

## II - ESPACIO EXTERIOR

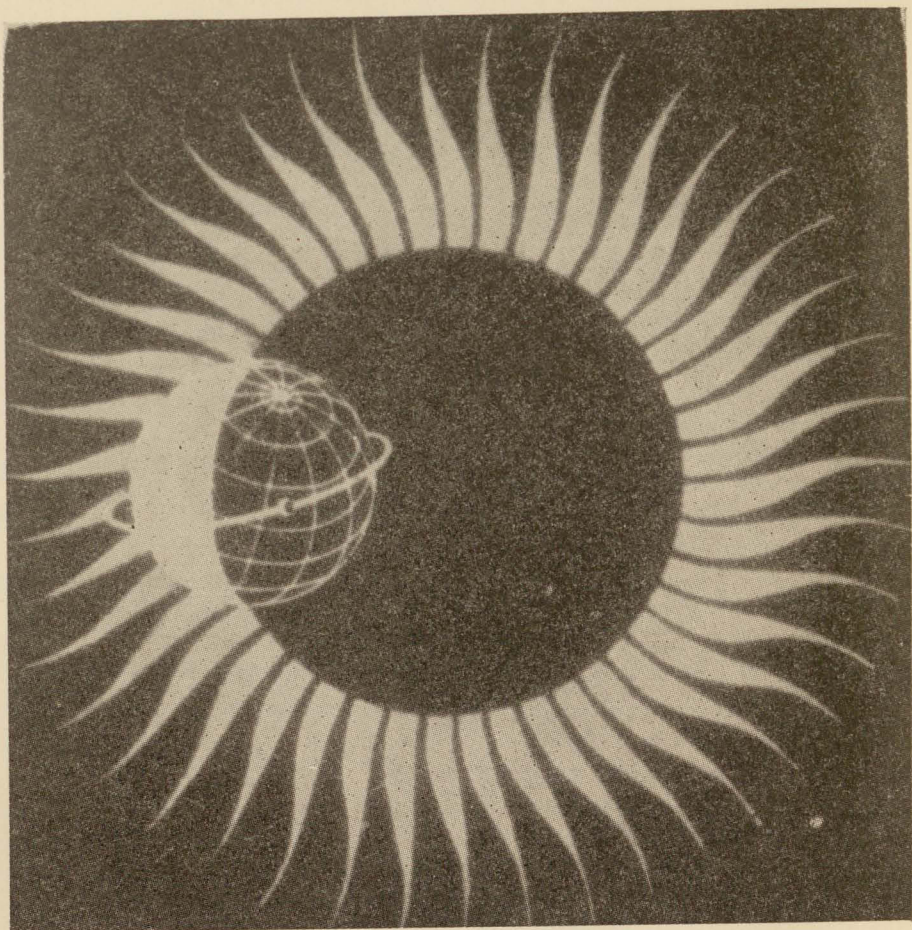


Fig. 1—Emblema Oficial de los Años Internacionales del Sol Quieto (reproducido de *IQSY Notes*, Núm. 1, pág. 3, 1963).

## LA COOPERACION CIENTIFICA PARA LOS AÑOS INTERNACIONALES DEL SOL QUIETO \*

RUTH GALL \*\*

### INTRODUCCION

Desde Enero de 1964 los científicos de 70 países (entre ellos México) están cooperando en un esfuerzo común conocido con el nombre de los Años Internacionales del Sol Quieto (AISQ, Fig. 1). El principal propósito de este gran programa de cooperación internacional —que ha de durar hasta fines de 1965— es

*explorar el medio espacial de la Tierra o sea nuestra atmósfera y el medio interplanetario en tiempos en que las perturbaciones inducidas por la actividad solar en este medio son mínimas; es conocer más sobre la influencia que ejerce el Sol sobre la Tierra en tiempos quietos; es entender mejor las relaciones solar-terrestres.*

### HISTORIA DE LA COOPERACION GEOFISICA INTERNACIONAL

Los Años Internacionales del Sol Quieto no son el primer programa geofísico internacional dedicado a ampliar nuestros conocimientos de la Tierra y del medio en que se mueve. Precursores en este tipo de cooperación fueron las coordinadas observaciones magnéticas que se realizaron de 1836 a 1841 bajo la égida de la Asociación Magnética. Los siguientes pasos fueron:

El Primer Año Polar, entre 1882 y 1883, durante el cual 11 países participaron en observaciones meteo-

rológicas, geomagnéticas y aurorales en regiones árticas.

El Segundo Año Polar, entre 1932 y 1933, que además de las disciplinas mencionadas incluyó el sondeo ionosférico por medio de ondas de radio; participaron 44 países y contrariamente a su nombre las mediciones se realizaron en algunas latitudes y no sólo en los polos.

Con el desarrollo de la Geofísica se multiplicaron los problemas por resolver.

\* Conferencia sustentada en la Academia de la Investigación Científica el 8 de Noviembre de 1965.

\*\* Instituto de Geofísica, U.N.A.M. y Comisión Nacional de Energía Nuclear, México, D. F.

*El laboratorio geofísico es inmenso ya que abarca las tierras, los océanos, la atmósfera y hoy también el medio interplanetario y sus problemas sólo se pueden resolver creando una red de obser-*

vatorios a diversas latitudes y longitudes y uniformando los instrumentos y las técnicas de mediciones o sea dentro de un marco de estrecha cooperación científica internacional.

### EL AÑO GEOFÍSICO INTERNACIONAL 1957-1958

Siguiendo tal pauta se organizó este evento, una monumental cooperación realizada por hombres de ciencia de 70 países que se propusieron la tarea de ampliar el conocimiento hasta entonces relativamente limitado de nuestro planeta; el AGI tenía como propósito inmediato el estudio de la Tierra y de su medio espacial durante el máximo de actividad solar.

Se mencionarán sólo algunos de los grandes logros del Año Geofísico Internacional:

Durante el AGI, el 4 de Octubre de 1957, se inició en realidad la era del espacio con el lanzamiento del primer Sputnik y por primera vez en la historia de la Humanidad, los aparatos construidos por el hombre —a bordo de los satélites y las sondas del espacio profundo— efectuaron mediciones *in situ* en el espacio hasta entonces inexplorado;

Se establecieron Centros Mundiales de Datos (CMD) que desde el Año Geofísico Internacional funcio-

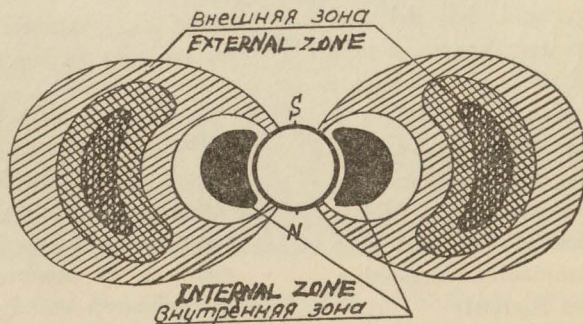


Fig. 2—Cinturones de Van Allen. Esta figura muestra esquemáticamente los dos cinturones de radiación capturada que rodean la Tierra, descubiertos con ayuda de satélites durante el Año Geofísico Internacional.

El primer cinturón se extiende hasta las latitudes  $22^{\circ}\text{S}$  y  $22^{\circ}\text{N}$  y está centrado a  $1.5 r_t$ ; el segundo llega hasta los casquetes polares y su centro se encuentra a  $3.5 r_t$  (reproducido de J. A. Van Allen, 1962, Dynamic Composition and Origin of the Geomagnetically Trapped Corpuscular Radiation, *Transactions of the International Astronomical Union*, XIB:99-136, fig. 3.2).

nan continuamente: unos en los Estados Unidos de América, otros en la Unión Soviética y los terceros, dedicados a diferentes disciplinas, en varios Centros de Investigación, principalmente de Europa y Japón;

Se estableció también el organismo

llamado Alertas Mundiales que sigue funcionando y cuyo papel es informar a los científicos si pasa algún evento interesante que merezca intensificación de observaciones;

Se descubrió por medio de aparatos a bordo de satélites la radiación

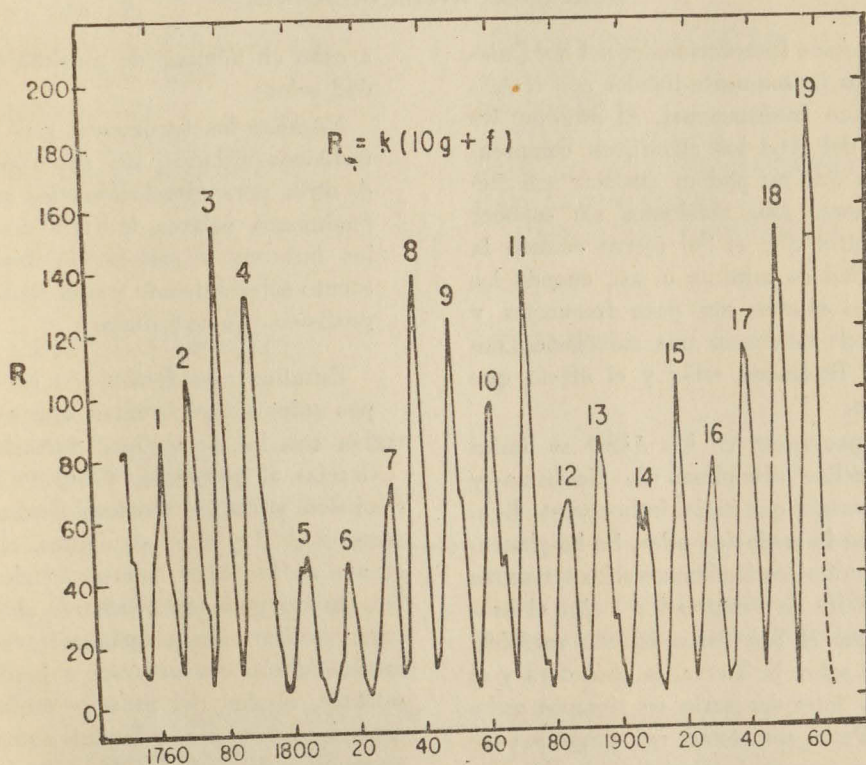


Fig. 3—Ciclos Solares. La variación del número de manchas solares (R) observadas desde 1760 durante 19 ciclos solares, indica que la máxima actividad solar ocurrió en 1957, durante el Año Geofísico Internacional (reproducido de M. A. Pomerantz, 1963, International Years of the Quiet Sun, *Science*, 142:1137).

Traducciones:

- k es factor de peso,
- g el número de grupos de manchas y
- f el número de manchas individuales.

corpuscular capturada en el campo geomagnético, en los cinturones de Van Allen (Fig. 2).

El Sol favoreció a los hombres de

ciencia y desarrolló durante el Año Geofísico Internacional la actividad más intensa desde 1612, cuando Galileo observó por primera vez en Europa las manchas solares (Fig. 3).

## LOS AÑOS INTERNACIONALES DEL SOL QUIETO Y EL AÑO GEOFÍSICO INTERNACIONAL

Los Años Internacionales del Sol Quietos están íntimamente ligados con el Año Geofísico Internacional. Al estudiar los datos del AGI los científicos comprendieron que no podían analizar satisfactoriamente esos resultados sin conocer el control que el Sol ejerce cuando la actividad es mínima o sea, cuando los eventos solares son poco frecuentes y se puede establecer una correlación entre el fenómeno solar y el efecto que induce.

El programa de los AISQ se limita a aquellas disciplinas de Geofísica y Astronomía que están íntimamente ligadas con la radiación solar. Se ha planeado estudiar los fenómenos solar-terrestres con el fin de comprender mejor el control que el Sol, como estrella *variable*, ejerce sobre la Tierra, la atmósfera y el medio interplanetario en tiempos quietos. Para completar ese programa se añadió después la disciplina de Estudios Especiales (Tabla I).

Los criterios que guiaron a los científicos a establecer el programa de los AISQ fueron los siguientes:

Efectuar estudios geofísicos y astronómicos que sólo se pueden llevar

a cabo en tiempos de mínima actividad solar;

Estudiar los fenómenos geo- y astrofísicos aislados, sin superposición de otros para correlacionarlos con los fenómenos solares individuales que los inducen y conocer la fase del evento solar asociado con el fenómeno geofísico y/o astrofísico;

Estudiar esos fenómenos en tiempos quietos que permiten una comparación con los de tiempos perturbados.

Gracias al gigantesco progreso de la Geofísica y de las técnicas usadas durante el AGI y años siguientes, el programa de los Años Internacionales del Sol Quietos pudo aprovecharse de ellas para realizar sus propósitos: experimentos *in situ* con aparatos a bordo de satélites, sondas del espacio profundo, cohetes, globos, nubes luminiscentes para estudios de dinámica de la atmósfera superior, etc., son algunos ejemplos de aquellos nuevos métodos para los objetivos del programa de los AISQ.

Cabe enfatizar que un mejor conocimiento de las relaciones solar-terrestres lleva a un mejor conocimiento de las relaciones del Sol con otros planetas; los

TABLA I

DICIPLINAS INCLUIDAS EN LOS PROGRAMAS DE:

<i>AGI</i>	<i>AISQ</i>
METEOROLOGIA	METEOROLOGIA
GEOMAGNETISMO	GEOMAGNETISMO
AURORAS	AURORAS
LUMINISCENCIA DE LA ATMOSFERA	LUMINISCENCIA DE LA ATMOSFERA
IONOSFERA	IONOSFERA
ACTIVIDAD SOLAR	ACTIVIDAD SOLAR
RADIACION COSMICA	ESPACIO INTERPLANETARIO RADIACION COSMICA Y RADIACION CAPTURADA
LATITUD Y LONGITUD	AERONOMIA
GLACIOLOGIA	
OCEANOGRAFIA	
SISMOLOGIA	
GRAVIMETRIA	
COHETES Y SATELITES	

estudios de los AISQ permitirán conocer mejor el espacio *cercano* a la Tierra y

el interplanetario que cruzará el hombre en sus viajes de conquista del espacio.

LAS EMISIONES SOLARES EN TIEMPOS QUIETOS Y  
PERTURBADOS Y EL EFECTO Y CONTROL QUE EJERCEN  
EN EL MEDIO ESPACIAL TERRESTRE

Para comprender los objetivos de los Años Internacionales del Sol Quieto veamos brevemente cuáles son las emisiones solares en tiempos quietos y perturbados y qué influencia ejercen sobre la atmósfera terrestre y el medio interplanetario.

LAS EMISIONES RADIATIVAS Y  
CORPUSCULARES

El Sol es un emisor de radiación electromagnética de todas las longitudes de onda; envía la luz, el calor, la radiación

infrarroja, los rayos ultravioletas, los rayos X, los rayos gamma y las ondas de radio. Además, el Sol emite constantemente la radiación corpuscular compuesta del material coronal; esporádicamente hay emisiones de haces de protones de altas energías del orden de cientos de Mev y rayos cósmicos de energías hasta 30 Gev, aproximadamente.

#### EL CONTROL

Las emisiones solares ejercen un control muy importante sobre la Tierra y el espacio que la rodea. La luz visible y la infrarroja controlan en gran parte nuestra vida. En estas longitudes de onda el Sol es una estrella constante —siendo la constante solar de 2 cal/seg— y emite como un cuerpo negro de 6,000°K. Estas emisiones controlan el balance energético y en gran parte el tiempo meteorológico por su interacción con el agua y el bióxido de carbono en las capas bajas de la atmósfera. Las radiaciones influyen también en la de la ionósfera y de la capa de ozono. El impacto de partículas energéticas y de la luz ultravioleta excitan a las partículas del aire induciendo el *resplandor atmosférico* (Fig. 4).

#### VIENTO SOLAR Y ESPACIO INTERPLANETARIO

La radiación corpuscular controla el estado electromagnético del espacio interplanetario y la cavidad en que yace el campo magnético terrestre.

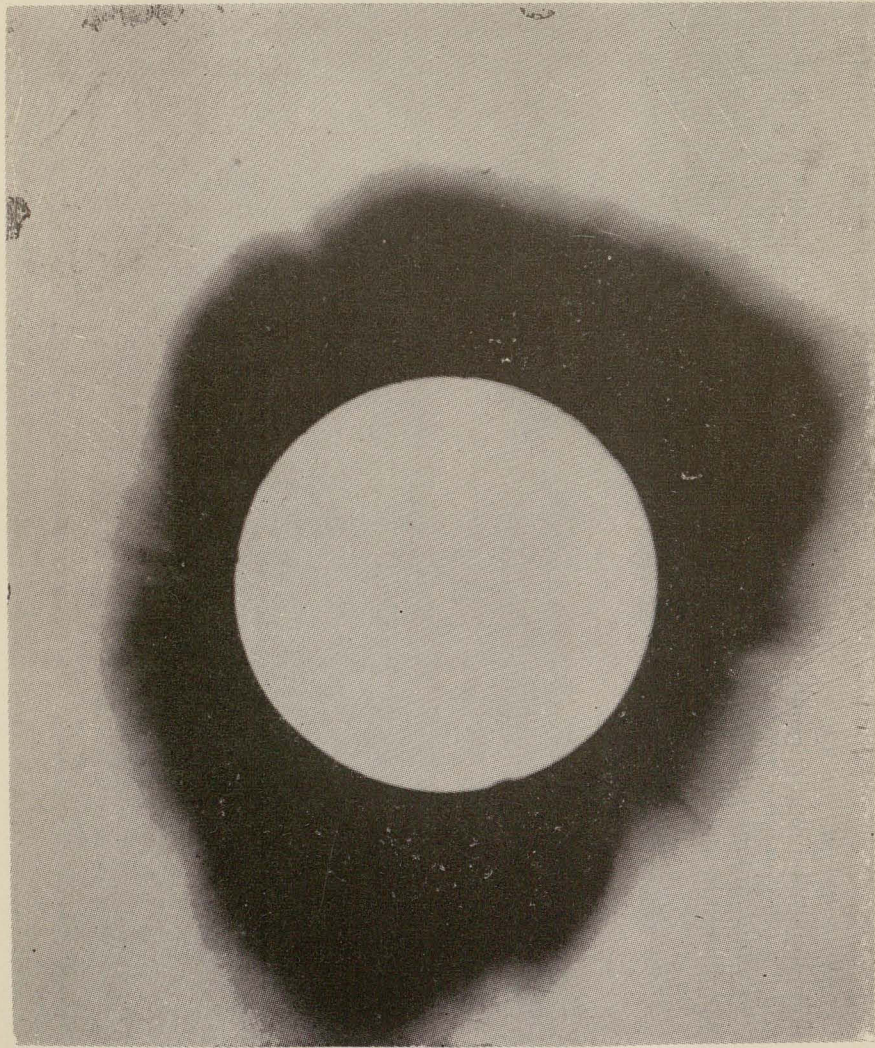
En 1958 Parker predijo que la corona

se expande continuamente siendo el campo solar gravitacional demasiado débil para contrarrestar tal expansión. Su predicción fue posteriormente comprobada con detectores de plasma a bordo de satélites. Como ya se mencionó, la corona arroja continuamente hacia el espacio el hidrógeno ionizado, el plasma coronal —con velocidad en tiempos quietos de 300 Km/seg y densidad de 20 partículas/cm<sup>3</sup> a la altura de la órbita terrestre. Así sopla en el espacio interplanetario el llamado *viento solar* (Lám. III).

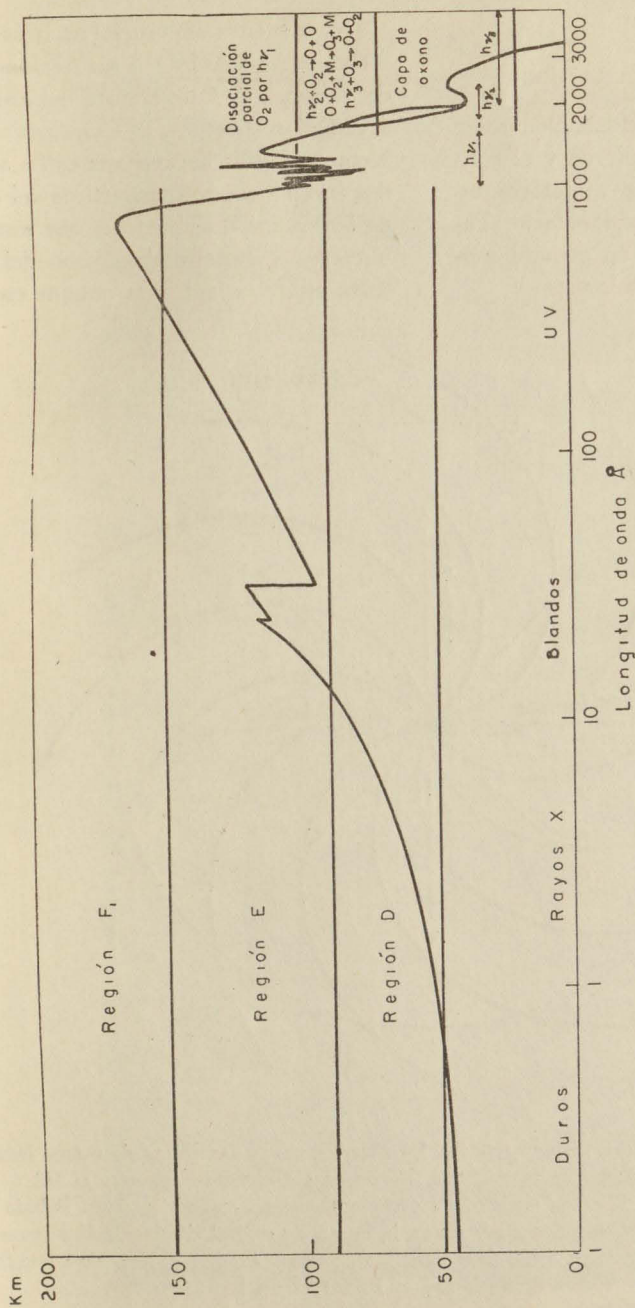
Al abandonar el Sol, el plasma coronal arrastra consigo una parte ínfima del campo magnético solar. Debido a la rotación del Sol alrededor de su eje el campo tiene la forma de espiral de Arquímedes. El campo es radial cerca de la Tierra y azimutal a distancias mayores de una unidad astronómica (Fig. 5).

En tiempos quietos el impacto del viento solar encierra el campo magnético terrestre en una cavidad de gran asimetría día-noche. A 15 radios se forma también del lado día una onda de choque estacionario (Fig. 6).

Es interesante hacer notar cómo con ayuda de satélites y mediciones *in situ* ha cambiado nuestra imagen del espacio interplanetario. Lo creíamos quieto y vacío y hoy hablamos del viento solar, del campo interplanetario, de la modulación solar debida a nubes de plasma solar; pensábamos que el campo geomagnético se extendía sin límite y hoy hablamos de la cavidad geomagnética que encierra al campo terrestre.



Lám. III — Corona Solar. La corona es la capa tenue más externa de la atmósfera solar. La fotografía fue tomada por los Observatorios de Mount Wilson y Palomar, durante el eclipse total en Green River, Wyoming, Junio 8, 1918.



LA PROFUNDIDAD A LA QUE PENETRA I/e DE LOS RAYOS X Y UV SOLARES

Fig. 4—La Penetración de los Rayos X y Rayos Ultravioleta a través de la Atmósfera Terrestre. La curva muestra la altura a que se absorbe aproximadamente la tercera parte de la radiación ultravioleta y de rayos X provenientes del espacio exterior. La absorción de estas radiaciones causa la formación de las capas ionosféricas D, E y F de la capa de zona (reproducida parcialmente de J. C. Brandt y P. Hodge, 1964, *Solar System Astrophysics*, New York (McGraw-Hill Book Co., Inc.), págs. 179-181, figs. 7.1-1 y 7.2-1).

### EVENTOS SOLARES EN TIEMPOS QUIETOS Y PERTURBADOS

Al ocurrir alguna perturbación solar cambian las emisiones solares y el control que ejercen sobre la atmósfera terrestre y el espacio interplanetario. Tales eventos solares están en general asociados con las manchas solares.

Las manchas son regiones frías en la fotosfera (Lám. IV) o sea regiones con depresiones de temperatura del orden de  $1,700^{\circ}\text{K}$  respecto a la temperatura ambiente. A estas depresiones están asociados fuertes campos magnéticos del orden de 300 gauss. Las manchas que son muy numerosas durante el máximo del ciclo solar aparecen también, aunque escasas,

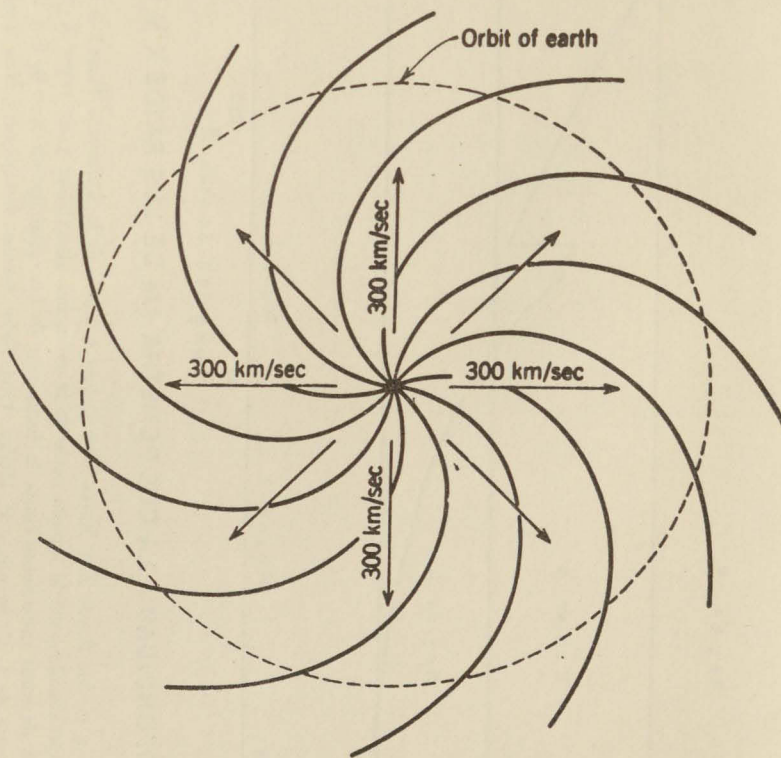


Fig. 5—El Campo Magnético Interplanetario. La figura muestra las líneas de campo interplanetario en el plano de la eclíptica. El viento abandona radialmente al Sol a la velocidad de 300 Km/seg arrastrando consigo al campo magnético solar. Debido a la rotación del Sol, las líneas adquieren la forma de espiral de Arquímedes (reproducido de E. N. Parker, 1963, *Interplanetary Dynamic Processes*, New York-London (John Wiley and Son), 1 vol.)



Lám. IV — Mancha Solar.

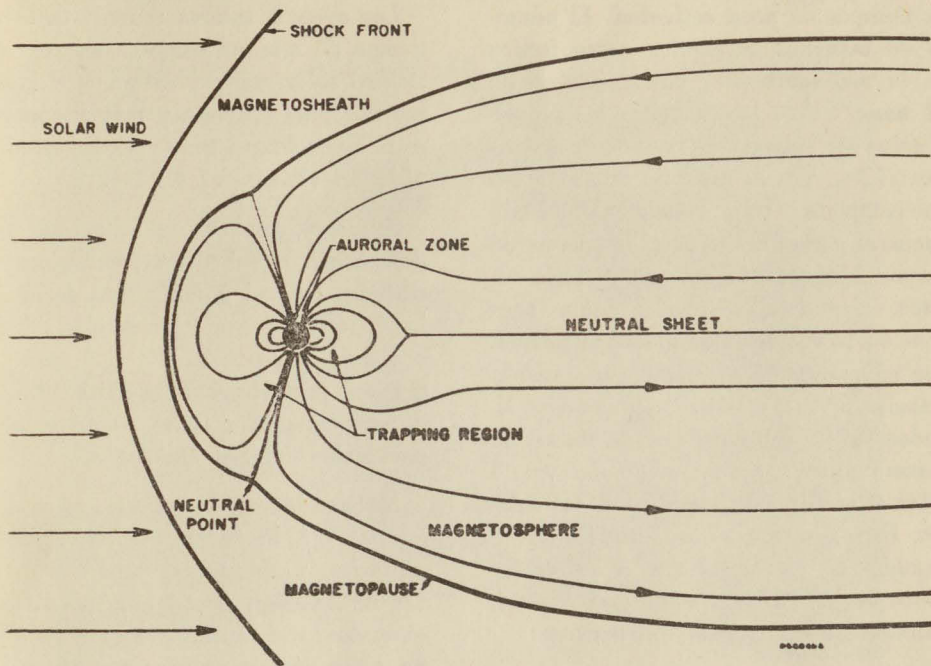


Fig. 6—La Cavidad Magnética Terrestre. Al incidir el viento solar sobre el campo geomagnético lo encierra en una cavidad de fuerte asimetría día-noche. Las líneas de campo están comprimidas del lado día y fuertemente alargadas del lado noche formándose así la cola magnetosférica. El campo geomagnético captura la radiación corpuscular de partículas cargadas de alta energía en una región que representa una fuerte asimetría día-noche; esta radiación sólo llega hasta las latitudes aurorales. La magnetopausa es la frontera entre el campo geomagnético y el espacio interplanetario y presenta dos puntos llamados neutros donde el campo es nulo. El impacto del viento solar crea frente a la magnetopausa, del lado día, una onda estacionaria de choque situada en el plano ecuatorial a una distancia de  $15 r_t$  (reproducida de F. C. Michel y A. J. Dessler, 1965, *Physical Significance of PCA Inhomogeneities, Journal of Geophysical Research*, 75: 4300-4315).

Traducciones:

- |                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| 1) Viento solar   | 5) Magnetósfera      |
| 2) Onda de choque | 6) Región de captura |
| 3) Punto neutro   | 7) Zona auroral      |
| 4) Magnetopausa   | 8) Hoja neutra.      |

en tiempos de poca actividad. El número de manchas se emplea como índice de la actividad solar cuyo ciclo es de 11 años. Sobre las manchas las prominencias se vuelven frecuentemente eruptivas. (Lám. V). El material cromosférico que compone la prominencia es expulsado hacia el espacio. Los eventos solares de mayor importancia son las ráfagas solares, gigantescas explosiones que ocurren en la vecindad de manchas solares. Las ráfagas están asociadas con emisión transitoria y explosiva de luz, rayos X, ondas de radio, emisiones de nubes de plasma solar, intensificación del viento solar y emisión de rayos cósmicos solares. Estas emisiones esporádicas inducen cambios en el control que el Sol ejerce sobre la Tierra en tiempos quietos; así, asociados a eventos solares, ocurren:

- 1) Tempestades ionosféricas con desvanecimiento de comunicaciones de radio;
- 2) Tempestades geomagnéticas;
- 3) Auroras e intensificaciones del resplandor atmosférico;
- 4) Variaciones en la radiación capturada en los anillos de Van Allen;
- 5) Eventos de absorción en las regiones de casquetes polares;
- 6) Cambios en la forma de la cavidad geomagnética.

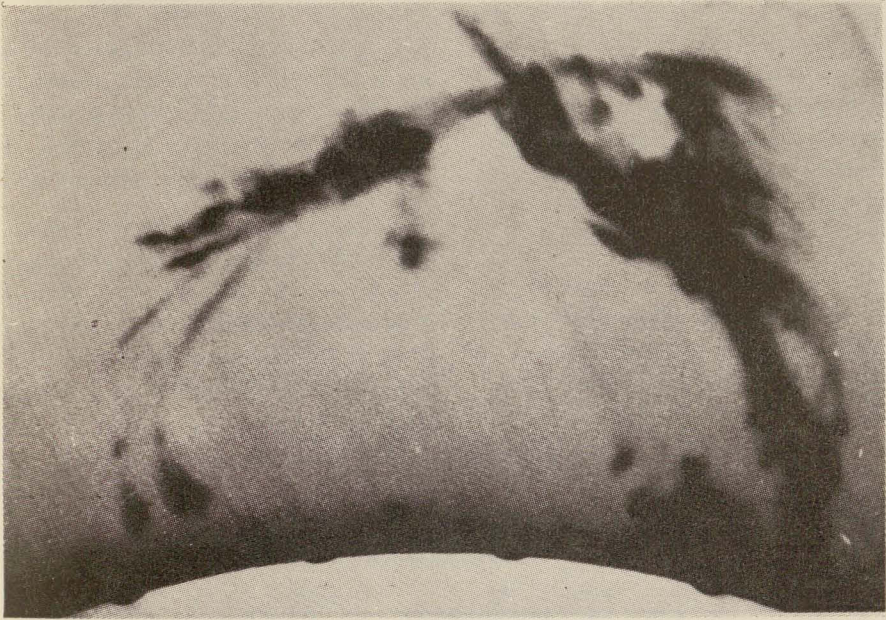
En cuanto a las emisiones corpusculares, ondas de radio, de rayos X y rayos ultravioleta, el Sol es una estrella variable con períodos de 11 a 14 años entre el máximo y el mínimo de su actividad.

Los eventos solares ocurren tanto en tiempo de mínima como de máxima actividad solar, pero mientras en el máximo son más intensos y más frecuentes, en tiempos de quietud se pueden estudiar aislados. (Láms. VI y VII).

Son muchos los problemas que aún desconocemos sobre los mecanismos de emisión, control y fenómenos de modulación que las radiaciones solares inducen en el espacio interplanetario en tiempos perturbados. De ahí la utilidad de empresas tales como los Años Internacionales del Sol Quieto.

Nuestra ignorancia al respecto se debe en parte a la fuerte absorción de las radiaciones por nuestra atmósfera a través de la cual, hasta 1957, estábamos observando el espacio exterior. Esta capa —tan protectora para nuestra vida— sólo deja pasar ondas en dos intervalos de longitud. La *ventana óptica* de longitudes de onda entre .3 y  $13 \mu$  y la ventana de radio de 8 mm a 15 m. De la radiación visible e infrarroja sólo las ondas de longitudes de 0.3 a  $1.38 \mu$  llegan al suelo sin ser absorbidas (Fig. 7).

Debido a la absorción atmosférica, los observatorios terrestres, muy útiles para observaciones de ciertos fenómenos, resultan deficientes para otros. Por ello, los satélites y sondas del espacio profundo y los globos usados con gran éxito durante el Año Geofísico Internacional y años siguientes se aplican también a los Años Internacionales del Sol Quieto para estudiar las relaciones solar-terrestres.



Lám. V — Prominencia Solar. Las prominencias son nubes de material cromosférico, suspendidas sobre el limbo solar. La prominencia en esta figura tiene 328,000 Km de altura y fue fotografiada en la luz violeta de la línea X de calcio en Julio, 2, 1957, en los Observatorios de Mount Wilson y Palomar.

### DISCIPLINAS DE LOS AÑOS INTERNACIONALES DEL SOL QUIETO

Pasaremos ahora a discutir, con mayor detalle, algunas investigaciones que se están llevando a cabo en disciplinas que forman el programa de los Años Internacionales del Sol Quieto:

**GEOMAGNETISMO**—El estudio incluye la Prospección Magnética Mundial (*World Magnetic Survey*), una de las importantes tareas de los Años Internacionales del Sol Quieto para levantar el mapa magnético de la Tierra. Este trabajo se

está realizando en observatorios y a bordo de aviones norte-americanos y canadienses. También se cuenta con navíos antimagnéticos, v. gr. el barco soviético "Zarya", que ya hizo mediciones durante el Año Geofísico Internacional en muchos mares (Lám. VIII).

Además, el programa incluye el estudio del campo magnético en regiones donde las fuentes exteriores del campo son importantes. El viento solar que

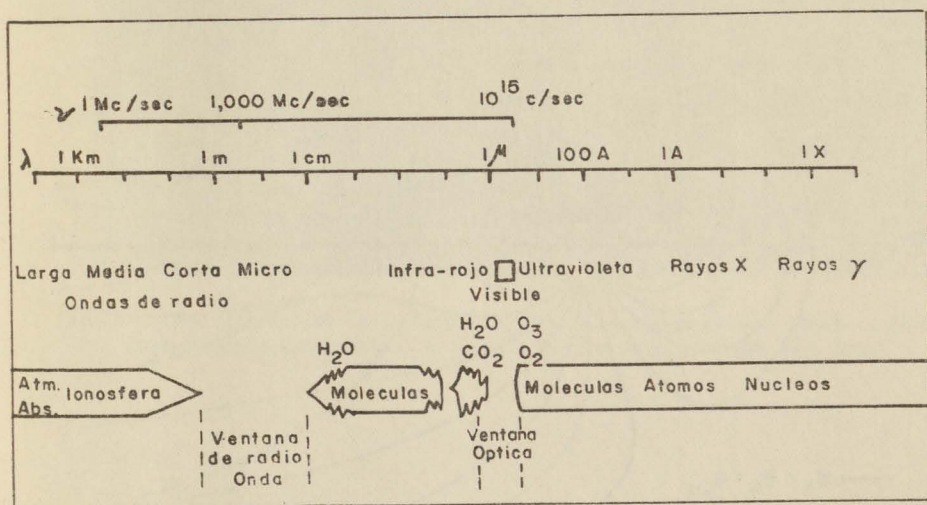


Fig. 7—Las Ventanas de Transparencia de la Atmósfera Terrestre. La atmósfera terrestre absorbe una parte considerable de las ondas electromagnéticas provenientes del espacio exterior. Las longitudes de onda  $\lambda$  y las frecuencias de estas radiaciones están representadas por las dos líneas en la parte alta de la gráfica.

La atmósfera solo permite penetrar hasta la Tierra las ondas de  $8 \text{ mm} < \lambda < 15 \text{ m}$  a través de la "ventana de radio onda" y la luz visible e infrarroja  $0.3 \mu < \lambda < 1.38 \mu$  a través de la "ventana óptica" (reproducido parcialmente de J. C. Brandt y P. Hodge, 1964, *Solar Systems Astrophysics*, New York (McGraw-Hill Book Co., Inc.), pág. 178).

comprime el campo del lado día y lo alarga fuertemente del lado noche, induce fuentes externas en la magnetopausa (Fig. 8). Algunos satélites, como IMP ya han cartografiado el campo en la vecindad de la magnetopausa (Fig. 9), fuentes externas del campo geomagnético y dentro de corrientes ionosféricas se estudian el electrochorro ecuatorial que fluye a unos 100 Km de altura y las variaciones diurnas  $S_q$  en tiempos quietos,

cuando el campo es muy sensible a las emisiones solares para correlacionar la emisión con la variación secular y la diurna. En numerosas estaciones se investigan, con el equipo ultrarápido de sensibilidad aumentada, las variaciones de alta frecuencia.

RADIACIÓN CAPTURADA — La radiación capturada en el campo geomagnético se extiende hasta el borde de la

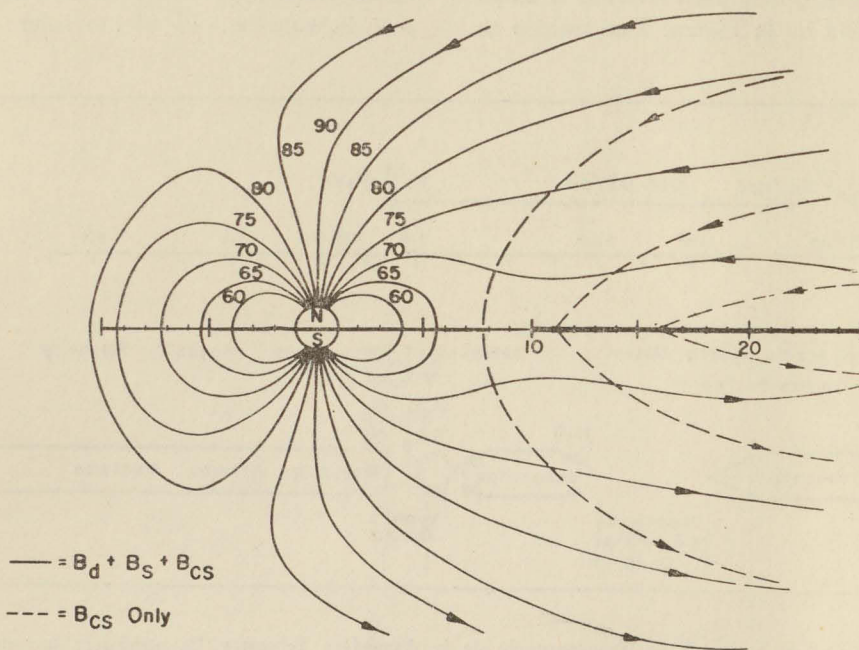
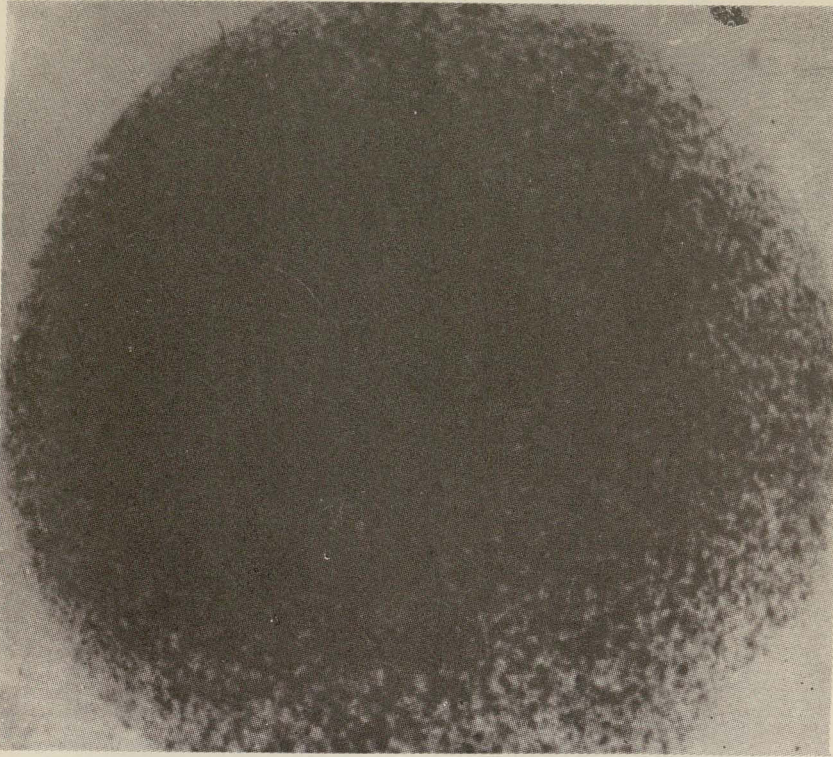


Fig. 8—Distorsión del Campo Geomagnético por el Viento Solar. La figura muestra las líneas de campo distorsionado del modelo de Mead y Williams. El viento solar comprime las líneas del lado día y las extiende fuertemente del lado noche. Así, del lado noche, se forma la cola magnetosférica, dentro de la cual yace en el plano ecuatorial la hoja neutra entre 10 y 40  $r_l$ ; en esta región el campo es prácticamente nulo.



Lám. VI — Sol Quieto. Esta fotografía del Sol tomada en  $H_{\alpha}$  muestra un estado de perfecta quietud solar (reproducida de la portada, *Physics Today*, 17 (10), Oct. 1964).

# MAGNETIC FIELD EXPERIMENT (IMP I)

GODDARD SPACE FLIGHT CENTER

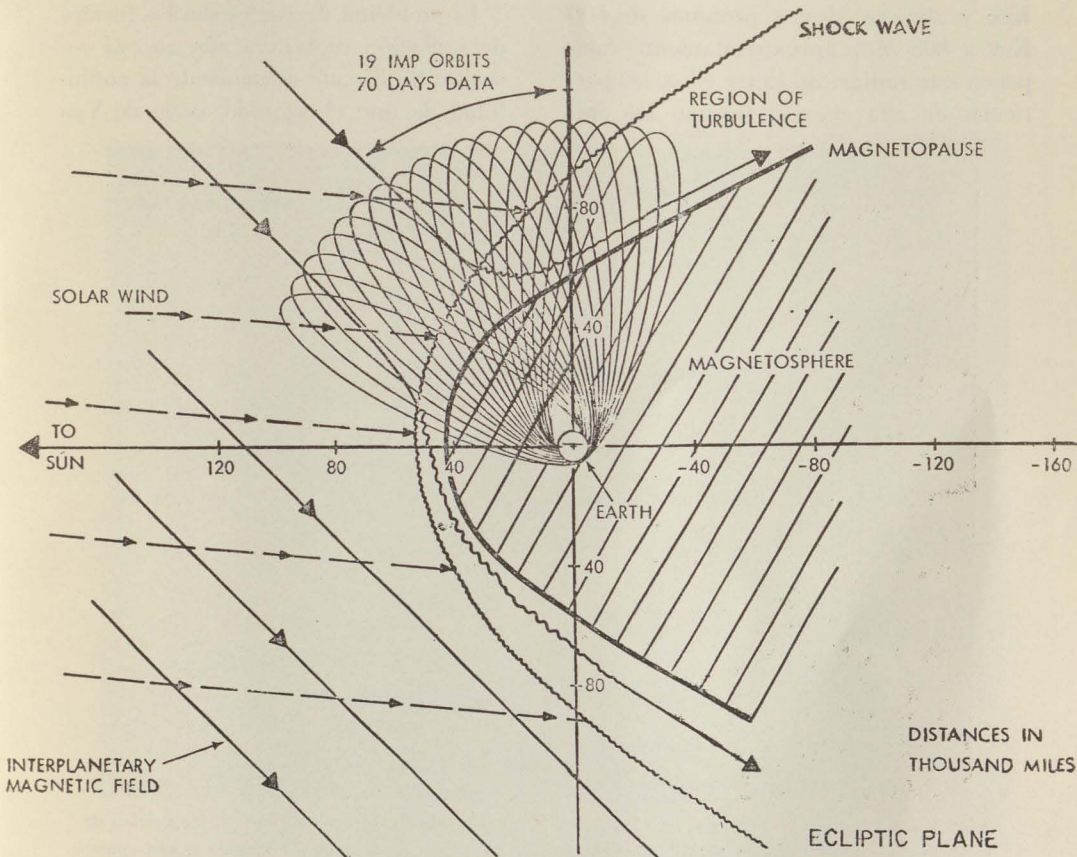


Fig. 9—El Satélite IMP-I en su órbita altamente excéntrica —con apogeo de 200,000 Km y perigeo de 190 Km— sondea el campo geomagnético en la magnetopausa en la región entre la magnetopausa y la onda de choque y en el espacio interplanetario (reproducido de N. F. Ness *et al.*, 1964. Initial Results of the IMP-I Magnetic Field Experiment. *Jour Geophys. Res.*, 69(17):3531).

Traducciones:

19 Orbits IMP  
 Datos de 70 días  
 Viento solar  
 Campo magnético interplanetario  
 Onda de choque

Región de turbulencia  
 Magnetopausa  
 Magnetósfera  
 Distancias en miles de millas  
 Plano de la eclíptica.

magnetopausa. La intensidad de esta radiación varía entre  $10^2$  y  $10^7$  partículas/cm<sup>2</sup>/seg. Electrones de energía entre Kev y algunos Mev y protones de 500 Kev a 800 Mev aproximadamente componen esta radiación. Entre ellas, las partículas de alta energía forman los anillos

conocidos con el nombre de Van Allen; el segundo anillo varía con los eventos solares (Fig. 10).

El problema de cuáles son las fuentes de radiación capturada aún no está resuelto. Se discute actualmente la posibilidad de que el segundo anillo de Van

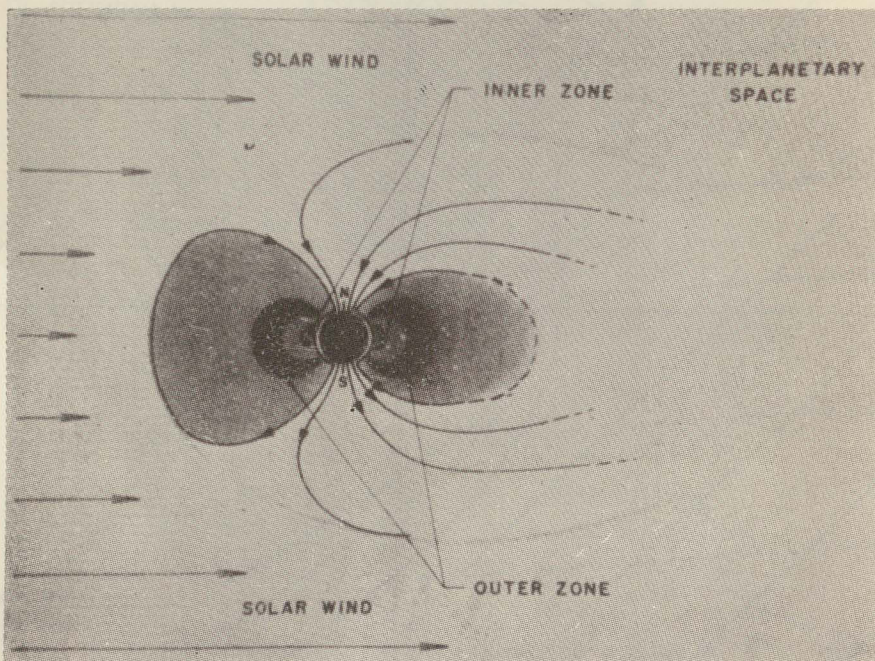
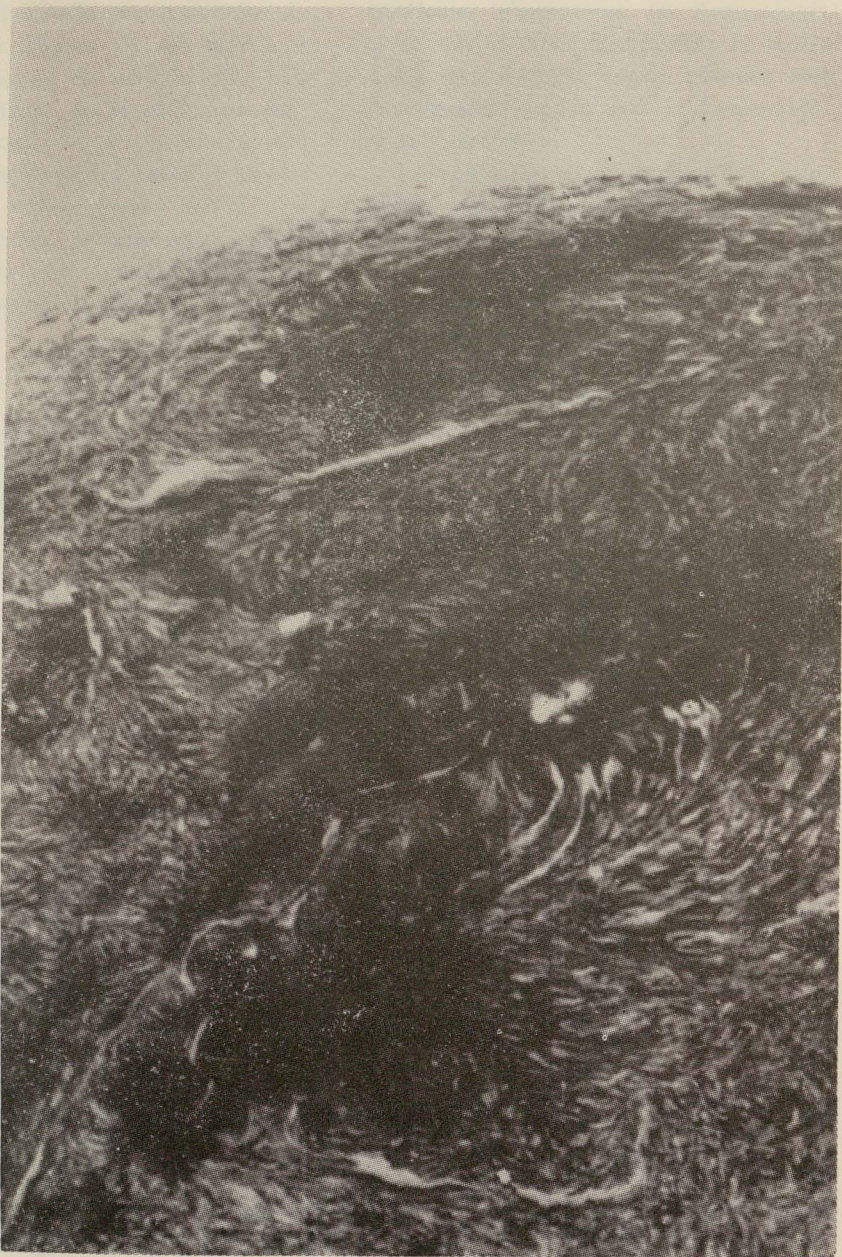


Fig. 10—Radiación Capturada en el Campo Magnético de la Tierra. El campo magnético de la Tierra captura protones y electrones de relativamente alta energía; como consecuencia la Tierra está rodeada de una nube tenue de radiación (área sombreada). Del lado día la radiación llega hasta el borde de la magnetósfera. La concentración mayor de la nube corresponden a los anillos conocidos con el nombre de Van Allen (área negra) (reproducido de B. J. O'Brien, 1964. *The Trapped Radiation Zones. Space Physics*, pág. 507. New York (J. Wiley and Son), 1 vol.).

Traducciones:

- 1) Viento solar
- 2) Anillo interno
- 3) Anillo externo
- 4) Espacio interplanetario
- 5) Líneas de campo geomagnético.



Lám. VII — Sol Activo. Fotografiado en luz roja por los Observatorios de Mount Wilson y Palomar, Mayo 4, 1958.

Allen sea alimentado por partículas de plasma solar después de ser sujetas a algún mecanismo de aceleración local. El borde externo de la radiación capturada coincide —por lo menos del lado día y en latitudes bajas y medianas— con la magnetopausa. Así, el estudio de este borde permite investigar la posición de la magnetopausa y los cambios inducidos por la intensificación del viento solar.

El estudio de la tenue radiación atrapada en el campo magnético terrestre es de gran interés en la rama de estudios espaciales, ya que se cree que todo planeta con campo magnético posee sus propios anillos de Van Allen.

**RADIACION COSMICA**—El estudio de la radiación cósmica desde que se inició hace más de 52 años ha sido auxiliar y de gran utilidad en el desarrollo de la Física Nuclear, en el descubrimiento de

partículas elementales, en Arqueología y en varias otras disciplinas; la teoría del origen de la radiación cósmica está íntimamente ligada con la Cosmología y la Astrofísica.

La radiación cósmica sirve hoy también como sonda del estado electromagnético de la materia que yace en los espacios intergalácticos, interestelares e interplanetarios, espacios que las partículas de la radiación cósmica atraviesan a lo largo de su trayectoria entre la fuente y el observador terrestre (Lám. IX). La radiación cósmica es una sonda muy sensible a las emisiones de nubes solares magnetizadas; cuando una nube es emitida por el Sol se interpone entre ella y el observador, la nube desvía o atrapa a la partícula ocasionando una disminución en su intensidad que es observable desde la Tierra, conociéndose este fenómeno con el nombre de decrecimiento Forbush (Fig. 11).

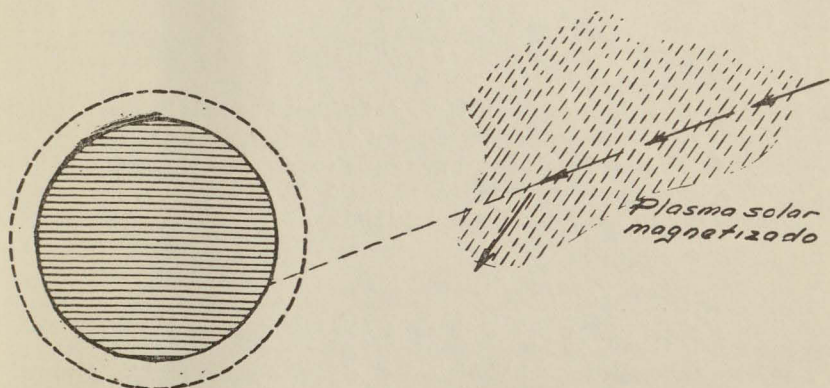


Fig. 11—El Efecto Forbush. Una nube solar magnetizada desvía una partícula de radiación cósmica en su camino hacia el observador terrestre y en consecuencia, se detecta en la Tierra una disminución de la intensidad de la radiación cósmica galáctica.

Durante tiempos de gran actividad solar el espacio interplanetario está invadido por las nubes solares que causan por medio del mecanismo antes señalado la disminución de la intensidad observada, existiendo una anticorrelación entre la intensidad de la radiación cósmica y la actividad solar conocida con el nombre de variación de 11 años. Esta variación afecta especialmente la llegada de las partículas de la radiación cósmica galáctica de baja energía a la Tierra.

Se cuenta con una densa red de observatorios terrestres y con detectores a bordo de satélites que se emplearán durante los AISQ, especialmente para registrar la radiación cósmica de baja energía y la variación sideral, ambas difícilmente observables en tiempo de máxima actividad solar.

IONOSFERA—El objetivo principal de los estudios de la ionósfera durante los AISQ es completar otras investigaciones que se llevaron a cabo en el Año Geofísico Internacional mediante técnicas nuevas que se desarrollaron solo en los últimos años:

1) el sondeo vertical clásico se completa con el sondeo “de arriba” (*top side sounding*) que viene haciendo un satélite canadiense del tipo “Alouette” (Fig. 12).

2) el estudio del estado de ionización y los perfiles de densidad de electrones *in situ* con cohetes y satélites;

3) los sondeos verticales *standard* a bordo de barcos y aviones; se efectúan también sondeos de las capas superiores de la ionósfera por medio

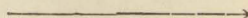
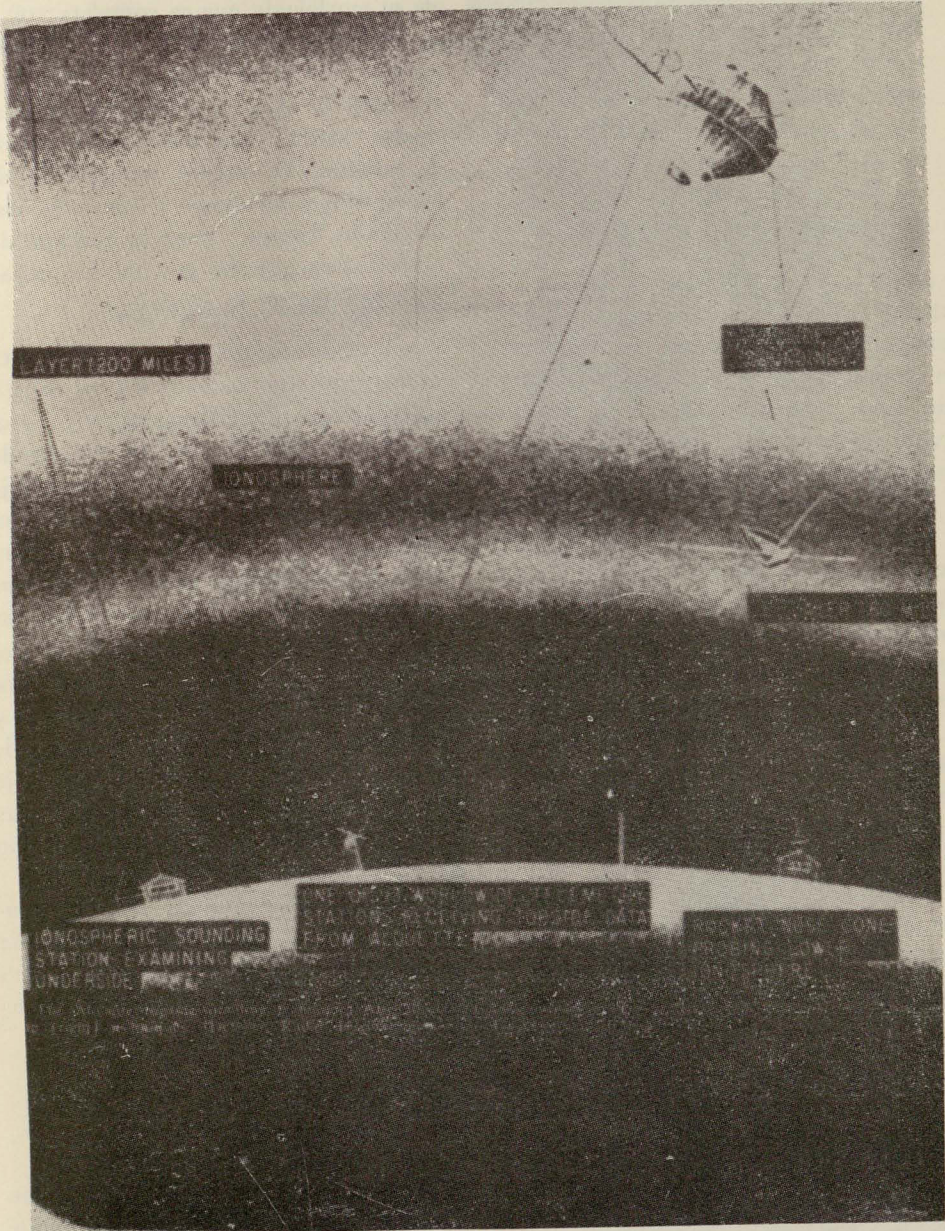


Fig. 12—El Sondeo de la Ionósfera por Medio de Satélites. El satélite “Alouette”, del Defence Radio Telecommunications Establishment del Canadá, efectúa el sondeo “desde arriba” de las capas ionosféricas. Este estudio complementa el sondeo de la ionósfera desde las estaciones terrestres (reproducido de M. A. Pomerantz, 1963, International Years of the Quiet Sun, *Science*, 142:1138).

Traducciones:

- 1) Capa F, 360 Km
- 2) Ionófera
- 3) Capa E, 96 Km
- 4) Sondeo vertical “desde arriba” efectuado por el satélite “Alouette”
- 5) Estación terrestre de sondeo ionosférico
- 6) Una de las tres estaciones de telemetría que reciben los datos del satélite “Alouette”
- 7) Cohete examinando la parte baja de la ionósfera.



de potentes radares y se hacen observaciones en puntos magnéticamente conjugados sobre la Tierra para estudiar la propagación de ondas de audio-frecuencia a lo largo de las líneas del campo geomagnético. Las bajas frecuencias están usándose para el estudio de la exósfera.

**AURORAS**—En términos generales la luz auroral se debe a la excitación de los átomos de la atmósfera superior al ser bombardeada por partículas cargadas; estas partículas guiadas por las líneas del campo geomagnético se precipitan en general en las zonas polares.

El programa de los AISQ comprende el estudio de las auroras con el fin de mejorar nuestro conocimiento del mecanismo generador y su relación con otros fenómenos geofísicos y solares. Los teóricos aún no están de acuerdo sobre si las partículas que excitan los átomos de la atmósfera superior provienen directamente del Sol o son aceleradas localmente dentro de la atmósfera terrestre.

Están utilizándose aparatos a bordo de satélites que miden *in situ* el "influjo" de *partículas cargadas, su naturaleza, distribución espacial y energía que inducen las auroras*. En tiempos de mínimo solar las auroras ocurren con menor frecuencia, facilitándose el estudio

de su morfología que se completa con la investigación de la dependencia de las auroras con el ciclo solar. También se realizará la observación de las auroras desde "arriba" con aparatos a bordo de satélites. El estudio fotométrico de las emisiones luminosas y aurorales vistas desde "arriba" tiene la ventaja de no ser obstaculizadas por nubes o capas absorbedoras de la atmósfera.

**ACTIVIDAD SOLAR Y MEDIO INTERPLANETARIO**—Las observaciones del Sol constituyen una parte fundamental del programa de los AISQ, habiéndose establecido un sistema muy eficiente de patrullaje del Sol en muchas estaciones por medios ópticos y radio-eléctricos que comprenden: la composición de la corona solar enviando ondas de radar hacia ella; las ondas de rayos ultravioleta y X solares fuera de nuestra atmósfera con aparatos a bordo de satélites, cohetes y globos y la emisión de ondas solares de radio de baja frecuencia, así como el patrullaje con satélites de órbitas muy excéntricas para estudiar el viento solar y el campo interplanetario.

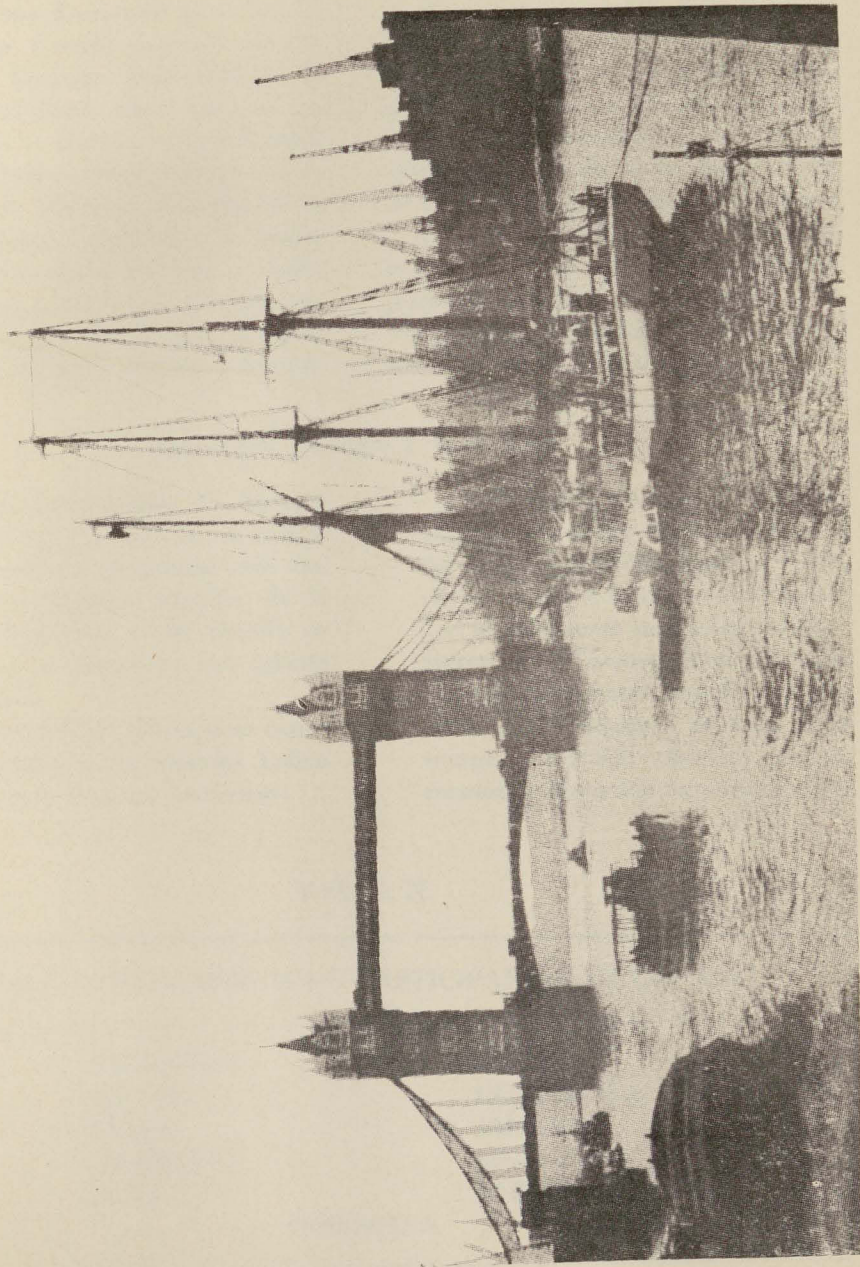
En realidad el mínimo solar ya ocurrió a fines de 1964 pero el Sol no ha sido del todo amable ya que el mínimo es el menos quieto de los mínimos de los dos ciclos anteriores.

## ORGANIZACION Y PUBLICACIONES

Antes de terminar deben decirse algunas palabras sobre la organización de los Años Internacionales del Sol Quieto y de los programas de países latino-ame-

ricanos, en particular de México.

La organización de los AISQ, con sede en Londres, está a cargo del Comité Especial presidido por el Prof. W. L. C.



Lám. VIII — Barco "Zarya". Fotografiado en el Río Támesis, al zarpas de Londres para una expedición.

Beynon y cuyo Secretario es el Dr. C. Minnis. Este Comité depende directamente del Consejo Internacional de Uniones Científicas (cuya sigla en inglés es ICSU). Existen cuatro Uniones Científicas Internacionales: la de Astronomía, la de Geodesia y Geofísica, la de Física Pura y Aplicada y la Radio Científica que tienen particular interés en el programa de los Años Internacionales del Sol Quietó. El Representante para América Latina es el Dr. Fernando

de Mendonça, de la Comisión Espacial del Brasil.

En el plan nacional cada país participante, en general, ha creado un Comité Nacional que coordina su respectivo programa. La cooperación está a cargo de las *Academias Nacionales Científicas*.

Entre las publicaciones del Comité Especial de Londres cabe mencionar las Notas de los AISQ (*IQSY Notes*) y los Manuales de Instrucciones (*Instruction Manuals*) para cada disciplina.

### AMERICA LATINA Y LOS AISQ

Los países participantes de América Latina están enumerados en el cuadro adjunto y entre los programas más amplios pueden señalarse aquellos de la República Argentina y del Brasil; en ambos países se cuenta ya con cohetes y globo-sondas.

Para observaciones del espacio cercano e interplanetario la América Latina tiene numerosas riquezas geofísicas:

La *Extensión Latitudinal* que permite observaciones de rayos cósmicos del ozono y perturbaciones magnéticas en su dependencia con la latitud; Las observaciones de fenómenos geofísicos en el *Casquete Antártico* tales como perturbaciones ionosféricas, auroras, rayos cósmicos de muy baja energía, radiación cósmica solar y eventos de absorción en casquetes po-

TABLA II

---

PAISES LATINOAMERICANOS PARTICIPANTES EN LOS AISQ

---

ARGENTINA  
BOLIVIA  
BRASIL  
COLOMBIA  
CUBA

CHILE  
GUATEMALA  
JAMAICA  
MEXICO  
PERU

VENEZUELA

---

lares (PCA) que permiten estudiar entre otras cosas el estado de la frontera entre el espacio cercano y el interplanetario.

El *Ecuador Geomagnético* de suma importancia, pues ahí se observan el mínimo de intensidad de la radiación cósmica, el electrochorro ecuatorial, la anomalía de la capa ionosférica  $F_2$ , etc.

La *Anomalía del Brasil* que facilita

las observaciones de la radiación que compone los anillos de Van Allen por medio de la precipitación de rayos X en estas regiones.

Las *Altas Montañas y ciudades en altiplanos* donde pueden hacerse observaciones continuas fuera de la capa absorbadora de la atmósfera terrestre, por ejemplo, el Observatorio de Física Cósmica de Chacaltaya.

### PROGRAMA Y CONTRIBUCION DE MEXICO

Las observaciones que se están llevando a cabo en México son las siguientes:

1) observaciones solares, a cargo del Observatorio Astronómico de Tonanzintla;

2) observaciones meteorológicas *standard* a cargo de la Dirección de Geografía y Meteorología de la Secretaría de Agricultura y Ganadería;

3) mediciones de rayos cósmicos con detectores de neutrones del tipo Simpson en la Estación de la Ciudad Universitaria, a cargo de la Sección de Espacio Exterior del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M.;

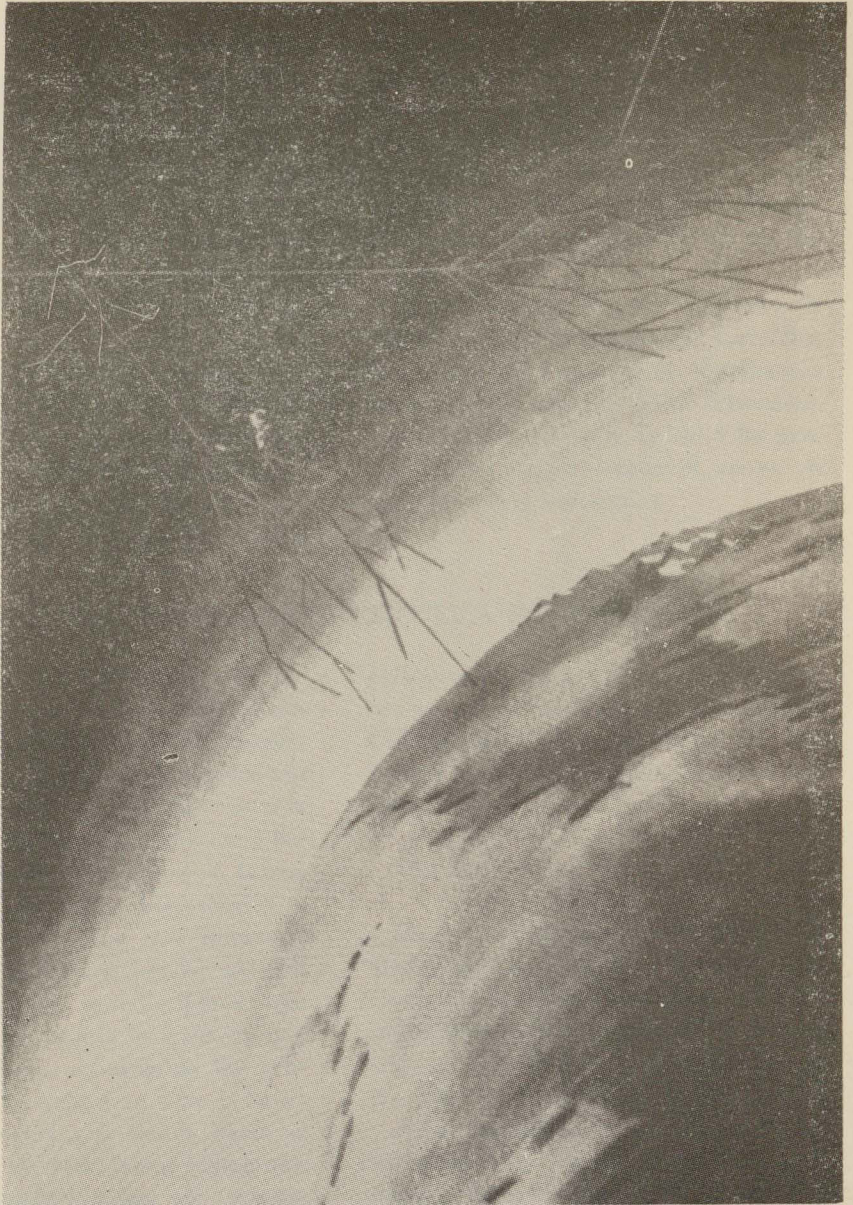
4) observaciones geomagnéticas en el Observatorio de Teoloyucan, a cargo del Departamento de Geomagnetismo del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M. y

5) el sondeo vertical de la ionósfera para fines de comunicación en la Estación de El Cerrillo, a cargo de la Dirección General de Telecomunicaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.<sup>1</sup>

Como vemos, la contribución de México es relativamente modesta. La Sección de Espacio Exterior del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M. durante los Años Internacionales del Sol Quieto ha dirigido todo su esfuerzo hacia la capacitación del personal, la adquisición del instrumental y el establecimiento de modernas estaciones de observación en las ramas de: radiación cósmica, ozono y resplandor atmosférico.

Se ha establecido contacto con el grupo de la Comisión Atómica del Canadá, en Chalk River, donde algunos elementos mexicanos han recibido su entrenamiento; este grupo canadiense es el

<sup>1</sup> Debe mencionarse que el equipo para sondeo vertical ionosférico fue adquirido durante el Año Geofísico Internacional.



Lám. IX — El Paso de la Radiación Cósmica Primaria a través de la Atmósfera Terrestre. Partículas de radiación cósmica primaria dotadas de muy alta energía penetran la atmósfera terrestre; al chocar con moléculas del aire inducen reacciones nucleares y como consecuencia se producen chubascos de partículas energéticas llamadas radiación cósmica secundaria.

responsable del diseño de aparatos de rayos cósmicos y de su construcción para los AISQ; se está recibiendo el supermonitor de neutrones y los detectores de mesones para una nueva estación de radiación cósmica en la Ciudad Universitaria, de la cual se encargará un colega boliviano que trabajó en el Observatorio de Física Cósmica de Chacaltaya.

Al iniciarse los AISQ la Comisión Nacional del Espacio Exterior de México ha donado al Instituto de Geofísica de la U.N.A.M. un detector Dobson construido en Inglaterra para la detección de ozono y ha ofrecido fondos para la

construcción de un espectrofotómetro para medir el resplandor atmosférico; también la Comisión facilitó el entrenamiento de nuestro personal en Boulder, Colorado y la construcción de parte del equipo se está realizando en México en colaboración con el NBS de aquella ciudad.

Es de desearse que en el futuro la Academia de la Investigación Científica se interese por empresas de cooperación internacional como los Años Internacionales del Sol Quieto y ayude a los grupos mexicanos ofreciendo el apoyo de organización y económico.

#### MEXICO Y LA COOPERACION CIENTIFICA INTERNACIONAL

Parece obvio que la cooperación internacional del tipo de los AISQ puede ser de gran provecho para los científicos de México. Nos permitirá iniciarnos en nuevas disciplinas; establecer nuevos observatorios en nuestras latitudes, llenando así el hueco que existe en la red internacional de tales observatorios y seguir nuevos senderos que empresas como los Años Internacionales del Sol Quieto marcan en las disciplinas que investigan. Por ejemplo, la meteorología se proyecta hacia estudios de las relaciones entre la atmósfera alta y baja; el geomagnetismo que tiende hacia el conocimiento de variaciones temporales que están correlacionadas con eventos solares; en el estudio de la radiación cósmica se enfatizará su papel como sondas del espacio cercano y profundo y la

colaboración entre astrofísicos y geofísicos está tan avanzada que en algunas Universidades norteamericanas se han creado los Departamentos de Astrogeofísica.

\* \* \*

Es muy alentador saber que en la actual situación política mundial precisamente en el plan científico, la humanidad está unida en empresas de íntima cooperación y de gran envergadura como los Años Internacionales del Sol Quieto.

Estas cooperaciones científicas constituyen un paso firme hacia el acortamiento de distancias entre países, tan grandes desde el punto de vista político y tan ínfimas vistas por un astrónomo o un geofísico.

## REFERENCIAS

## A—ESPECIALES

*Instruction Manuals*; publicados por International Council of Scientific Unions. Comité International de Géophysique. CIG—IQSY Committee, London.

World Dayn,	No. 1, 1963
Solar Activity,	No. 2, 1963
(Supplement)	
Aurora.	No. 3, 1963
Ionosphere,	No. 4, 1963
Airglow,	No. 5, 1963
Guide to International	
Data Exchange,	No. 6, 1953
(IQSY Disciplines)	
Cosmic Rays,	No. 7, 1964
Comets,	No 8, 1964
Sounding Rocket	
Research Technique,	No. 9, 1964

*IQSY Notes*; publicados por International Council of Scientific Unions. Comité International de Géophysique y CIG-IQS, Commttee, London.

- No. 1, March 1963
- No. 2, May 1963
- No. 3, June 1963
- No. 4, September 1963
- No. 5, December 1963
- No. 6, March 1964
- No. 7, May 1964
- No. 8, August 1964
- No. 9, October 1964
- No. 10, December 1964
- No. 11, March 1965
- No. 12, June 1965
- No. 13, July 1965
- No. 14, September 1965

B—GENERALES

- COMITÉ DE LOS AÑOS INTERNACIONALES DEL SOL QUIETO. 1964. Los Años Internacionales del Sol Quietó. Informe preparado para la UNESCO.
- DOBSON, H. W. y C. R. HEDEMAN. 1964. Provisional Programme. International Years of the Quiet Sun. *Science*, 143:237.
- POMERANTZ, M. A. 1963. International Years of the Quiet Sun 1964-1965. *Science*, 142:1136-1142.