

COLOMBIA Y EL AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL

JESUS EMILIO RAMIREZ, S. J.

Presidente de la Academia y del Comité Nacional de Colombia para el Año Geofísico Internacional.

INTRODUCCION

Colombia es una de las 67 naciones que participan activamente en el gigantesco programa científico conocido con el nombre de *Año Geofísico Internacional*, que comenzó el 1º de Julio de 1957 a las 00 tiempo universal y terminará el 31 de Diciembre de 1958 a las 24 horas, tiempo universal. Este suceso de cooperación internacional que tiene por objeto investigar las propiedades físicas de la tierra que pisamos, de los mares que nos rodean, del aire que respiramos y del espacio ilimitado que nos circunda, ha activado y dado vida a todas las ramas de la geofísica, ha servido de acicate a las naciones en su progreso científico y ha estrechado el lazo de unión entre científicos de razas y lenguas iguales y disímiles.

Ya se adivinan los resultados que pasan a enriquecer el caudal de la ciencia pura, y como sucede siempre, las aplicaciones prácticas vendrán inmediatamente como lógica consecuencia. Estas líneas contienen un esbozo de cómo realiza Colombia su programa y de algunos resultados en este concierto científico mundial.

HISTORIA

En 1882/83, seis naciones de Europa se unieron en una gran expedición científica, el Primer Año Polar, la cual se dedicó especialmente al estudio de la meteorología, el magnetismo y la aurora boreal de la Región Polar Artica. La idea de este esfuerzo científico la concibió el Teniente de la Armada Austro-Húngara K. Weyprecht, aunque no logró él mismo realizarla.

La conmemoración de los 50 años del Primer Año Polar, por insinuación del Dr. W. Georgi de Hamburgo, se celebró en 1932/33 con un Segundo Año Polar, aunque en una escala mayor; aumentó el número de naciones participantes y se amplió la investigación a otras nuevas ramas de la geofísica. Entonces se adquirieron conocimientos nuevos, acerca de la ionosfera como fue el de que la ionización persistente durante la larga noche polar.

En Abril de 1950 el Dr. L. V. Berkner de Estados Unidos propuso la repetición de la empresa científica al cumplirse los 25 años, en vista de los rápidos avances en los diferentes campos científicos desde el último Año Polar. La propuesta fue favorablemente acogida por varias organizaciones científicas y en 1952 se nombró un Comité Special (CSAGI - Comité Spécial pour l'Année Géophysique Internationale) para planear un programa en las diversas disciplinas de la geofísica y bajo el auspicio del Consejo Internacional de Uniones Científicas*.

La idea fue madurando y agrandándose. El Tercer Año Polar habría de ampliarse a otras disciplinas geofísicas que antes no se conocían; habría de elevarse a un plano mundial, abarcando los "Seis Continentes" inclu-

yendo la Antártica y los "Siete Océanos" sin exceptuar el Artico, habrían de participar todas las naciones en un esfuerzo cooperativo y simultáneo y por ende habría de cambiar de nombre y llamarse *Año Geofísico Internacional*. Entonces la Cortina de Hierro se levantó en nombre de la ciencia. Los rusos y las naciones satélites han tomado parte activa en congresos y programas desde 1954.

La Antártica, tierra no hollada por el hombre hasta 1898, surgió como objeto digno de investigaciones especiales. Las banderas de 11 naciones flotan hoy, como resultado, en los campos de observación de ese continente inhabitable, aumentando su población en unos 700 habitantes.

Determinose asimismo que el período habría de ser de 18 meses, porque en este intervalo se presentarían tres eclipses totales de sol y tendría su máxima la actividad solar, en su período de 11 años. Los primeros Años Polares habían coincidido con un período de máxima actividad solar.

Actuando conforme a estas ideas, el CSAGI se reunió en Octubre de 1952 y pidió la colaboración de todos los países. En 1953 presentaron 26 naciones sus programas preliminares en una reunión efectuada en Bruselas. Para 1954, treinta y ocho naciones tenían listos programas más detallados que se discutieron en Roma. En febrero de 1955 o sea un año más tarde en una tercera y última reunión plena en Bruselas, cincuenta y cinco naciones dieron los últimos retoques a sus programas nacionales y se dedicaron a prepararse intensivamente en la construcción de instrumental y en la preparación de técnicos con el fin de cumplir a cabalidad con lo prescrito en coordinación internacional. Las oficinas centrales se establecieron desde entonces en Bruselas, bajo la dirección de M. Nicolet, de Bélgica.

Como el aire no tiene fronteras y los mares no llevan pasaporte, toda información recibida de los miles de expedicionarios individuales y experimentos, se ha hecho que afluya a Centros Mundiales desde donde se distribuye a los científicos de todos los países.

COLOMBIA

Para Colombia el Año Geofísico Internacional, es de excepcional importancia por estar su territorio comprendido en regiones declaradas de "especial interés", como la región ecuatorial y la comprendida entre los meridianos 70 y 80 W., por su posición geográfica entre el Atlántico y el Pacífico, por su estructura tectónica, por sus hielos tropicales en los que lenta pero a paso constante retrocede la nieve. A ello se une su vecindad al Ecuador Magnético y el Ecuador de Rayos Cósmicos, en donde se han descubierto fenómenos geofísicos asociados con la alta atmósfera como el de intensas corrientes eléctricas o "Electrojet".

Un decreto del gobierno nacional de 7 de diciembre de 1955, N° 3181, nombró al R. P. Jesús Emilio Ra-

* Colombia es miembro de este Consejo, por medio de nuestra Academia de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales.

mírez, S. J., Delegado de Colombia ante el Comité Internacional del AGI. y éste fue el comienzo de un Comité y de un Programa Nacional.

Gracias a la entusiasta acogida que le dispensara el Dr. José Ignacio Ruiz E., director entonces del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", el Comité compuesto por distinguidos hombres de ciencia, hizo rápidos progresos y elaboró un programa adaptado a las realidades y posibilidades de Colombia.

Como preparación al A.G.I., las naciones celebraron conferencias o reuniones regionales en diversas regiones del globo. Las naciones del Hemisferio Occidental se dieron cita del 16 al 21 de Julio de 1956 en Río de Janeiro, para presentar, analizar y coordinar los diversos programas. Colombia estuvo allí representada por el Capitán de Fragata Augusto Porto Herrera y por el Presidente del Comité Nacional a quien le tocó la suerte de explicar el Programa Sismológico de las Américas.

El Programa Mundial incluye hoy investigaciones:

- 1) De la Física de la Alta Atmósfera: Actividad Solar, Ionosfera y Rayos Cósmicos, Magnetismo y Electricidad Terrestres y Aurora Boreal.
- 2) De las envolturas fluidas de la tierra: Meteorología, Oceanografía e Hidrología.
- 3) De la estructura de la tierra y su interior: Gravitimetría, Latitudes y Longitudes.

IONOSFERA

En 1901 Marconi demostró la posibilidad de recibir señales radioeléctricas a través del Atlántico. Los matemáticos habían demostrado que tales señales eran imposibles a tales distancias, por razón de la difracción de las ondas en la curvatura de la tierra. Ambos tenían razón: los matemáticos habían hecho su cálculo para la propagación de las ondas de radio alrededor de una tierra redonda, rodeada de un espacio libre; el resultado experimental de Marconi probaba solamente que la suposición de que la tierra estaba rodeada de un espacio libre, era falsa.

Al siguiente año de 1902 Kennelly y Heaviside explicaron independientemente que la tierra estaba rodeada por una capa ionizada que actuaba como reflectora e impedía que las ondas escapasen al espacio. En el año de 1925/26 se comprobó experimentalmente la existencia de una región ionizada en la alta atmósfera mediante el ángulo de llegada de ondas emitidas por un transmisor distante, hecho que se comprobó mediante el tiempo de ida y vuelta de las ondas a la ionosfera por el método de sondeos de impulsos cortos emitidos verticalmente a la región reflejante.

Estudios posteriores demostraron la existencia de varias regiones ionizadas bien definidas de una estructura en capas más complicadas en cada una de ellas. El nombre hoy universalmente admitido de ionosfera se debe a Watson-Walt.

El empleo de las ondas radioeléctricas como instrumentos de investigaciones geofísicas comenzó en 1924 con el estudio sistemático de la ionosfera. Desde ese día hasta el presente se ha acumulado una gran riqueza de informaciones sobre la manera como la ionización de la alta atmósfera varía en función de la hora del día, de las estaciones del año, de la latitud y de las manchas solares.

Estructura de la Ionosfera

La ionosfera común estratificada normalmente consiste en varias regiones ionizadas o capas la más baja de las cuales es la región D. La existencia de una tal región y su contenido en electrones es conocida más por las deducciones que por las medidas directas (frecuencia crítica).

El estudio con radio-impulsos de bajas frecuencias y con sondeos de gran sensibilidad en más alta frecuencia, revelan la existencia de ecos reflejados a alturas de 70, 80 y 90 kilómetros.

Encima de la región D. y a una altura de 120 kms. se encuentra una región E. La densidad máxima de iones durante el día depende estrechamente del ángulo zenital solar y de la actividad solar. Durante la noche la densidad iónica de la capa E norte decrece sensiblemente y se debe a un efecto insignificante relacionado con la llamada capa "E Esporádica" y la ionización meteorítica. Generalmente se distingue una región E solamente, pero a veces consta de varias regiones E designadas por E₁, E₂, etc.

Por encima de la región E se encuentra la región F a alturas que varían entre los 150 y los 400 kms. Experimentos recientes con cohetes han demostrado que la densidad de ionización de la ionosfera entre las regiones E y F es casi la misma que la del máximo de la capa E. La región F está a veces estratificada en capas F₁, F₂, etc. Su separación no está bien definida y a veces está indicada solamente por una inflexión de la curva de repartición de la densidad electrónica en la región F.

Además de las regiones normales E y F de la ionosfera, existe una capa E anormal o esporádica. A veces la ionización de la "E esporádica" refleja ondas de frecuencia sensiblemente más elevadas que la frecuencia de penetración de las capas normales. Parece, sin embargo, que hay varios tipos de E esporádica de características y origen diferente.

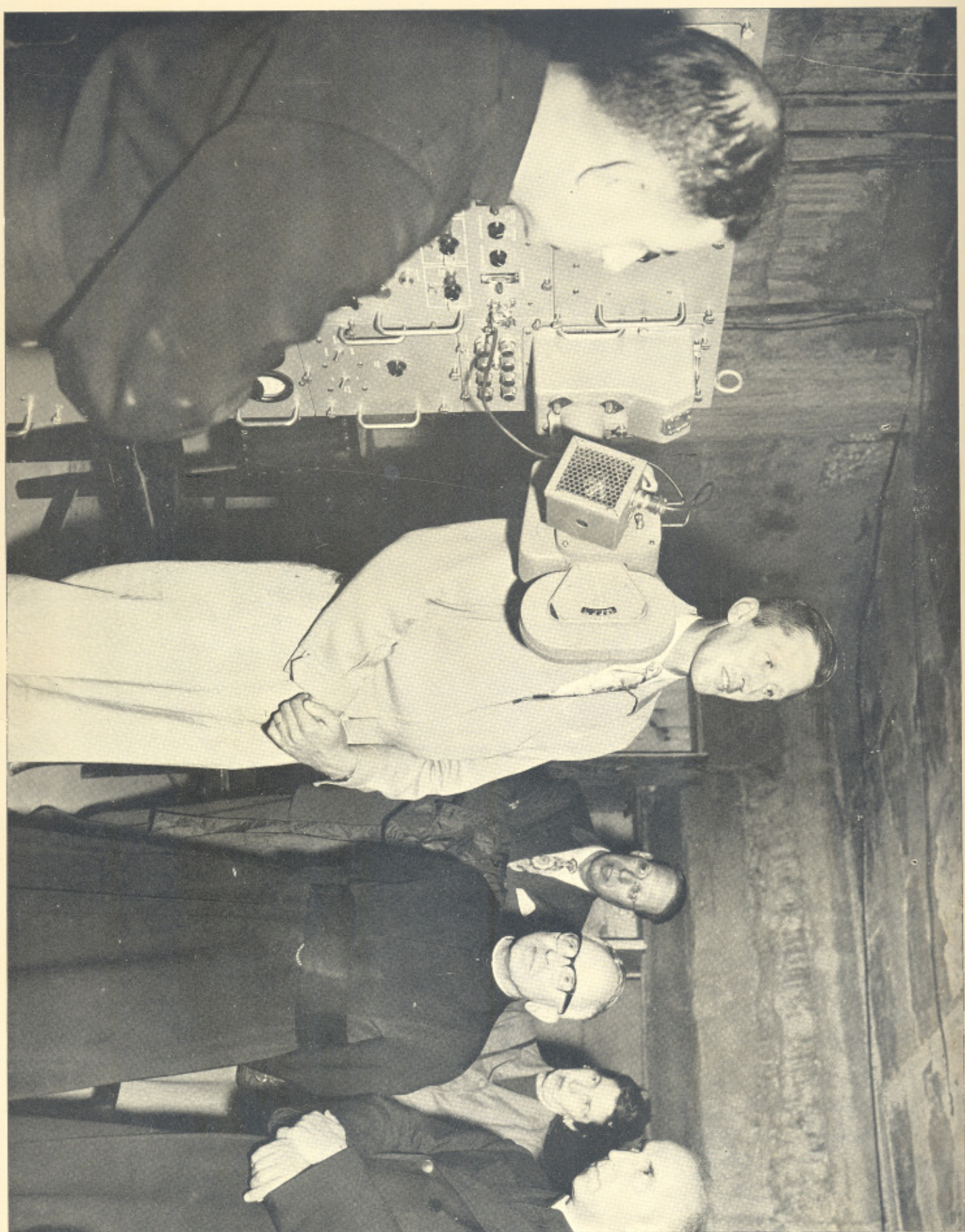
En el 2º Año Polar 1932 y 1933 solo 10 estaciones efectuaban sondeos de este tipo por primera vez.

Durante el Año Geofísico Internacional, 41 naciones llevan a cabo estudios de la ionosfera por medio de una extensa red que abarca 253 estaciones ionosféricas, de las cuales 150 son de radio-sondeos verticales o de incidencia que constituyen la parte fundamental del programa.

El problema principal es el futuro estudio de la ionosfera con el fin de predecir las condiciones de radiocomunicaciones tan importantes en el bienestar, seguridad y progreso de la vida humana y de su aprovechamiento para ulteriores fines.

Los diferentes campos de las investigaciones ionosféricas son los siguientes: 1) Sondeos verticales 2) Sondeos de absorción 3) Dirección de vientos 4) Observaciones de difracción 5) Medidas de ruidos de origen atmosférico y terrestre, y 6) Estudio por radar de auroras y meteoros.

Colombia colabora en el estudio de las propiedades básicas de la ionosfera con el funcionamiento de un equipo de registro automático de ecos de la ionosfera modelo C-4, enviado por el National Bureau of Standards de Boulder, Colorado, al Instituto Geofísico de los Andes Colombianos. Una serie de estas estaciones ionosféricas funciona de polo a polo a lo largo de las Américas.



El Sr. Juan Pitts de Bowler (Colorado) habla el día de la inauguración del equipo ionosférico (9 de julio de 1957).

El equipo es un transmisor que emite pulsos con barrido de frecuencia de 1 a 25 megaciclos con una potencia de pico de 10 kilovatios y que recibe los pulsos reflejados en un osciloscopio en el que se detallan las marcas de frecuencia y alturas. El equipo es automático, es decir, que cada cuarto de hora la señal que sale del receptor aparece en un osciloscopio catódico al mismo tiempo que las señales de altura y frecuencia apropiadas y graba en películas de 35 mm. y 16 mm., la imagen para su estudio, juntamente con las horas y fecha.

Características del C-4

Potencia de pulsos — 10 kilovatios.

Barrido de frecuencias — de 1 a 25 megaciclos por segundo.

Duración del barrido — 30 segundos (opcional a 15, 60 y 120 segundos).

Duración del pulso — 50 microsegundos (opcional 100 microsegundos).

Marca de frecuencia — cada megaciclo por segundo.

Programa de sondeos — cada 15 minutos, y adaptable a lapsos de tiempo más largos y más cortos.

Alcance de la altura — entre 0 y 4000 kilómetros, con marcas de alturas opcionales para 50 y 100 kms.

Antena — en forma de delta con 600 ohmios de impedancia para la emisión y recepción.

Funcionamiento normal controlado por reloj I. B. M. con un error no mayor de 0.5 segundos en los minutos 59, 00, 15, 30 y 45 cada hora (opcional cada minuto o trabajo continuo).

Las antenas de emisión y de recepción están en general cruzadas en ángulo recto.

Tensión de alimentación — 90 a 260 voltios alterna monofásica.

Frecuencia de la tensión — 50 a 60 ciclos por segundo.

Poder de consumo — Alrededor de 30 amperios con 115 voltios.

Las coordenadas geográficas son: 4° — 38°N y 74° — 05°W.

Las coordenadas magnéticas son: 15° 6' N y 354° 9' E.

La historia de este equipo se remonta al año de 1955 antes de que se estableciera en Colombia el Comité Nacional del Año Geofísico Internacional. En aquel año y en la ciudad de México con ocasión de la Séptima Reunión de Consulta sobre Cartografía del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, el General Georges Laclavere hoy, Secretario General del Comité Internacional del A.G.I. preguntado por la parte que pudiera hacer Colombia en el estudio de la ionosfera, me sugirió la idea de escribir al Dr. A. H. Shapley del National Bureau of Standards en Boulder, Colorado, quien preparaba un vasto programa consistente en una cadena de equipos C-4 como el presente, de polo a polo a lo largo de las Américas.

La respuesta a mi carta no se hizo esperar. El Dr. Shapley formulaba una serie de preguntas acerca de las condiciones físicas de Bogotá y de la corriente eléctrica de la ciudad y de las posibilidades de un contrato con el Instituto Geofísico de los Andes Colombianos. Las condiciones se aceptaron y el equipo ionosférico se mandó construir para Bogotá.

Entre las condiciones estaba la de la preparación de técnicos. En esto es digno de destacarse la colaboración

del Dr. José Ignacio Ruiz E. En primer lugar el Sr. Luis Eduardo Moreno, radiotécnico de los equipos de radio de los Superconstellations de Avianca, fue enviado durante tres meses a Huancayo, Perú a recibir el entrenamiento que se dio a un grupo de técnicos de la América del Sur. Becado por el Punto Cuarto, el R. P. Wladimiro Escobar, S. J. viajó al Perú y después a los EE. UU. (Fort Belvoir, Boulder, etc.) para su entrenamiento en el manejo del equipo e interpretación de sus resultados.

El 9 de julio de 1957, a los nueve días de iniciado el A.G.I., después de buscar un sitio apropiado y de aceptar el ofrecimiento que hiciera el R. P. Carlos Ortiz Restrepo de su instalación en la Pontificia Universidad Javeriana, se montó el equipo provisionalmente en un garaje acondicionado por los técnicos John Pitts y J. W. Wright de Boulder, Colorado. En diciembre de 1957 se pasó a la nueva construcción especialmente diseñada por el padre Wladimiro Escobar, S. J., en un lugar aireado y ameno junto al Parque Nacional. El diseño del padre Escobar, coloca y destaca al equipo en el fondo del interior de la caseta separado, por puertas de vidrio corredizas, del resto del salón. Al lado izquierdo están las habitaciones del radiotécnico, el cuarto oscuro y el taller; al lado derecho se hallan los cuartos del depósito, escalado y la oficina de trabajo.

La antena está detrás de la caseta sostenida por un poste de madera de una sola pieza y de 32 metros de altura.

Durante la inauguración de la nueva casa del equipo C-4, el 9 de febrero de 1958 y en presencia de distinguidas personalidades, el presidente del Comité Nacional del Año Geofísico Internacional, se expresó así:

"Es justo agradecer al Ministerio de Obras Públicas el poste de la antena, al Acueducto Municipal de Bogotá, de una manera especial al Dr. Francisco Wiesner Roza, el préstamo de una grúa y un tractor que se utilizaron para colocar el poste al pie del hoyo y al Gerente de las Empresas Unidas de Energía Eléctrica de Bogotá con sus técnicos el que en una memorable tarde de un sábado de octubre pasado con un equipo de 58 individuos utilizando grúas, cables, poleas, levantarán el poste que hoy se yergue detrás del edificio".

"En varias ocasiones he agradecido el desinteresado interés científico y la generosidad del padre Ortiz Restrepo. En una ocasión este agradecimiento quedó grabado en una placa de mármol con ocasión de la inauguración de la Estación Sismológica de Bogotá. Hoy, deseo que este agradecimiento sea hecho públicamente de una manera más vibrante y más solemne quizás, porque el padre Ortiz Restrepo no solamente ofreció el sitio para la instalación del equipo sino que él mismo con los técnicos seleccionó el terreno, allanó las dificultades que se presentaron cuando se inició la obra y contribuyó económicamente hasta llevarla a cabo. Es justo también reconocer en esta edificación hecha a base de una estructura metálica prefabricada en la labor de los ingenieros constructores Montoya Valenzuela y Gómez Mejía, en ella encontramos muestras inequívocas de su consagración y competencia".

El astro rey parece que quiso asociarse al Año Geofísico, anunciando el comienzo del mismo con una erupción solar espectacular, el día 18 de junio de 1957, la cual dos días más tarde alborotó y trastornó el campo magnético terrestre. La capa de la ionosfera se rasgó por la perturbación eléctrica y se interrumpieron las radio-

comunicaciones. En este caso, como en muchos otros, las radioseñales transmitidas a la ionosfera por los radiosondas no se reflejaron sino que se absorbieron. Parece que esta absorción se produce por un aumento en la ionización de la atmósfera más baja. Así, lo han demostrado los cohetes enviados a la estratosfera recientemente, indicando que se forma una zona de ionización de unos 20 kilómetros debajo de la última capa normal, mientras las capas ionosféricas más altas permanecen inalterables.

El programa de la Estación Ionosférica de Bogotá, incluye análisis de la verdadera altura y de varios tipos de E esporádica, gráficas diarias de f o frecuencia, de E y h o altura.

La principal variación de la ionosfera es la diurna. La ionización aumenta durante el día cuando el sol está presente y decrece durante la noche. En el polo sur a pesar de la ausencia del sol durante el invierno, la concentración de ionización parece permanecer muy alta durante la noche polar y hay una variación diurna que parece depender de la actividad magnética. El comportamiento ionosférico en las dos regiones polares, se cree hoy que es igual.

Entre las peculiaridades de la ionosfera en Bogotá, según los registros de 1958, se pueden enumerar las siguientes:

1) La capa E_s (esporádica) que suele tener alturas normales de los 100 kilómetros para arriba, se ha registrado en Bogotá a alturas de 85 kilómetros y aun menos a veces.

2) La frecuencia crítica, que es la frecuencia máxima a que se refleja la capa ionosférica y que normalmente no suele pasar de los 15 megaciclos, se ha extendido en Bogotá hasta registrarse en los 23 y 24 megaciclos.

3) La separación entre las frecuencias críticas ordinarias y extraordinarias, que se llama girofrecuencia, y que según los cálculos debería tener un valor fijo de 0.5 megaciclos para Bogotá, tiene variaciones desde 0.4 hasta 0.6 megaciclos.

4) Debido a la buena construcción y tamaño de la antena emisora el aparato registrador de ecos de la ionosfera en Bogotá capta muy nítidamente los primeros ecos y también muchos ecos múltiples de la ionosfera.

La nación que conozca las peculiaridades de la ionosfera se aprovechará entre otras cosas del buen uso de las radiocomunicaciones. El que lograra controlar la ionos-

fera podrá controlar el mundo de las radiocomunicaciones.

RADIACION NUCLEAR

En la cuarta sesión de Barcelona (Sep./56) el Comité Especial del Año Geofísico Internacional, endorsó la recomendación holandesa de que se midiera en todo el mundo durante el A.G.I. la radioactividad nuclear del aire y de su precipitación en la superficie de la tierra y en los océanos. Esta radiación proviene de tres fuentes:

1) De los elementos radioactivos que ocurren en la naturaleza.

2) De los producidos dentro de la atmósfera por los rayos cósmicos.

3) De la radioactividad producida por el hombre en el campo de la física nuclear.

Cada una de estas fuentes de radiación contiene elementos radioactivos que se pueden utilizar como guías para estudios en varios procesos geofísicos.

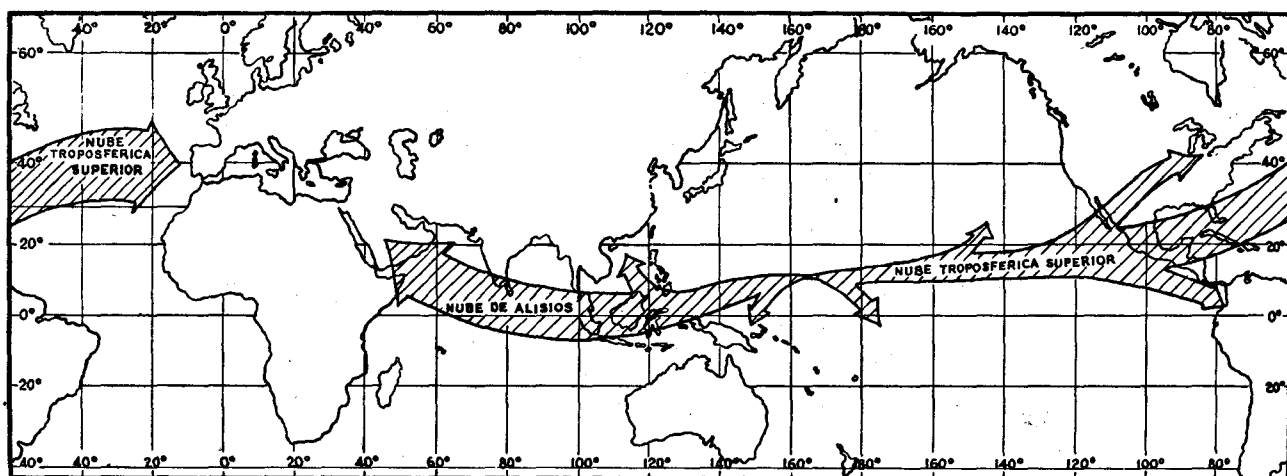
Las medidas de la radiación nuclear sirven para identificar y seguir las masas de aire y su circulación, para examinar la composición química del aire y la precipitación, para establecer el nivel actual de radiación nuclear que tanto preocupa a los hombres de ciencia y a los políticos por los peligros que suponen para la humanidad. Las medidas que se hacen abarcan:

1) La concentración de la radioactividad a nivel del suelo.

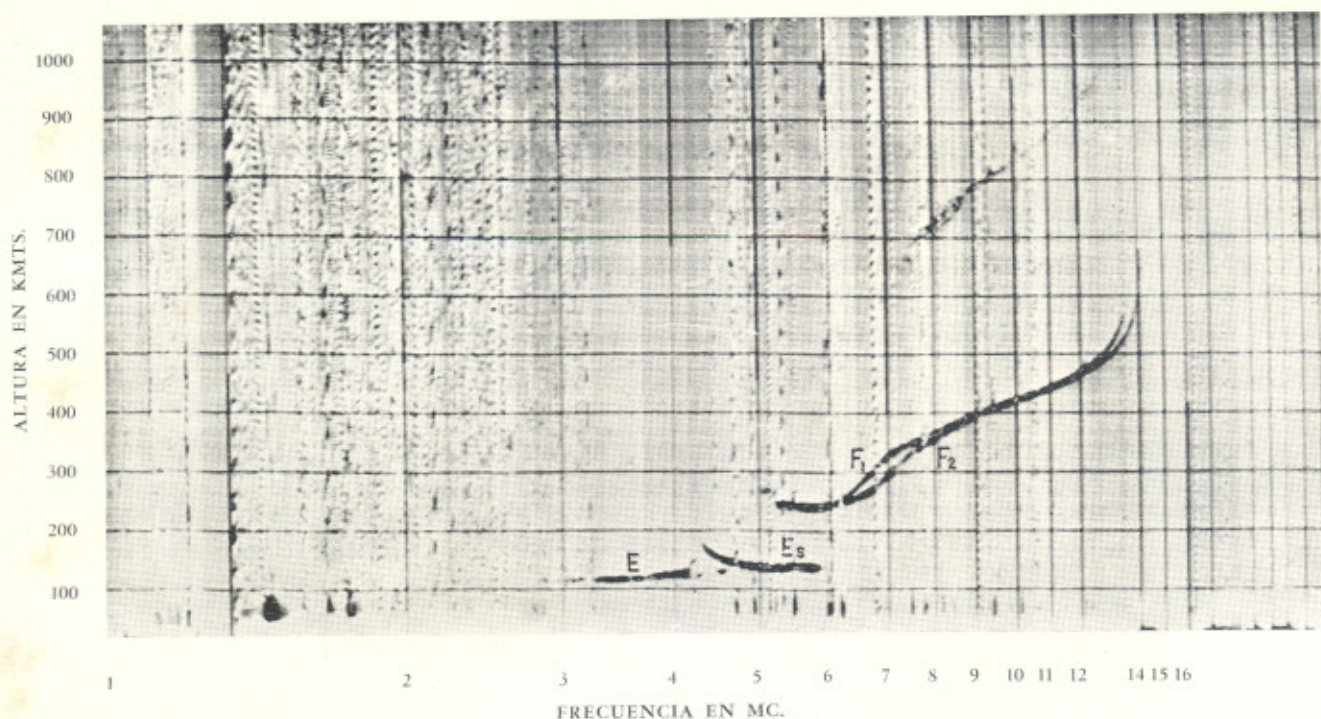
2) En la alta atmósfera.

3) En las aguas de los mares.

El peligro de la radioactividad atmosférica proviene de los productos de fisión de larga duración, tales como el Cesio¹³⁷ (vida media hasta 26.6 años), el Cesio¹³⁴ (vida media hasta 280 días), el Lutecio¹⁰⁶ (vida media hasta un año), el Prometio¹⁴⁷ (vida media de 2 a 6 años) y especialmente el Estroncio⁹⁰ (vida media hasta 28 años) el cual parece que es el más importante y ha recibido más atención en las discusiones oficiales y públicas. Como el estroncio se produce en grandes cantidades, es semejante al calcio químicamente y emite rayos gama, los animales y el hombre lo absorben en los huesos transmitidos por las plantas y la leche. El peligro de la radioactividad consiste en que la máxima dosis permitida se ha calculado en 0.05 microcuries. Suponiendo que no hubieran más ensayos atómicos entre 1957 y 1970, se cree que 25 microcuries de Estroncio-90



Dirección de la nube de polvo radioactivo debido a la explosión atómica Bravo del 1º de marzo de 1954. A Colombia llegó 11 días después de la explosión.



Esta fotografía es una ampliación de las que se obtienen automáticamente cada cuarto de hora en el registrador ionosférico Modelo C-4 del A.G.I. emplazado en los predios de la Universidad Pontificia Javeriana de Bogotá.

En la presente fotografía tomada el 10 de abril de 1958 pueden observarse reflexiones (curvas negras) de las tres capas ionosféricas bien conocidas. En las bajas frecuencias (de los 4.3 megacycles hacia 0) y en las bajas alturas virtuales (debajo de los 150 kilómetros) se halla la capa normal diurna E. A los 150 kilómetros de altura se observa la capa "E esporádica" o E_s, que consiste en una capa de ionización muy delgada y densa que ocurre esporádicamente dentro de la capa E. Por encima de los 200 kilómetros se encuentra la región F de la ionosfera. Esta región refleja ondas de más alta frecuencia, en este caso, hasta de 600 kilómetros de altura. La región F diurna se bifurca frecuentemente como aparece en la fotografía. Las capas se llaman entonces F₁ y F₂. En las horas nocturnas las capas de la ionosfera inferior desaparecen rápidamente dejando solo un residuo nocturno de la región F, aunque ocasionalmente la "E esporádica" se observa de noche.



Edificio de la estación de radio-sondas inaugurado en el aeropuerto de la isla de San Andrés, Colombia, en mayo de 1957. La estación funcionó en un local improvisado desde el 26 de noviembre de 1956.

sería la carga ósea del hombre prevista en EE. UU. para la vida de 1954 a 1970. Por lo tanto, la cifra de 0.25 microcuries es la medida permitida. El estroncio en los animales disminuye las células productoras de glóbulos rojos, causando la leucemia y produce mutaciones y cambios biológicos.

La radioactividad de las explosiones atómicas puede detectarse en las aguas lluvias y en el aire, pocos días después de la explosión.

Los estudios de la relación entre la radioactividad y la trayectoria en las masas de aire en la alta atmósfera, el intercambio en las masas de aire o el paso de ciclones o anticiclones, muestra que la radioactividad es un medio útil para seguir la trayectoria del movimiento del aire en una escala mundial.

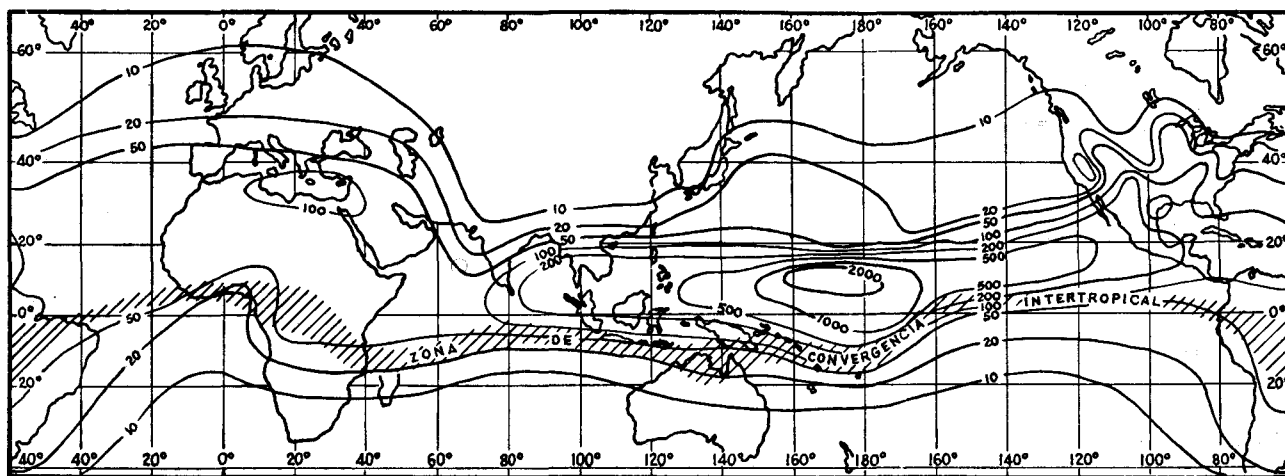
Los ensayos atómicos tanto de EE. UU. (la bomba Mike el 1º de noviembre de 1952, la Bravo el 1º de marzo de 1954) como las de los ingleses (las de Maralinge en Australia del Sur, Sep. y Oct. de 1956) y las rusas, han producido suficientes cantidades de polvo radioac-

tivo que ha sido arrojado a la alta atmósfera y luego en parte depositado en los dos hemisferios.

La porción troposférica del polvo radioactivo de la bomba Bravo se acercó a Colombia hacia el 6 de marzo y otra corriente a 6.000 metros de altura apareció una semana más tarde sobre Estados Unidos. Se ha calculado que una explosión como esta arrojó al aire 10 kilogramos de estroncio radioactivo, aumentando en un milirrentgen la dosis de la superficie terrestre. En las medidas de la radioactividad del Hemisferio Sur, las explosiones inglesas de septiembre y octubre de 1956, aumentaron la radioactividad en Lima y Guayaquil.

El polvo radioactivo de las pruebas inglesas en las Islas Christmas (mayo 16 y 31 de 1957) de varios megatones, aumentó la radioactividad en el Hemisferio Sur en mayo y junio.

La zona intertropical de convergencia debido a sus grandes precipitaciones parece que ha impedido que las masas de polvo radioactivo, crucen de un hemisferio al otro.



Radioactividad total de la explosión Bravo en el periodo del día 2 al día 35 después de la detonación en millicuries por 100 millas cuadradas. La zona intertropical de convergencia tiende a separar el área de los Hemisferios norte y sur cerca de la superficie de la tierra.

Colombia colabora con el Naval Research de Washington, en el sostenimiento de un analizador del aire a nivel de tierra como parte de una de las 20 estaciones uniformemente equipadas a lo largo del Meridiano 80 en las Américas. El equipo consiste en una bomba de aire accionada por un motor eléctrico de velocidad constante, que hace pasar el aire a través de un filtro especial de 20 centímetros de diámetro y a razón de un metro por minuto. El filtro va sostenido dentro de una rejilla o cedazo y todo el conjunto va cubierto por una casilla meteorológica para proteger el equipo contra las lluvias directas. Los filtros se cambian todos los días a las 7 a. m. y se envían a EE. UU. para el análisis de los productos de larga duración como el Sr^{90} , el Ce^{137} , el tritio y otros isótopos. Los filtros se calcinan en un horno eléctrico a una temperatura de 650°C , se comprimen en una prensa hidráulica y se montan en unos discos plásticos para ser analizada la radioactividad de los rayos Beta y comparada con isótopos calibrados de la comisión atómica. Los promedios de centelleos se convierten en promedios de desintegración calculando una energía media de rayos Beta de IMeV para productos de fisión.

La estación de las medidas de la radioactividad en Bogotá está situada en la azotea del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos (colegio de San Bartolomé, La Merced) a 25 metros sobre el nivel de la calle.

Las coordenadas geográficas de la estación son:

Latitud — $4^{\circ} - 37' \text{ N}$

Longitud — $74^{\circ} - 4' \text{ W}$

Su inauguración tuvo lugar a las 11 del día del 23 de julio de 1957.

Desde mayo de 1957 la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, está midiendo la radioactividad del aire 4 veces al día por medio de un tubo contador Geiger (Survey Meter) instalado en Vitelma. Allí mismo se ha instalado también un recolector especial de plástico para recoger muestras de lluvias y analizar la radioactividad del agua de precipitación.

Las medidas de la radioactividad en el aire y a nivel del suelo en las Américas en el segundo semestre de 1957 a lo largo del Meridiano 80, han demostrado:

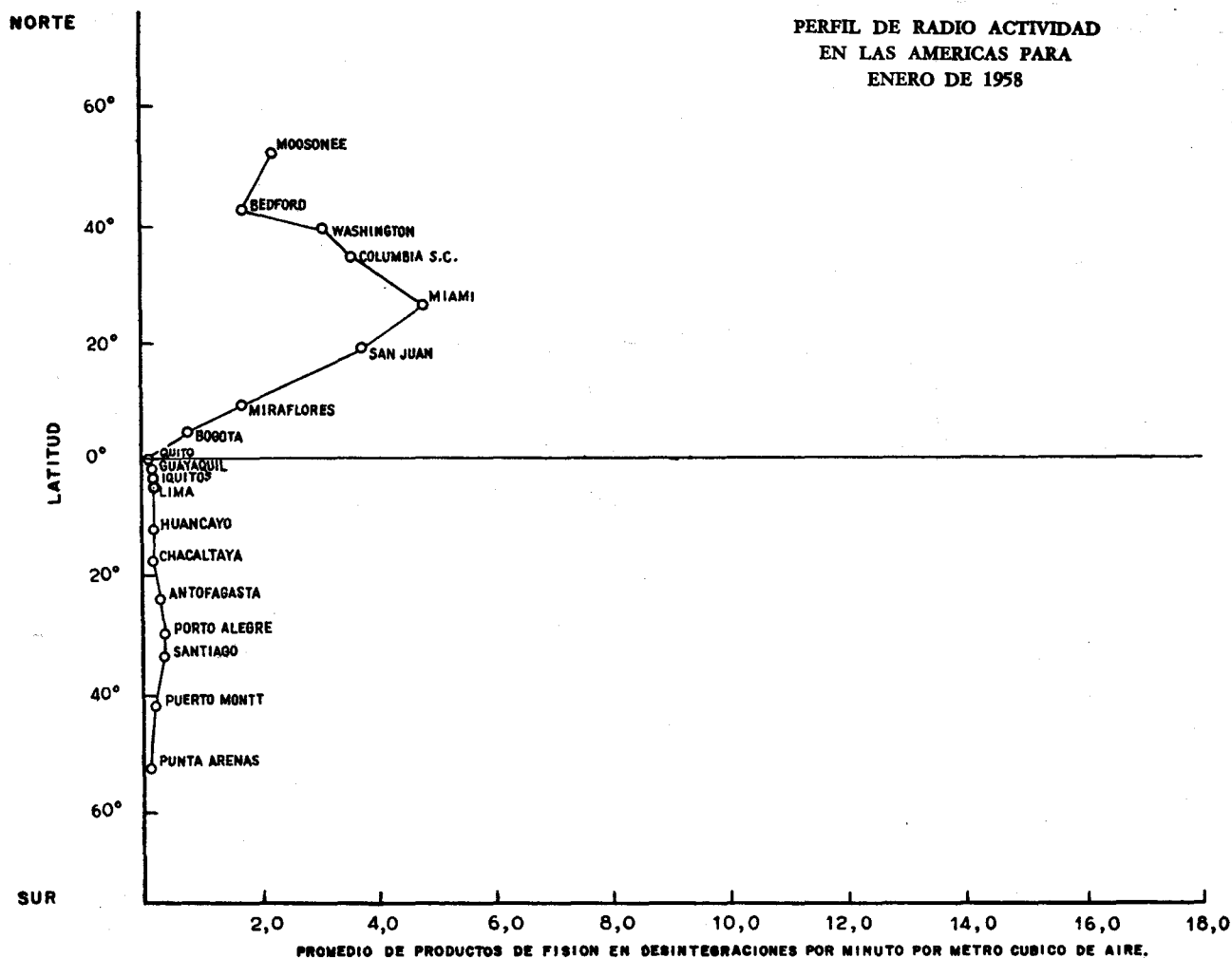
a) Que continúa la concentración radioactiva más alta en el Hemisferio Norte que en el Hemisferio Sur, por un factor de 5.

b) Que hay una relación inversa entre la radioactividad del aire y las lluvias en varias partes del hemisferio, debido a que la precipitación barre a tierra en gran parte las películas radioactivas de la atmósfera.

c) Que en general el nivel de radioactividad en el aire, disminuyó en el Hemisferio Sur y aumentó en el Norte.

d) Que hubo un aumento en los productos de fisión en ambos hemisferios durante el mes de julio, debido probablemente a las explosiones atómicas en las Isla *Christmas*.

e) La mayor radioactividad registrada en Bogotá en el segundo semestre de 1957, correspondió al mes de diciembre por un factor de 1,5, y ha seguido en aumento en el primer semestre de 1958.



RAYOS COSMICOS

Desde hace más de 50 años el problema del origen y naturaleza de los rayos cósmicos tiene intrigados a los científicos.

Estas partículas cargadas eléctricamente con una energía cinética entre 10^9 y 10^{19} electronvoltios están bombardeando la tierra desde todas direcciones y a todas horas. Las más suaves o de más baja energía se desvían hacia los polos magnéticos de la tierra, las de más alta energía penetran en las latitudes medias.

Las 195 estaciones de rayos cósmicos establecidas en el globo durante el AGI equipados de monitores de neutrones, de telescopios de mesones, de cámaras de ionización, de películas fotográficas de emulsión especial y de contadores Geiger, están destinados a estudiar la composición y la distribución de la radiación primaria, su transformación en radiación secundaria y sus relaciones con los fenómenos tanto del campo magnético terrestre como de la actividad solar, del sistema planetario y la galaxia.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, instaló el 1º de noviembre de 1957 un telescopio de mesones de triple coincidencia y de pequeño ángulo de apertura suministrado y construido por el Instituto de Investigaciones Científicas de la Universi-

dad Autónoma de México como un obsequio del Dr. Sandoval Vallarta al Dr. David Mehl del Sub-Comité Nacional de Colombia de rayos cósmicos. En este aparato los mesones que atraviesan su estructura accionan un sistema eléctrico de detección de pulsos que actúa por medio de un circuito de coincidencia un dispositivo común que registra fotográficamente cada 15 minutos, anotando no solamente los valores sino también la presión atmosférica, la temperatura y la hora. El equipo tendrá un doble dispositivo adicional que al mismo tiempo que accionará automáticamente la cámara fotográfica cada minuto, hará variar rítmicamente el ángulo azimutal del aparato tanto en el plano Este-Oeste como en el plano Norte-Sur. Así podrá la estación cósmica de Bogotá medir la intensidad de la componente mesónica, sus variaciones diurnas y anuales, la anisotropía de la radiación primaria y de determinar los efectos solares.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Popayán, se instalará un telescopio de mesones, cuya construcción viene adelantando el Dr. Werner Westphal. Este instrumento consiste en 15 contadores del tipo proporcional que serán colocados en tres tipos horizontales, cada uno formado por 5 tubos y tendrá una forma cúbica. Los impulsos pasan por un circuito de triple coincidencia y accionan un contador mecánico normal. Cada 15 minutos una filmadora registra automáticamente los



Casita de la estación ionosférica situada en los campos de la Universidad Pontificia Javeriana, inaugurada el día 9 de febrero de 1958.

cómputos y los valores indicados por un barómetro y un termómetro.

Este campo tiene por objeto registrar durante largo tiempo la intensidad de los rayos cósmicos para la componente mesónica de energía relativamente alta y sus variaciones diurnas, anuales, los efectos solares y las variaciones de extensión mundial.

Las dos estaciones colombianas determinarán también con otras estaciones la intensidad de los rayos cósmicos, que es mínima en el Ecuador de Rayos Cósmicos y se desvía sistemáticamente del Ecuador Magnético.

Estudios hechos hasta ahora, muestran: 1) Que hay un desplazamiento de unos 40 ó 45 grados del Ecuador inclinado de Rayos Cósmicos con respecto al Ecuador Magnético. También se cree que campos magnéticos de origen extraterrestre están alterando la trayectoria de las partículas de rayos cósmicos incidentes.

En varias naciones del mundo, aparatos llevados en cohetes y globos al espacio, están suministrando importantes datos, como el efecto de latitud a alturas constantes, que hace que cambios de latitud de 12 kilómetros se puedan detectar por medidas de rayos cósmicos.

También parece que hay una relación estrecha entre radiaciones con energía cinética del orden de 10^4 y 10^5 y la actividad solar, el magnetismo y las auroras.

GEOMAGNETISMO

Treinta naciones sostienen el funcionamiento de 129 Observatorios Magnéticos de un polo al otro en casi toda la superficie terrestre, con el objeto de estudiar la distribución de la fuerza magnética en la superficie del globo.

El campo magnético terrestre ha sido objeto de continuas observaciones rutinarias por más de 100 años en varias partes del globo. Este campo es en general estable y fijo para períodos largos, pero tiene variaciones que son lentas medidas en años, y rápidas de días, horas, minutos y segundos.

El análisis matemático ha demostrado que el campo permanente y las variaciones lentas son causadas por efectos magnéticos en el interior de la tierra y que la fluctuaciones más rápidas se deben a influencias externas de la alta atmósfera y más arriba. Durante el A.G.I. se harán medidas absolutas del campo magnético terrestre, con el fin de estudiar los cambios seculares y preparar los mapas magnéticos tan útiles en la navegación y de aplicación práctica para geólogos, geofísicos y militares. Pero el esfuerzo principal se hace en el estudio de las fluctuaciones rápidas magnéticas, que aparecen en las latitudes polares sin afectar el Ecuador, a veces simultáneamente percibiéndose en todo el globo; no se observan fluctuaciones en el Ecuador sin sentirse en los polos.

El hecho de que las perturbaciones magnéticas aumentan y disminuyen con el número de manchas solares, es considerado prueba suficiente, y al presente la única prueba, de que son el resultado de algunas radiaciones solares.

La Sección Técnica del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", mantiene desde 1953 una estación geomagnética en la pintoresca Isla de Fúquene entre Cundinamarca y Boyacá y a 100 kilómetros de Bogotá.

Las coordenadas geográficas son:

Latitud = $5^{\circ} - 28' - 12''$ N

Longitud = $73^{\circ} - 44' - 14''$ W

La estación queda equidistante de las otras dos estaciones magnéticas más próximas de San Juan de Puerto Rico y de Huancayo, Perú y en una región en donde la variación de la intensidad total tiene un mínimo valor. La Isla de 7 fanegadas de extensión, está defendida de anomalías magnéticas artificiales por unos treinta kilómetros cuadrados que tiene la superficie del lago; su altura sobre el nivel del mar es de 2540 metros y goza de una temperatura casi constante de 17°C . Dos edificios cuidadosamente construidos de material no magnético, alojan el uno el magnetógrafo "Ruska" que registra fotográficamente variaciones de la declinación, intensidad vertical e intensidad horizontal magnéticas, y el otro el magnetómetro "Askania", el inductor terrestre y un galvanómetro para la determinación de los valores absolutos de la declinación, componente horizontal e inclinación de las líneas de fuerza del campo magnético terrestre. Este registro continuo de variaciones es básico para la predicción de las perturbaciones del campo magnético, para corregir las observaciones de campo, para la elaboración de las cartas magnéticas, para la comparación con otras perturbaciones ionosféricas, cósmicas, geoelectricas, que se realizan simultáneamente en todo el globo y para la medida continua de la intensidad solar.

La estación de Fúquene cobra importancia especial durante el Año Geofísico Internacional en combinación con una red de estaciones situadas cerca del Ecuador Magnético. Como este pasa por el sur de la república, Colombia está interesada en todos los problemas de la variación diaria de los elementos magnéticos y fenómenos asociados con la alta atmósfera cerca del Ecuador Magnético. Se trata principalmente de confirmar dos teorías que en parte parecen establecidas. La una se refiere al "Electrojet" o sea la teoría que considera la existencia de una corriente eléctrica ecuatorial que se embotella como en un embudo de limitadas dimensiones y por tanto de gran densidad y actividad hacia las horas del medio día. La otra teoría es la de los efectos magnéticos que se observan en la tierra durante las tormentas magnéticas que parecen provenir de grandes corrientes eléctricas de varios miles de amperios que fluyen en la alta atmósfera. Dos de estas corrientes giran alrededor de los polos magnéticos Norte y Sur, mientras que la tercera parece que da vueltas en torno al Ecuador Geomagnético.

El programa geomagnético de Colombia también proyecta ocupar y reocupar varias estaciones en varias partes de la república y publicar las cartas magnéticas correspondientes a los años 1957 y 1958.

METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

El sol en último término es el responsable de los fenómenos de la meteorología dinámica. La energía solar evapora las aguas, calienta las tierras y origina los vientos. La tierra, girando alrededor de su eje, contribuye también a la circulación atmosférica, siendo su velocidad mayor en el Ecuador por ser la región más distante del eje de rotación.

El territorio colombiano por yacer en la zona intertropical se beneficia o malefica de estas dos fuentes de energía. El aire caldeado por el sol en esta zona, se halla en continuo ascenso y es reemplazado por el más frío que afluye de los hemisferios Norte y Sur, entrando generalmente por el cuadrante NE, E, SE.

Es posible controlar el tiempo atmosférico? Se habla de nuevo sobre ello en el *Año Geofísico Internacional*. En el pasado ha habido conatos: durante la segunda guerra mundial Inglaterra disipó la neblina de sus aeropuertos utilizando el calor y un método químico. Este método es demasiado costoso para usos comerciales. Una controversia aún no decidida se agita sobre los métodos para hacer llover. Es otro conato para controlar el tiempo. Se dice que la electricidad atmosférica puede ser la llave del control del tiempo. De todas maneras, los experimentos deben seguir para probar su posibilidad o imposibilidad. Si se llega a probar que es imposible, al fin de cuentas, se ha dado un paso más.

Con qué servicios cuenta Colombia?

El servicio meteorológico de Colombia lo forma una serie de servicios no muy conectados entre sí y cada uno con un fin propio:

La Empresa Colombiana de Aeródromos se interesa por confeccionar reportes meteorológicos para fines aeronáuticos y continúa sin variaciones fundamentales las observaciones de Avianca. Ha inaugurado, sin embargo, la Estación de Radiosondas de la Isla de San Andrés que inició observaciones el 26 de noviembre de 1956 con la esperanza de otra igual en el aeropuerto de Engativá. Este servicio dividido en 4 zonas centrales, Bogotá, Medellín, Cartagena, Barranquilla, tiene instaladas 50 estaciones en los diferentes aeropuertos del territorio nacional.

La Sección de Climatología, dependencia del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", realiza en unas 15 granjas agrícolas 3 observaciones diarias sobre climatología con observadores competentes en estaciones de primera clase y dirige 50 estaciones de primera y segunda categoría.

El Servicio de Meteorología del Depto. Técnico de la Federación Nacional de Cafeteros con sede en Chinchiná, Caldas, está interesado más que todo en la climatología para el cultivo del café en Colombia y ha establecido 8 estaciones principales y unas 50 secundarias especialmente en las zonas cafeteras.

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá tiene a su cargo el estudio de la cuenca del río Bogotá con proyectos de extenderlo a otras partes de Cundinamarca. Sostiene 3 estaciones meteorológicas de 1ª clase, 2 de 2ª categoría, 37 pluviográficas y 5 pluviométricas con observaciones especiales de radiación solar, de CO₂ de la atmósfera, de radioactividad, etc.

Las Empresas Públicas de Medellín sostienen para sus fines propios 25 estaciones pluviográficas y pluviométricas y algunos aforos de ríos.

El Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico ha estado intensificando su servicio de aforos de ríos y algunas estaciones pluviográficas.

La Corporación Autónoma del Valle sostiene unos 12 puestos pluviométricos; el Instituto de Fomento Algodonero unas 6 estaciones climatológicas; el Banco de la República, Sección Salinas mantiene 7 estaciones en las salinas, 4 de ellas de 1ª clase. Además, existen estaciones de varias clases y tipos dirigidas por la Secretaría de Agricultura de Cundinamarca, el Ministerio de Educación Nacional, La Caja de Crédito Agrario, La Estadística Departamental, el Instituto de Fomento Tabacalero, Compañía Colombiana de Tabaco y por las Compañías Petroleras.

En cooperación con el Weather Bureau de Washington, EE. UU., la Empresa Colombiana de Aeródromos estableció en la Isla de San Andrés (12°, 30'N; 81°, 40'W) una estación de radiosondas. Esta estación consta de un radioreceptor de onda corta, un frecuencímetro, un registrador fotoeléctrico de alta velocidad y de un detector radiodireccional (radar). Globos inflados con helio de 25 metros de diámetro y con poder ascensional de 300 metros por minuto van provistos de un equipo de radio que transmite señales de temperatura, presión y humedad relativa que son registradas automáticamente en el equipo de tierra. El equipo de radar puede determinar tanto la velocidad como la dirección de los vientos altos. Jóvenes colombianos entrenados en Puerto Rico bajo la dirección de un técnico extranjero, hacen observaciones a las 11:30 y a las 23:30. Otra estación semejante empezará a funcionar en 1958 en el nuevo aeropuerto internacional de Engativá.

Climatología colombiana

Los doctores Julio Garavito A., Alvarez Lleras, Hans Trojer, etc. han estudiado la meteorología colombiana. Algunas ideas expresadas por ellos se pudieran condensar así:

El fenómeno de las estaciones o el tiempo reinante en Colombia, depende en gran parte del movimiento de la faja ecuatorial de baja presión llamada frente o zona intertropical de convergencia (F.I.C.) especie de cinturón irregular térmico de baja presión en la parte inferior y de alta presión en la región superior, que se desplaza con el sol hacia el norte (solsticio norte) hasta colocarse en agosto en el paralelo 13°N y hacia el sur (solsticio sur), influenciando los paralelos 0° a 2°N. El movimiento del sol se debe propiamente a la inclinación del eje de rotación de la tierra con respecto al plano de su órbita alrededor del sol.

Cuando la zona intertropical de convergencia se encuentra en el solsticio sur, viene el invierno para la parte sur de la república en los departamentos del Cauca y Nariño o sea en los meses de diciembre, enero y febrero. En cambio, durante esta temporada en toda la costa colombiana del Caribe desde la Guajira hasta el Chocó y hacia el interior hasta aproximadamente latitud 7°N y aún más hacia el sur en los Llanos Orientales, se intensifica el verano desde diciembre hasta abril, marcándose una sequía más segura de enero a marzo. Durante este tiempo, los vientos llamados por algunos alisios, refrescan la temperatura del ambiente en la costa (18,6°C. Galerazamba, junio 5, 1950) y con recorridos hasta de 1.000 kilómetros en 24 horas.

Esta influencia de la estación de verano se extiende hacia el centro de la república (en Bogotá, enero, febrero y parte de marzo suelen ser los meses de verano) hasta la región del Huila y norte del Cauca.

A medida que la zona intertropical de convergencia pasa hacia el norte (el sol pasa cenitalmente hacia el norte por Bogotá el 1º de abril) va entrando poco a poco el invierno en la parte central (en Bogotá, abril y mayo son los meses de fuerte pluviosidad) mientras se inicia el verano en el sur, Cauca y Nariño. A poco de tener lugar el solsticio norte se inicia el invierno en la costa norte de Colombia (junio y julio). Regresa el sol hacia el sur y después de un breve veranillo vuelve el invierno a la costa en septiembre y octubre y después a la parte central de Colombia (en Bogotá, octubre y noviembre

son los más lluviosos, haciendo el sol su paso cenital por Bogotá el 11 de septiembre).

Además de este fenómeno general, influyen en la climatología, la variada topografía o relieve colombiano con sus tres cordilleras que corren de sur a norte con alturas de 3.000 y más metros y con dos fuertes depresiones, la del Magdalena (Girardot 326 metros sobre el mar) y la del Cauca (Cali 1.000 metros sobre el mar). La acción de la F.I.C. es deformada por los vientos que suben y bajan por las vertientes de las cordilleras y sus cañadas. Estos vientos suaves de compensación térmica (vientos de tierra y mar, de valles y montañas) determinan el transporte y condensación de humedad tropical localmente, la descargan torrencialmente en las partes bajas y la distribuyen menos abundantemente aunque con más frecuencia y en forma de gotas pequeñas sobre las montañas elevadas. Sin esta topografía tan complicada las estaciones en Colombia serían más regulares.

También corrientes septentrionales y australes alcanzan a penetrar en los extremos norte y sur de la república en las largas ausencias del F.I.C. En Leticia por ejemplo, es esperada cada año una corriente de aire fresco que corre a lo largo del flanco oriental de los Andes sin obstáculo alguno y que se manifiesta hasta la parte central de Colombia.

Por otra parte, los vientos frescos que suben a lo largo de la costa peruana pasan por encima de zonas de aguas ecuatoriales de máxima temperatura (30°C) y entran a Colombia por la costa del Pacífico cargados de humedad y su condensación es mayor en las vertientes occidentales de las Cordilleras Occidental y Central que las vertientes orientales de las mismas (región de Cali y gran parte del Tolima). En algunas regiones del Chocó, el F.I.C., vientos húmedos y efectos orogénicos producen fuertes lluvias inigualadas en el resto de la América.

Finalmente, además de los ciclos diarios del tiempo determinan la climatología nacional las altas componentes del sistema de los vientos del planeta con sus centros de acción anticiclónica. Recorren el territorio colombiano a 4.000 metros de altura, vientos predominantes del este la mayor parte del año y con un contracorriente de occidente a una altura que varía de 6.000 metros hasta 20.000 metros según datos aerológicos de globos observados en Bogotá y Barranquilla.

Por lo que hace a las temperaturas, los Andes de las tres cordilleras hacen con sus alturas su propio clima térmico y con su forma de barrera meteorológica al mismo tiempo que determinan la cantidad de precipitación refrescan el ambiente con sus vientos locales.

La temperatura puede llegar hasta un máximo de 39,2°C (Sept. 1/53), en las partes bajas y secas de la Guajira, y aún a 40°C en las partes bajas y encerradas como Girardot; la temperatura disminuye en promedio un grado por cada 100 metros de elevación. Hacia los 4.700 metros empieza la nieve perpetua en Colombia.

El Comité Nacional del A.G.I., ha propiciado dos cursos meteorológicos en Chinchiná, Caldas, en colaboración con la Federación Nacional de Cafeteros y ha preparado una cartilla meteorológica para observadores, impresa por el Banco de la República en su imprenta.

Con la asistencia de dos técnicos meteorólogos de las Naciones Unidas*, se cree que puede cristalizar la idea

ya muy madurada de una Central Meteorológica Nacional que preste al país servicio de archivo, valoración y consulta de datos meteorológicos, de patronamiento, calibración y reparación de equipo, de entrenamiento de meteorólogos y para un futuro la previsión del tiempo a corto y largo plazo.

HIDROLOGIA

Si se reserva este nombre a la Hidrología Continental, ya que se ha calificado de Oceanografía la marina, no se ignora la importancia que tiene este estudio para Colombia en donde hay zonas desérticas como la Guajira, lluviosas como el Chocó y medias como el resto del país.

Observaciones cuidadosas sobre precipitación, evaporación, aforos de ríos forman la base para apreciar la escorrentia de algunas partes del territorio como la cuenca del río Bogotá, y son efectivos progresos de técnica. Ojalá se hiciera así con otras partes del país para llegar a prever y predecir las inundaciones desastrosas de los ríos Cauca y Magdalena.

GLACIOLOGIA

El hielo que cubría en tiempos geológicos pasados 32% de la superficie del planeta, al presente solo cubre un 10% y sigue desapareciendo lentamente. Este receso del hielo es prueba de un calentamiento de la tierra que tiene una influencia en la climatología, oceanografía y ecología del globo.

El Programa Mundial del A.G.I., tiende por una parte a obtener datos de regiones inaccesibles para compararlos con pasados y futuros programas geofísicos y por otra trata de cartografiar la extensión de los glaciares y del hielo, conocer su volumen y dinámica.

Descubrimientos se han hecho ya en las dos grandes reservas de hielo del mundo: Groelandia y la Antártica. En Groelandia se ha perforado el hielo como se perfora la tierra para un pozo de petróleo y se han sacado corazonas. El espesor del hielo varía y es generalmente de unos 350 metros, pudiéndose determinar las diferentes capas de hielo acumuladas por año. Así se ha visto que las cenizas de la gran explosión del Krakatoa de 1883, se encuentran a unos 50 metros y en la Antártica se espera encontrarlas a unos 20 metros. Por otra parte la Antártica no es el Continente enorme que se pensaba sino más bien un gigantesco Archipiélago. La capa de hielo se prolonga en muchas partes por debajo del mar.

La zona glacial tropical de Colombia ha llamado la atención de propios y extraños por su belleza y su interés científico. Son objetivos de estudio los nevados del Ruiz, el Tolima y el Cisne en la Cordillera Central, el Cocuy en la Oriental y la Sierra Nevada de Santa Marta.

El Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", hizo un mosaico fotográfico de los nevados hace varios años y se gestiona la repetición para obtener datos concretos sobre deglaciación. Se propone hacer un estudio de su extensión, morfología, tipo morrenas, su avance o retroceso, y de sus peculiaridades bajo el trópico. El área nevada de Colombia es solo una parte de las que fueron grandes extensiones de las cordilleras colombianas.

Los nevados colombianos como los del resto de la América Intertropical, pierden pues su blanco cendal de una manera lenta pero constante en un ciclo climático

* El Dr. Pío Pita Suárez-Gobián, del Servicio Meteorológico Español, es uno de ellos.

de recalentamiento. Cuál es la causa? Será una menor precipitación secular? Será un bajar de las montañas? Será un calentamiento interior de la tierra por radioactividad o volcanismo? Será un aumento de la temperatura exterior de la atmósfera por causas terrestres o extraterrestres? La causa está por estudiar.

El Sr. Erwin Kraus, alpinista consumado y miembro del Sub-Comité de Glaciología, ha suministrado algunos datos sobre sus excursiones en los últimos 20 años.

En la vertiente sur de la Sierra Nevada de Santa Marta, el receso de la nieve ha alcanzado una altura de 200 metros verticalmente.

Enero de 1939 — Vertiente Sur del Pico de Bolívar, límite de la nieve perpetua 4.850 metros.

Enero de 1949 — Límite de la misma, en la misma vertiente 5.050 metros. Diferencia en 10 años 200 metros.

Vertiente Norte del Pico de Bolívar:

Enero de 1939 — Límite de la nieve perpetua: 4.575 metros.

Enero de 1941 — Límite de la nieve perpetua: 4.700 metros.

Enero de 1952 — Límite de la nieve perpetua: 4.800 metros.

El mismo autor hace las siguientes observaciones en la Laguna de la Sierra, vertiente occidental del Nevado del Cocuy:

Marzo de 1938: El glaciar que baja del Convito llega a morir suavemente dentro de la Laguna de la Sierra. Límite de la nieve 4.520 metros.

Enero de 1942: El nevado ya no moría suavemente en la Laguna de la Sierra, sino que formaba un frente vertical de alguna consideración en cuanto a su ancho y de una altura aproximada de 30 metros.

Diciembre de 1943: No se pudo constatar modificación apreciable, con relación a las observaciones de enero 1942.

Enero de 1946: El glaciar ya no llegaba hasta la Laguna de la Sierra. Se había aplanado considerablemente puesto que su frente vertical había desaparecido casi en su totalidad. El límite de la nieve perpetua estaba en los 4.550 metros.

Abril de 1948: El glaciar se había retirado más aún y el límite de la nieve era de 4.600 metros. El receso vertical de la nieve en 20 años era de 80 metros.

El 27 de diciembre de 1957, un grupo de alpinistas encabezados por el Dr. Alfonso Posada Defrancisco, del Sub-Comité de Glaciología, escaló el Nevado del Cisne y el Pico del Cóndor en la Cordillera Central entre el Ruiz y el Santa Isabel.

Sobre el Cisne existe un glaciar de un kilómetro cuadrado de superficie y de un espesor de unos 50 metros. La reducción del glaciar es evidente al compararlo con fotografías aéreas de 1945 y la desaparición de la capa de hielo se calcula en unos 25 años.

Aún no está descartada la posibilidad que el Comité Nacional del Año Geofísico de Colombia, sea asesorado por un glaciólogo extranjero de profesión y quizá también de un volcanólogo.

GRAVIMETRIA

La atracción de la tierra es una fuerza que todos experimentamos y que el niño aprende a conocer a fuerza

de caídas. Esta fuerza no es igual en toda la superficie del planeta. Es mayor en los polos donde produce aceleraciones de 983 centímetros por segundo por segundo y menor en el Ecuador donde mide una aceleración de 978 centímetros por segundo por segundo. Esto equivale a decir más o menos que un hombre de 100 kilos de peso, pesa medio kilo menos en el Ecuador que en Polo. Estas y otras diferencias de atracción se deben a que la tierra no es una esfera perfecta, a que su diámetro polar es unos 42 kilómetros más corto que el ecuatorial, a que no tiene una masa homogénea ni está compuesta por capas concéntricas homogéneas y goza de un movimiento giratorio sobre un eje.

Existen, además, montañas y valles continentales, montañas y cuencas submarinas, rocas más densas en la corteza terrestre, todo lo cual produce desviaciones de la dirección de la plomada de su dirección al centro de la tierra, con las consiguientes anomalías locales. Esta desviación puede ser menos de 10" de arco pero a veces pasa hasta un minuto de arco. El Dr. José Ignacio Ruiz, ha calculado esta desviación para Bogotá dada su posición con respecto a la Cordillera Oriental, como del orden de 20" (veinte segundos sexagesimales). Medidas gravimétricas posteriores parecen corroborar este dato.

Las desviaciones de la vertical tienen importancia práctica en la determinación del perfil geodésico, respecto al elipsoide de referencia. Así se logran obtener curvas del nivel del geoide. El Dr. José Ignacio Ruiz anota que en los Estados Unidos la cota máxima del geoide sobre el elipsoide es de 38 metros y en Europa de 40 metros. En la India el geoide está por debajo del elipsoide y alcanza una separación de 60 metros. En Colombia no hay suficientes datos para este cómputo, pero los altos valores de la desviación de la vertical obtenidos, indican que hay una separación de 50 metros bajo la Cordillera Central.

El programa de Gravimetría del mundo tiene por fin, aumentar la precisión de las medidas de la gravedad especialmente de los Puntos Datos.

La tierra sólida tiene además sus deformaciones o mareas, como los mares tienen las suyas por razón de la atracción del sol y de la luna que giran a su alrededor. Es posible que las distancias entre el centro de la tierra y su superficie se acorten por diferencias que pueden variar entre unos milímetros y varios decímetros. Existen hoy, instrumentos de sensibilidad extraordinaria que miden estos cambios de la tierra.

El Comité Nacionad de Colombia está recolectando los datos gravimétricos observados en Colombia, por diferentes entidades, para elaborar mapas de valores y anomalías gravimétricas, tan detallados como sea posible y deducir de ellos interpretaciones de estructuras geológicas, tectónicas, etc.

El Sr. William A. Black enviado por su profesor G. E. Wollard del Departamento de Ingeniería y Geofísica de la Universidad de Wisconsin, realizó en Colombia una serie de observaciones con un gravímetro Worden N° 10-e, durante los meses de junio 24 a julio 4/52. Durante los primeros 3 días lo acompañó el Dr. Manuel José Lobo Guerrero y en todo el tiempo el Dr. Alvaro González Bernal, ambos del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi".

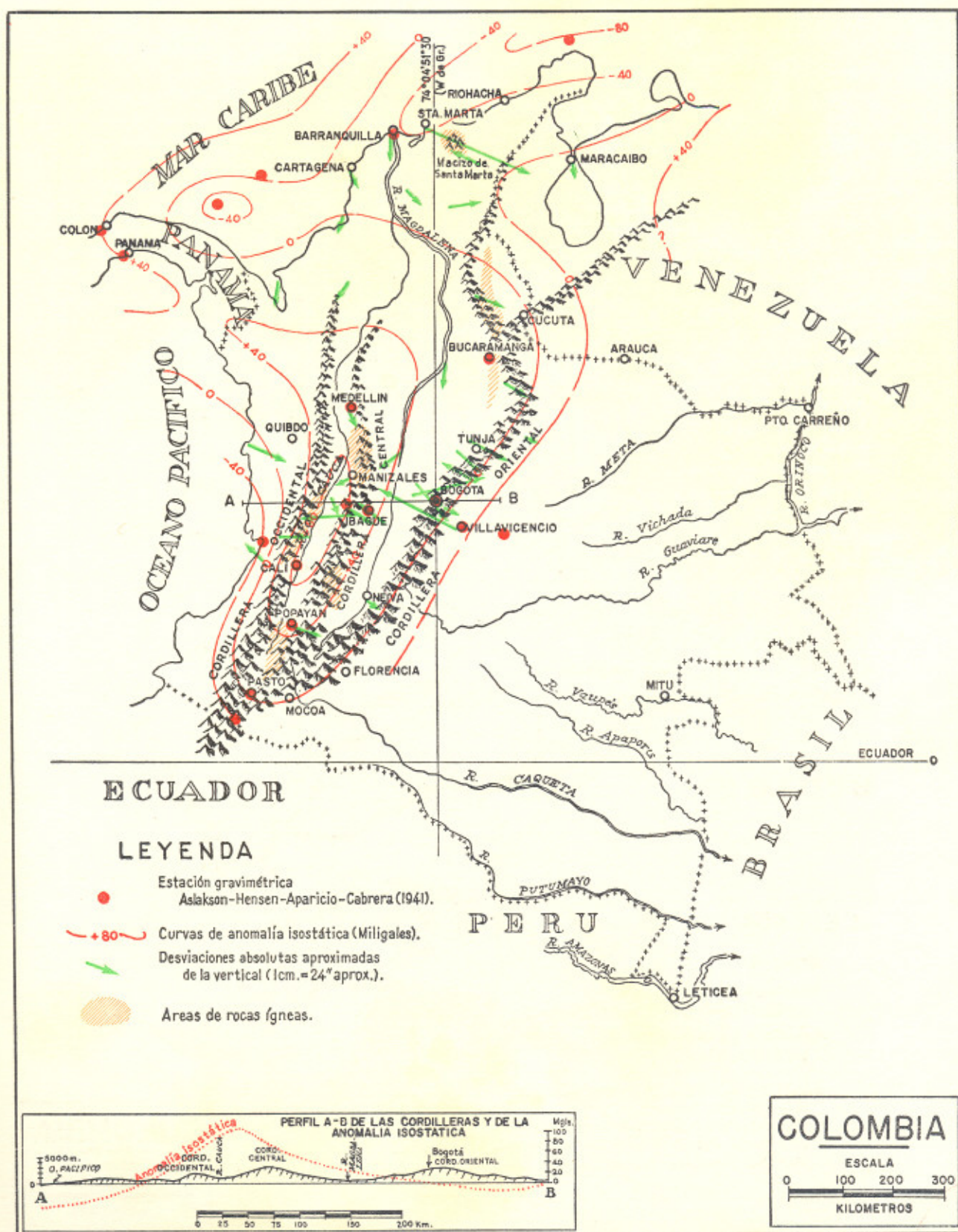
El recorrido comprendió a: Bogotá, Soacha, Salto de Tequendama, El Colegio, Viotá, Tocaima, Girardot, Chicoral, Ibagué, Cajamarca, Calarcá, Armenia, Pereira, Anserma, Río Sucio, Supía, Caramanta, Santa Bárbara,



Hito dejado en octubre de 1957 por los miembros de la Expedición de Cambridge (Inglaterra) en uno de los glaciares de la Sierra Nevada del Cocuy para controlar el receso del hielo.



Glaciares de la vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta, en donde se está produciendo un notable retroceso del hielo.





Caldas, Medellín, Girardota, Santiago, Cisneros, Puerto Berrío, Puerto Olaya, Cimitarra, Barbosa, Moniquirá, Arcabuco, Tunja, Villa Pinzón, Isla del Santuario (Laguna de Fúquene), Ubaté, Zipaquirá, Bogotá.

El lugarteniente Carl Aslakson y el Sr. Philip T. Hansen del U. S. Coast and Geodetic Survey con un par de péndulos Brown, realizaron observaciones gravimétricas del 28 de julio al 29 de septiembre de 1941, en las siguientes ciudades: Buenaventura, Popayán, Cali, Bogotá, Bucaramanga, Barranquilla, Medellín, Ibagué, Armenia, Pasto, Ipiales, Villavicencio, Puerto López. En estas 13 estaciones algunas de las cuales se reocuparon varias veces, colaboraron los doctores Darío Roza M., Tomás Aparicio y Gerardo Cabrera Apraez del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Los resultados de este estudio dan una idea generalizada de las anomalías de la gravedad en Colombia, y han sido base de estos trabajos.

En el mar Caribe, frente a Colombia se hicieron observaciones gravimétricas en 1926. El Dr. F. A. Vening Meinesz de Holanda en el submarino K-13 y más tarde en 1932 el mismo geofísico en una expedición combinada de la marina de los EE. UU. y de la Universidad de Princeton en el U. S. S-48. Estas observaciones son también de gran importancia para la gravimetría colombiana.

El Observatorio Geofísico de la Universidad Nacional, posee un aparato cuadripéndulo Askania del sistema Sternéck para medidas absolutas de la gravedad, y la Sección de Geofísica del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" tiene un gravímetro Holweck-Lejay que se ha utilizado en ocasiones en medidas de campo.

A la Mobil Oil Company de Colombia se le deben agradecer los datos gravimétricos de 8 estaciones en La Gloria-Sogamoso (valle medio del Magdalena) con base en Puerto Wilches, y los de 65 estaciones en el área norte del río Meta, con base en Villavicencio.

De la International Petroleum Company, se han recibido los datos de 361 estaciones gravimétricas hechas en su mayoría con gravímetro tipo "Y", y referidas al péndulo de Bogotá. Comprenden las áreas de los ríos Vichada y Guaviare en donde se usaron gravímetros tipos "X" y "Y", del Alto Magdalena, trabajadas con gravímetro Worden, de una parte de la Cordillera Oriental, de Bogotá y Pamplona, de la Costa del Pacífico al norte y sur de Buenaventura, del río César, de la parte sur del Departamento del Magdalena, del Valle del Cauca, de Popayán hasta Pasto, de Ipiales y de las regiones del Sinú y Urabá.

A la Mobil Oil-Intercol se deben los datos del área Urabá-Sinú.

La Shell suministró generosamente los datos del Caquetá y Putumayo, los de Turbo y Chigorodó, los del norte del Departamento del Magdalena y los del área de Puerto Berrío.

La Richmond cedió los del sur del río Meta, la Guajira y Cúcuta. La Empresa Colombiana de Petróleos los comprendidos entre los ríos Sogamoso y Carare y finalmente la Texas Petroleum Company, los de Velásquez y Puerto Niño en el territorio Vásquez y los del centro del Tolima.

El geofísico Charles Thomas Whalen del Servicio Geodésico Interamericano y personal del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" iniciaron el 17 de marzo de 1958, un perfil gravimétrico en Colombia, utilizando un gravímetro Worden modelo geodésico. Este perfil em-

pezó en Cartagena y Barranquilla y siguió a lo largo de la carretera central por Sincelejo, Planeta Rica, Medellín, Cartago, Palmira, Cali hasta terminar en Ipiales y en los mareógrafos de Buenaventura y Tumaco.

El objeto de este perfil fue múltiple pero principalmente se trató de conectar las bases de los trabajos gravimétricos suministrados por las diferentes compañías de petróleo en Colombia.

El Sr. Whalen realizó también en junio y julio 1958, medidas gravimétricas con dos gravímetros Worden en los principales aeropuertos del país.

En colaboración con el Sr. Robert Wall de Lamont Laboratory y Columbia University, el Sub-Comité de gravimetría de Colombia, inició a principios de agosto de 1958, un trabajo gravimétrico principalmente de aquellas regiones del país en donde se adolece de datos con el fin de completar los ya obtenidos.

OCEANOGRAFIA

Los océanos que cubren tres cuartas partes de la tierra, son enormes reservas de energía que uniforman el clima de las costas y suavizan el ambiente de muchas regiones del globo, como lo hace la corriente del Golfo de México con Irlanda y las Islas Británicas. Las corrientes marinas a su vez están relacionadas con los grandes sistemas de vientos. El agua de deshielo de las regiones polares se hunde por su mayor densidad y desplaza a otras aguas que fluyen hacia las regiones ecuatoriales.

La topografía submarina con sus valles y cordilleras, afecta el fluir de las aguas y aún es posible que forme grandes estanques. Aún no se sabe si las aguas hacen un recorrido de los polos al Ecuador y luego a los polos en decenas, cientos y miles de años. Las profundidades marinas son ricas en sustancias químicas alimenticias para la vida marina, donde quiera que esas aguas suben a la superficie, tenemos grandes regiones de pesca como Terranova y las costas peruanas.

Treinta y cuatro países están participando en las investigaciones oceanográficas del Año Geofísico Internacional, por medio de barcos y observaciones de costas e islas. Ya empiezan a conocerse los resultados de los estudios oceanográficos. Barcos ingleses y norteamericanos han cartografiado la corriente submarina que yace debajo de las corrientes del Golfo a una profundidad de un kilómetro. En la parte oriental de la corriente es muy poco o ninguno el movimiento errático de las aguas. Un poco más abajo se nota una corriente en dirección noreste como es de esperar y a unos dos kilómetros de profundidad la corriente es en dirección sureste con una velocidad relativamente grande de 8 kilómetros por hora.

La topografía submarina del Caribe, fue estudiada en detalle en 1935 a 1936 por el submarino USS. Nokomis y muestra frente a Bocas de Ceniza la pendiente del ángulo continental con una serie de cañones submarinos bien marcados.

No hace muchos años, el Dr. Bruce V. Heezen del Laboratorio Geológico Lamont en Palisades EE. UU. hizo un estudio de las corrientes de turbidez del río Magdalena en el buque Vema. Entonces vino a corroborar un hecho que parece ya admitido, de que las corrientes de turbidez erosionan cañones submarinos especialmente frente a las desembocaduras de los ríos que entran al mar sobre fuertes pendientes como el río Magdalena. Son pocos los grandes ríos de este tipo en el mundo.

En julio de 1957 en su programa oceanográfico del A.G.I. volvió el Dr. Heezen y se le prestó la colaboración que deseó, en su estudio más a fondo desde la Guajira hasta cerca de Cartagena haciendo observaciones y sacando muestras del fondo del mar. Nuevos e importantes datos se han añadido a los anteriores sobre las mismas corrientes de turbidez, origen de los sedimentos, topografía submarina, salinidad y corrientes del mar Caribe colombiano.

Una de las regiones más interesantes en el gran sistema de las corrientes de los océanos según el profesor Werner Reichelt *, está situada entre las costas de Panamá, Colombia, Ecuador y el Archipiélago de las Galápagos. Todos los años se verifica un curioso acontecimiento oceanográfico estudiado muy superficialmente y sin embargo de importancia para el clima la pesca y el tráfico marino de los países colindantes.

En la parte del Pacífico norte terminan 4 grandes corrientes superficiales:

- 1) La corriente del Perú o Humboldt.
- 2) La corriente ecuatorial del norte procedente del noroeste o sea de las costas de California y de Centro-América.
- 3) La corriente ecuatorial del occidente.
- 4) La contra-corriente ecuatorial.

Colaboración

La Armada Nacional y el Instituto Oceanográfico de Scripps en California, han concretado su programa oceanográfico del Pacífico en colaboración mutua.

Tres barcos de Scripps, a saber: el Stranger (tipo yate de 300 toneladas, 10.5 nudos), el Horizon y el Baird (tipos remolcadores de 500 toneladas y 11 nudos), salieron de San Diego, California el día 1º de agosto para llegar al área 110°W y 8°N y trabajar en esta área hasta el 25 de agosto, moviéndose luego a lo largo de la contracorriente ecuatorial hasta colocarse en 90°W y 8°N el 31 de agosto.

Una fragata colombiana (Capitán Tono) equipada previamente en Buenaventura con aparatos propios y otros suministrados por el Scripps, como batitermógrafos, electrocinetógrafos magnéticos, registradores de ecos de profundidad, etc., instalados por el Sr. Robert Gilkey, zarpará de Buenaventura el día 14 de agosto, llegará a 90°W — 8°N y se moverá hacia el occidente a lo largo de la latitud 8°N disminuyendo su velocidad hasta 10 nudos para hacer medidas de corriente y temperaturas; las primeras cada hora y media y las segundas cada tres horas. El día 24 de agosto llegará a 115°W y 8°N devolviéndose en su curso hacia el oriente hasta llegar haciendo observaciones a 105°W y 8°N.

El día 24 de agosto el Horizon y la Fragata se moverán paralelamente hacia el este. El Horizon a lo largo del 85° y la Fragata a lo largo del 75°N hasta llegar a 90°W.

Los barcos Baird y Stranger, seguirán unas 200-300 millas detrás del Horizon y de la Fragata, haciendo medidas. El día 31 de agosto será el rendez-vous final y los barcos del Scripps se dirigirán a Panamá y la Fragata colombiana a Buenaventura.

Después de la expedición habrá una reunión de los científicos y capitanes de los barcos probablemente en Bogotá, para discutir los resultados. Oficiales de la Fra-

gata colombiana han sido invitados a bordo de los barcos del Scripps y viceversa para trabajar con el resto de la tripulación en la expedición científica.

LA SISMOLOGIA

Cientos de estaciones distribuidas en la superficie del globo incluyendo muchas nuevas en las regiones Ártica y Antártica y 163 de ellas en las tres Américas, auscultan el planeta durante el A.G.I. Colombia contribuye con 4 estaciones. Son ellas: Bogotá: Instituto Geofísico de los Andes Colombianos. Lat. 4°37'23"N. Long. 74°3'54"O. Chinchiná: Federación Nacional de Cafeteros. Lat. 4°58'N. Long. 75°37'O. Galerazamba: Sección Salinas del Banco de la República: 10°47'8"N. Long. 75°15'44"O. Fúquene: (Isla del Santuario): Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" Lat. 5°28'12"N. Long. 73°44'13"O.

Todas estas estaciones son modernas de registro galvanométrico, la última de las cuales Fúquene fue inaugurada a fines de 1957.

Las estaciones sismológicas investigan la propagación de los varios tipos de ondas a través del interior de la tierra, a través de la corteza terrestre y de las aguas oceánicas y en los polos a través de la capa de hielo. La única manera de acrecentar nuestros conocimientos acerca de la estructura interior de la tierra son las ondas de los terremotos dotadas de gran energía que se refleja y refracta en las diferentes discontinuidades del interior del globo.

Microsismos

Un fenómeno al cual se le han dedicado cientos de científicos desde hace ya casi un siglo es el de los microsismos o pequeños movimientos más o menos regulares de la tierra, que la agitan continuamente y que no son debidos a terremotos o tráfico. Algunos de estos microsismos con períodos de 3 a 10 segundos provienen de vibraciones de grandes masas oceánicas bajo la influencia de perturbaciones atmosféricas como ciclones o bajas presiones. Con el establecimiento de muchas nuevas estaciones, este estudio se está correlacionando con los fenómenos meteorológicos en todo el globo. Un aumento en las amplitudes de los microsismos en las estaciones colombianas indican la presencia de todo ciclón antillano.

Las relaciones encontradas entre microsismos de períodos medios y algunos factores meteorológicos han enfocado el esfuerzo también hacia el estudio de los microsismos de períodos cortos y largos en una verdadera gama de períodos cuya relación con otros fenómenos abre amplio campo a los que desean adentrarse por estos linderos. Los boletines sísmicos están incluyendo la determinación diaria de la amplitud y período de los microsismos, siguiendo las indicaciones del Grupo de Trabajo XII (Sismología) del Comité Nacional del A.G.I.

Nuevas investigaciones

Nuevos tipos de sismógrafos con períodos largos se han construido para registrar ondas hasta de 400 segundos de período, originadas solo por los grandes terremotos. Ondas de largos períodos sirven para estructurar el interior del planeta y para detallar la corteza terrestre.

* Experto oceanógrafo alemán de la Armada Nacional de Colombia.

Una expedición geofísica de la Carnegie Institution de Washington, compuesta por 8 individuos y 6 camiones equipados, salió de EE. UU. en julio de 1957 e inició como parte del A.G.I. una exploración sísmica de los Andes Suramericanos, empezando por Perú, Bolivia y Chile para terminar en Colombia y Venezuela. Desafortunadamente el tiempo y los fondos no alcanzaron para abarcar a estos dos países.

Se utilizaron las explosiones (más de 60) de la Mina de Toquepala en el sur del Perú y las de Chuquicamata a unos 200 kilómetros de Antofagasta en Chile. Estas explosiones se hacen casi a diario en las minas de metales y nitratos con cargas de 40 a 60 toneladas de explosivos.

El resultado principal de estas investigaciones es la conjetura de que tanto en las rocas de la corteza terrestre (30 kilómetros de espesor) como las de la sub-corteza o sea de los 30 kilómetros hasta los 200 kilómetros debajo de los Andes, existen no-uniformidades y diferencias geográficas regionales. Así por ejemplo debajo de Chile parece que las rocas menos densas penetran hasta los 55 kilómetros de donde se obtienen reflexiones de las ondas sísmicas. Esta incrustación de las rocas es suficiente para que la masa andina de las rocas menos densas, flote en la sub-corteza a manera de témpanos de hielo.

Por el contrario, en el Perú las rocas de la corteza se cree que tienen un espesor normal de 34 kilómetros, pues a esa profundidad se obtienen reflexiones de la discontinuidad que separa las rocas de la corteza de las rocas de la sub-corteza terrestre (discontinuidad de Mohorovičić). Así, la elevada masa del altiplano andino se mantendría flotante, imaginando que raíces delgadas y menos densas de las rocas de la corteza terrestre se difunden y proyectan hasta los 200 kilómetros en las rocas mismas de la sub-corteza o por lo menos por debajo de niveles en donde las reflexiones de ondas se pudieron observar.

La estructura de los Andes es pues del tipo no-uniforme. A lo largo de los ejes de las cordilleras andinas, las reflexiones se registraron normalmente como en Norteamérica. A través de las cordilleras de Perú y Bolivia la energía de las explosiones se agotó a corta distancia, lo cual se puede explicar por la disipación de la energía de las ondas sísmicas en ese conjunto de raíces delgadas y profundas ya mencionadas.

Geofísicos franceses y alemanes habían averiguado en investigaciones de los dos últimos años que por debajo de los Alpes y a una profundidad de 29 a 32 kilómetros terminaba una clase de rocas más ligeras seguidas por otra de rocas más densas.

Esta superficie de separación es lo que se llama en Geofísica superficie de discontinuidad. Las rocas de la corteza transmiten las ondas elásticas de compresión y dilatación generadas por temblores o explosiones con velocidades de 5.6 a 6.1 kms. por segundo. En cambio las rocas de la sub-corteza transmiten las ondas con velocidades mayores de 7.8 a 8.3 kms. por segundo. Esta discontinuidad como todo cambio de medio tiene la propiedad de reflejar las ondas sísmicas.

En Norteamérica los mismos geofísicos que vinieron a Suramérica habían encontrado en 1954 que el espesor de la corteza terrestre era de 29 a 34 kilómetros tanto debajo de las montañas (Colorado Plateau) como debajo de las grandes llanuras y montañas del Este.

Cómo explicar entonces el que las rocas de las montañas que por su elevación deben pesar más guardaran una posición de equilibrio con respecto a las rocas de las llanuras? Allí surgió la idea de explicar la isostasia de las montañas imaginando delgadas raíces a manera de venas de material ligero, incrustadas en las rocas de la sub-corteza hasta profundidad de 200 kilómetros.

Las estaciones de Santiago de Chile y Lima, Perú han sido equipadas con dos componentes de sismómetros de torsión o deformación linear tipo Benioff, y se considera aun, la posibilidad de otro para Colombia, en las rocas del cerro del Morazurco cerca de Pasto. Estos sismómetros tipo Benioff presentan no solo la ventaja de registrar muy nítidamente las ondas largas de los terremotos, sino también que ayudan a un más claro conocimiento sobre la acumulación de la energía potencial que se desprende cuando tiene lugar un terremoto. No hay para que recordar que esta investigación del mecanismo de la acumulación y liberación súbita de la energía es el más fundamental que existe. Ahí tienen fincada la esperanza algunos científicos de poder predecir un día los terremotos.

SATELITES ARTIFICIALES

El número espectacular del programa del A.G.I., lo constituyen los satélites artificiales: una docena de lunas para la tierra. Los EE. UU. y la USSR han incluido en sus programas satélites que por medio de observaciones directas y de larga duración aumentan nuestros conocimientos de la exosfera. Hasta hace poco estas observaciones directas de corta duración se hacían únicamente por cohetes. Los satélites en cambio permanecen largo tiempo en sus órbitas y nos dan datos de una gran faja de la atmósfera.

La última guerra mundial parece que dislocó definitivamente el eje de gravedad de la estrategia militar de los mares a los aires y de estos a los espacios siderales. Así se explica la aplicación cada vez mayor de presupuestos militares a las investigaciones de la técnica de los cohetes y a la teoría matemática del vuelo interplanetario. Así lo indica la historia, la realidad de los hechos, las experiencias que se efectúan y algunas publicaciones, mientras se disfrazaba con términos de paz los problemas de la convivencia internacional. La confraternización cristiana no ha podido salir de los círculos individuales para abrazar el de las naciones.

No hay duda que a los ojos de la historia la fecha del 4 de octubre 1957, aparece como un punto decisivo en la evolución de la humanidad. Al largarse al espacio el primer satélite artificial, el efecto inmediato apasionó la opinión mundial, dividida en dos bloques opuestos. Se preocupó más de su aspecto político que de su importancia científica. Lo que nos parecía un juego de niños, era un *tour de force*.

Hay que tener presente que si la actualidad política de los Sputniks nos preocupa a justo título, lo que tiene más interés para las generaciones futuras, aun para aquellos de nosotros que esperamos ver sus primeros efectos, es el interés científico. Es un triunfo de la ciencia que no tiene fronteras ni colores políticos.

A los millones y millones de estrellas, fueron los rusos los primeros en añadir una pequeña estrella. Treinta días más tarde el 3 de noviembre 1957 un segundo satélite. Este era un gigante, pesaba más de media tonelada y además de los instrumentos de medida llevaba el

primer pasajero del espacio, una perrita. El 15 de mayo otro más grande aún con un peso de 1.327 kilogramos.

En la base de Cabo Cañaveral de la Florida, EE. UU., el 31 de enero de 1958 se elevó lentamente con un rugido que hizo temblar a las ciudades y con un resplandor que convirtió la noche en día el Explorador I, desapareciendo al instante en la lejanía del espacio. Siguió luego el Vanguardia, convertido en retaguardia. El Explorador II, no entró en órbita. El día 26 de marzo el Explorador III surgió al espacio. Las dos grandes naciones del mundo seguirán dándonos sorpresas cada vez mayores.

El profano no entiende el interés que las informaciones de los satélites nos pueden dar. Para captar el interés prodigioso del fenómeno, conviene recordar que ignoramos las condiciones que reinan más allá de nuestra cobertura gaseosa, la atmósfera. Algunos cohetes han subido hasta 450 kilómetros y después más allá, ¿qué hay? Una de dos, o nos resignamos a permanecer prisioneros miopes de nuestro globo o queremos un día vogar por los cielos. En este último caso es necesario explorar lo desconocido.

La trayectoria del satélite está dando información sobre densidades del aire y medidas geofísicas. A medida

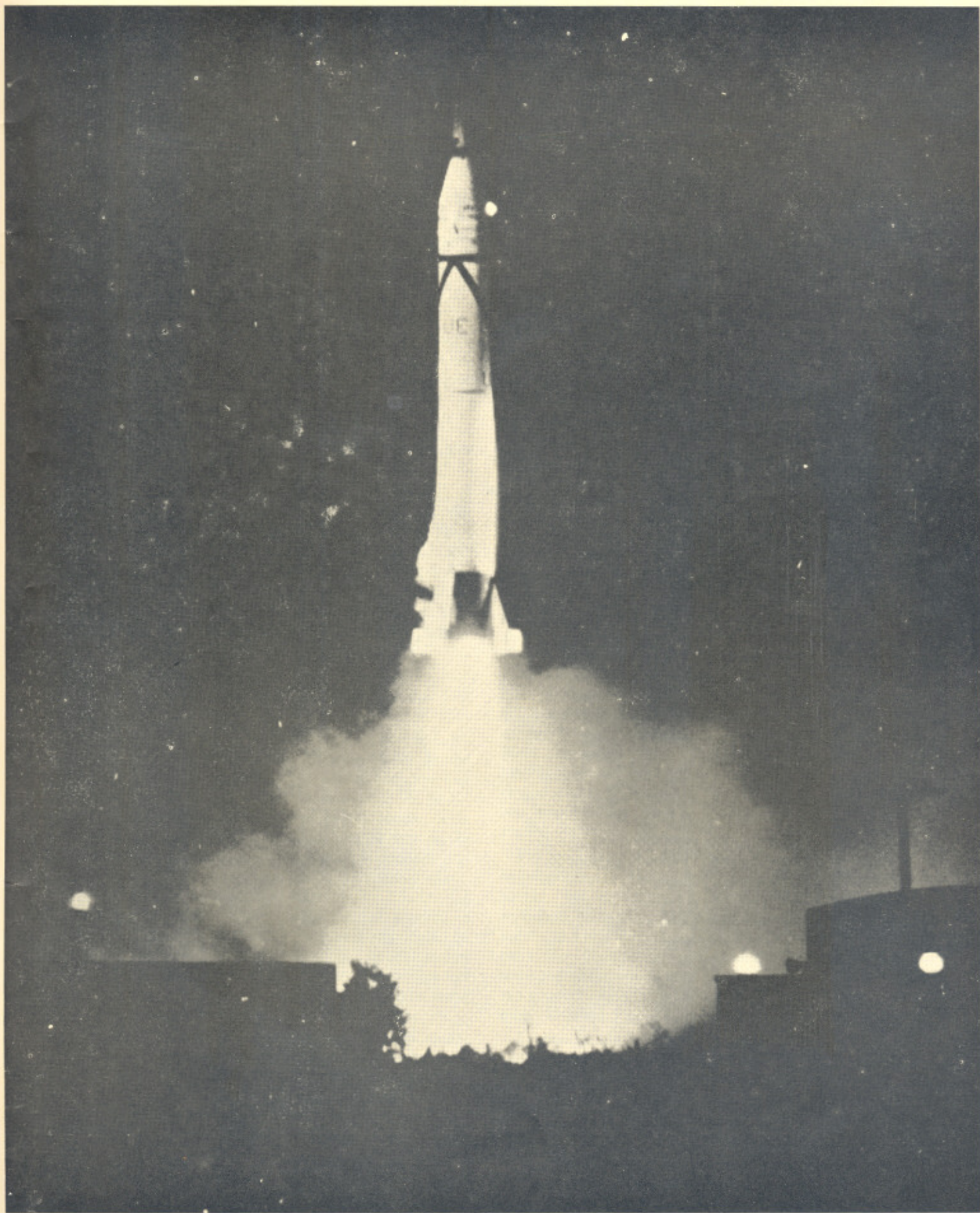
que el satélite gira, las partículas de aire le van retardando movimiento hasta hacerlo caer a las capas inferiores. Así cambia la altura de la órbita. Como este retardo o resistencia del aire es proporcional al cuadrado de la velocidad del satélite y de la densidad de la atmósfera, el efecto del retardo determina las densidades del aire a esas alturas.

Los satélites como el Alpha 1958 (Explorador N° 1) ha dado ya datos interesantes sobre la densidad de la atmósfera y número de meteoritos. A una altura geométrica de 358 kilómetros, se ha visto que la densidad es igual a 1.5×10^{-14} grs.-cms.³. Esta cifra es 14 veces mayor que la calculada para esa altura por el ARDC (Air Research and Development Command) de Washington. Para alturas mayores la discrepancia es aun mayor. Consecuentemente, la vida de los satélites se ha reducido notablemente. Así, el ARDC le había calculado a un satélite de 10 kgs. de peso y de 50 cms. de diámetro que se moviera en órbita inicial con un perigeo de 400 kms. y un apogeo de 1.000 kms., una vida de 4 años. Según los nuevos datos su vida sería tan solo de 38 días.

En la medición de micrometeoritos se han empleado dos sistemas diferentes.

CUADRO COMPARATIVO DE LOS SEIS SATELITES

	Sputnik I	Sputnik II	Sputnik III	Explorador I Alfa 1958 (Ejército EE. UU.)	Vanguardia I Beta 1958 (Marina EE. UU.)	Explorador III Gama 1958 (Ejército EE. UU.)
Forma	Esférica	Cónica	Cónica	Cilíndrica	Esférica	Cilíndrica
Tamaño en centímetros	57.01 Diámetro	446.0 Largo	1.73 Diámetro 3.51 Largo	15.24 Diámetro 203.4 Largo	10.25 Diámetro	15 Diámetro 200 Largo
Peso	63.6 Kg.	508.8 Kg.	1.327 Kg.	13.9 Kg.	1.8 Kg.	14 Kg.
Período inicial en segundos	96	103.7	106	115	134	121
Apogeo inicial en kms.	947	1.625	1.880	2.574	3.955	1046
Perigeo inicial en kms.	227	225	370	650		172
Lanzado	Oct. 4/57	Nov. 3/57	Mayo 15/58	Enero 31/58 (03-55-05)	Marzo 17/58 (12-15-45)	Marzo 26/58 (17-45-05)
Inclinación	69°	65°	65°	32.7°	34.1°	34°
Vueltas dadas al morir	1.400	2.300				
Excentricidad			0.1363	0.14038	0.191	0.062
Duración en órbita	60 días Murió Dic. 1/57	124 días Murió abril 14/58				
N° de vueltas a la tierra por día	15	14				
Desplazamiento al occidente del nodo ascendente por períodos (Precesión)	240			4.27°	34.13°	
M E D I D A S	Temperatura, presión, humedad, tempestades, eléctricas, etc.	Temperatura, presión, humedad, rayos ultravioleta y cósmicos, núcleos atómicos, meteoritos, reacciones de animales a la aceleración y falta de peso.	Presión del aire y composición de la atmósfera, concentración de iones positivos, carga eléctrica del satélite e intensidad del campo electrostático de la tierra, intensidad del campo magnético de la tierra, intensidad corpuscular del sol, composición y variaciones de la radiación cósmica primaria, desintegración de fotones y núcleos pesados en los rayos cósmicos, micrometeoritos, temperaturas dentro y fuera del satélite.	Temperatura interna y externa, erosión, flujo y penetración meteorítica; variación en tiempo, altura y posición de intensidad de rayos cósmicos primarios, radiación solar directa y reflejada de la tierra.	Temperatura interna y externa, erosión, flujo y penetración meteorítica; variación en tiempo, altura y posición de intensidad de rayos cósmicos primarios, radiación solar directa y reflejada de la tierra.	Rayos cósmicos, impactos meteoríticos, temperaturas, etc.



Cohete portador del satélite Explorador N° 1 lanzado en Cabo Cañaveral en Florida (EE. UU.) el día 31 de enero de 1958.

El primero está constituido por doce pequeños detectores, cuya superficie sensible es de dos pulgadas cuadradas, y cada uno de los doce detectores puede descubrir la presencia de micrometeoritos de 5 a 10 micras de diámetro. Estos delicados aparatos presentan una superficie de un centímetro cuadrado y están rodeados por un alambre esmaltado de 17 micras de diámetro. Cualquier impacto sobre la superficie sensible, interrumpe el circuito eléctrico y el reportaje es enviado a tierra por telemetría. En el satélite, estos detectores se hallan eléctricamente unidos a un modulador, mediante el cual se transmiten los datos captados.

El segundo sistema lo constituye un micrófono colocado sobre la cubierta metálica del satélite que capta todos los impactos de las partículas pequeñísimas que chocan contra ella. Como en el sistema anterior, el micrófono excita un modulador de frecuencia, mediante el cual se transmiten las informaciones recogidas.

Con el 10% de las informaciones recibidas por el sistema microfónico, y con el 50% de los datos obtenidos por los pequeños detectores, ha sido posible llegar a las siguientes conclusiones de los datos del satélite Alpha 1958:

- 1) Siete impactos ha registrado el micrófono.
- 2) En 32 días, solamente uno de los detectores registró un impacto.

Estos datos pueden ser modificados a medida que se vayan completando las observaciones telemétricas. Sin embargo, los detectores indican claramente que el flujo de partículas de 10 micras de diámetro, en la proximidad de la tierra, durante el período de 32 días, no fue mayor de una milésima por metro cuadrado cada segundo. El micrófono indicó un flujo promedio de una centésima por metro cuadrado cada segundo de partículas de 4 micras de diámetro.

Los viajeros futuros del espacio no tendrán que temer al que se creía ser el enemigo N° 1 de los satélites "Los Meteoritos".

Los rusos han revelado algunos datos sobre el comportamiento de la perrita Laika. Durante la subida del satélite el animal fue acondicionado en tal posición que la aceleración actuaba en él, en la dirección del pecho hacia la cola, presionando el animal contra el piso de la cámara. Esta posición del animal se escogió por ser lo más favorable para su organismo. Simultáneamente con la aceleración, la vibración y el ruido de la maquinaria del cohete, la perrita reaccionó durante su subida. La información obtenida indica que la perrita soportó el aumento en su peso aparente y continuó moviendo su cabeza y su cuerpo libremente, hasta que la aceleración alcanzó cierta magnitud. Después de esto, la perrita fue presionada contra el piso de la cámara y los aparatos no registraron ningún movimiento notable.

En los primeros momentos que siguieron al lanzamiento, las pulsaciones del corazón se triplicaron, comparadas con la frecuencia inicial. Los electrocardiogramas no registraron ningunos síntomas mórbidos. Mostraron un electrocardiograma típico; aparece un corazón que se agita con las llamadas ondas sinusoidales de taquicardia.

Luego cuando el efecto de la aceleración no solamente continuó sino que aumentó, disminuyeron las pulsaciones del corazón.

Como puede imaginarse, con el aumento de peso aparente del animal los movimientos respiratorios del tórax

se hicieron más difíciles. La respiración fue más superficial y frecuente y los registros telemétricos mostraron que en la subida del satélite a su órbita, la perrita respiró 3 ó 4 veces más rápidamente que al principio.

Una vez que el satélite entró en órbita, la fuerza centrífuga que actuaba contrarrestó la atracción de la tierra y se produjo un estado de cuerpo sin peso. En esta condición el cuerpo de la perrita cesó de presionar contra el piso de la cámara. Contrayendo luego los músculos de sus extremidades, se levantó sobre el piso. Los registros sugieren que estos movimientos fueron breves y suaves. La frecuencia de las vibraciones declinó y siguió disminuyendo hasta acercarse a su valor inicial. Sin embargo, para que el número de pulsaciones alcanzara su valor inicial se necesitó un tiempo 3 veces más largo del que se había empleado en los experimentos de laboratorio, cuando el animal se sometió a aceleraciones semejantes a la aceleración de lanzamiento. Esto fue debido probablemente al hecho de que en el satélite la aceleración fue reemplazada por el estado sin peso.

Los electrocardiogramas mostraron cambios nerviosos, reflejos pasajeros en la regularización de la acción del corazón, y en el período siguiente las características se aproximaron a las de la condición inicial del animal. La normalización de la circulación de la sangre y de la respiración durante el período de un estado sin peso, es decir, durante el período en que el satélite se movió en su órbita, indica evidentemente que este factor en sí mismo, no causó cambios esenciales y permanentes en las funciones del animal. Así que puede decirse que el animal soportó muy bien, no solamente la subida del satélite a su órbita sino las condiciones de su viaje en la órbita. Es de notar que la cámara en que el animal viajaba estaba cerrada herméticamente a una presión normal y con un contenido de oxígeno de 20 por ciento a 40 por ciento. El contenido del bióxido de carbono, se mantuvo siempre debajo del 1 por ciento por regeneración del aire. Varios compuestos químicos absorbentes de vapor de agua, de bióxido de carbono, y productores de oxígeno, se usaron como sustancias regeneradoras. Estos compuestos químicos absorbieron los gases nocivos producidos en el proceso de la actividad del animal como el amoníaco. El hecho de que la presión de la cámara no disminuyó, muestra que estaba herméticamente cerrada.

No se obtuvo una idea más o menos clara acerca del impacto de las radiaciones cósmicas en el animal de prueba. No se detectaron efectos claros fisiológicos directos de su acción. El primer resultado muestra claramente que un animal puede soportar las condiciones de un vuelo cósmico. En este sentido el resultado positivo de los experimentos, hace posible el continuar con mayor persistencia aún, las investigaciones destinadas a asegurar la salud y la vida del hombre en su viaje espacial.

La muerte de Laika fue consecuencia de falta de oxígeno cuando el aparato para regenerar el aire dejó de actuar. En casos como estos la muerte es instantánea y sin dolor.

Desde que se descubrieron los rayos cósmicos hace unos 40 años, el problema de la naturaleza y origen de la radiación cósmica ha sido uno de los que más ha intrigado a los sabios. Se espera obtener alguna respuesta relativa a la fuerza generadora del más alto voltaje en el universo y quizá también vislumbrar algo del origen divinamente evolutivo del cosmos. Quizá también el comportamiento de las partículas de los rayos cósmicos

nos den una mejor idea de las fuerzas que unen a las partículas sub-atómicas.

Se ha calculado de varias maneras la reflexión de la luz del sol por la tierra, midiendo reflexiones de campos de nieve, nubes, océanos, etc. pero con sus defectos o limitaciones. El satélite mide la radiación que viene a la tierra del sol (un bolómetro mediría la constancia solar), y la radiación reflejada por la tierra al espacio. Estos conocimientos ayudan al meteorólogo en su estudio termodinámico del estado de la tierra y de la atmósfera.

De no menor importancia es el estudio de los rayos ultravioleta y de los rayos que son absorbidos por la atmósfera. Proviene de la corona, la cromosfera y la atmósfera solar. Esta radiación es la causa de la formación de la ionosfera. Las medidas de esta radiación en tiempos de sol con manchas o protuberancias solares, y en tiempos de calmas solares, nos diría algo sobre esas perturbaciones que tanto preocupan al radioaficionado, interrumpen las radiocomunicaciones entre los continentes y producen el desplazamiento de las capas ionizantes con la latitud, las estaciones y el tiempo del día.

Existe por otra parte una mutua influencia entre el campo magnético terrestre y las partículas cargadas que procedentes del espacio, entran al campo terrestre como son los protones, las partículas alfa y los iones más pesados que constituyen los ya mencionados rayos cósmicos.

Se desea comprobar ciertas teorías como la de que los vientos de la ionosfera, arrastran partículas cargadas a lo largo de las líneas de fuerza, haciendo que aquella se comporte como un generador eléctrico, y la de que las corrientes que allí se producen originan campos magnéticos que son medios en la superficie de la tierra como perturbaciones del campo constante. Estas perturbaciones son notables en tiempo de "tormentas magnéticas" y pueden llegar a formar un 10% de la componente permanente.

En toda la tierra, científicos y aficionados y aún los profanos, se han movilizizado para estudiar, observar y admirar el paso de estos cuerpos celestes artificiales. Equipos llamados Minitraks provistos de radio siguen a los satélites por medio de sus transmisiones con una precisión extraordinaria. Observadores de todas las naciones en las horas del crepúsculo y de la aurora y en condiciones favorables pueden observar los satélites ya a simple vista ya por medio de binóculos, aparecen como estrellitas de cuarta o sexta magnitud durante unos 8 minutos, mientras cruzan el horizonte. En Cundinamarca y Antioquia se han visto a simple vista como espectáculo inolvidable. El Dr. Manuel Quevedo en Bogotá ha organizado un grupo de observadores que provistos con telescopios acodados procura seguir los satélites anotando las horas, los ángulos de elevación y sus diferentes posiciones.

El satélite tiene dos enemigos mortales: los meteoritos y el aire enrarecido. El impacto de un gran meteorito puede dar cuenta de él en un instante interrumpiendo su afanoso viaje. Las pocas partículas que encuentra a su paso le hacen disminuir su velocidad como está aconteciendo con todos ellos, causándoles una muerte lenta. Descienden a órbitas más bajas y no pudiendo contrarrestar con su velocidad el efecto de atracción de la tierra entran a atmósferas más densas y por la fricción, los satélites, pero no su gloria, se convierten en pavezas. Quizás nadie los puede recoger para muestras de museo.

Finalmente, el satélite ha abierto al hombre, como Colón, un nuevo mundo: el de los espacios siderales. Quizá se puede utilizar como plataforma permanente en el espacio para vigilar al mundo en hora y media, y para ayudarlo a dar el primer salto al espacio a la conquista de otros mundos.

Una enseñanza tienen los satélites para Colombia. Los han lanzado las naciones que tienen más técnicos. Es idea de un estadista moderno alemán, que las naciones sub-desarrolladas que se unan ahora a la técnica de la segunda revolución industrial (automatización) avanzarán; en cambio las que se queden atrás las dejará el tren para siempre y sin remedio. Colombia necesita técnicos para su industria y para su avance científico. Aún es tiempo de formarlos.

BIBLIOGRAFIA

ASLAKSON, Carl I.

"Gravity Observations in Perú and Colombia". *Transactions, American Geophysical Union*. 1942, Part. 2, abril, pgs. 207-211.

ASLAKSON, Carl I. y SCOVICK, Clarence N.

"Gravity Observations in Perú and Colombia". Special Publ. N° 233, U.S. Coast and Geodetic Survey, Washington, 1943, pg. 19.

FIELD, Richard M.

The Navy-Princeton. Gravity Expedition to the West Indies in 1932, U.S. Hydrographic Office, 1933, pgs. 54.

HARRIS, R. Jastrow.

"Upper Atmosphere densities from Minitrack Observations on Sputnik I". *Science*. Vol. 127, N° 3296, 28 febrero, 1958, pgs. 471-472.

HEEZEN, Bruce C.

"Corrientes de turbidez del río Magdalena, Colombia", *Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia*. Vol. XIV, N° 51-52, 1956, pgs. 135-143.

HOUGHTON, Henry G.

Present position and future possibilities of Weather Control". *Science*. Vol. 38, N° 10, diciembre 1957, pgs. 567-570.

ODISHAW, Hugh.

"International Geophysical Year". *Science*. Vol. 127, Jan., 17, 1958, N° 3290, pgs. 115-128.

RUIZ, José Ignacio.

"Influencia de las desviaciones de la vertical en las coordenadas y en las cotas". Multilith, 1957, pg. 1-6, cuadros, mapa.

VARIOS.

"Programa Nacional de Colombia para el Año Geofísico Internacional 1957-1958". Multilith, I.G. A.C. 1956, pgs. 36.

Informe presentado a la Comisión de Cartografía del Instituto Panamericano de Geografía e Historia. VIII Reunión de Consulta sobre Cartografía. La Habana, Manuscrito, 1958, pgs. 1-16, mapas.