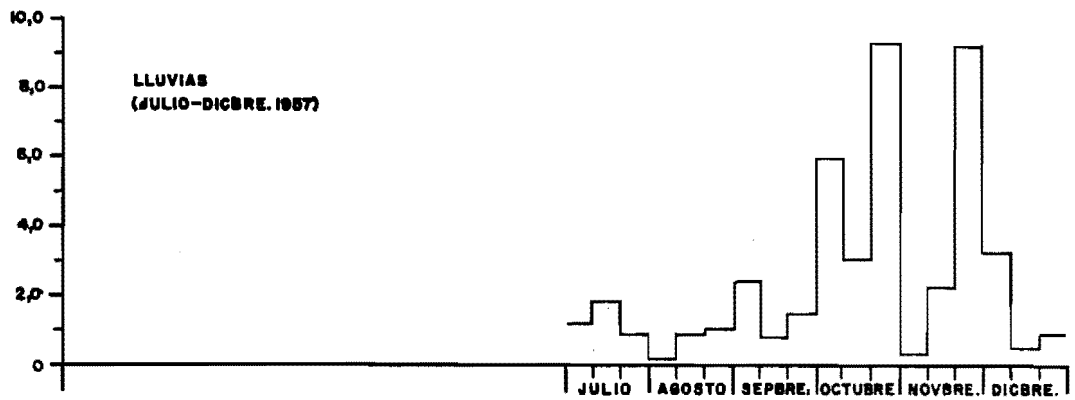
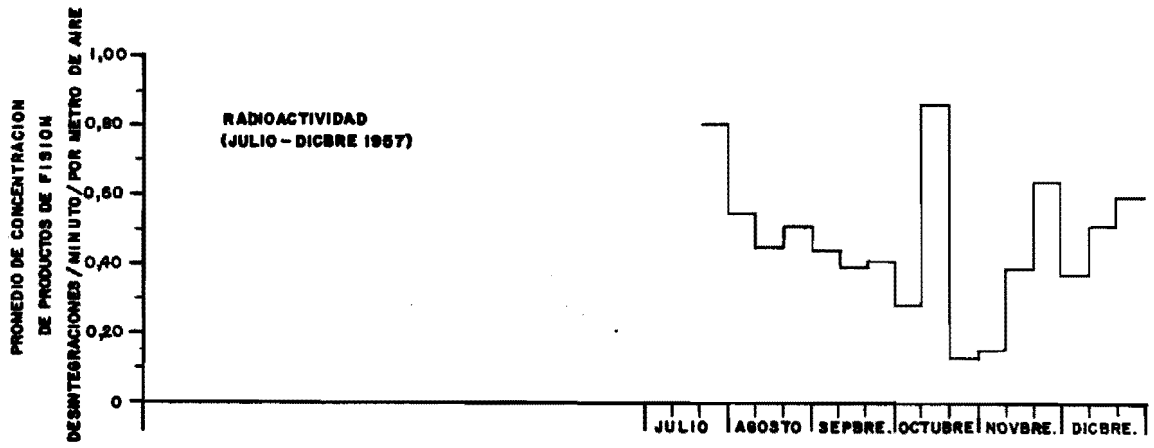
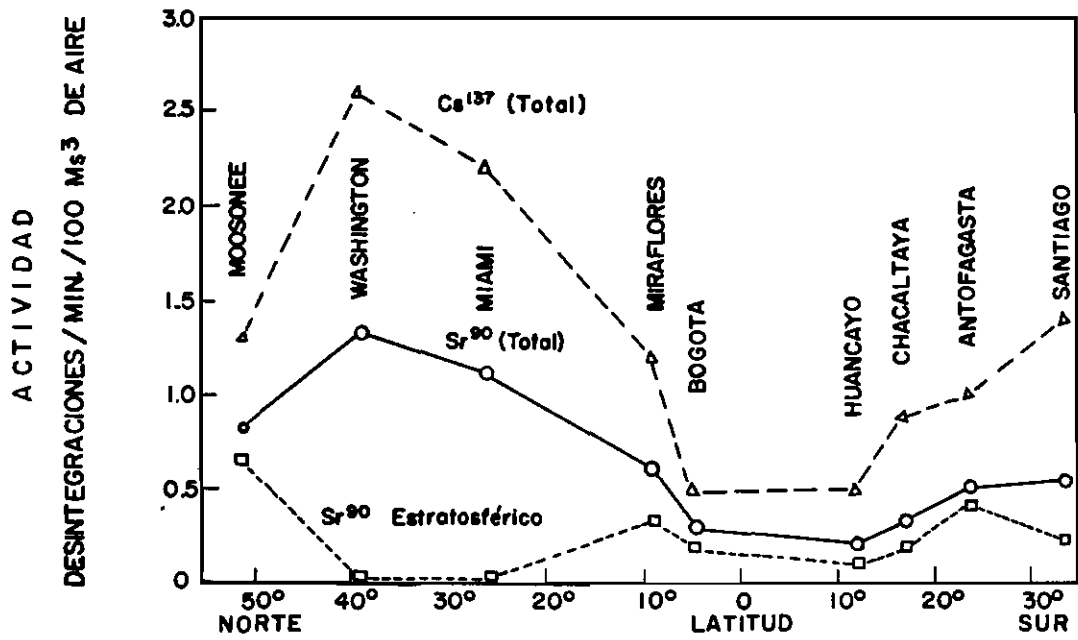


Figura 7

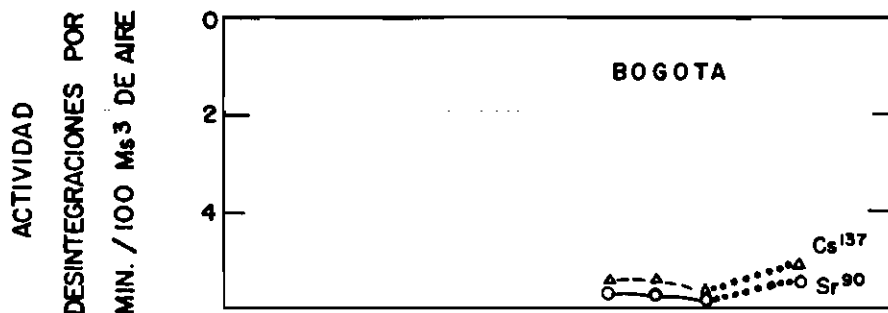


PERFILES COMPARATIVOS ENTRE LA RADIOACTIVIDAD DEL AIRE Y LA LLUVIA EN BOGOTÁ

Figura 8



VARIACION DEL Sr<sup>90</sup> Y Cs<sup>137</sup> EN EL AIRE SEGUN LA LATITUD EN DICIEMBRE DE 1957



PRODUCTOS DE FISION DE LARGA DURACION EN EL AIRE

Figura 9

Nº	Fecha	Tiempo local	Nombre	Tipo	Tamaño	Altura de nube en mts.	Localización
1	19 Junio 57				Bomba de Hidrógeno		Isla Christmas (Inglaterra)
2	5 Julio 57	0440 PDT	Hood	496 m. globo	varias docenas de kilotonos	16.000	Nevada (Plummbbob) (E.E. U.U.)
3	15 Julio 57	0430 PDT	Diablo	152 m. torre	menos de 20 kilotonos	11.000	Nevada " "
4	19 Julio 57	0700 PDT	John	de aire a aire	unos pocos kilotonos		" "
5	24 Julio 57	0450 PDT	Kepler	152 m. torre	unos 10 kilotonos	10.000	Nevada " "
6	25 Julio 57	0630 PDT	Owens	152 m. globo	unos 10 kilotonos	13.000	Nevada " "
7	26 Julio 57	0100 PDT	Pascal A	Subterránea	Inocua	2.000	Nevada " "
8	7 Agosto 57	0525 PDT	Stokes	496 m. globo	unos 20 kilotonos	13.500	Nevada " "
9	18 Agosto 57	0500 PDT	Shasta	152 m. torre	menos de 20 kilotonos	11.000	Nevada " "
10	22 Agosto 57				Tamaño notable		Siberia (Rusia)
11	23 Agosto 57	0530 PDT	Doppler	496 m. globo	unos 10 kilotonos	14.000	Nevada (Plummbbob) (E.E. U.U.)
12	30 Agosto 57	0540 PDT	Franklin-Prime	229 m. globo		11.000	Nevada " "
13	31 Agosto 57	0530 PDT	Smoky	213 m. torre	más de 20 kilotonos	14.000	Nevada " "
14	2 Septiembre 57	0540 PDT	Galileo	152 m. torre	más de 10 kilotonos	13.500	Nevada " "
15	6 Septiembre 57	0545 PDT	Wheeler	152 m. globo	unos pocos kilotonos	5.500	Nevada " "
16	6 Septiembre 57	1305 PDT	Coulomb B	Superficie	inocua	6.000	Nevada " "
17	8 Septiembre 57	0600 PDT	La Place	229 m. globo	unos pocos kilotonos	6.700	Nevada " "
18	9 Septiembre 57*				Moderada intensidad		Siberia (Rusia)
19	14 Septiembre 57			Torre			Campo de pruebas de Maralinga (Ingla.)
20	14 Septiembre 57	0945 PDT	Fizeau	152 m. torre	unos 10 kilotonos	13.400	Nevada (Plummbbob) (E.E. U.U.)
21	16 Septiembre 57	0550 PDT	Newton	496 m. globo	unos 10 kilotonos	11.000	Nevada " "
22	19 Septiembre 57	1000 PDT	Rainier	Subterránea profunda			Nevada " "
23	23 Septiembre 57	0530 PDT	Whitney	152 m. torre	1.7 KT no nuclear cloud	10.000	Nevada " "
24	24 Septiembre 57				Tamaño megatón		Arctic (Rusia)
25	25 Septiembre 57			Globo			Campo de pruebas de Maralinga (Ingla.)
26	28 Septiembre 57	0600 PDT		torre	unos 10 kilotonos	11.000	Nevada (Plummbbob) (E.E. U.U.)
27	6 Octubre 57		Charleston	496 m. globo			USSR (Rusia)
28	7 Octubre 57	0560 PST	Morgan	152 m. globo	unos pocos kilotonos	13.400	Nevada (Plummbbob) (E.E. U.U.)
29	9 Octubre 57			Hidrógeno			Campo de pruebas de Maralinga (Ingla.)
30	10 Octubre 57			Artefacto de Explosión pequeña			Arctic (Rusia)
31	8 Noviembre 57				Bomba de Hidrógeno		Isla Christmans (Inglaterra)
32	28 Diciembre 57						Siberia (Rusia)
33	23 Febrero 58				Tamaño megatón		USSR (Rusia)
34	27 Febrero 58				Tamaño megatón		Arctic "
35	27 Febrero 58				Tamaño megatón		Arctic "
36	14 Marzo 58				No llega a megatón		Arctic "
37	14 Marzo 58				No llega a megatón		Siberia "
38	15 Marzo 58				No llega a megatón		Siberia "
39	20 Marzo 58				Tamaño pequeño		Arctic "
40	22 Marzo 58				Tamaño más grande		Siberia "

Nº	Fecha	Tiempo local	Nombre	Tipo	Tamaño	Altura de nube en mts.	Localización
41	22 Marzo	58			Tamaño medio		Arctic (Rusia)
42	28 Abril	58					Eniwetok (Hardtack I) (E.E. U.U.)
43	28 Abril	58		Globo			Isla Christmans (Inglaterra)
44	12 Mayo	58					Bikini (Hardtack I) (E.E. U.U.)
45	13 Mayo	58				0560	Eniwetok " "
46	26 Mayo	58				0630	Eniwetok " "
47	11 Junio	58				1400	Bikini " "
48	15 Junio	58				0530	Bikini " "
49	15 Junio	58				0530	Eniwetok " "
50	28 Junio	58				0630	Bikini " "
51	28 Junio	58				0630	Eniwetok " "
52	29 Junio	58				0730	Eniwetok " "
53	3 Julio	58				0530	Bikini " "
54	6 Julio	58				0630	Bikini " "
55	12 Julio	58				1530	Bikini " "
56	27 Julio	58				0830	Eniwetok " "
57	31 Julio	58					Gran Altura " "
58	1 Agosto	58	Missile				Isla Johnston " "
59	11 Agosto	58					Gran Altura " "
60	12 Agosto	58	Missile				Isla Johnston " "
61	2 Septiembre	58		Globo			Isla Christmas (Inglaterra)
62	11 Septiembre	58		Avión	Bomba de Hidrógeno		Isla Christmas " "
63	12 Septiembre	58	Otero	152 m. pozo	inocua	3.000	Nevada (Hardtack II) (E.E. U.U.)
64	17 Septiembre	58	Bernalillo	152 m. pozo	inocua	2.800	Nevada " "
65	19 Septiembre	58	Eddy	152 m. globo	sub-kilotón	3.700	Nevada " "
66	21 Septiembre	58	Luna	152 m. pozo	inocua		Nevada " "
67	23 Septiembre	58					Isla Christmas (Inglaterra)
68	26 Septiembre	58	Valencia	152 m. pozo	inocua	2.500	Nevada (Hardtack II) (E.E. U.U.)
69	27 Septiembre	58	Mars	Túnel	inocua		Nevada " "
70	29 Septiembre	58	Nora	496 m. globo	como kilotón	3.400	Nevada " "
71	30 Septiembre	58			más que moderada		Arctic (Rusia)
72	30 Septiembre	58			más que moderada		Arctic " "
73	2 Octubre	58			moderada		Arctic " "
74	2 Octubre	58			moderada		Arctic " "
75	5 Octubre	58					Arctic " "
76	5 Octubre	58	Colfax	152 m. pozo	inocua	2.000	Nevada (Hardtack II) (E.E. U.U.)
77	8 Octubre	58	Tamalpais	Túnel	sub-kilotón		Nevada " "
78	10 Octubre	58	Quay	30 m. torre	sub-kilotón	3.300	Nevada " "
79	10 Octubre	58		Relativa-mente alta			Arctic (Rusia)

Nº	Fecha	Tiempo local	Nombre	Tipo	Tamaño	Altura de nube en mts.	Localización
80	12 Octubre	58			Grande		Arctic (Rusia)
81	13 Octubre	58	0520 PST	Lea	496 m. globo	5500	Nevada (Hardtack II) (E.E. U.U.)
82	14 Octubre	58	1000 PST	Neptune	Túnel	3700	Nevada " "
83	15 Octubre	58	0800 PST	Hamilton	15 m. torre de madera		Nevada " "
84	15 Octubre	58	2200 PST	Logan =	Túnel	2.000	Nevada " "
85	15 Octubre	58			Grande **		Arctic (Rusia)
86	16 Octubre	58	0620 PST	Doña Ana	152 m. globo	3700	Nevada (Hardtack II) (E.E. U.U.)
87	17 Octubre	58	1500 PST	Vesta	Superficie	3300	Nevada " "
88	18 Octubre	58	0625 PST	Río Arriba	21 m. torre de madera		Nevada " "
89	18 Octubre	58			Sub-kilotón	4300	Nevada " "
90	19 Octubre	58			Grande **		Arctic (Rusia)
91	20 Octubre	58			Pequeña		Arctic " "
92	22 Octubre	58			Grande **		Arctic " "
93	22 Octubre	58	0530 PST	Socorro	496 m. globo	8300	Nevada (Hardtack II) (E.E. U.U.)
94	22 Octubre	58	0850 PST	Wrangell	496 m. globo	3700	Nevada " "
95	22 Octubre	58	1540 PST	Rushmore	152 m. globo	3900	Nevada " "
96	24 Octubre	58	0700 PST	Catron	23 m. torre de madera		Nevada " "
97	24 Octubre	58	0801 PST	Juno	Superficie	3.000	Nevada " "
98	24 Octubre	58			Segura	3.000	Nevada " "
99	25 Octubre	58			Grande **		Arctic (Rusia)
100	26 Octubre	58	0220 PST	Sanford	496 m. globo	8500	Nevada (Hardtack II) (E.E. U.U.)
101	26 Octubre	58	0800 PST	deBaca	496 m. globo	5500	Nevada " "
102	27 Octubre	58	0630 PST	Chaves	8 m. torre de madera		Nevada " "
103	28 Octubre	58	1600 PST	Evans	Túnel	2.000	Nevada " "
104	29 Octubre	58	0320 PST	Mazama	15 m. torre de acero		Nevada " "
105	29 Octubre	58	0645 PST	Humboldt	8 m. torre de madera	2.000	Nevada " "
106	29 Octubre	58	1900 PST	Santa Fe	496 m. globo	2500	Nevada " "
107	30 Octubre	58	0300 PST	Ganymede	Superficie	6.000	Nevada " "
108	30 Octubre	58	0700 PST	Blanca	Túnel		Nevada " "
109	30 Octubre	58	1234 PST	Titania	unos 20 kilotones	baja	Nevada " "
110	1 Noviembre	58			8 m. torre de madera	2.000	Nevada " "
111	3 Noviembre	58			segura		Siberia (Rusia)
					Relativamente alta		Siberia "

\* Fecha en que se anunció, no necesariamente fecha de la explosión.

\*\* Siete de estas explosiones se anunciaron como de gran poder explosivo, lo que quiere decir que es igual a millones de toneladas de TNT.

ANALISIS RADIOQUIMICO DE LAS MUESTRAS DE FILTRO DE AIRE  
RECOGIDAS EN DICIEMBRE DE 1957

Estación	Lluvias		Radiactividad (desintegraciones por minuto por 100 metros cúbicos de aire)								Porcentaje	proporción	edad en días	proporción	edad en días
	días	mm.	total	Ce 141	Sr 89	Y 91	Ce 144	Sr 90	Cs 137	Pb 210					
<b>Hemisferio Norte</b>															
Moosonee	18	59	120	28	7.4	19	9.3	0.82	1.3	—	0.68	9	250	3.0	50
Washington	12	133	310	24	24	46	27	1.3	2.6	2.1	0.42	18	190	0.9	110
Miami	10	63	340	50	29	65	31	1.1	2.2	0.90	0.32	28	155	1.6	80
Miraflores	5	7	160	22	14	24	8.9	0.61	1.2	—	0.38	22	170	2.5	60
Bogotá	5	30	57	10.4	6.1	9.6	5.6	0.30	0.49	—	0.53	20	175	1.9	75
<b>Hemisferio Sur</b>															
Lima	4	4	23	2.0	5.3	3.2	2.6	0.24	0.59	—	1.0	22	170	0.77	115
Huancayo	21	65	28	2.2	3.1	4.1	1.5	0.20	0.49	—	1.71	16	200	1.5	85
Chacaltaya	3	10	38	1.2	1.8	3.6	2.5	0.37	0.88	0.92	0.97	4.9	300	0.48	145
Antofagasta	0	0	47	2.5	2.2	4.2	4.5	0.51	1.00	0.48	1.1	4	300	0.56	135
Santiago	—	—	32	5.3	2.9	12	4.00	0.54	1.4	—	1.7	5.4	270	1.3	90

BOGOTA — COLOMBIA

ANALISIS RADIOQUIMICOS DE MUESTRAS DE FILTRO DE AIRE

Desintegración por minuto por cien (100) metros cúbicos de aire

MES	AÑO	DIA	mm.	Total	Ce 141*	Sr 89*	Y 91*	Ce 144	Sr 90	Cs 137	Pb 210	Sr 90/Tota	Sr 89/Sr 90	Cs 137/Sr 90
Agosto	1957	17	20	46	6.9	4.9	8.3	4.4	0.15	0.29	—	0.0033	33	2.0
Septiembre	1957	10	34	49	4.2	4.0	6.4	3.1	0.14	0.31	—	0.0029	30	2.2
Octubre	1957	21	181	23	0.00	1.3	2.5	1.9	0.098	0.20	—	0.0043	13	2.0
Diciembre	1957	5	30	57	10.4	6.1	9.6	5.6	0.30	0.49	—	0.0053	20	1.6

*Algunos resultados de las 21 Estaciones del Hemisferio Occidental*

En general existe un aumento exponencial en la concentración del Estroncio-90 durante los últimos 2 años. La concentración en la superficie del terreno es mayor en los Estados Unidos que en cualquier otra área del mundo. Parece que la mayor cantidad del polvo radiactivo se observa en la latitud general de 20° a 60° en el Hemisferio Norte y algo semejante pero en menor cantidad en las mismas latitudes (Perú, Bolivia y Norte de Chile) en el Hemisferio Sur. Debido quizá a la circulación de los vientos estratosféricos, y a las pruebas de los ensayos nucleares de los ingleses en el Pacífico Sur, se nota un notable aumento en estas mismas latitudes del Hemisferio Sur durante algunas estaciones del año.

Entonces por primera vez se notó que la concentración de productos de fisión del aire en el Hemisferio Sur sobrepasaba la del Hemisferio Norte.

La explosión nuclear rusa de Diciembre 28 de 1957 hizo que los niveles de radiactividad de Enero a Febrero de 1958 fueran más altos que los de Noviembre y Diciembre de 1957.

Debido a la serie de ensayos atómicos de Rusia a fines de Febrero de 1958, la radiactividad aumentó de una manera notable en todo el Hemisferio Norte. A pesar de esta alta concentración en el Hemisferio Norte no hay indicios de transferencia de esta radiactividad al Hemisferio Sur en donde la radiactividad según los análisis radioquímicos se debió primariamente a las pruebas nucleares antiguas y quizá también a la caída del viejo polvo estratosférico. La pequeña subida de Mayo y Junio se debió a los ensayos nucleares de los ingleses en la Isla Christmas y a la contribución dada en parte, por la serie de ensayos Hardtack en el pacífico. En Julio de 1958 las medidas aumentaron al sur del Ecuador lo cual se puede explicar por una incursión de grandes masas de aire viciado del Norte a través de la zona inter-tropical al Hemisferio Sur.

**RADIOACTIVIDAD DE PRODUCTOS DE FISION EN EL  
AIRE DE BOGOTA — COLOMBIA  
1957 — 1959**

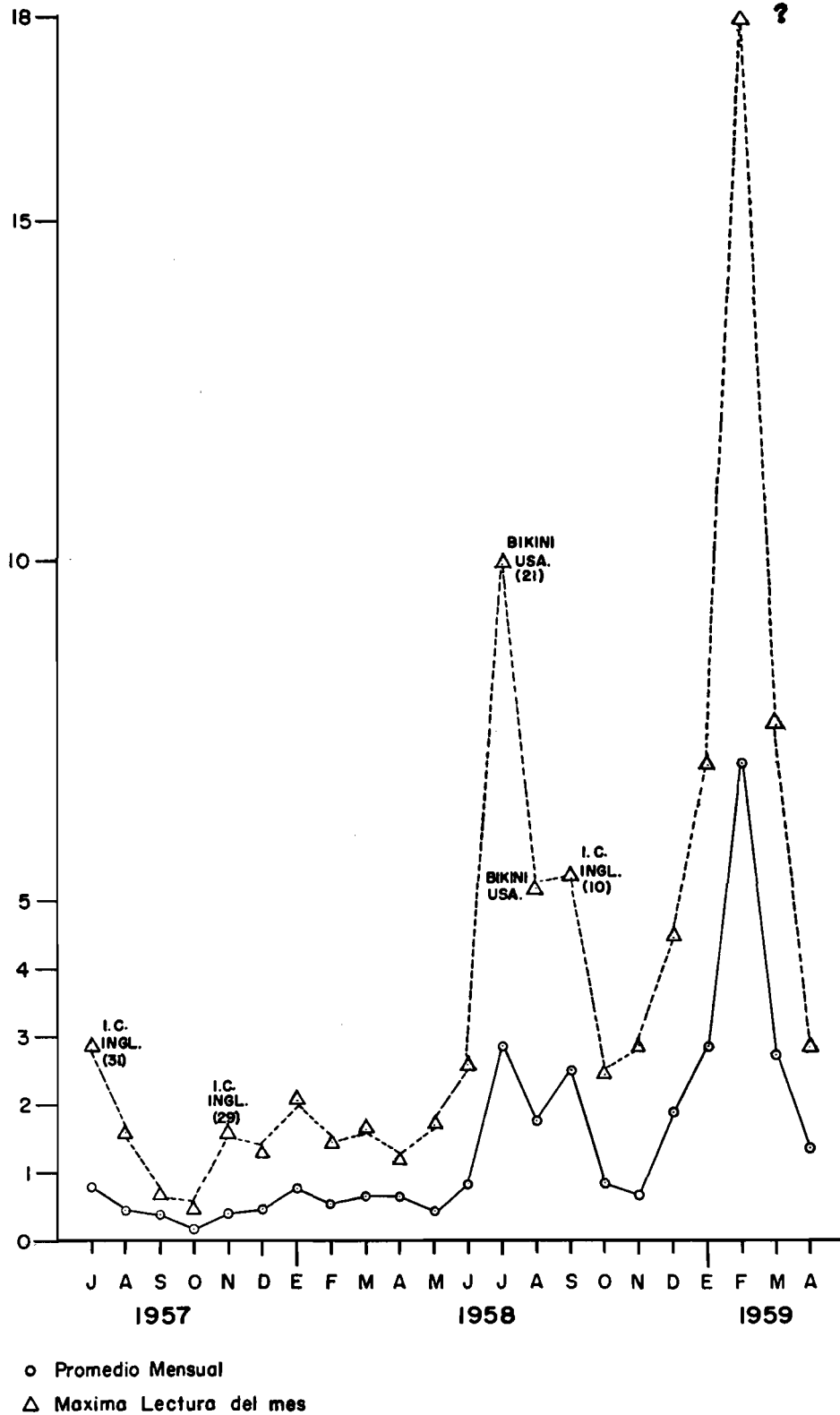


Figura 10

De Julio a Octubre de 1957 fue notable la radiactividad atmosférica en el Hemisferio Norte. De Noviembre de 1957 a Marzo de 1958 disminuyó en ambos Hemisferios. Un aumento notable se vio en las primaveras de 1958 y 1959 en el Hemisferio Norte y un pequeño aumento se registró de Mayo a Junio de 1958 en la latitud 20 del Hemisferio Sur, para luego producir niveles más altos en los meses de Julio y Agosto de 1958, cuando la radiactividad del aire en el Hemisferio Sur sobrepasó a la del Norte. Creció de nuevo enormemente el nivel radiactivo del aire en el Hemisferio Norte de Septiembre a Diciembre de 1958 y sólo un poco en el Hemisferio Sur.

Varias explicaciones se han dado a estos hechos. Libby atribuye la alta radiactividad de Estados Unidos al polvo troposférico de las armas submegatómicas o pequeñas explosiones que se distribuyen en bandas estrechas por las latitudes medias. Los aumentos durante las primaveras de 1957 y 1958 en Norte América se deben a los ensayos de Nevada y a los de los rusos en el Artico en el otoño de 1957. Otros autores sugieren que estos altos niveles radiactivos durante la primavera provienen de una mezcla más rápida del aire de la estratosfera en latitudes medias y altas o sea a factores meteorológicos. Las variaciones del polvo radiactivo en el Hemisferio Norte dependen también de las cenizas estratosféricas provenientes de los ensayos rusos en el Artico.

Algunas fluctuaciones en los niveles radiactivos en el Hemisferio Sur se explican por los ensayos de los ingleses en la Isla Christmas y en Australia. Una idea de la velocidad del estroncio-90 en su viaje por la troposfera la da el hecho siguiente: De Nevada a Washington (3.500 kms.) el polvo radiactivo emplea una semana en llegar; del Artico Ruso 2 semanas y son 30 días los que se requieren para que la lluvia se disuelva por difusión y precipitación.

No creo que haya duda de que el tremendo aumento en los productos de fisión de Julio a Septiembre de 1957 en el Hemisferio Norte se debe a la amplia serie de explosiones de Nevada, (31° N. 116° W; Plummbob).

Algunos aumentos menores en algunas regiones se atribuyen al polvo retardado de las pruebas que desciende de las capas estratosféricas. Se requieren unos 6 meses para que el polvo radiactivo estratosférico después de mezclado con el aire se precipite en regiones lejanas y se traslade v. g. del Ecuador al Polo.

#### Conclusiones sobre los datos de Bogotá

Varias conclusiones son evidentes de los datos obtenidos del Estroncio-90 en Bogotá:

- 1)—Hay amplias variaciones de un día a otro en los niveles de la radiactividad del aire bogotano.
- 2)—Existe una relación claramente inversa entre la concentración radiactiva del aire y la pruviosidad en las estaciones y días secos y lluviosos, lo cual aparece en los gráficos elaborados.
- 3)—Se pueden atribuir los aumentos medios en la concentración radiactiva del aire como correspondientes a las explosiones atómicas realizadas por los ingleses en el Hemisferio Sur.

Las bombas de hidrógeno lanzadas por los ingleses en la Isla Christmas el 19 de Junio y el 8 de Noviembre de

1957 se hicieron sentir en Bogotá pocas semanas después. La primera fue quizá la responsable del aumento de la radiactividad el 31 de Julio, o sea 40 días más tarde, subiendo el nivel a 2.81 desintegraciones por minuto por metro cúbico de aire y manteniendo un alto porcentaje durante el mes de Agosto. La segunda hizo subir el nivel a 1.20 en los días 21 y 28 de Noviembre respectivamente, manteniendo el nivel relativamente alto durante el mes de Diciembre. Así los promedios de radiactividad para Agosto y Diciembre de 1957 fueron los más altos del segundo semestre.

Durante 1958 los más altos promedios mensuales de Bogotá correspondieron a los meses de Julio con 2.86 unidades y de Septiembre con 2.50 unidades. El mayor aumento de estos meses tuvo lugar en la segunda decena cuando se registraron en un día 8.90 y 9.95 unidades. Es muy posible que estos aumentos se debieran: el primero a los ensayos seguidos de los Estados Unidos en el pacífico (Bikini y Eniwetok; 11° N.) y los de Septiembre a las bombas de los ingleses en la Isla Christmas que tuvieron lugar el 2 y 11 de Septiembre de 1958.

Los siguientes valores promedios elevados de 1.76 para Agosto y de 1.89 para Diciembre de 1958 se pueden explicar así: El primero como polvo remanente de Eniwetok y de Johnston Island y el segundo por ensayos en el Pacífico que no han sido anunciados aún.

Falta también el anuncio de una fuerte explosión nuclear en el Pacífico a principios de 1959 que explique el gran nivel registrado en Bogotá en el mes de Febrero de 1959 con un promedio mensual de 7.02 unidades, llegando a su máxima absoluta en todo el período de medidas en Bogotá el día 9 de Febrero con 18.0 desintegraciones por minuto por metro cúbico de aire.

En conclusión, podemos decir que el promedio de la radiactividad en el aire de Bogotá, ha ido en aumento con un descenso fuerte a fines de 1959, como resultado de los productos de las pruebas nucleares como lo demuestran los promedios semestrales:

Segundo semestre de 1957:	0.44	unidades.
Primer " " 1958:	0.63	"
Segundo " " 1958:	1.75	"
Primer " " 1959:	2.41	"
Segundo " " 1959:	0.06	"

#### BIBLIOGRAFIA

1. BAUS, R. A., PATTERSON, R. L. Jr. SAUNDERS, A. W., Jr. and LOCKHART L. B., Jr. Radiochemical Analysis of Air-Filter Samples Collected during 1957. NRL Report 5239, U. S. Naval Research Laboratory, December 31, 1958 Washington, pgs. 1-16, Figs.
2. BAUS, R. A., GUSTAFSON, P. R., PATTERSON, R. L., Jr. and SAUNDERS, A. W., Jr. Procedure for the Sequential Radiochemical Analysis of Strontium, Yttrium, Cesium, Crium and Bismuth in Air-Filter Colletions. NRL Memorandum Report 758, November, 1947. Naval Research Laboratory Washington, pgs. 1-21, figs.
3. COMMITTEE ON METEOROLOGICAL ASPECTS OF THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION.

- Meteorological Aspects of Atomic Radiation Science, Vol. 124, N° 3210, July 13, 1956, pgs. 105-112.
4. COMISION DE ENERGIA ATOMICA DE LOS EE. UU.  
Actas del Simposio Interamericano sobre la Aplicación Pacífica de la Energía Nuclear, Mayo de 1957. Libro 1, pgs. 318, Libro 2, pgs. 313, Upton, 1957.
  5. ECKELMANN, Walter R., KULP, J. Laurence and SCHULERT, Arthur R.  
Strontium-90 in Man, II, Science. Vol. 127, N° 3293, February 7, 1958 pgs. 266-274, figs.
  6. KULP, J. Laurence, ECKELMANN, Walter R., and SCHULERT, Arthur R.  
Strontium-90 in Man, Science, Vol. 125 N° 3241, February 1957, pgs. 219-224, figs.
  7. KULP, J. Laurence, and SLARTER, Rieta.  
Current Strontium-90 Level in Diet in United States. Science. Vol. 128, N° 3315, July 1958, pgs. 85-86.
  8. KULP, J. Laurence, SCHULERT, Arthur R., HODGES, Elisabeth, J.  
Strontium-90 in Man III. Science. Vol. 129, N° 3358, May 8, 1959, pgs. 1249-1255.
  9. KULP, J. Laurence.  
World-wide distribution of Strontium-90 and its uptake in man. Bulletin of the Swiss Academy of Medical Sciences. Vol. 14, Fasc. 5/6, 1958, pgs. 419-433.
  10. LOCKHART, L. B., Jr. BAUS, R. A. and BLIFFORD, I. H., Jr.  
Program of Measurement of the Radioactivity of the Air along the 80th Meridian. NRL Memorandum Report 734, July 1957, Naval Research Laboratory, Washington, pgs. 1-3, figuras.
  11. LOCKHART, L. B. Jr. BAUS, R. A. and BLIFFORD, I. H., Jr.  
Atmospheric Radioactivity along the 80th Meridian, 1956, NRL Report 4965, July 23, 1957. Naval Research Laboratory, Washington, pgs. 1-12.
  12. LOCKHART, L. B., Jr. BAUS, R. A. and BLIFFORD, I. B., Jr.  
Fission Product Radioactivity in the Air along the 80th Meridian. January-June 1957. NRL Report 5041, November 27, 1957, Naval Research Laboratory, Washington, pgs. 1-9, Figuras.
  13. LOCKHART, L. B., Jr. BAUS, R. A. PATERSON, R. L., Jr. and BLIFFORD I. H., Jr.  
Some Measurements of the Radioactivity of the Air during 1957. NRL Report 5208, October 31, 1958, U. S. Naval Research Laboratory, Washington, pgs. 1-33, Figuras.
  14. LOCKHART, L. B., Jr. BAUS, R. A., KING, P. and BLIFFORD, I. H., Jr. Atmospheric Radioactivity Studies at the U. S. Naval Research Laboratory. NRL Report 5249, December 19, 1958, U. S. Naval Research Laboratory, Washington, pgs. 1-14, Figuras.
  15. MARTELL, E. A.  
Atmospheric Aspects of Strontium-90 Fallout. Science, Vol. 129, N° 3357, May 1, 1958, pgs. 1197-1206.
  16. RUSSELL, R. Scott.  
Deposition of Strontium-90 and its content in vegetation and in human diet in the United Kingdom, Nature, Vol. 182, N° 4639, September, 1958, pgs. 834-839.
  17. SACKS, Jacob.  
The atom at work, The Ronald Press Company, New York, 1956, pgs. 341.

