

# **SATELITES METEOROLOGICOS**

**Por: CLEMENTE GARAVITO BARAYA**

*Artículo del Boletín de la  
Sociedad Geográfica de Colombia  
Número 98, Volumen XXVI  
Segundo Trimestre 1968*

## **1. INTRODUCCION**

**E**

l hombre desde las épocas más remotas ha venido preocupándose por los cambios del estado del tiempo; por conocer el ciclo y comienzo de las estaciones; primavera, verano, otoño, invierno; las temporadas de lluvias; los cambios de temperatura. Ha reformado el calendario en diferentes épocas, con el objeto de acomodarlo a los ciclos climatológicos. Con este fin Julio César, reformó el calendario, en el año 47 A. J. C.

El Papa Gregorio XIII, ordenó que el 4 de octubre de 1582, se llamara 15 de octubre, pues el equinoccio de primavera se había anticipado 10 días, el cual debería ocurrir el 21 de marzo, como había sucedido en la época del Concilio de Nicea en el año 325.

A pesar del avance científico de la humanidad y de poder predecir con gran precisión los cambios del estado del tiempo; en el trópico se presentan grandes irregularidades en las lluvias, en unas ocasiones deficientes, en otras excesivas; altas temperaturas y heladas constituyen un flagelo en la zona tropical.

La presencia de los satélites, surcando la ionósfera, como los satélites Tiros y Nimbus nos ha venido a suministrar datos científicos por medio de los delicados instrumentos de que están equipados. Envían a la tierra, por televisión, fotografías de nubes, hielo en el mar, capas de nieve, el resplandor del sol, con fondo del paisaje geográfico. Sus radiómetros

miden la radiación solar absorbida y reflejada por la atmósfera y albedo terrestre.

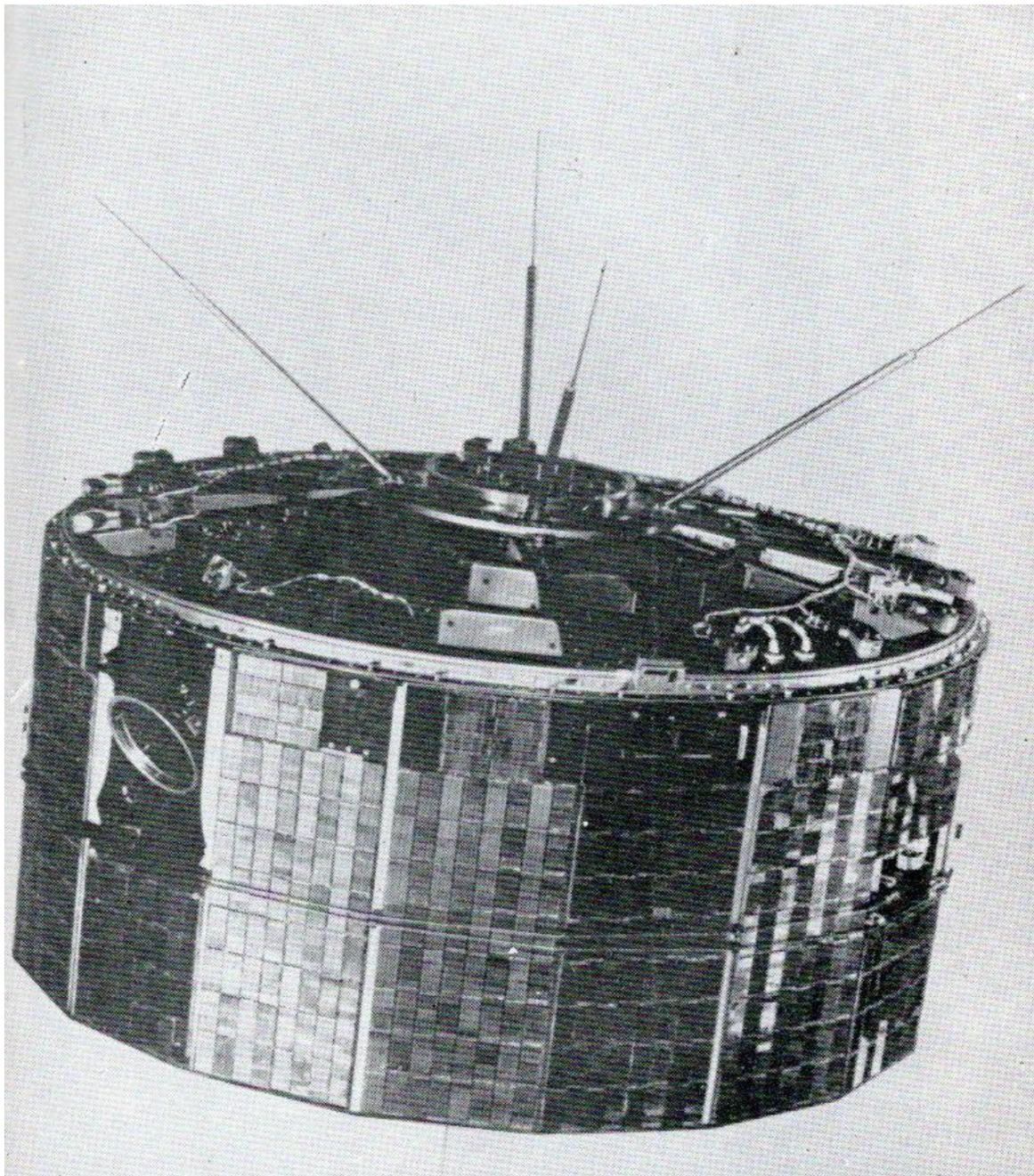
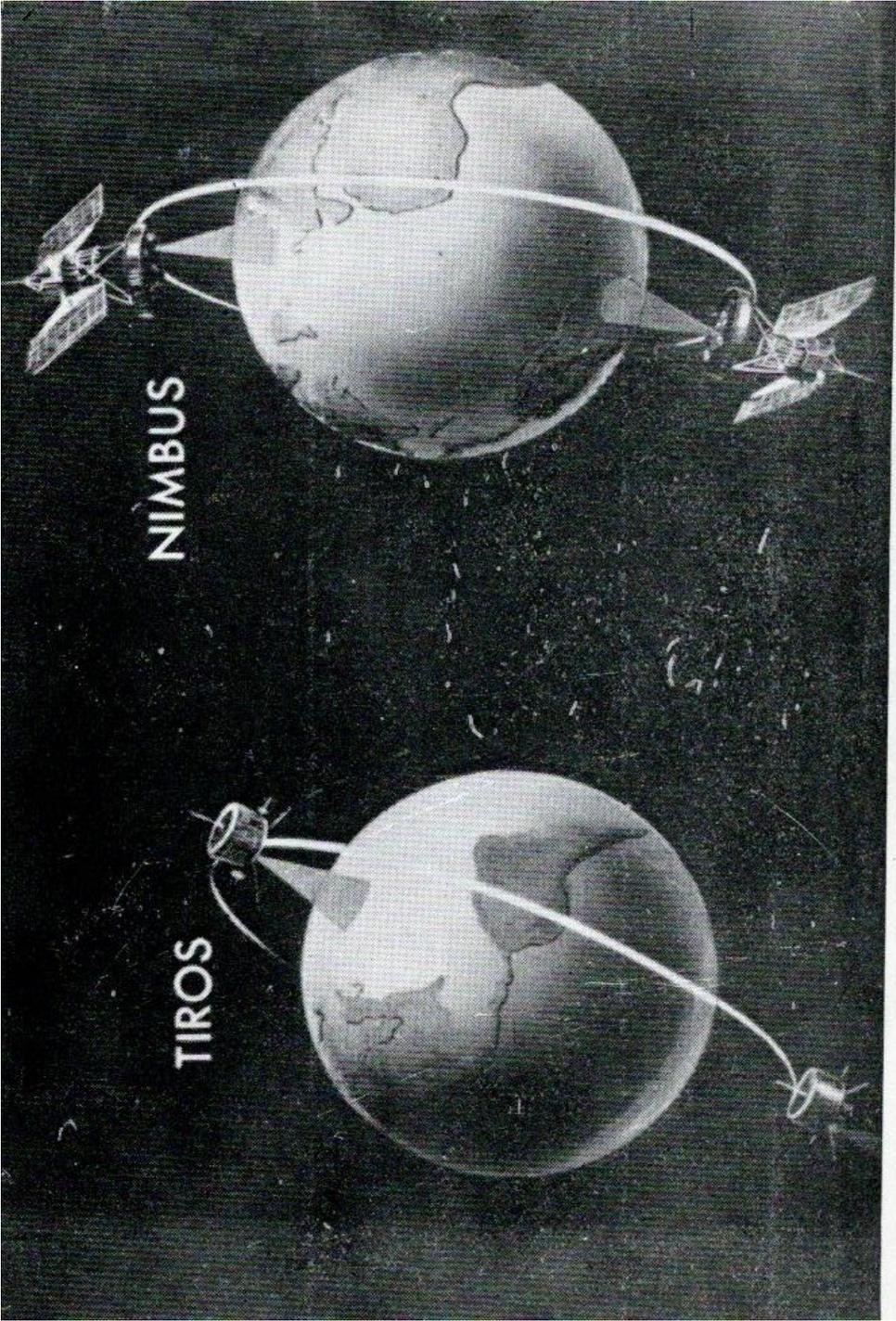


FIG. 1

PRIMER SATELITE OPERACIONAL METEOROLOGICO  
(1.966)



ORIENTADO SIEMPRE  
EN LA MISMA DIRECCION

FIG 2

ORIENTADO SIEMPRE  
HACIA LA TIERRA

## **2. SATELITES METEOROLOGICOS**

El satélite por medio de sus cámaras de televisión nos informa sobre la estructura de las tormentas; el origen, formación y desplazamiento de los ciclones que azotan tantos lugares de la tierra.

Poseen asimismo sensores de radiación que constan de cuatro hemisferios de aproximadamente 2.5 centímetros de diámetro, montados sobre superficies pulimentadas. Un grupo de estos hemisferios, uno negro y otro blanco, están colocados sobre cada lado del satélite. Debido a la rotación del satélite, cada hemisferio adquiere la temperatura de una esfera aislada en el espacio a la altitud de la órbita del satélite. El hemisferio negro absorbe la mayoría de la radiación incidente mientras que el blanco refleja la mayor parte de la radiación en onda corta y absorbe la de longitud de onda mayor de  $4\mu$ . La diferencia de la radiación solar directa de los dos hemisferios se usa para deducir el albedo terrestre y la radiación total emitida que llega al satélite.

Las fotos de las nubes se utilizan para completar los análisis sinópticos de aquellas zonas despobladas de la tierra y de los océanos donde no se pueden hacer observaciones meteorológicas.

Los satélites por medio de su radiómetro en diferentes canales suministran los siguientes datos:

### **Canal Banda detectada**

1	6.0 a 6.5 $\mu$	Detecta la radiación de la banda fundamental del vapor de agua. Está destinado a medir la temperatura del vapor de agua en una capa a una altitud promedio algo menos de la troposfera (400 mb). La altitud a la cual corresponde la temperatura medida varía con la distribución vertical del vapor de agua.
2	8.0 a 12 $\mu$	La información incluye:  a) Detección de la cubierta nubosa, especialmente de noche. b) Medida de las temperaturas de la parte superior de las nubes y c) Medida de la temperatura superficial, o gradiente de

temperatura en áreas libres de nubosidad.

3	0.2 a 6.0 $\mu$	Medición del albedo terrestre.
4	7 a 30.0 $\mu$	Mide el total de la radiación infrarroja emitida por la tierra y su atmosfera.
5	0.5 a 0.75 $\mu$	Mide la radiación solar reflectada en la parte roja del espectro visible.

## 2.1 NUBES

En los primeros 10 Km. De la atmosfera, zona de la troposfera, las nubes formadas por la condesación del vapor de agua, se clasifican de la siguiente forma.

<b>Piso</b>	<b>Nubes</b>	<b>Regiones Templadas</b>	<b>Regiones Tropicales</b>	<b>Regiones Polares</b>
<b>Bajo</b>	Stratocúmulos Stratus Cúmulos Cúmulonimbus	Desde la superficie de la Tierra Hasta 2 Km	Desde la superficie de la Tierra Hasta 2 Km	Desde la superficie de la Tierra Hasta 2 Km
<b>Medio</b>	Altocúmulos Altostratus Nimbostratus	De 2-4 Km	De 2-7 Km	De 2-8 Km
<b>Alto</b>	Cirrus Cirroscúmulos Cirrostratus	De 3-8 Km	De 5-13 Km	De 6-18 Km

El satélite envía por televisión la posición y clase de nubes e, igualmente la formación y desplazamiento de ciclones y tornados.

## 2.2 CAPAS ATMOSFERICAS

La atmosfera terrestre está compuesta de las siguientes capas:

	Kmts.	
Tropósfera	0 - 11	Tropopausa
Estratósfera	11 - 32	
		Estratopausa
Chesmósfera	32 - 80	
		Chemopausa
Ionósfera	80 - 400	
		Ionopausa
Mesósfera	400 - 1000	
		Mesopausa
Exósfera	> 1000	

Composición de las primeras capas de la atmósfera:

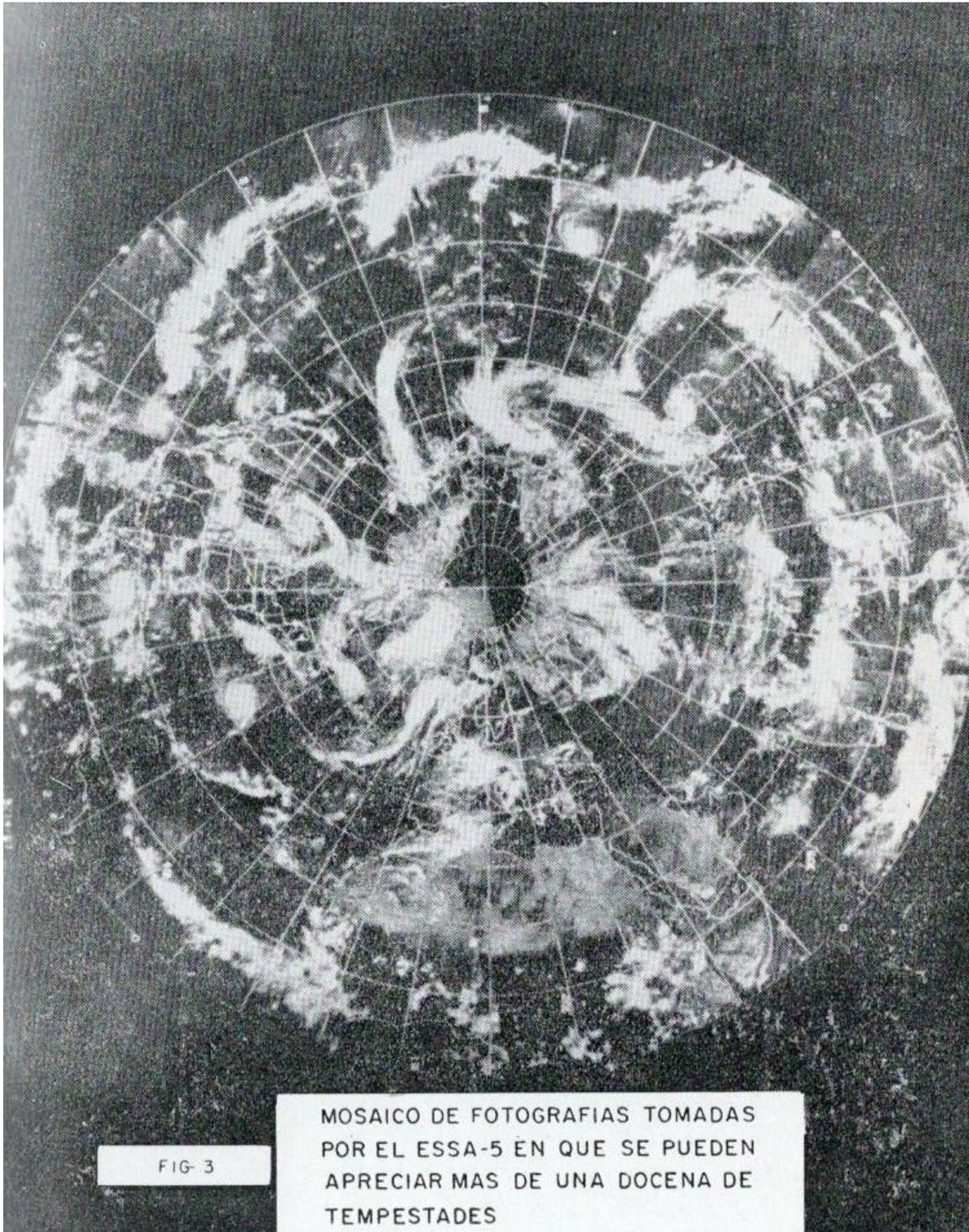
Nitrogeno	78%
Oxigeno	21%

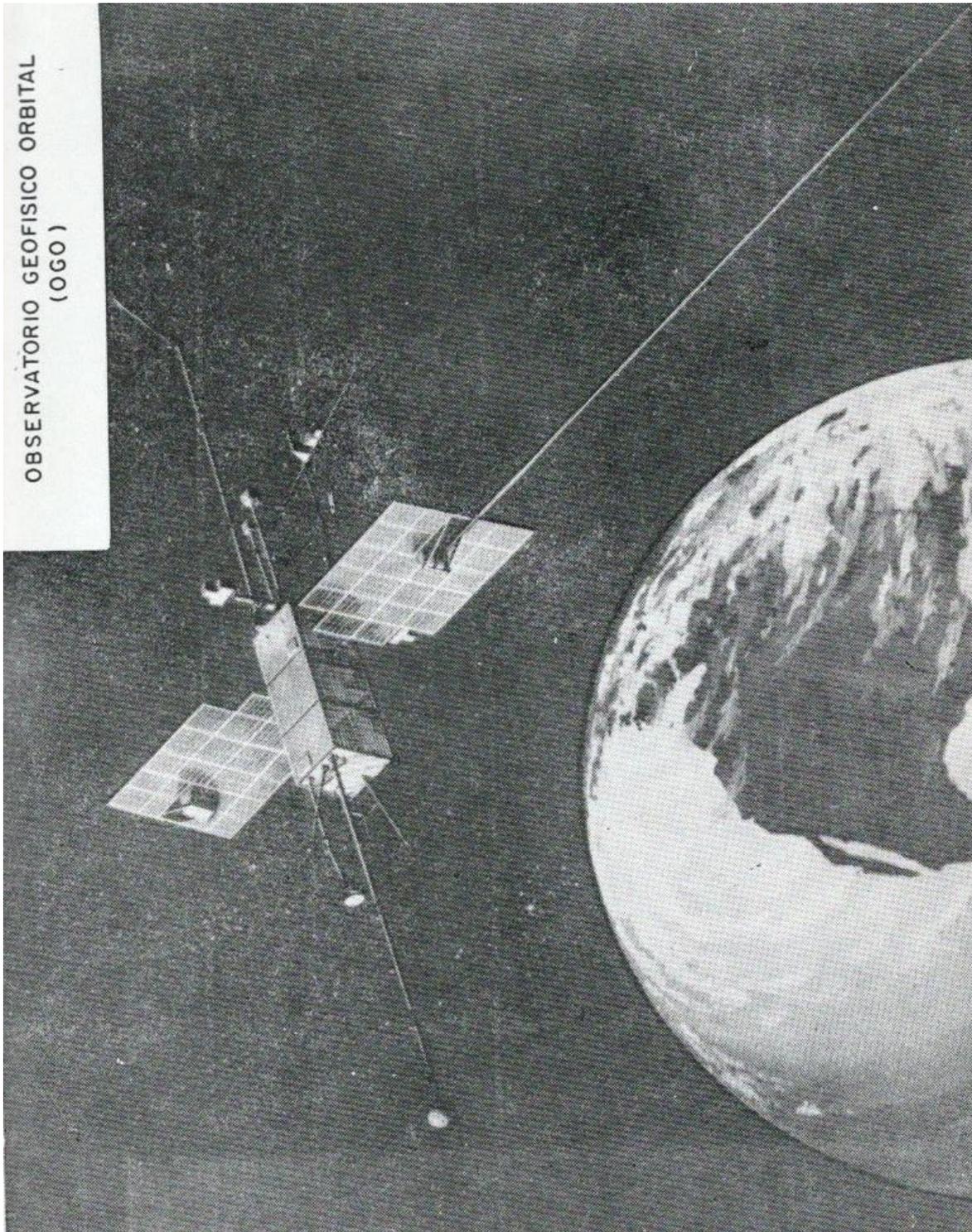
Argón, Carbón, Neón, Helio, Kryptón, Hidrogeno, Xenón, Ozono, Radón 1% y Vapor de agua.

### **2.3 RADIACION SOLAR**

Siendo el sol la única fuente exterior de energía que incide y atraviesa la atmósfera y que por causa de la oblicuidad de la eclíptica, determina la zona tórrida o tropical azotada por los cambios meteorológicos inesperados, veremos el comportamiento de la radiación solar y cómo lo detecta y mide el satélite.

El sol es considerado como un cuerpo negro a 6.000° k. La tierra recibe de él su calor, por lo tanto para hacer un estudio de la temperatura de la tierra y de la atmósfera, de sus efectos y variaciones, es necesario hacer un balance entre la radiación solar llegada a la tierra y la emitida por ésta.





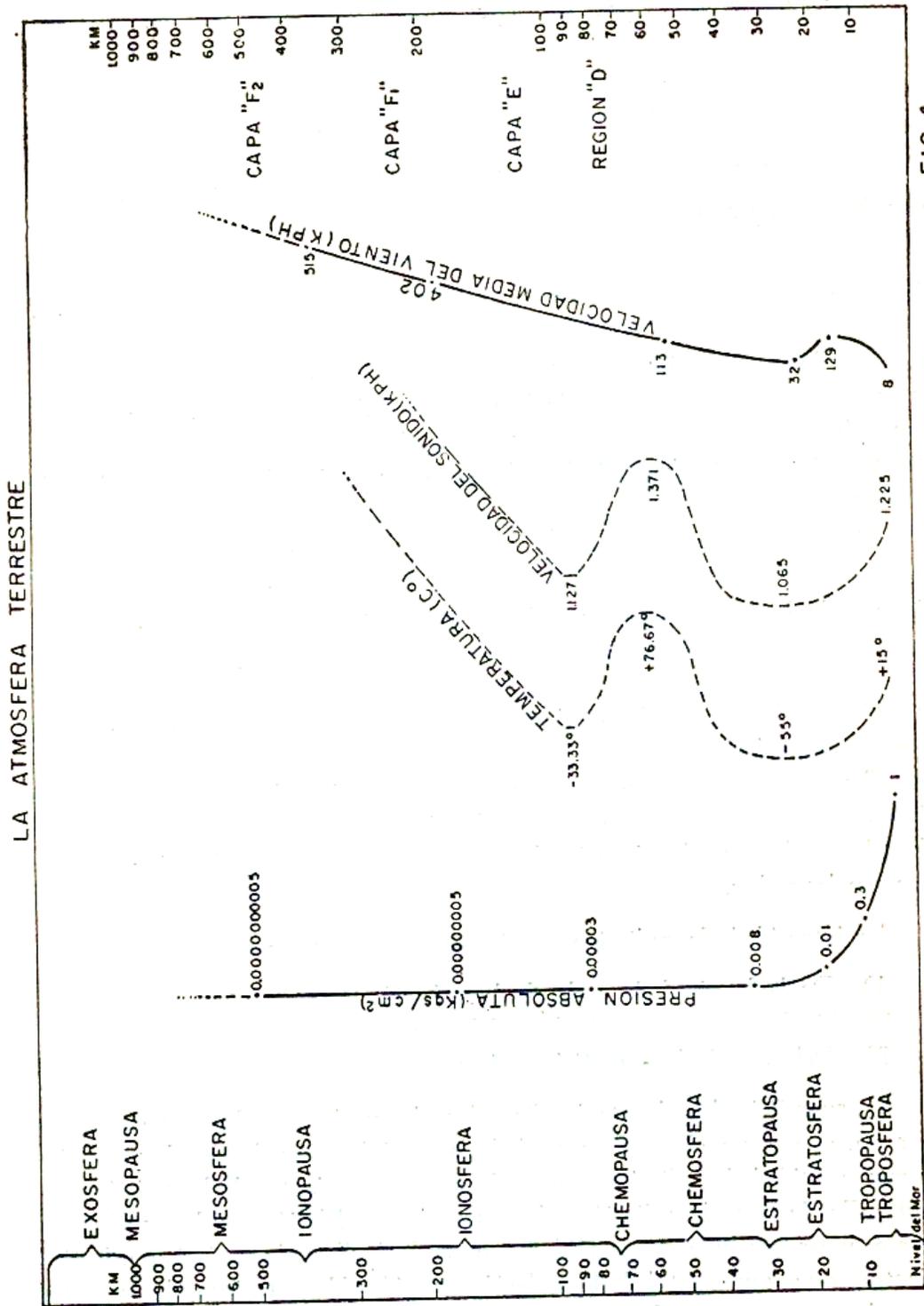


FIG. 4

*Cuerpo Negro.* — Es aquel que emite para cada longitud de onda la mayor cantidad de energía a una temperatura dada. El término "cuerpo negro" no es exacto porque parece implicar la noción de color. Es así que ciertos cuerpos que no son negros pueden irradiar como cuerpos negros: por ejemplo, se dice que la nieve irradia como un cuerpo negro; lo mismo acontece con las nubes.

La intensidad de radiación emitida por el cuerpo negro, depende:

- 1) De la longitud de onda de la radiación,
- 2) De la temperatura absoluta del cuerpo,
- 3) Del área de la superficie emisora.

La superficie del planeta irradia calor al espacio. Sucede, que el vapor de agua, que es un elemento normal de la atmósfera, puede absorber y emitir gran cantidad de radiaciones en onda larga provenientes de la emisión terrestre. Por lo tanto la radiación solar está sujeta a difusión por las moléculas de aire y las partículas suspendidas, resultando la llamada radiación celeste, mientras que, una cantidad de reflexión considerable, proviene de las nubes, nieve y agua superficial. La atmósfera es atravesada entonces, por un conjunto de rayos, algunos de los cuales pasan a través de ella con pequeña absorción, pero están sujetos a considerable dispersión y reflexión; otros, especialmente aquellos comprendidos entre los de onda larga o "radiación negra", son absorbidos y reemitidos continuamente. La complejidad del problema consiste en que el estado de la atmósfera varía mucho e irregularmente por efecto de las nubes, del contenido del vapor de agua y de la fluctuación atmosférica.

La radiación que pasa a través de la atmósfera afecta las condiciones meteorológicas en virtud de su poder de transmitir energía al aire y a la tierra. Tal energía se manifiesta, en primera instancia, como calor. El problema meteorológico radica en el hecho de que la radiación no es monocromática y la absorción por parte de la atmósfera varía considerablemente con la longitud de onda y particularmente con las inevitables variaciones del medio.

*Unidades.* — La "intensidad de radiación" se define como la cantidad de energía recibida

por unidad de tiempo en una unidad de superficie y puede entonces expresarse como ergios  $\text{cm}^2 \times \text{seg}$  o sea:

$$\text{Igeal} \times \text{cm}^{-2} \times \text{min}^{-1} = 4.19 \times 10^7 \text{ erg} \times \text{cm}^{-2} \times \text{min}^{-1} = 6.97 \times 10^{-2} \text{ watt} \times \text{cm}^2$$

*Leyes de Kirchhoff.* — La razón de la potencia emisiva (intensidad de la radiación emitida) a la absorvidad fracción de radiación absorbida) de un cuerpo, es una función universal de la longitud de onda y de la temperatura absoluta.

Para un cuerpo negro, esta razón es igual a la potencia emisiva. Se sigue, que, cada cuerpo absorbe radiación de exactamente aquellas longitudes de onda que es capaz de emitir a la misma temperatura. La naturaleza o intensidad de la radiación de un cuerpo negro, depende solamente de la temperatura absoluta del cuerpo.

*Radiaciones en onda corta y onda larga.* — La máxima intensidad de los rayos solares ocurre alrededor de  $0.5 \mu$  y la mayoría de la emisión total del sol está contenida entre  $0.15 \mu$  y  $4.0 \mu$ , La superficie de la tierra es considerada como un cuerpo negro a  $288^\circ\text{K}$ . y la máxima intensidad se presenta en longitudes de onda de alrededor de  $10 \mu$ . Entonces, como los dos rangos no se superponen, es necesario hacer una distinción entre la radiación solar de onda corta y la radiación terrestre de onda larga.

Alrededor del 51% de la radiación solar alcanza la superficie, así: en forma directa el 34% y como radiación celeste difundida el 17%; el 49% se pierde en el espacio por reflexión directa de las nubes, atmósfera y superficie terrestre, un 14% es absorbido por la atmósfera. Entonces el 51% de la energía original debe ser reemitida por la superficie de la tierra y la atmósfera, como una radiación en onda larga, para mantener el equilibrio.

DIAGRAMA REPRESENTATIVO  
 DE LA RADIACION SOLAR EMITIDA HACIA LA TIERRA

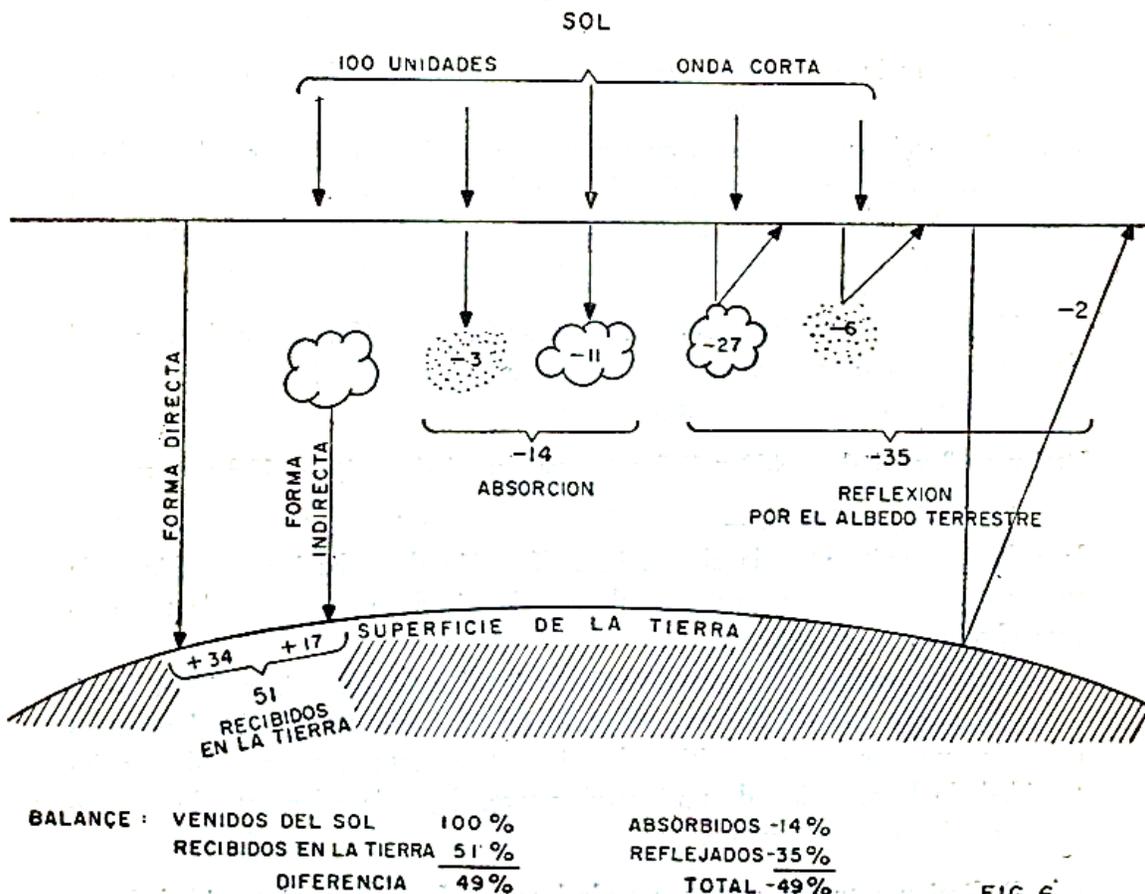


FIG. 6

### CONSTANTE SOLAR

Las medidas de la radiación solar se expresan a menudo en términos de la constante solar, definida como la intensidad de radiación del sol a su distancia media de la tierra y suponiendo la ausencia de atmósfera. En la práctica, la constante solar se considera, como la intensidad de los rayos solares en el límite superior de la atmósfera terrestre y se obtiene por interpolación de medidas hechas en estaciones de gran altitud. El valor aceptado de la constante solar es:

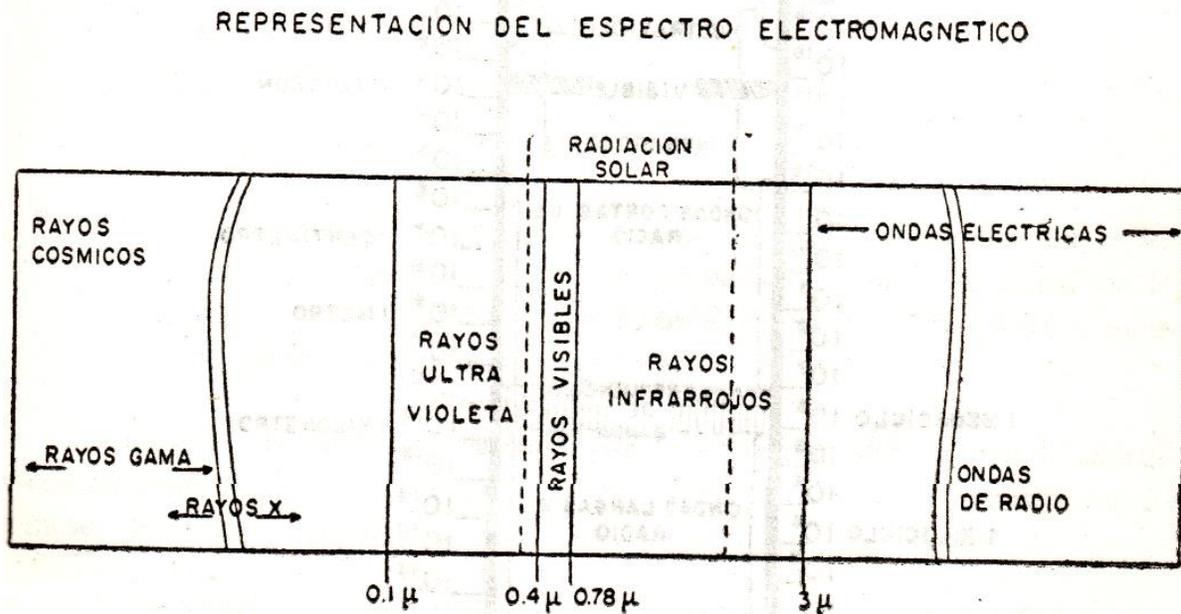
$$I = 1.94 \text{ cal} \times \text{cm}^{-2} \times \text{min}^{-1}$$

## ESPECTRO SOLAR

Las observaciones muestran, que la mayoría del espectro solar está restringido a longitudes de ondas comprendidas entre  $0.3$  y  $2 \mu$ .

Radiaciones de longitud de onda menor de  $0.36 \mu$  son llamadas usualmente ultravioletas.

Algunas bandas de absorción son causadas por los componentes de la atmósfera terrestre. La casi total ausencia de radiación cuya longitud de onda sea menor de  $0.3 \mu$  se atribuye a la presencia del ozono, que tiene una banda marcada de absorción entre  $0.2$  y  $0.32 \mu$  y al oxígeno en la atmósfera superior. De los componentes restante de la atmósfera, el  $\text{CO}_2$  tiene dos pequeñas bandas de absorción de  $2.3$  a  $3.0 \mu$  y de  $4.2$  a  $4.4 \mu$  y en consecuencia tiene poco efecto en el espectro total. El oxígeno absorbe también de  $69 \mu$  y de  $0.76 \mu$  pero estas bandas son muy angostas. La absorción principal se debe al vapor de agua, con bandas en  $0.72$ ,  $0.81$ ,  $0.94$ ,  $1.13$ ,  $1.37$  y  $1.89 \mu$  y anchas bandas centrales en  $1.01$  y  $2.03 \mu$ . Por tanto, alrededor de la mitad de la energía recibida del sol, es en forma de luz visible; más o menos  $40\%$  está en la región infrarroja del espectro.



Se estima que para luz ultravioleta, menor de  $0.36 \mu$ , más o menos el 38% alcanza la superficie desde un sol zanal, pero solamente una cantidad despreciable (0.04%) se recibe o llega cuando la elevación del sol es de  $7^\circ$ .

*Radiación Celeste.* La tierra recibe calor, no solamente del sol en forma directa, sino también de la radiación en onda corta difundida por el aire y los elementos constituyentes de la atmósfera. Tal radiación, por difusión, constituye una fuente muy importante de calor para la superficie terrestre, particularmente en las latitudes altas, donde la intensidad de la radiación solar se disminuye considerablemente en los meses de invierno. En las latitudes medias, se estima que la radiación por difusión es alrededor del 30% o el 40% de la intensidad solar directa.

EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

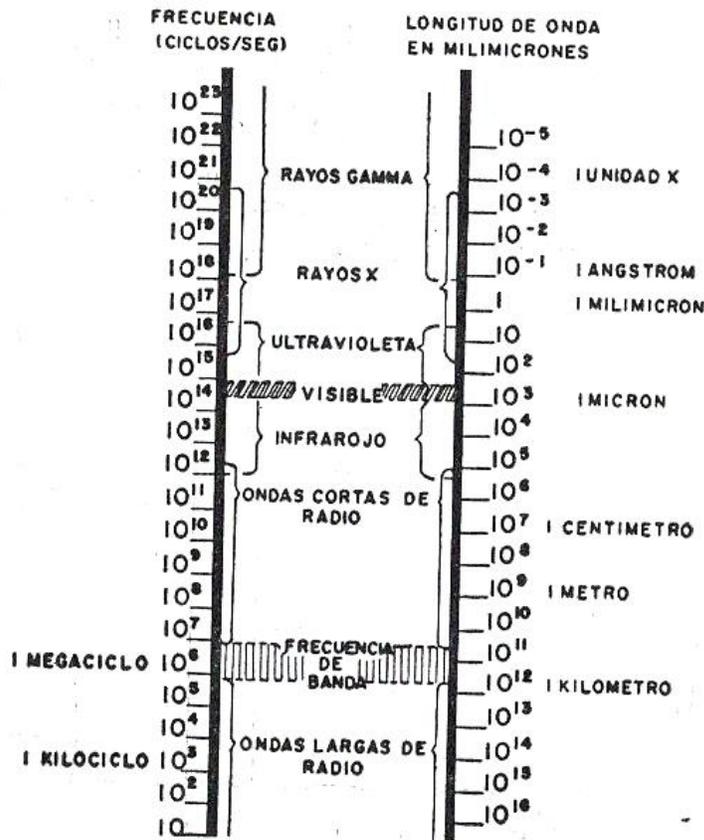


FIG. 8

*Radiación en Onda Larga.* — Como la tierra, su superficie y su atmósfera, no puede ganar ni perder calor en una rata apreciable, la cantidad de energía recibida debe ser igual a la emitida.

*Reflexión de la radiación de onda corta (Albedo)\**

Una cantidad considerable de la radiación en onda corta, se difunde por reflexión y dispersión en el espacio. Las superficies reflectantes más efectivas son: las nubes, las capas de nieve, el hielo, el agua, como también, la arena, el suelo mismo, la vegetación, etc.

*Intensidad local de la radiación solar.* — Si  $I$  es la intensidad de la radiación solar y su elevación angular es  $h$ , se tendrá que la intensidad local de la radiación es:

$$I' = I \text{ sen } h.$$

Siendo  $h$  una función de la latitud del lugar  $\phi$ , de la declinación del sol  $\delta$  y del ángulo horario  $\tau$ , podemos expresar! la relación anterior en la siguiente forma:

$$I = I (\text{Sen } \phi \text{ sen } \delta + \text{Cos } \phi \text{ Cos } \delta \text{ Cos } \tau)$$

De aquí se ve claramente que la intensidad de la radiación solar está sometida a 3 tipos de variación:

1. Variación lotitudinal (  $\phi$  )
2. Variación anual (  $\delta$  )
3. Variación según la duración del día (  $\tau$  )

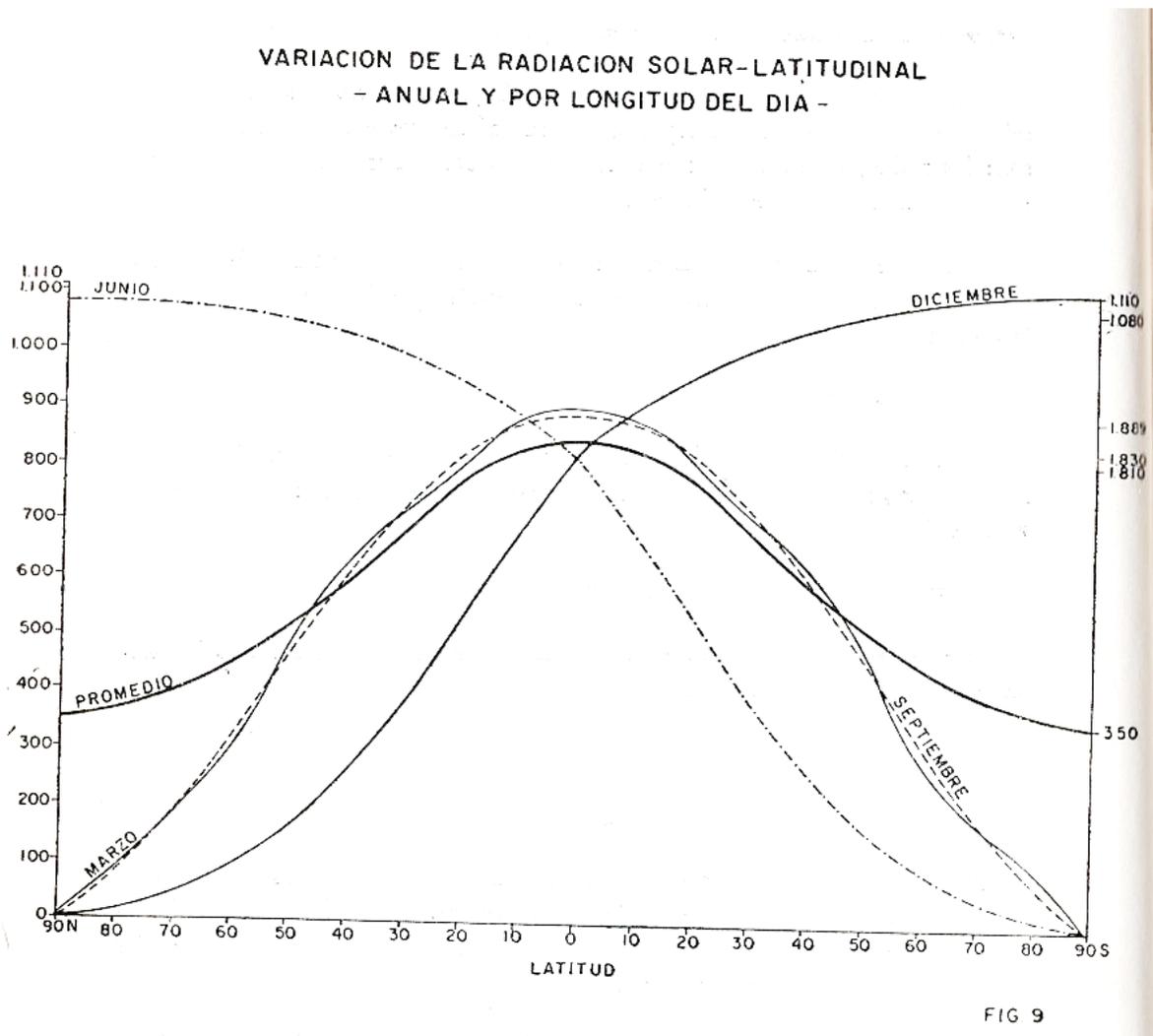
\* Albedo: *Se expresa la proporción a la cual los rayos luminosos son reflectados por una superficie, en comparación con la totalidad de los rayos que la afectan. La reflectividad que la tierra tiene, o mejor su albedo, se dice que es de 35%.*

La línea S-M indica la variación de la intensidad del sol con la latitud, considerando la declinación igual a cero, condición que se presenta en los meses de marzo y septiembre.

Se presenta un valor máximo en el Ecuador ( $889 \text{ g cal cm}^{-2} / \text{ día}$ ). Las líneas J-D representan el sol en los solsticios (junio y diciembre) y presentan sus máximos valores para junio 1.080 y para diciembre 1.110 a latitudes 90 N y 90 S respectivamente.

Para junio (cuando  $\phi = 0$ ) tenemos un valor de 810.

Y para diciembre (cuando  $\phi = 0$ ) se tiene 830



En los meses de invierno la radiación tiende a cero en los polos.

La explicación de porqué se presentan valores mayores de intensidad en los polos que en el Ecuador radica en la variación de la duración del día.

*Potencia de la radiación solar*

Según Einstein la equivalencia de la masa y la energía está dada por la formula

$$E = mc^2$$

en la cual:

C= Velocidad de la luz (300.000 k/seg)

E = Energía

m = Masa del sol

La energía radiada por el sol es de  $1.94 \text{ cal. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$

El sol lanza 100 trillones de kilovatios hora esto desde hace unos 6.000 millones de años.

Se ha podido comprobar que el sol pierde 1/1.000 de su masa en 15 mil millones de años terrestres.

