

# INTENSIDAD DE LA RADIACION COSMICA EN BOGOTA

A. M. BARRIGA VILLALBA

de la Academia Colombiana de Ciencias.

El resultado de algunas observaciones sobre los rayos cósmicos en Bogotá, en el período comprendido, entre octubre de 1957 y el 31 de julio del presente, nos permitimos presentar, como una primera aproximación, y, nos reservamos para cuando se terminen suficientes medidas, por lo menos después de unos cinco años, allegar los datos necesarios para una conclusión completa.

Debido a la naturaleza de la radiación, tal como se recibe en la superficie de la tierra, fue necesario hacer una serie de observaciones preliminares, y un gran número de medidas. La radiación que aparentemente es accidentada y variable, sigue un ritmo diario y una dirección definida, que es el fenómeno celeste que hoy queremos demostrar a los Honorables Académicos.

La situación de Bogotá, muy próxima al ecuador, a una considerable altura sobre el nivel del mar, protegida hacia el oriente por una cadena de montañas, a manera de pantalla, es muy favorable para esta clase de observaciones.

La complejidad de la radiación, en el instante de incidir sobre el instrumento, formada por protones

(núcleos de hidrógeno), partículas alfa (núcleos de helium), los productos de la reacción cósmica con los elementos nitrógeno y oxígeno de la atmósfera; electrones o fotones de altísima energía; las interacciones que originan la serie de los mesones, presentes en los rayos cósmicos y productos de la desintegración de los núcleos, como los neutrones, todas partículas de variadísima energía, hasta de miles de millones de electrón-voltios, forman un haz permanente que se registra a un mismo tiempo.

Este flujo de partículas potentísimas de gran poder de penetración, nos atraviesa verticalmente, de la cabeza a los pies, como si fuéramos vacío, a la frecuencia que se puede observar en el contador electrónico, y que en cifras, aquí en Bogotá está en proporción media de *un impulso*, por segundo y por centímetro cuadrado de sección horizontal.

La radiación, tal como nos llega, después de haber atravesado la atmósfera, sin ningún bloqueo, tomándola en distintos días, aparentemente no muestra regularidad bien definida, como se observa en la *Figura 1.*, que es el registro cada cuarto de hora, de los impulsos o frecuen-

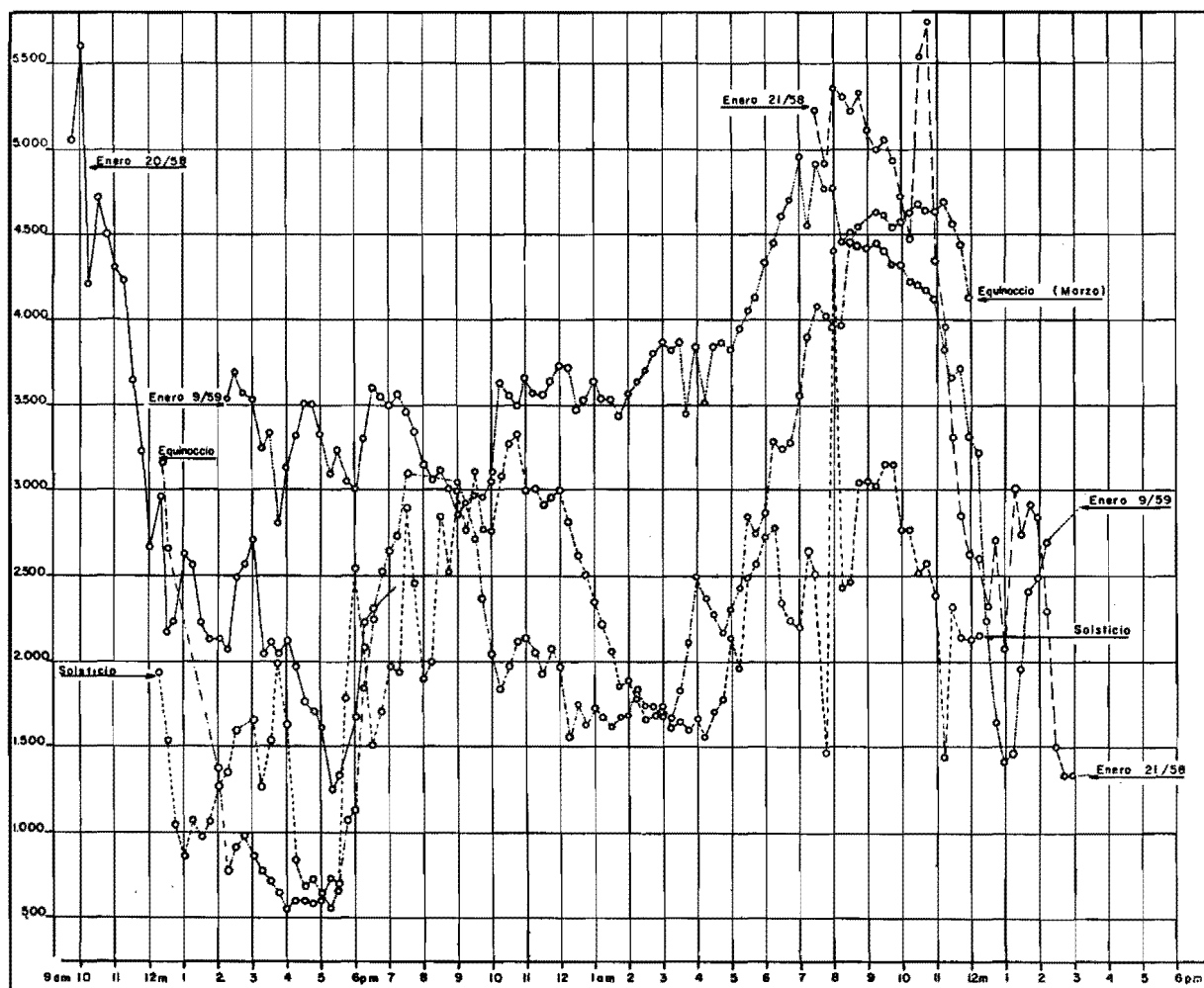


Figura Nº 1 — Registro de la radiación cósmica en distintos días, sin bloquear la sonda receptora.

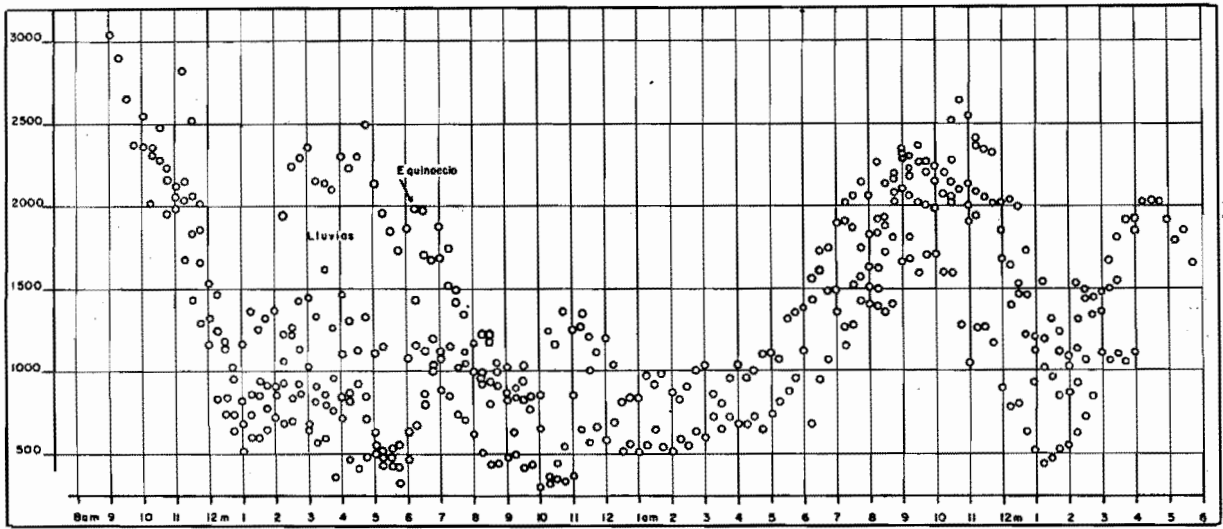


Figura Nº 2 — Observaciones hechas con la sonda bloqueada por una capa de plomo puro de 40 centímetros de espesor.

cia en los días 9, 10 y 20 de enero de 1958, 9 enero del 59 y en los días del Equinoccio de marzo, y del Solsticio de verano. Llegó hasta 5780 impulsos en quince minutos, o sea 6.4 por segundo, sobre la cabeza de la sonda a las diez y tres cuartos de la mañana del 21 de enero, y bajó a un mínimo de 0.62 por segundo a las cinco y media de la tarde, en el día del solsticio de junio.

Para poner de manifiesto la periodicidad de la radiación, resolvimos hacer las medidas con un filtro colocado alrededor de la sonda, para eliminar el máximo posible de las radiaciones blandas, porque como se sabe, la radiación total, está formada por la penetrante primitiva y secundaria, y las blandas secundarias, pero lo suficientemente intensas para originar fenómenos radiactivos muy superiores a los originados en la tierra.

Con este objeto, protegimos la sonda con una envoltura superior formada por láminas delgadas de plomo puro, dándole un espesor de cuarenta centímetros, y de las posibles del suelo con una capa de diez centímetros de espesor de plomo, colocada en la base, para eliminar cualquier radioactividad. En conjunto la protección metálica llegaba a los 650 kilos de peso.

El resultado fue la disminución del 50% de la frecuencia o impulsos por segundo. La anotación gráfica de los resultados delimita una zona bien definida sobre una curva sinusoidal.

La Figura Nº 2 se refiere a cuatro observaciones hechas con la sonda bloqueada por el plomo, correspondientes al 9 de septiembre de las 9 a. m. a las 11 p. m., de las 7 a. m. a 6 p. m. del 10 de septiembre; de las 2 p. m. del 22 a las 2 p. m. del 23 de septiembre en el Equinoccio, y del 11 al 12 de mayo de 6 p. m. a 6 p. m., en la época de las Leónidas o santos de hielo, fecha que tendremos ocasión de citar más adelante.

Comparada con la anterior, se puede observar la mayor regularidad y menor altura, debido a haberse eliminado gran parte de la radiación secundaria. También nos indica este grupo de observaciones, que los máximos y mínimos corresponden siempre con cierta altura del sol. Esto se repite invariablemente en cualquier día del año, hacia las mismas horas.

La Figura Nº 3, es un grupo de observaciones con la sonda sin bloquear, hechas en los días, 9, 20 y 24 de enero y el 22 de febrero del presente año, de las 6 a. m. a las 6 p. m., cada cuarto de hora. Se pone de manifiesto la radiación alta, un poco dispersa por la falta de bloqueo. Presentan un máximo hacia las 9 de la mañana, decrecimiento regular hasta un mínimo en la caída de la tarde.

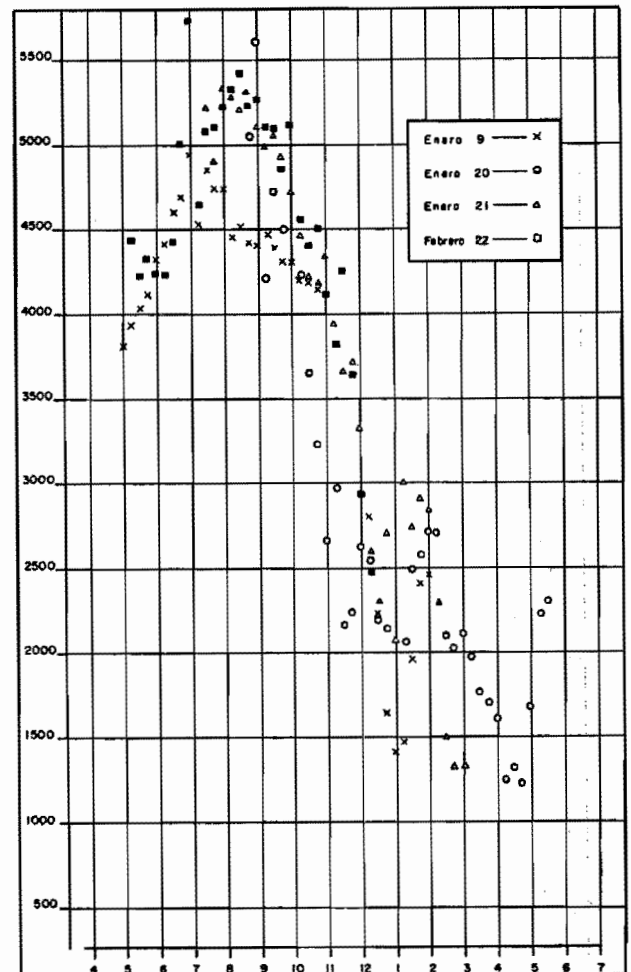


Figura Nº 3 — Medidas hechas sin el bloqueo de la sonda, en casos de radiación alta.

La *figura N° 4*, representa las medidas con bloqueo de cuarenta centímetros de espesor en plomo, en los días 9 y 10 de septiembre de 9 a. m. a 9 p. m.; 29 y 30 de noviembre de las 8 a. m. a las 8 de la noche y en los días 9 y 10 de diciembre de las 10 a. m. a las 10 p. m. Como en todas las observaciones, con bloqueo, la radiación es baja y presenta el máximo en la mañana y el mínimo hacia las 6 de la tarde. Es notorio el descenso que también se observa en las demás gráficas, alrededor de la una de la tarde.

La *Figura N° 5*, reúne algunas de las medidas hechas, con bloqueo de la sonda, en los primeros meses de este año, correspondientes a los días 9 y 24 de febrero de 6 a. m. a 6 p. m.; al 1° de marzo, 21 de abril y 20 de mayo, también de 6 a. m. a 6 p. m. La radiación muestra una pronunciada inflexión hacia la una de la tarde y la caída hacia las seis de la tarde.

Todas estas observaciones nos muestran sin incertidumbre, que la radiación diurna siempre es mayor en la mañana, con máximo hacia las nueve y mínima hacia las seis de la tarde, es decir se corresponden con la altura del sol.

Durante la noche, como se puede observar, en las dos

primeras figuras la curva media es más baja y más regular, y algunas veces, asciende más o menos rápidamente hacia el amanecer, y es muy notorio el hecho que cuando el sol apunta en la mañana en la Iglesia de Monserrate, el aumento se hace más notorio, especialmente en los días despejados y secos<sup>1</sup>.

Para mostrar un resultado numérico hemos tomado el valor medio de veinte observaciones completas, durante 24 horas continuas, con la sonda bloqueada y sin bloquear correspondiente a todos los meses, en las distintas condiciones que suelen presentarse, días límpidos, toldados, con lluvia, tempestad, en días con mucha calina, en los Solsticios y en los Equinoxios, según relación, con el resultado siguiente:

Total de impulsos en el día ..	1976700
Total de impulsos en la noche	1550560
Diferencia .. . . . . . . . . . .	426140

lo cual quiere decir que en las noches hubo una disminución de un 21.558%.

<sup>1</sup> La iglesia de Monserrate se levanta en la cima del cerro de su nombre. Esta montaña y la de Guadalupe, protegen la ciudad por el oriente.

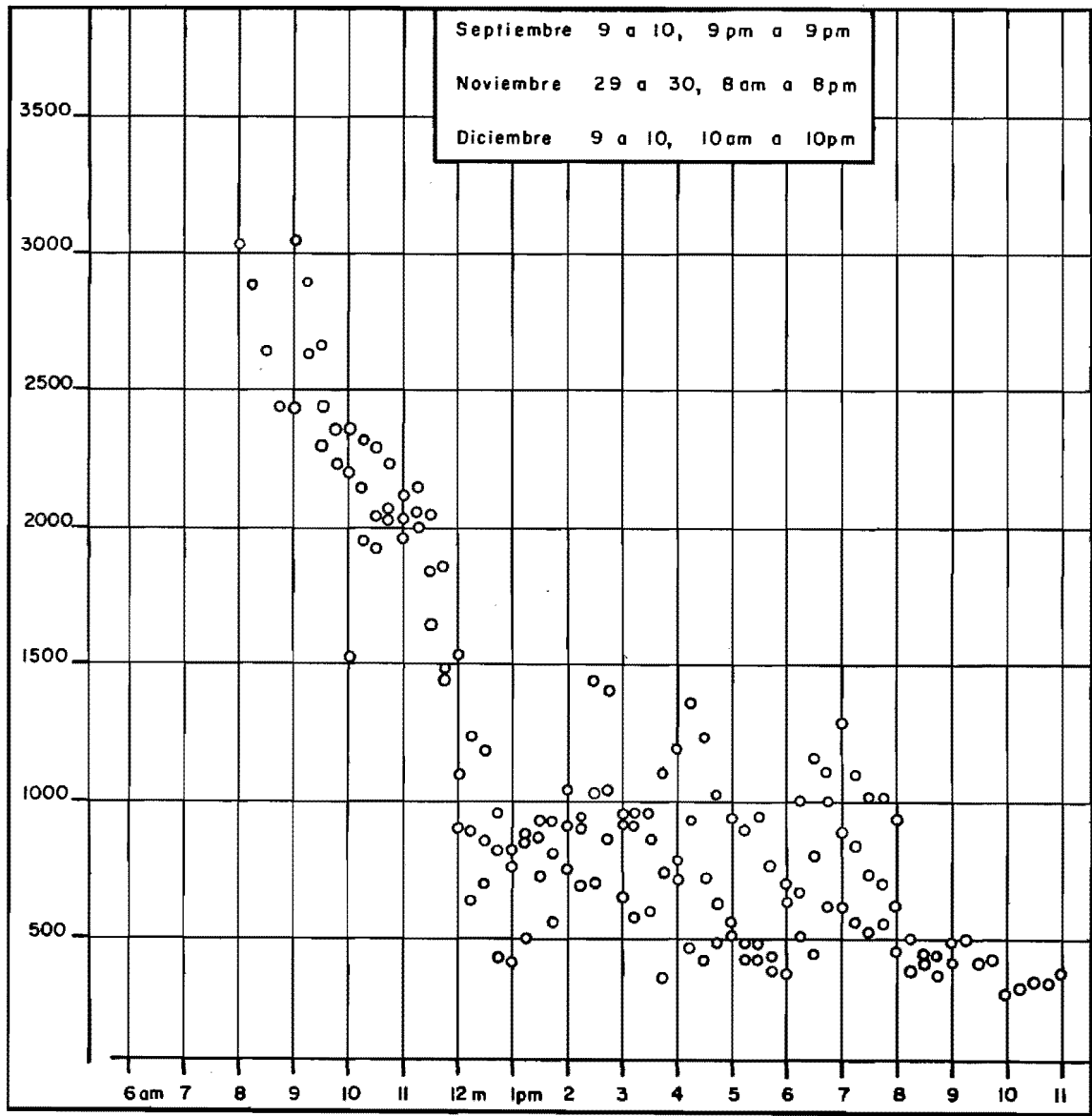


Figura N° 4 — Radiación observada con la sonda bloqueada en días de radiación baja.

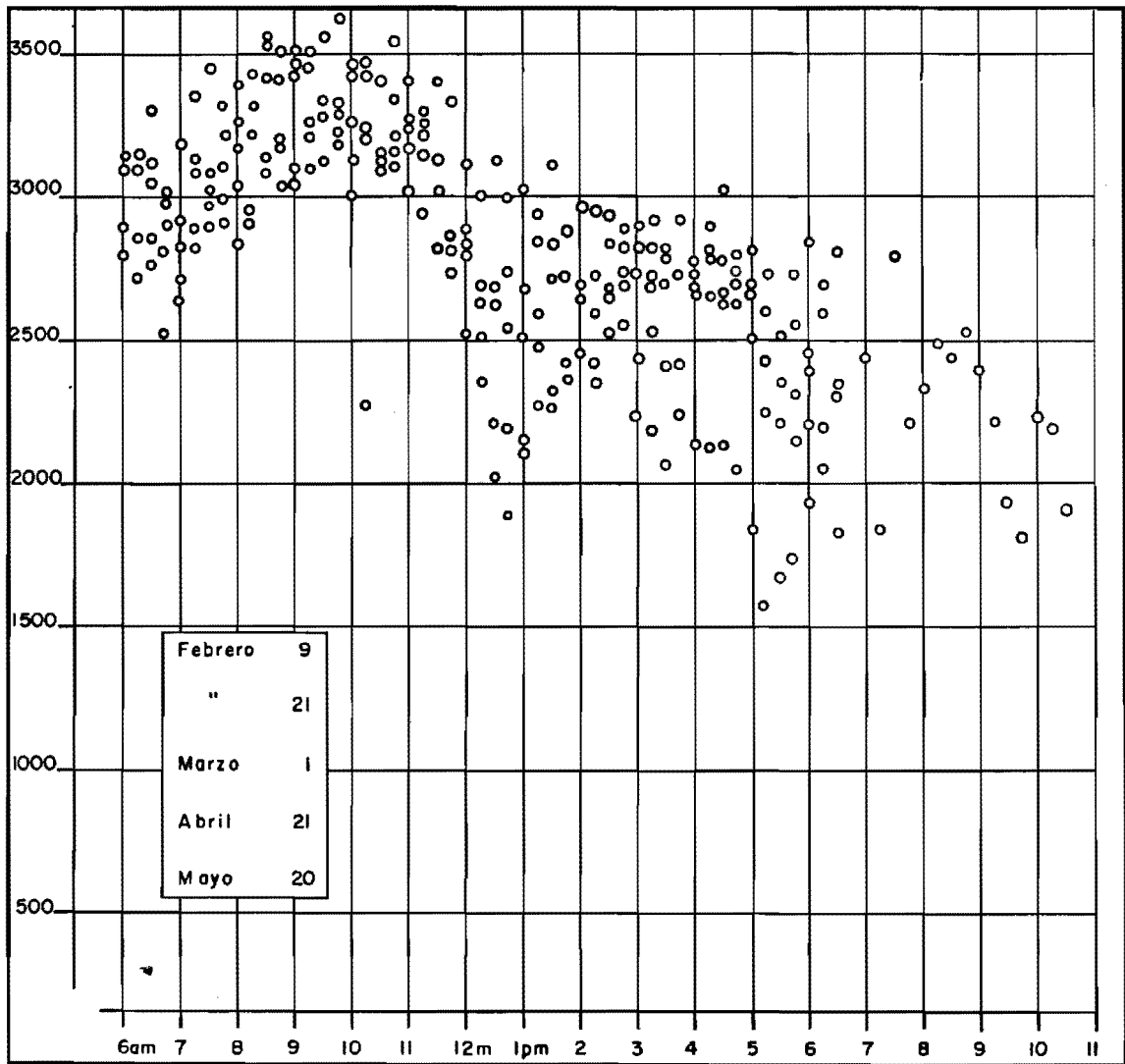


Figura Nº 5 — Observación con la sonda bloqueada. La radiación muestra las inflexiones características.

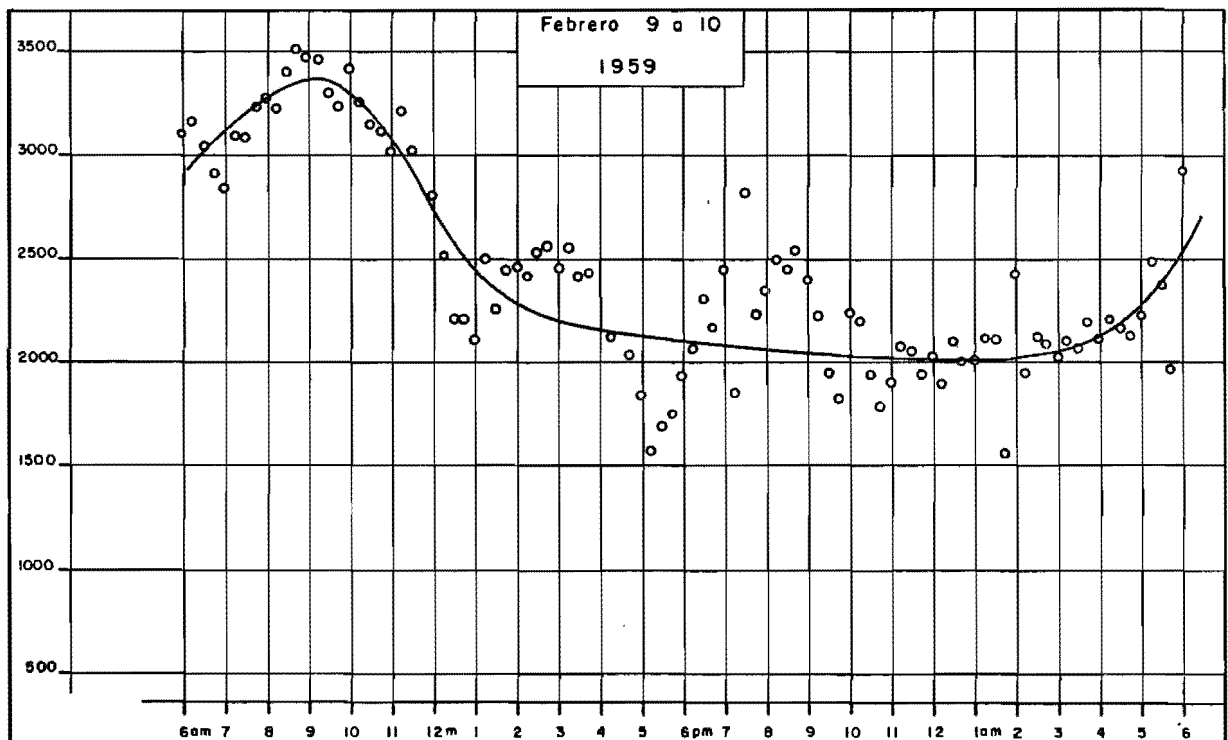


Figura Nº 6 — Curva de la variación de la radiación en 24 horas.

## RADIACION DIURNA Y NOCTURNA

Las medidas de la radiación durante las 24 horas, en esos días, fueron las siguientes:

Fecha		Díurnas. Impulsos en 12 horas.	Nocturnas. Impulsos en 12 horas.
Enero 9/58	(sin bloqueo)	173960	171202
Marzo 20/58	" "	148450	94162 (Equinoxio).
Junio 20/58	" "	97722	110274 (1ª vez más alto)
Sept. 10/58	(con bloqueo)	59578	21958 (Solsticio).
" 23/58	" "	89660	55084
Nov. 12/58	" "	87556	36956
" 21/58	" "	64024	33558
Dic. 10/58	" "	59574	34328
Enero 23/59	" "	59884	32050
Feb. 21/59	" "	146934	103760
Marzo 3/59	" "	140600	109026
Abril 2/59	" "	74560	99014 (2ª vez más alto)
Mayo 10/59	" "	143334	114612
" 12/59	" "	95798	78546
Junio 10/59	" "	115954	89068
" 21/59	" "	101920	97302 (Solsticio).
Julio 2/59	" "	90304	70158
" 10/59	" "	81400	80788
" 20/59	" "	84986	59680
Agosto 1/59	" "	60498	59036
		1976700	1550560
Disminución en la noche:			21.558%

Según la relación de las observaciones anteriores, tomadas en un lapso de tiempo considerable, y en distintas condiciones meteorológicas, con bloqueo y sin él, puede afirmarse que la radiación es mayor en el día que en la noche, argumento que sumamos a los anteriores, que hemos expuesto sobre la acción preponderante solar.

En los días 11, 12 y 13 de mayo todos los años se interpone entre la tierra y el sol, un enjambre de asteroides, de espesor más o menos variable, que en Europa se conoce con el nombre de los Santos de Hielo, San Mamerto, Pancracio y San Jervacio, porque es notoria la caída de la temperatura, fenómeno al cual se le ha dado esta explicación.

Mayo 1º de 1959	195000 impulsos en 15'
" 10 de 1959	192568 " " 15'
" 11 de 1959	154170 " " 15'
" 12 de 1959	173328 " " 15'
" 20 de 1959	239800 " " 15'

Hubo una caída considerable, acentuada en el día 11 razonablemente acorde con el fenómeno.

En general, la radiación durante las veinte y cuatro horas, sea alta o baja, sigue un ritmo bien definido, cualquiera que sea el día de la observación.

Como ejemplo, elegimos el día 9 de febrero del presente año, durante el cual, no hubo nada anormal, ni lluvia ni demasiado sol, solamente una ligera *calina*. La temperatura ambiente se mantuvo entre 13° y 17° C.

Las observaciones fueron las siguientes:

Fecha	Hora	Impulsos Total	15' Impulsos en	por segundo Impulsos
Febrero 9	5¼	00	00	00
	6 a. m.	3128	3128	3.47
	6¼	6292	3164	3.51
	6½	9364	3072	3.41
	6¾	12282	2918	3.24
	7 a. m.	15160	2878	3.19
	7¼	18260	3100	3.44
	7½	21370	3110	3.45
	7¾	24600	3230	3.58
	8 a. m.	27878	3278	3.64
	8¼	31116	3238	3.59
	8½	34564	3448	3.83
	8¾	37912	3348	3.72
	9 a. m.	41408	3496	3.88
	9¼	44904	3322	3.69
	9½	48226	3258	3.62
	9¾	51484		
	10 a. m.	54912	3428	3.80
	10¼	58172	3260	3.62
	10½	61364	3192	3.54
	10¾	64512	3148	3.49
	11 a. m.	67556	3044	3.38
	11¼	70806	3250	3.61
	11½	73838	3032	3.36
	11¾	76728	2890	3.21

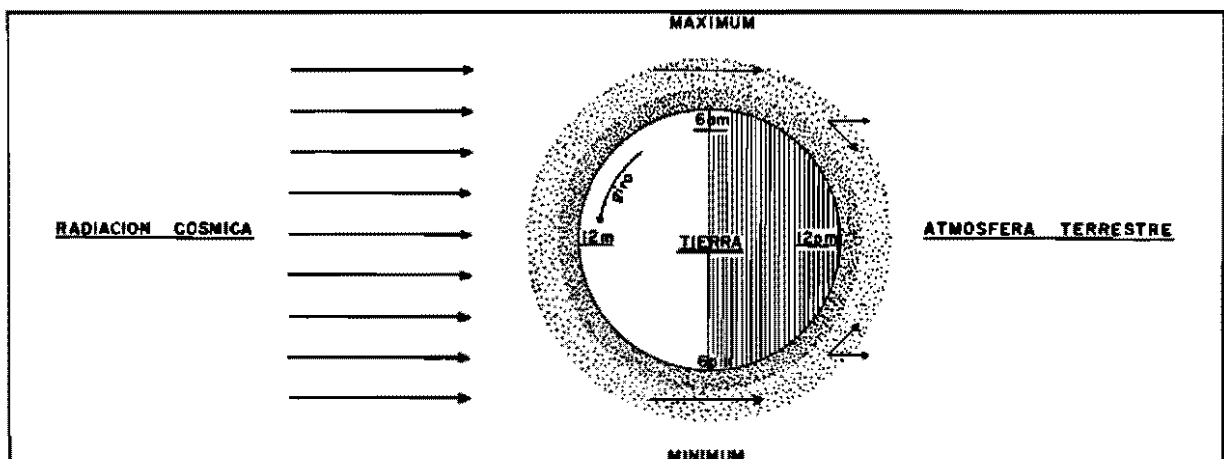


Figura Nº 7 -- Una explicación de la radiación nocturna.

Fecha	Hora	Impulsos Total	15' Impulsos en	por segundo Impulsos	Fecha	Hora	Impulsos Total	15' Impulsos en	por segundo Impulsos
Febrero 9	12 m.	79540	2812	3.12	Febrero 10	4 a. m.	219480	2052	2.28
	12¼	82054	2514	2.79		4¼	221620	2140	2.37
	12½	84266	2212	2.45		4½	223726	2106	2.34
	12¾	86472	2206	2.45		4¾	225928	2202	2.44
	1 p. m.	88608	2136	2.37		5 a. m.	228046	2118	2.35
	1¼ p. m.	91112	2504	2.78		5¼	230272	2226	2.47
	1½	93388	2276	2.52		5½	232468	2196	2.44
	1¾	95840	2452	2.72		5¾	234628	2160	2.40
	2 p. m.	98306	2466	2.74		6 a. m.	236858	2230	2.47
	2¼	100722	2416	2.68		6¼	239346	2488	2.76
	2½	103274	2552	2.83		6½	241740	2394	2.66
	2¾	105866	2592	2.88		6¾	243736	1996	2.21
	3 p. m.	108336	2470	2.74		7 a. m.	246698	2962	3.29
	3¼	110898	2414	2.68					
	3½	113312	2414	2.68					
	3¾	115734	2422	2.69					
	4 p. m.	117910	2176	2.41					
	4¼	120062	2152	2.39					
	4½	122234	2172	2.41					
	4¾	124312	2078	2.30					
	5 p. m.	126156	1844	2.04					
	5¼	127748	1592	1.76					
	5½	129442	1694	1.88					
	5¾	131206	1764	1.96					
	6 p. m.	133170	1964	2.18					
	6¼	135230	2060	2.28					
	6½	137544	2314	2.57					
	6¾	139740	2196	2.44					
	7 p. m.	142222	2482	2.75					
	7¼	144086	1864	2.07					
	7½	146930	2844	3.16					
	7¾	149178	2248	2.49					
8 p. m.	151554	2376	2.64						
8¼	154106	2552	2.83						
8½	156594	2488	2.76						
8¾	159164	2570	2.85						
9 p. m.	161582	2418	2.68						
9¼	163818	2236	2.48						
9½	165780	1962	2.18						
9¾	167800	2020	2.24						
10 p. m.	170076	2276	2.52						
10¼	172282	2206	2.45						
10½	174252	1970	2.18						
10¾	176038	1786	1.98						
11 p. m.	177950	1912	2.12						
11¼	180078	2128	2.36						
11½	182172	2094	2.32						
11¾	184164	1992	2.21						
Febrero 10	12 a. m.	186212	2048	2.27					
	12¼	188162	1950	2.16					
	12½	190278	2116	2.35					
	12¾	192296	2018	2.24					
	1 a. m.	194322	2026	2.25					
	1¼	196464	2142	2.38					
	1½	198592	2128	2.31					
	1¾	200186	1594	1.77					
	2 a. m.	202620	2434	2.70					
	2¼	204616	1996	2.21					
	2½	206786	2170	2.41					
	2¾	208928	2142	2.38					
	3 a. m.	210980	2052	2.28					
	3¼	213120	2140	2.37					
	3½	215226	2106	2.34					
	3¾	217428	2202	2.44					

Valor medio = 2.67

De acuerdo con las observaciones, se trazó la curva de la figura 6 que muestra como varía la radiación en las veinte y cuatro horas. Se puede apreciar el máximum entre las 8 y 9 de la mañana y un mínimum entre las doce y la una de la madrugada del día 10. Es visible que la radiación o sus impulsos son más altos en el día que en la noche, y como el mismo fenómeno se muestra en la curva de cualquier día, teniendo en cuenta todas las consideraciones que hemos expuesto y la presente, se puede concluir que existe una dirección en la radiación cósmica hacia la tierra, y ésta es la del sol.

Es indudable que recibimos radiaciones de otros soles, pero la cercanía del nuestro, fuente formidable, que no solamente nos irradia luz y calor, sino rayos gama, fotones o electrones de altísima energía, que se producen al mismo tiempo que aquellas, en la reacción intra-atómica, que la Astrofísica ha llegado a demostrar.

En el aniquilamiento de la materia, los positrones y negatones no se desvancen, el uno en el otro, en el infinito, sin irradiar rayos gama. La conversión del Helium en Hidrógeno y la de éste en aquél, las autosíntesis de la materia y la degradación de la misma, por saltos sucesivos de números atómicos, son las fuentes colosales de la energía sideral, de todos los soles que ruedan en el espacio.

Campos magnéticos, campos electrostáticos, pueden ser origen de los rayos cósmicos, pero es necesaria la demostración experimental, porque en tratándose de la energía y de su forma material, la experimentación es la única base del conocimiento.

La radiación presenta variaciones muy marcadas, además de las horarias que hemos indicado.

Parecía que la radiación conservara cierta regularidad en su amplitud, algo semejante a las mareas atmosféricas, que aquí en Bogotá son de un ritmo sorprendente. Las horas trópicas se suceden de la misma manera por violentos que sean los cambios meteorológicos.

Los rayos cósmicos, de cierta frecuencia en un día, al otro, muestran valores muy diferentes. Un sol brillante, y cielo azul, caracterizan radiaciones de baja frecuencia. En un día lluvioso o nublado la radiación es intensa. En una semana, en un mes, la radiación desciende, para subir en el siguiente, pero las oscilaciones diarias, por alta o baja que sea la radiación, siempre dejan ver su periodicidad. Si existen oscilaciones mensuales y anuales, si las posiciones de la tierra con rela-

ción al sol tienen influencia y causas hoy desconocidas intervienen en las variaciones de los cósmicos, es problema que no puede resolverse sino mediante una larga observación, con varios instrumentos convenientemente orientados y en sitios diferentes. Así, por ejemplo: parece que en los Solsticios la radiación es más baja.

Como un ejemplo de los casos observados, en las variaciones por influencia del estado higrométrico, citamos el siguiente:

El día primero de octubre fue un día despejado, sin una sola nube por varias horas y la radiación fue muy baja. El nueve del mismo mes, época del Cordonazo<sup>1</sup> cayó uno de los más torrenciales aguaceros, y al mismo tiempo se desencadenó una violenta tempestad, hacia las dos de la tarde. El resultado de las medidas fue el siguiente:

Hora	Frecuencia de la radiación en 15' Octubre 1/58	Frecuencia de la radiación en 15' Octubre 9/58	Diferencias a favor del día lluvioso
2 p. m.	470	2252	1782
2¼	272	2652	2380
2½	474	2374	1900
2¾	586	2286	1700
3 p. m.	558	2224	1666
3¼	532	2340	1808
3½	588	2428	1840

Estas diferencias, solamente se presentan en casos excepcionales, pero en general, se observa, salvo otras variaciones accidentales, que a días despejados corresponden curvas bajas y a nublados y lluviosos, curvas altas.

La Figura N<sup>o</sup> 7, nos sirve para explicar la curva de la figura N<sup>o</sup> 6 que es la forma de la radiación en las veinticuatro horas. Si suponemos que por el impacto de los rayos cósmicos con la atmósfera terrestre, no se produjera ninguna radiación secundaria, y solamente la ra-

<sup>1</sup> En estos días, generalmente caen lluvias muy fuertes, casi siempre acompañadas de tempestad. Al alhuacero del 6 y el 8 el pueblo lo llama el *Cordonazo de San Francisco*.

diación penetrante o dura llegara hasta la tierra, y siendo rectilínea la radiación, como la luz y los rayos X, se registraría un flujo constante, solamente durante el día. Pero existiendo la atmósfera que rodea a la tierra y girando ésta con aquélla, y produciéndose la radiación secundaria por el choque con los átomos de la atmósfera necesariamente habrá un máximum hacia las seis de la mañana, que declinará regularmente, a medida que las moléculas de la atmósfera en su rotación, se alejen del flujo cósmico incidente.

Por otra parte, el fenómeno de las lluvias cósmicas, que se producen al mismo tiempo, hacen que las radiaciones contornien la tierra durante la noche. Así, después de las seis de la tarde, las radiaciones secundarias se hacen presentes y en esta misma forma, después de las doce de la noche, las producidas en las zonas del amanecer, impresionan los aparatos. Esta explicación se deduce de la forma de la curva que se ha proyectado anteriormente.

La Figura 8 (Trazo superior), es el registro de la radiación durante el año pasado y lo corrido del presente. Desde el mes de agosto de 1958 se continuaron las observaciones con el bloque de 40 centímetros de plomo. Se pone de manifiesto que la radiación con la sonda libre es mucho más alta.

Algunos cambios bruscos son muy notorios, como el ocurrido en los días de los Santos de Hielo o de las Leónidas, en que en un solo día, cayó bruscamente, posiblemente debido al hecho que anotamos, por absorción de los asteroides.

El trazado inferior corresponde a la cantidad de agua caída en el sitio donde está instalado el aparato (Casa de Moneda), durante el mismo período de tiempo. Llama la atención el paralelismo. En los meses de mayor verano, cuando la escasez del agua obligó a racionar la energía eléctrica, la altura de la parte correspondiente de la curva de la irradiación cósmica hacia octubre, noviembre, diciembre y enero, fue mínima. Esto confirma las observaciones parciales que ya anotamos. En los días de grandes lluvias las curvas fueron altas.

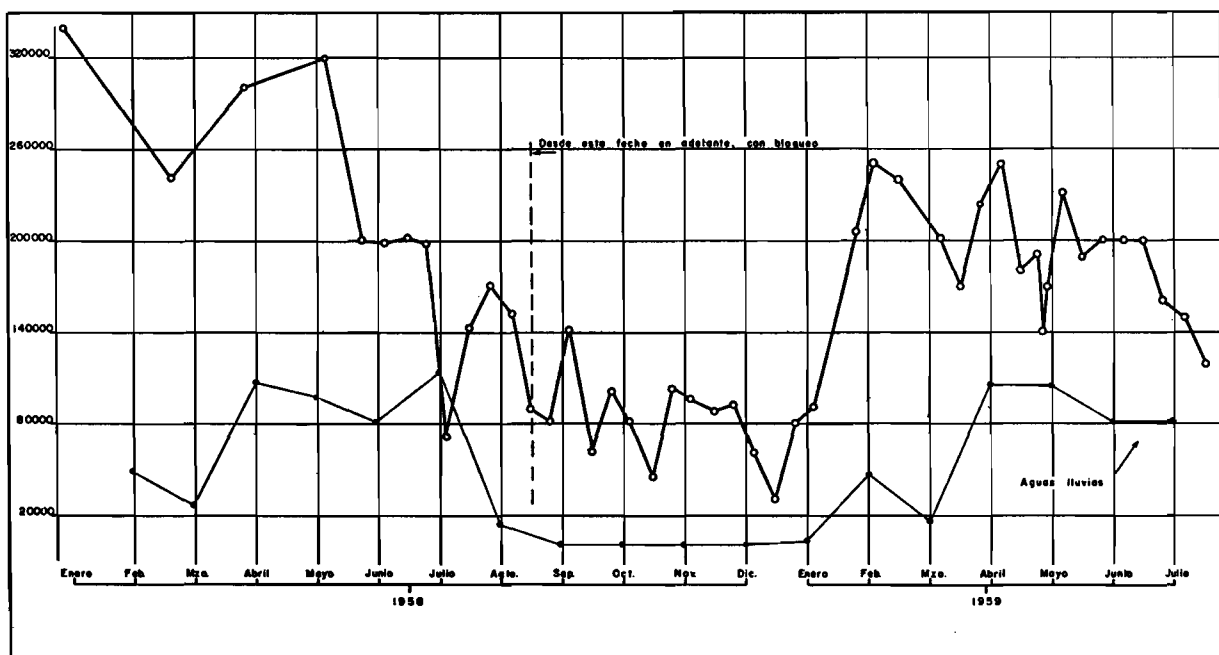


Figura N<sup>o</sup> 8 — Curvas de la radiación cósmica y de la lluvia caída en un año.