

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

MONOGRAFIAS DEL INSTITUTO DE GEOFISICA / 3

EL AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL EN MEXICO

*Julián Adem • Luis Rivera Terrazas •
Carlos Núñez A. • Pedro A. Musiño Alemán •
I. G. Galindo Estrada • J. Merino y Coronado •
José L. Lorenzo • Manuel Medina Peralta •*

4.

UNAM



27608

INSTITUTO DE GEOLOGIA - CU

QC803
.M45
M4

UNAM



27608

INSTITUTO DE GEOLOGIA - CU

Universidad Nacional Autónoma de México

Instituto de Geofísica

EL AÑO
GEOFISICO
INTERNACIONAL
EN MEXICO

Enrique Adams • Luis Rincón Terrazas •
Carlos Múnera • Pedro A. Muñoz Alvarado •
L. S. Gilardo Espino • J. Medina y Coronado •
José L. Lorenza • Manuel Medina Padilla •
José Figueroa A.

México, D. F. 1962

PUBLICACIONES
DEL INSTITUTO DE GEOFISICA

Monografías del Instituto de Geofísica. NO PERIODICO

Anales del Instituto de Geofísica. ANUAL

Boletín Sismológico. MENSUAL

Boletín Geomagnético. SEMESTRAL

Boletín Oceanográfico. NO PERIODICO

Universidad Nacional Autónoma de México

Monografías del Instituto de Geofísica

EL AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL EN MEXICO

*Julián Adem • Luis Rivera Terrazas •
Carlos Núñez A. • Pedro A. Musiño Alemán •
I. G. Galindo Estrada • J. Merino y Coronado •
José L. Lorenzo • Manuel Medina Peralta •
Jesús Figueroa A.*

3

INSTITUTO DE GEOLOGIA



BIBLIOTECA

I-27608

QC 803.M45

M4

LAS OPINIONES EXPRESADAS POR LOS DISTINTOS AUTORES QUE PARTICIPAN
EN ESTA MONOGRAFIA, SON DE SU PERTENENCIA Y RESPONSABILIDAD.

INDICE

- I. RESULTADOS DEL AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL EN MEXICO, *por Julián Adem.* 7
- II. INFORME SOBRE LA ACTIVIDAD SOLAR DE RAFAGAS DURANTE LOS PRIMEROS SEIS MESES DEL AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL, *por Luis Rivera Terrazas,* 13
- III. OBSERVACIONES IONOSFERICAS DURANTE EL A.G.I., *por Carlos Núñez A.,* 25
- IV. LA CIRCULACION ATMOSFERICA SOBRE LA REPUBLICA MEXICANA DURANTE EL AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL, *por Pedro A. Musiño Alemán,* 49
- V. ESTUDIO DE LA RADIACION SOLAR DURANTE EL AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL, *por I. G. Galindo Estrada,* 59
- VI. LAS OBSERVACIONES OCEANICAS EN MEXICO DURANTE EL AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL, *por J. Merino y Coronado,* 81
- VII. INFORME DE LA SECCION DE GLACIOLOGIA, *por José L. Lorenzo,* 119
- VIII. MEMORIA SOBRE LA SITUACION GEOGRAFICA DEL OBSERVATORIO DE TACUBAYA, *por el Ing. Manuel Medina Peralta,* 127
- IX. ACTIVIDADES SISMOLOGICAS DURANTE EL A.G.I. *por Jesús Figueroa A.,* 187

- I. THE HISTORY OF THE ...
- II. THE HISTORY OF THE ...
- III. THE HISTORY OF THE ...
- IV. THE HISTORY OF THE ...
- V. THE HISTORY OF THE ...
- VI. THE HISTORY OF THE ...
- VII. THE HISTORY OF THE ...
- VIII. THE HISTORY OF THE ...
- IX. THE HISTORY OF THE ...

I

**RESULTADOS DEL AÑO GEOFISICO
INTERNACIONAL EN MEXICO**

*por Julián Adem**

* Director del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M.

REVISTA DE ECONOMÍA

INTERNACIONAL EN MÉXICO

por Julio Arce

EL AÑO Geofísico Internacional fue la realización coordinada de observaciones y estudios llevados a cabo por más de 60 países durante el período comprendido del 1o. de julio de 1957 al 31 de diciembre de 1958. Ha sido uno de los eventos más importantes en la historia de la Humanidad por haber asociado a casi todos los países del mundo para realizar una empresa con fines pacíficos y netamente científicos. Su finalidad era la de obtener un mejor conocimiento del planeta en que vivimos.

México participó en forma decorosa en esta empresa contribuyendo, dentro de sus posibilidades, al conjunto de datos y estudios que reunidos en una escala global prometen avances muy importantes en la ciencia.

Por otro lado nuestro país ha recibido un gran beneficio al participar en el Año Geofísico pues, ante el compromiso internacional, hubo necesidad de hacer una revisión de nuestras posibilidades y como corolarios del Año Geofísico Internacional se pueden citar los siguientes:

Se despertó en México un gran interés por los estudios geofísicos, en una época en que el país requiere en forma inaplazable dichos estudios, como uno de los pilares en que descansa el mejor aprovechamiento de los recursos naturales.

En efecto, para aprovechar los recursos del mar, es necesario hacer estudios oceanográficos e hidrográficos; para una mejor explotación de la minería y de la industria petrolera son básicos los estudios de exploración geofísica; para una mejor planeación de la agricultura son indispensables los estudios meteorológicos, etc.

Hubo una revisión y ampliación de las estaciones de observación ya existentes como las del Servicio Meteorológico Nacional y las estaciones sismológicas, geomagnéticas y mareográficas del Instituto de Geofísica.

Además, se establecieron otras nuevas y modernas, como la estación para hacer sondeos ionosféricos de la Secretaría de Comunicaciones, cuya aplicación práctica es hacer estudios sobre las condiciones de las comunicaciones de radio.

La Universidad Nacional Autónoma de México incrementó en forma extraordinaria su interés hacia el estudio de la Geofísica como ciencia, estableciendo los estudios de Geofísica como una variante de la ya existente carrera de Físico, asegurando de este modo el progreso de la Geofísica en México, mediante la preparación de científicos en esta especialidad.

En resumen, se puede decir que lo más importante del Año Geofísico Internacional para México ha sido el haber encauzado e impulsado las ciencias geofísicas, lo cual dará al país beneficios incalculables.

Entre los estudios más importantes del Año Geofísico Internacional se cuentan aquéllos encaminados a investigar las relaciones solares-terrestres. Se sabe que casi la totalidad de la energía que la Tierra recibe procede del Sol; los astrónomos han descubierto que el Sol tiene ciertos períodos de

mayor actividad y que aproximadamente cada 11 años ocurre un máximo de dicha actividad; el Año Geofísico Internacional se escogió en forma tal que coincidiera con un máximo de dicha actividad con el objeto de poder estudiar en forma acentuada las relaciones del Sol con la Tierra.

El Año Geofísico Internacional resultó de una actividad solar extraordinaria, que mantuvo en alerta constante, observando al Sol, a los principales observatorios del mundo, entre los que se encuentra nuestro Observatorio Nacional de Tonanzintla; entre las observaciones más importantes se encuentra la de la ráfaga del 9 de febrero de 1958 que empezó a las 21 h. 08 min., tiempo universal (15 h. 08 min. hora de México) y que duró 2 horas; dicha ráfaga emitió partículas cargadas (iones y electrones), las cuales al llegar a la Tierra 28 horas después de ocurrida la ráfaga en el Sol produjeron una gran tormenta magnética que fue registrada en todos los observatorios del mundo, entre ellos el nuestro de Teoloyucan; y por primera vez desde 1872 el cielo de la región central de México se iluminó la noche del 10 y madrugada del 11 de febrero de 1958 con una aurora que apareció como un velo rojizo con rayos, este fenómeno geofísico generalmente ocurre en las altas latitudes y es muy raro en países como el nuestro. El estudio de dicha aurora es por lo tanto de gran importancia y forma parte de las aportaciones que México ha hecho en el Año Geofísico Internacional.

La actividad solar fue tan grande que en septiembre de 1957 se observó también una aurora en el norte del país donde estos fenómenos también son muy raros, pero más frecuentes que en la región central de México.

De gran importancia para el estudio de las relaciones solares terrestres son las observaciones y estudios que se hacen en México sobre Rayos Cósmicos, Magnetismo Terrestre y Ionósfera.

Otro capítulo importante del Año Geofísico Internacional, es el estudio de los fenómenos meteorológicos. En México las observaciones regulares se hacen por el Servicio Meteorológico Nacional, el cual durante el Año Geofísico Internacional intensificó dichas observaciones. El principal progreso realizado durante el Año Geofísico Internacional en este campo fue el establecimiento de las estaciones para estudiar la radiación solar y la química del aire. Por otro lado se amplió la red de estaciones para medir la radioactividad atmosférica. Los resultados de las observaciones se han estado publicando periódicamente.

Por lo que se refiere al estudio del mar, se establecieron nuevas estaciones mareográficas, entre ellas una en la Isla Socorro y otra en la Isla de Guadalupe. Estas observaciones permiten hacer estudios relacionados con las variaciones del nivel medio del mar; además, la red de mareógrafos, que se amplió a 17 unidades (10 en el Pacífico y 7 en el Golfo de México), proporciona datos muy valiosos para la construcción de obras marítimas.

Se prepararon datos sismológicos de acuerdo con lo estipulado por el A.G.I., cumpliendo decorosamente al proporcionar los datos de nuestras 10 estaciones simológicas, los cuales ya se están utilizando para hacer estudios del interior de la Tierra, así como sobre las relaciones de los microsismos con ciertos fenómenos meteorológicos (los ciclones, por ejemplo).

Entre los estudios especiales que se llevaron a cabo durante el A.G.I., hay que mencionar en especial, por su novedad, los referentes a los glaciares mexicanos.

Otro estudio de gran importancia es el relativo a la nueva determinación de la longitud y la latitud de Tacubaya.

México participó activamente en dos expediciones gravimétricas internacionales, una en Centro-América y otra en Sud-América. También participó en algunas expediciones oceanográficas, en cooperación con instituciones americanas. Se llevaron a cabo dos expediciones a la Isla Socorro de las Revillagigedo, cuya finalidad fue estudiar dicha isla para un mejor aprovechamiento de ella, pero que al mismo tiempo sirvieron para hacer en ese lugar observaciones oceanográficas y meteorológicas de gran valor para el A.G.I.

Hay que citar también los estudios que en cooperación con la Universidad de Wisconsin se llevaron a cabo sobre la naturaleza de la corteza terrestre en México.

Los datos de todas las estaciones de observación, que se han estado enviando a tres Centros Mundiales de recopilación, uno en Estados Unidos, otro en Rusia y el tercero en algún otro país, que varía según la disciplina de que se trate. En estos Centros Mundiales se reúnen datos de todos los países y se ponen a la disposición de quien los solicite.

Algunos estudios hechos en México se han publicado ya en diversas revistas y una bibliografía muy completa apareció en el *Boletín Bibliográfico de Geofísica y Oceanografía Americanas* (Vol. II, Parte Geofísica, 1959), editado por el Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Por lo tanto, en esta monografía se presentan únicamente las aportaciones de México al A.G.I. no publicadas con anterioridad.

II

**INFORME SOBRE LA ACTIVIDAD SOLAR DE
RAFAGAS DURANTE LOS PRIMEROS SEIS
MESES DEL AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL**

*por Luis Rivera Terrazas**

*Observatorio Astrofísico de Tonanzintla.

1. Con motivo del Año Geofísico Internacional se instaló en el Observatorio Astrofísico de Tonantzintla un filtro monocromático tipo Lyot, construido por la Société Optique et Précision de Leulouis, Paris, y diseñó para estudiar, con la luz de la línea $H\alpha$, tanto la estructura de la cromósfera solar como los diversos fenómenos cromosféricos. La observación solar continuará siendo en lo sucesivo un programa permanente del Observatorio. La descripción detallada de esta clase de filtros está dada por A. Dollfus.¹

La cromósfera es la capa de luz roja muy intensa que rodea al Sol y que es visible durante unos cuantos segundos durante los eclipses totales de Sol. Este color característico es debido a la fuerte emisión $H\alpha$ del hidrógeno en la longitud de onda de 6563 A. El espectro completo de la cromósfera, llamado espectro relámpago, consiste en una multitud de líneas de emisión que es una réplica más o menos exacta del espectro solar ordinario de Fraunhofer.

El espesor h de la cromósfera se puede determinar mediante el tiempo que tardan en desaparecer, debido al movimiento de la Luna, las diferentes líneas de emisión del espectro relámpago. De esta manera se ha determinado que la línea $H\alpha$ desaparece a una altura de 12,000 kms. sobre la superficie del Sol (fotosfera) mientras que las líneas H y K, del CaII, dejan de ser visibles a una altura de 14,000 kms. Por lo tanto se considera que este último nivel es la cima de la cromósfera. La Tabla I da la altura h y la duración media de visibilidad, en segundos, de las diferentes líneas del espectro relámpago.

TABLA I

LÍNEAS	H	DURACION EN SEG.
Fe, Ti débiles	800	2
FeII, TiII débiles	800	2
Fé, Ca, Cr, Al fuertes	2,500	6
TiII, SrII, fuertes	3,000	7
HeII (4686)	3,000	7
He I (excepto D3)	5,000	11
Línea D3 del He	7,500	17
$H\alpha$	12,000	25
H y K del CaII	14,000	30

La cromósfera es el asiento de una gran cantidad de fenómenos solares entre los cuales se destacan, por la influencia que ejercen en la Tierra, las ráfagas solares de las cuales haremos posteriormente una breve descripción.

La observación y estudio de las ráfagas es una de las principales tareas de la estación solar del Observatorio de Tonantzintla. La figura 1 es una reproducción de la cromósfera solar, tomada con el filtro Lyot del Observatorio de Tonantzintla, y en la que aparecen diversos elementos constituyentes de la cromósfera.

2. *Descripción del Instrumento.* La parte principal del filtro está constituido por 8 placas de cuarzo de espesores comprendidos entre 1 y 20 mm.,

los cuales transmiten una banda de cerca de 3A de ancho, insuficiente para observar los detalles de la cromósfera solar. Con objeto de aumentar la selectividad se agrega en ambos extremos de la serie de placas de cuarzo una placa de calcita asociada a una lámina de un cuarto de onda y a un polarizador giratorio, exterior al filtro. Entre cada una de las placas de cuarzo se interpone un polaroide conteniendo el filtro un total de 11 polaroides.

Todos los elementos mencionados están montados en un tubo de aluminio lleno con un aceite especial de índice de refracción apropiado, con objeto de reducir al máximo las pérdidas en luminosidad debidas a reflexión y para garantizar una distribución homogénea en temperatura. El diámetro efectivo del filtro es de 40 mm. y la banda transmitida por los elementos ópticos es de 0.75 A. En el centro de la línea $H\alpha$ la transparencia del filtro es de 40%.

El sistema óptico es mantenido, automáticamente a una temperatura constante de 44°C mediante un termostato cuya descripción se encuentra en el mencionado trabajo de A. Dollfus

El filtro fue colocado a lo largo del eje óptico de un refractor de 10 cm. de diámetro y de 180 cm. de distancia focal el cual se apunta directamente al Sol. Alineada con el filtro y en la parte posterior se encuentra una cámara cinematográfica Askania, tipo Z., con la cual se obtienen los filtrogramas, o sea el material observacional. Un sistema de espejos, montado enfrente de la cámara, permite observar al Sol entre exposición y exposición. La imagen solar proyectada sobre la película tiene un diámetro de 16 mm. aproximadamente, y para el estudio de los detalles cromosféricos finos se puede obtener una imagen de 50 mm. usando un objetivo de 5 cm. de distancia focal, f/2.8. Se ha utilizado película espectroscópica Eastman Kodak tipo 4-E, de 35 mm., en rollos de 100 pies.

El instrumento se encuentra instalado en una montura Zeis que sostiene, además, un telescopio de 15 cm. de diámetro y 250 cm. de distancia focal, el cual proyecta sobre una pantalla una imagen solar de 25 cm. de diámetro. De esta manera se obtiene un control constante tanto de la cintilación como de la definición de la imagen del Sol.

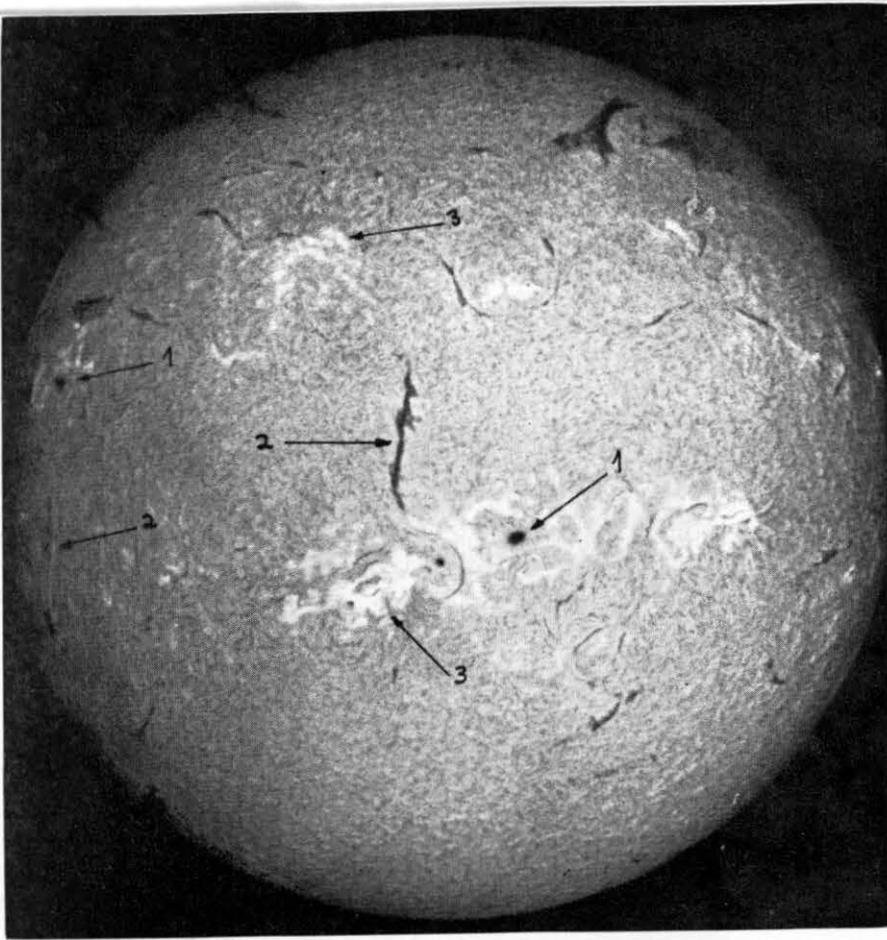
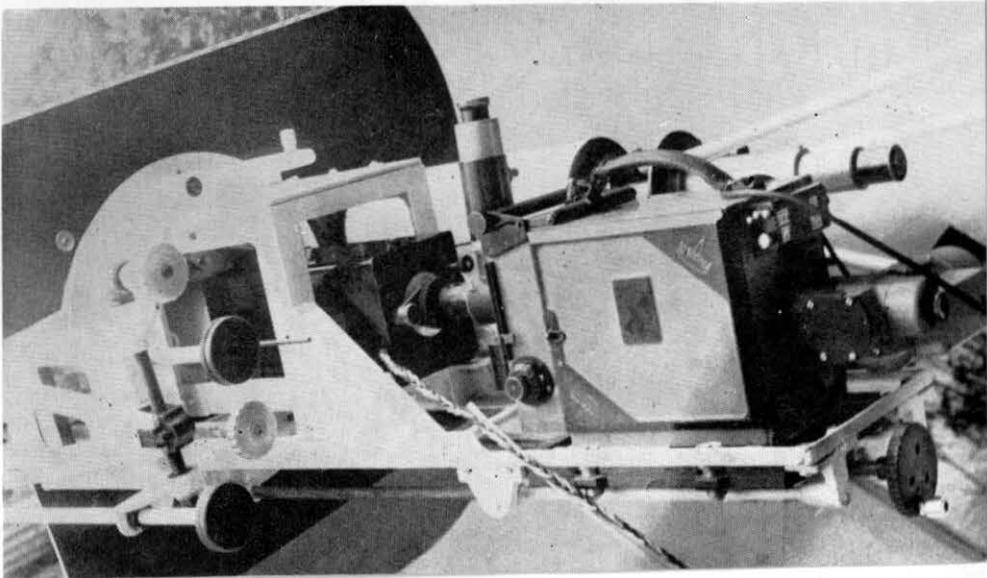


FIG. 1.

FIG. 2.



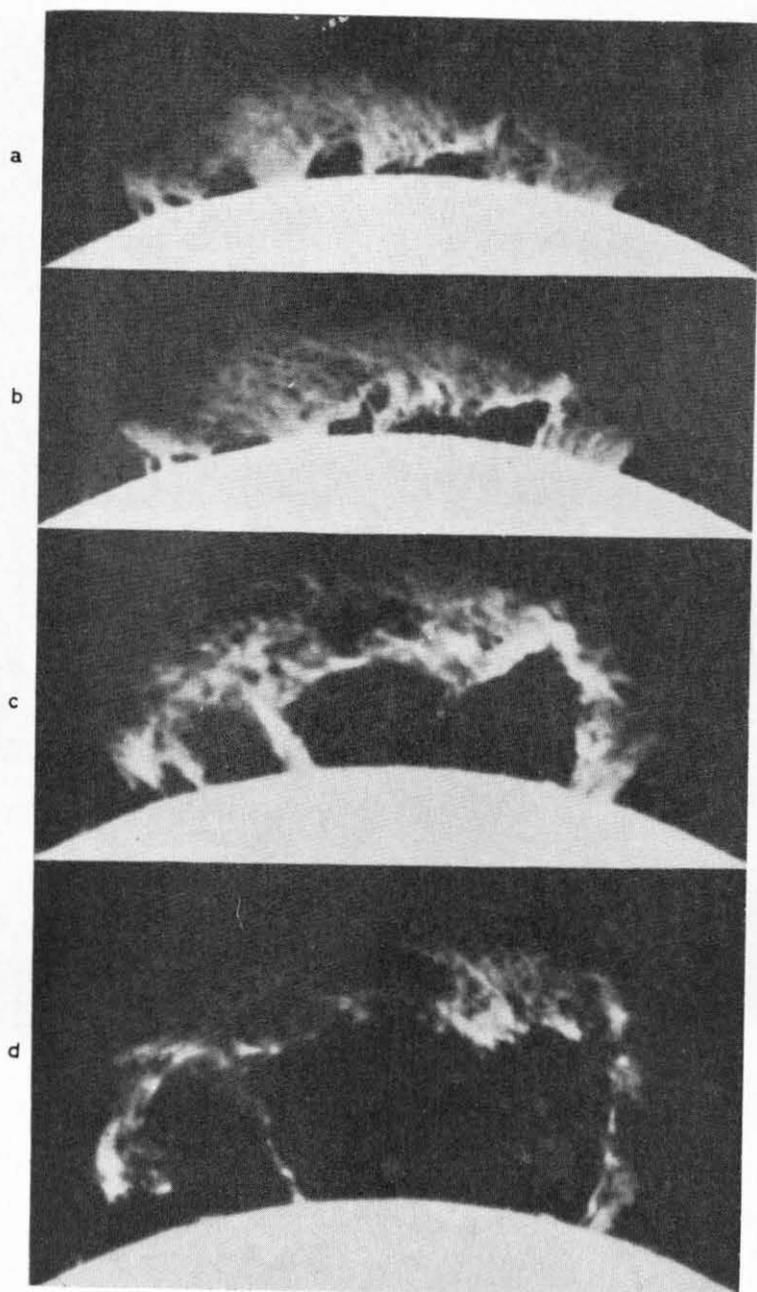


FIG. 3.

3. *El Material Observacional (filitrogramas)*. La observación del Sol en la estación solar de Tonantzintla se realiza de un modo constante durante los días despejados con un promedio de 6 a 7 horas diarias tomándose fotografías del Sol con intervalos de 3 minutos, en promedio, durante las épocas de inactividad solar, y reduciéndose este intervalo a 15 o 20 segundos en las fases de actividad, ya sea de ráfagas o de prominencias activas o eruptivas. De esta manera se obtiene una secuencia continua de las diversas fases del fenómeno lo cual, a su vez, permite un estudio detallado del mismo.

Los filitrogramas obtenidos son de dos clases:

a) *Discos* como el de la Fig. 1. Los tiempos de exposición varían entre 1/25 y 1/12 segundo.

b) *Prominencias* destinadas a poner de relieve la estructura y modificaciones de las condensaciones coronales las cuales son visibles solamente en el limbo del Sol y que por su tenuidad no se registran en el tipo anterior de filitrogramas. Los tiempos de exposición están comprendidos entre 1/8 y 1/4 de segundo.

La figura 3 es un ejemplo típico de una gran prominencia eruptiva observada en Tonantzintla el día 5 de febrero de 1959. La altura máxima alcanzada por la prominencia fue de 750,000 kms. a las 23^h 07^m 30^s T.U.

La Tabla II contiene un resumen del material observacional reunido durante los primeros 6 meses del A.G.I.

TABLA II

MES	NUMERO DE DISCOS	NUMERO DE PROMINENCIAS	TOTAL
Julio	727	404	1131
Agosto	1179	704	1883
Septiembre	849	529	1378
Octubre	1121	682	1803
Noviembre	892	389	1281
Diciembre	1478	817	2295
Total	6246	3525	9771

4. *Ráfagas Solares*. Las ráfagas solares constituyen uno de los fenómenos cromosféricos más frecuentes e importantes los cuales ejercen una marcada influencia sobre la Tierra. Una ráfaga solar puede describirse como un súbito aumento de brillo, de relativa corta duración, de una porción de la cromósfera solar en la vecindad de los grupos de manchas.

El desarrollo de una ráfaga, independientemente de su tamaño, es el siguiente: un rápido incremento en brillo hasta alcanzar un máximo; un

breve período en el que el brillo se mantiene estacionario seguido de un lento y gradual retorno al brillo de la fácula anterior a la producción de la ráfaga. Ocurre a veces que el campo facular puede permanecer más brillante y con mayor extensión que antes de la ráfaga, pero por regla general las ráfagas no producen cambios permanentes en la estructura cromosférica.

Este fenómeno ocurre casi siempre en las fáculas asociadas a los grupos de manchas y sólo ocasionalmente (5%) se observan en fáculas no asociadas a manchas, pero aun en este caso la totalidad de estas ráfagas ocurre en regiones donde ha desaparecido algún grupo de manchas o está a punto de aparecer otro nuevo. Rara vez se observan ráfagas a una distancia mayor 10⁵ kms. del centro de un grupo de manchas. En períodos de gran actividad se han observado hasta 300 ráfagas por rotación solar o sea aproximadamente 0.5 ráfagas/hora.

Muy rara vez se han observado ráfagas en luz blanca, en cambio estas muestran sus más importantes características cuando son observadas en la luz de las líneas H α y CaII cuya intensidad, en ocasiones, crece hasta diez veces. La línea más intensa es H α y muestra grandes variaciones tanto en intensidad como en ancho equivalente durante el desarrollo de la ráfaga.

Aparte de la importancia intrínseca de estos fenómenos su estudio se ha extendido a otros campos de investigación por las siguientes razones:

- a. Las ráfagas pueden afectar fuertemente la ionósfera y el campo magnético de la Tierra.
- b. Las ráfagas emiten ondas de radio y pueden afectar la componente solar de rayos cósmicos.
- c. Se han observado en otras estrellas ráfagas de naturaleza aparentemente similar a las solares.

Tomando principalmente en cuenta el área máxima cubierta por las ráfagas éstas se catalogan en tres grandes clases de importancia creciente: 1, 2, 3 a las cuales se agregan las clases 1—(sub-ráfagas) 3 y 3+. Esta última se introduce especialmente por sus efectos terrestres.

TABLA III

Clase	DURACION EN MIN.		AREA CORREGIDA		
	Promedio	Intervalo	Límites en 10 ⁻⁶	Promedio hemisferio visible	ANCHO MEDIO DE H EN EL MAXIMO A
1—			100	72	1.5
1	20	4 — 43	100 — 250	160	3.0
2	30	10 — 90	250 — 600	349	4.5
3	60	20 — 155	600 — 1200	973	8
3+	180	50 — 430	> 1200		15

1 millonésimo de hemisferio visible = 3.04×10^6 kms²

Las grandes ráfagas presentan una estructura muy irregular y filamentososa cuyos filamentos tienen dimensiones del orden de $10^4 \times 10^5$ kms². En cambio las más pequeñas tienen tendencia a adoptar una forma circular. Del análisis estadístico de 329 ráfagas que ocurrieron a diferentes distancias del centro del disco solar, J. Warwick³ determinó la distribución de las alturas alcanzadas por las ráfagas. Su resultado fué confirmado posteriormente por un análisis de ráfagas en el limbo realizado por J. Warwick⁴ y Giovanelli y McCabe⁵ quienes encuentran que las alturas medias de las ráfagas son, respectivamente, 16,000 kms. y 7,300 kms. Sin embargo se han observado ráfagas en el limbo que han ascendido a mayores alturas. Así pues, aunque las ráfagas se originan dentro de la cromósfera su desarrollo posterior ocurre en la región de la corona solar.

Según Severny y Shaposhnikova⁶ el 70% de las ráfagas son estructuras estacionarias planas y extendidas que ocurren en o sobre la cromósfera y cuya cara superior se introduce en la corona. Las ráfagas estacionarias crecen en altura con una velocidad menor de 10 kms./seg. durante la etapa de aumento de brillo, alcanzando la máxima altura en el momento de brillo máximo. Parece ser que las ráfagas más pequeñas son las que alcanzan la altura máxima. En algunas ocasiones se han observado ráfagas con movimientos iniciales de expansión del orden de 100 kms./seg.

Se advierte una tendencia a la repetición de las ráfagas exactamente en la misma región facular en intervalos de varias horas o de varios días. Pero hay casos en que se producen dos o más ráfagas consecutivas las que, ocurriendo en tiempos y posiciones muy cercanas, sin embargo no tienen partes en común.

En la figura 4 se presentan 3 ejemplos de ráfagas solares observadas en Tonantzintla en 1957. En la Tabla IV se encuentran los datos correspondientes a dichas ráfagas⁷.

TABLA IV
TIEMPOS (T.U.)

<i>Fecha</i>	<i>Principio</i>	<i>Fin</i>	<i>Máximo</i>	<i>Clase</i>	<i>Posición Heliográficas</i>
Agosto 25					
Ráfaga No. 24	17 ^h 55 ^m	19 ^h 03 ^m	18 04	1+	44E, 12N
Agosto 28					
Ráfaga No. 9	14 38	15 02		1—	31E, 27S
Ráfaga No. 17	16 21	16 50	16 25	1—	31E, 27S
Ráfaga No. 26	20 10	20 48	20 22	2+	30E, 27S

5. *Fenómenos dinámicos asociados a las Ráfagas.* Generalmente las ráfagas solares ejercen gran influencia (activación) sobre los filamentos y prominencias. Entre los diversos tipos de activación podemos mencionar los siguientes:

1. Simultáneamente con el desarrollo de la ráfaga aparecen filamentos animados de gran velocidad y que se originan en la vecindad de la ráfaga. Para distinguirlos de los filamentos propiamente dichos se les denomina *brotos*. Según la descripción dada por Menzel y Evans los brotes están formados por “corrientes o nudos de gas luminoso lanzados desde áreas activas de la superficie solar”. Los brotes tienen tendencia a regresar al Sol a lo largo de su trayectoria inicial. La velocidad alcanzada por los brotes es de varios cientos de kilómetros por segundo.

Los brotes vistos en el limbo solar aparecen brillantes, pero vistos en proyección sobre el disco del Sol aparecen como filamentos oscuros. Ver fig. 5.

Un brote típico ocurre unos 12 minutos después de iniciada la ráfaga y alcanza una altura máxima de 60,000 kms. 13 minutos más tarde.

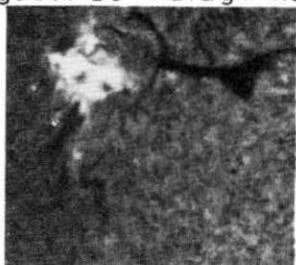
2. Las ráfagas pueden activar filamentos estables previamente existentes los cuales se encuentran, por lo general, a grandes distancias de la ráfaga porque los filamentos estables no ocurren en la cercanía de los grupos de manchas. La activación del filamento se manifiesta por un aumento en la obscuridad, forma y tamaño del filamento. Hay ocasiones en que un filamento, relativamente cercano a la ráfaga, permanece sin sufrir la menor alteración.

3. En otros casos la activación es tan intensa que el filamento desaparece completamente. Se dice, entonces, que ha ocurrido una desaparición brusca. Hay casos en que la desaparición brusca no es permanente volviendo el filamento a estructurarse en un lapso de varias horas.

Agosto 25 Ráfaga N. 24



17h 57m



18h 10m



18h 34m



18h 49m



19h 18m



19h 56m

Ráfaga N. 9

Agosto 28

Ráfaga N. 17



14h 53m

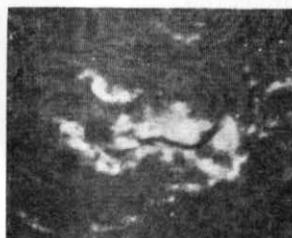


15h 41m



16h 35m

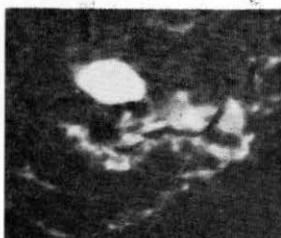
Agosto 28 Ráfaga N. 26



20h 15m



20h 20m



20h 21m



20h 26m

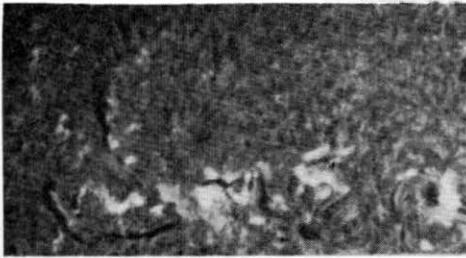


20h 31m

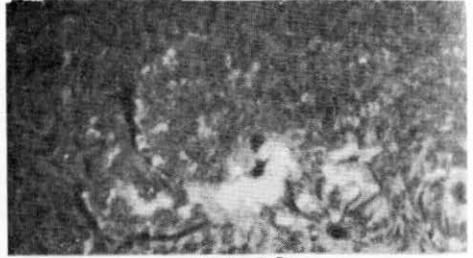


20h 47m

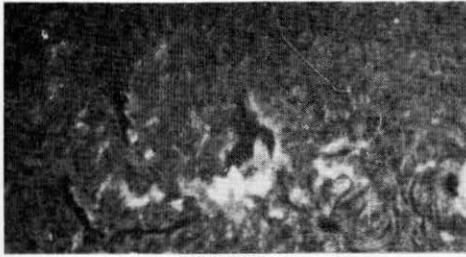
FIG. 4.



15h 16m



15h 26m



15h 30m



15h 32m



15h 34m



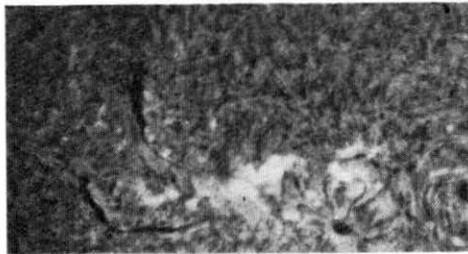
15h 42m



15h 46m



15h 57m



16h 09m

6. *Resultados observacionales.* Una de las principales tareas de la estación solar del Observatorio de Tonantzintla consiste en el registro y estudio posterior de las ráfagas solares ocurridas en el intervalo de tiempo transcurrido entre las 15^h y las 23^h T.U. aproximadamente. Salvo por interrupciones debidas a nublado se ejerce sobre el Sol una vigilancia continua de modo que cualquier fenómeno solar es registrado en nuestros filtrogramas. El análisis posterior del material observacional permite determinar los elementos más importantes del fenómeno, tales como posiciones, tiempos de principio y fin, y clase o importancia de las ráfagas. Por otra parte el estudio de las regiones solares vecinas a las ráfagas permite descubrir la ocurrencia de otros fenómenos asociados tales como activación de filamentos, desapariciones bruscas, brotes, etc. Los resultados de nuestras observaciones están publicados en los Boletines de los Observatorios de Tonantzintla y Tacubaya. Incluimos en ellos reproducciones de los más importantes fenómenos dinámicos asociados a las ráfagas solares.

La tabla V contiene el número total de ráfagas solares, clasificadas de acuerdo a su importancia, registradas durante los primeros seis meses del Año Geofísico Internacional y observadas en Tonantzintla.

TABLA V

	1—	1	1+	2	2+	3	Total Ráfagas
Julio	62	22	4	0	0	0	88
Agosto	104	23	8	1	0	0	136
Septiembre	117	26	17	2	0	0	162
Octubre	134	31	8	2	0	1	176
Noviembre	110	16	1	0	0	0	127
Diciembre	138	30	11	2	0	0	181
Total	665	148	49	7	0	1	870

Si incluimos los resultados publicados en el Map of the Sun del Instituto Fraunhofer, Alemania, en los cuales están incluidas las observaciones de nueve estaciones solares distribuidas en todo el mundo, podemos decir que se tiene sobre el Sol una vigilancia continua las 24 horas del día, por lo cual los valores contenidos en la Tabla VI son realmente representativos.

TABLA VI

	1—	1	1+	2	2+	3	Total Ráfagas
Julio	250	141	42	28	3	1	465
Agosto	347	197	54	33	5	2	638
Septiembre	622	235	79	47	10	5	998
Octubre	435	282	50	27	3	5	802
Noviembre	280	161	29	17	2	1	490
Diciembre	257	141	66	25	3	1	493
Total	2191	1157	320	177	26	15	3886

De la inspección de las tablas V y VI salta inmediatamente a la vista la alta frecuencia de las ráfagas de clases 1— y 1, y la muy baja frecuencia de la de clase 3. Este es un hecho perfectamente establecido. También se ha podido establecer con cierta seguridad que existe una correlación entre el número R de manchas solares y el número medio E de ráfagas por día. Z. Svestka (8) ha encontrado que para los ciclos No. 17 (mínimo en 1933.8; máximo en 1937.4) y No. 18 (mínimo en 1944.3; máximo en 1947.7) $E = 0.047R$ y $E = 0.034R$. Waldmeier encontró la siguiente relación entre E y R para ráfagas de clases 1, 2 y 3.

Clase	E
1	0.044R
2	0.015R
3	0.002R

Hay que aclarar que este tipo de estadística no es completo ya que la probabilidad de que ocurra una ráfaga en una región facular depende en gran parte del estado de desarrollo del centro de actividad en el que ocurre el fenómeno.

Finalmente R. G. Giovanelli⁹ encuentra que la frecuencia E de ráfagas por grupo de manchas depende:

1. Del área A del grupo de manchas; $E \sim A$,
2. De la variación respecto al tiempo del área del grupo; $E \sim dA/dt$, o sea $E = A \cdot f(dA/dt)$. Tanto A como dA/dt se determinan observacionalmente. Dibujando E/A (ocurrencia de ráfagas por unidad de área) contra dA/dt se observa que E/A es mínimo cuando el área de la mancha es estacionaria y máximo cuando el área crece rápidamente.

Una de las características más sobresalientes del Año Geofísico Internacional fue la observación sistemática del Sol realizada por una gran canti-

dad de investigadores provistos de equipo muy perfeccionado entre el cual el filtro Lyot ocupa un lugar destacado. Como consecuencia poseemos en la actualidad un abundante y continuo material observacional lo cual permitirá revisar los resultados antes apuntados a la luz de observaciones más sistemáticas y de mejor calidad. Pero independientemente de esta actividad el material observacional acumulado permitirá el ataque de nuevos problemas de entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

1. Asociación de ráfagas y filamentos vecinos a los grupos de manchas. Es relativamente alta la frecuencia de ráfagas que se desarrollan a lo largo de los filamentos asociados a los grupos de manchas.

2. Dependencia o independencia de la frecuencia E de ráfagas respecto de la intensidad máxima del campo magnético del grupo de manchas. Según R. G. Giovanelli⁹ la frecuencia E es independiente de la intensidad magnética máxima. Otros investigadores no comparten este punto de vista.

3. Variaciones del campo magnético de la región de manchas solares durante el desarrollo de las ráfagas. Parece haber indicaciones de que las ráfagas solares están relacionadas a la inestabilidad o aun al colapso del campo magnético del grupo de manchas¹⁰.

4. La mayoría de las teorías sobre el origen de las ráfagas suponen que éstas son el resultado de un calentamiento local de la cromósfera. Pero si las ráfagas tienen alturas medias de 16,000 a 20,000 kms. entonces esto quiere decir que las ráfagas son fenómenos coronales y no es un mecanismo de calentamiento, sino al contrario, un proceso de enfriamiento de la corona el que produce la ráfaga. La teoría debe explicar cómo la materia coronal ($T = 1.5 \times 10^6$ grados) debe enfriarse repentinamente a 10^4 grados.

5. Distribución de las ráfagas solares durante la vida de los grupos de manchas, especialmente aquéllos cuya vida se extiende a dos o más rotaciones solares. Parece ser que la actividad de ráfagas muestra tendencia a ocurrir en forma semi-periódica con intervalos de alta actividad seguidos de otros de bajo o nula actividad.

Indudablemente el análisis del material observacional acumulado requiere mucho tiempo. Es posible que en un futuro no lejano aparezcan los primeros resultados y se tengan ideas más claras sobre la naturaleza física de los diversos fenómenos solares.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Audoin Dollfus. *Etude des Filtrés Polarizants de Lyot pour L'observation de l'Chromosphère Solaire*. Revue d'Optique; t 35, No. 10, 1956.
- ² Cornelis de Jager. *Handbuch der Physik*, Vol. LII, pag. 106. 1959.
- ³ J. Warwick. *Astrophysical Journal* 121, 376, 1955.
- ⁴ J. Warwick. *Astrophysical Journal* 121, 295, 1955.
- ⁵ Giovanelli y McCabe. *Australian Journal of Physics*, 11, 130, 1958.
- ⁶ Severny and Shaposhnikova. *Isv. Krymsk. Astrophys. Obs.* 12, 3, 1954.
- ⁷ *Boletín de los Observatorios de Tonantzintla y Tacubaya*, No. 20, Mayo 1960.
- ⁸ Z. Svestka. *Bull. Astr. Inst. Czech.* 7, 9, 1956.
- ⁹ R. G. Giovanelli. *Astrophysical Journal* 89, 555, 1939.
- ¹⁰ A. B. Severny. *Astr. Zhurn. U.S.S.R.* 35, 335, 1958.

III

OBSERVACIONES IONOSFERICAS

DURANTE EL A.G.I.

DESCRIPCION DE LA ESTACION DE RADIO-
SONDEO IONOSFERICO DE LA DIRECCION
GENERAL DE TELECOMUNICACIONES S.C.T.

*por Carlos Núñez A.**

* Este informe fué preparado por el grupo "Ionósfera" de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, como contribución a los trabajos del Comité Nacional Mexicano para el A.G.I.

DURANTE el período de marzo de 1958 a diciembre del mismo año, y de acuerdo con el Comité Mexicano para el Año Geofísico Internacional, la estación mexicana concentró sus observaciones y datos en el Centro Mundial (A), ubicado en los laboratorios del National Bureau of Standards, en Boulder, Colorado, E.U.A. Durante el actual año de cooperación Geofísica Internacional, se ha ofrecido la misma colaboración y la concentración de datos se efectúa a través de la misma agencia.

La Dirección General de Telecomunicaciones estableció su estación de radio-sondeo ionosférico en el "Centro radioelectrónico Juan de la Granja", ubicado en terrenos de la Ex-Hacienda de "San Antonio del Cerrillo de las Piedras", en el lado oriente de la carretera de Toluca a Querétaro, a 17 kms. de la primera.

Las coordenadas geográficas de estación son:

Lat.	N.	19°	19'	18.906"
Long.	W.	99°	32'	32.633"
Altitud.				2591.9 M.

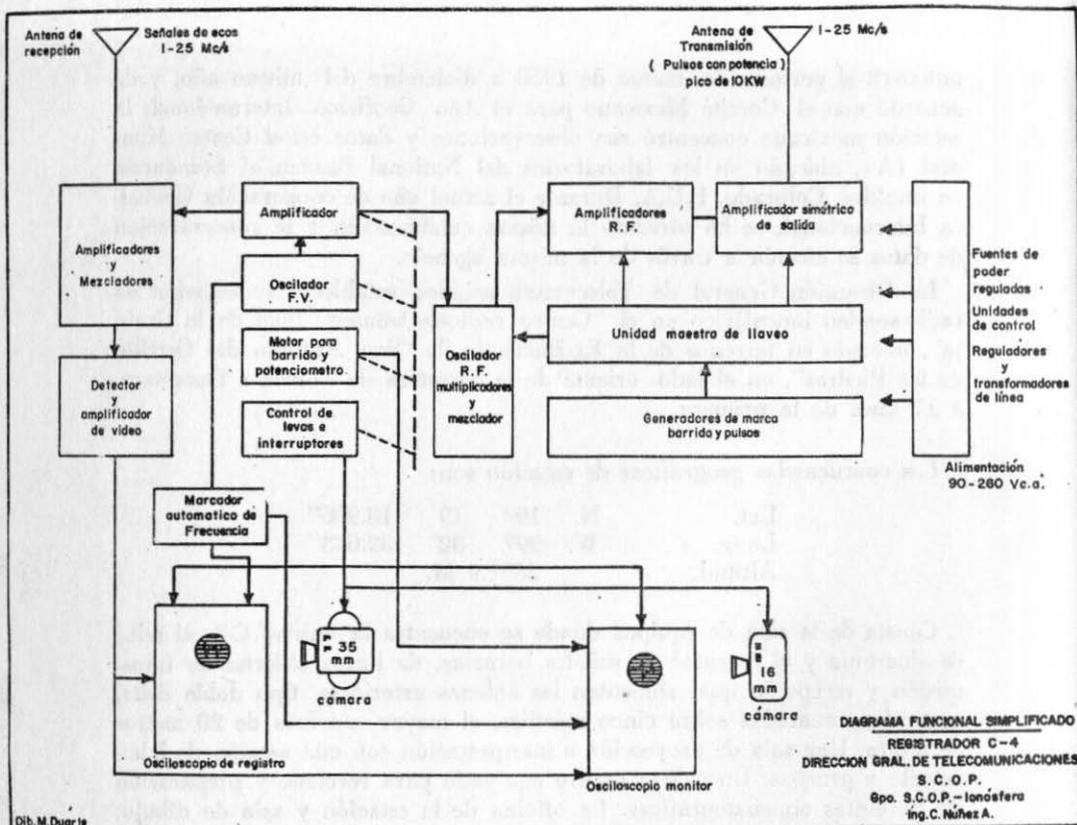
Consta de la sala de equipos donde se encuentra la unidad C-4, el reloj de sincronía y el receptor de señales horarias, de líneas abiertas de transmisión y recepción que alimentan las antenas exteriores tipo doble delta, verticales, montadas sobre cinco mástiles, el mayor con más de 20 metros de altura. Una sala de proyección e interpretación con una sección de laboratorio y pruebas. Un cuarto oscuro equipado para revelado y preparación de las cintas cinematográficas. La oficina de la estación y sala de dibujo, así como los dormitorios y servicios del personal a cargo de la estación.

La estación recibe energía eléctrica a través de una línea de alimentación a alta tensión que ha sido instalada para los servicios del centro radioelectrónico.

Se cuenta con una sub-estación eléctrica y plantas electrógenas para servicio de emergencia.

PROGRAMA DE OBSERVACIONES.

El programa de México en materia de física de la ionósfera, durante el A.G.I., consistió de observaciones sinópticas acerca de sondeos verticales a frecuencia variable; registrando los ecos originados por la radiación de pulsos de radiofrecuencia, cuya potencia pico es de 10 KW., dentro de un rango de 1 a 25 MHz. Los registros fueron tomados cada 15 minutos en operación continua. Sin embargo, dado que la estación inició sus operaciones con suministro de energía eléctrica de una fuente de poder provisio-



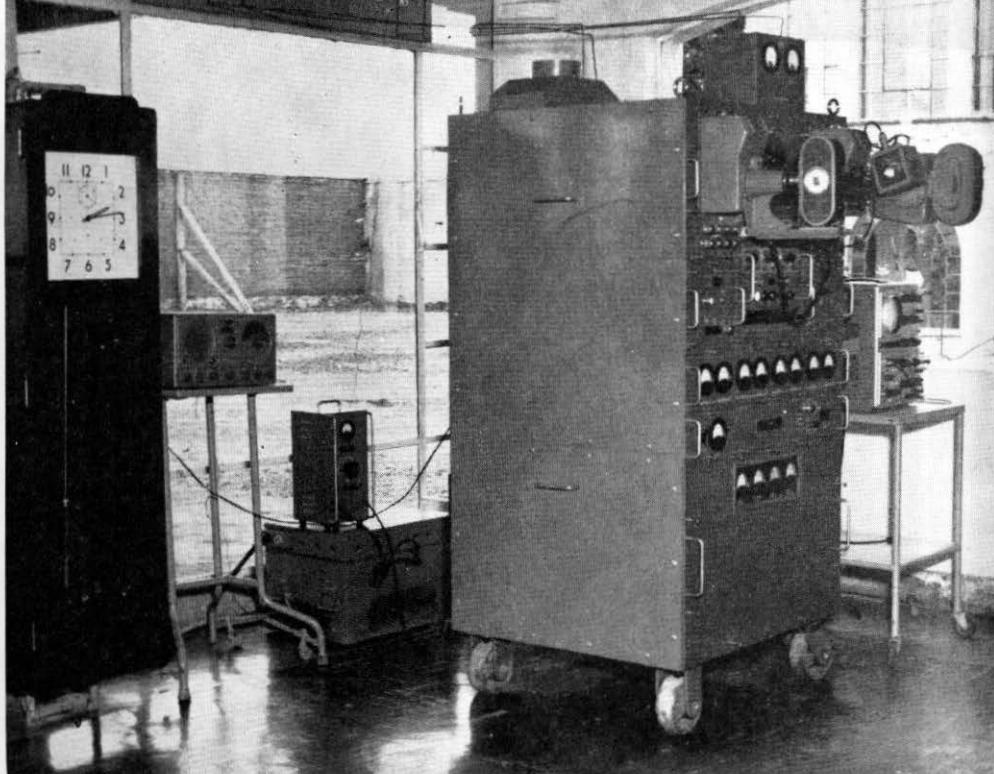
Dib. M. Durán

RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS ELECTRICAS GENERALES DEL REGISTRADOR C-4

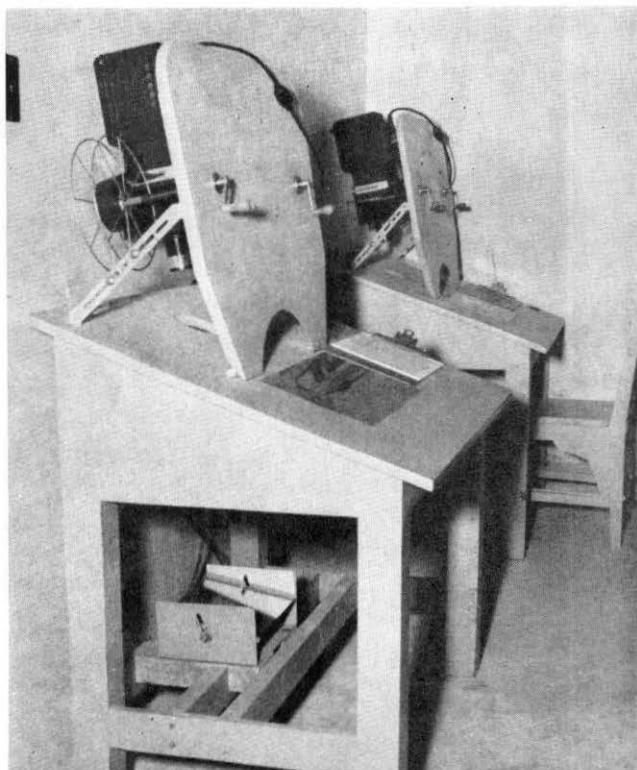
Frecuencias de operación	1-25 MHz.
Pulsos de salida, valor pico, nominal	10 KW.
Longitud de los pulsos	50 useg.
(Variable)	10-70 p/seg.
Tiempo de barrido	15, 30 y 120 seg.
Características de frecuencia del barrido	lineal o logarítmica;
Marcadores de altura vertical	50 ó 100 KM.
Precisión de los marcadores de altura	± .01%
Alturas	500, 1000 y 4000 KM.
Selección de programas	cada minuto de las 24 horas.
Impedancia de salida del trasmisor (balanceada) ...	600 Ohm.
Impedancia de entrada del receptor (balanceada) ...	600 Ohm.



Vista del edificio de la Ex-Hacienda donde se encuentra instalada la estación de investigaciones ionosféricas.



Equipo de Radio-sondeo Tipo C-4 en el que se han colocado las cámaras cinematográficas.



Mesas de interpretación donde se proyecta la película proveniente de las cámaras y mediante el uso de ábacos se transportan a valores numéricos los ionogramas obtenidos directamente en el equipo.

nal, controlada manualmente, los registros durante los primeros meses sólo acusan lecturas durante un número de horas limitado, en funcionamiento diurno.

Fallas originales de construcción del equipo, carencia de refacciones debido a la gran demanda de las unidades C-4, así como falta de una fuente de energía eléctrica permanente, impidieron tomar registros continuos las 24 horas del día durante los períodos iniciales de trabajo.

La *Tabla A* resume el número de días y registros útiles.

Debido a la importancia de la periodicidad anual en la estructura ionosférica, la presentación de este reporte se demoró intencionalmente hasta permitir incorporar observaciones de un año completo (abril de 1958 a abril de 1959 inclusive), excediendo el período del A.G.I. Sin embargo, los meses de enero a abril de 1959 todavía se caracterizaron por un elevado índice de actividad solar; la *Tabla B* resume las predicciones a corto plazo de tales índices, publicados por el Observatorio Federal de Zurich.

TABLA A

NUMERO DE DIAS Y REGISTROS UTILES DE LA ESTACION DE RADIOSONDEO DURANTE UN AÑO DE OBSERVACIONES

<i>Año</i>	<i>Mes</i>	<i>Días de trabajo efectivo</i>	<i>Núm. de registros útiles</i>
1958	Abril	13	504
"	Mayo	18	738
"	Junio	11	396
"	Julio	2	132
"	Agosto	15	1776
"	Septiembre	3	126
"	Octubre	20	2016
"	Noviembre	19	2268
"	Diciembre	21	2238
1959	Enero	31	4278
"	Febrero	28	3528
"	Marzo	31	4464
"	Abril	26	3114

NOTA: El número aproximado de horas de trabajo en las que se obtuvieron registros útiles se obtiene dividiendo las cifras de esta columna entre 6.

TABLA B

JOURNAL U. I. T.

COMITE COSULTIVO INTERNACIONAL —
DE RADIOCOMUNICACIONES (C. C. I. R.).

MEDIA REDONDEADA DEL NUMERO MENSUAL DE MANCHAS SOLARES*
OBSERVATORIO FEDERAL DE ZURICH

<i>Año</i>	<i>Mes</i>	<i>Número de M. S.</i>
1958	Mayo	177
"	Junio	172
"	Julio	169
"	Agosto	169
"	Septiembre	173
"	Octubre	180
"	Noviembre	177
"	Diciembre	165
1959	Enero	164
"	Febrero	168
"	Marzo	162
"	Abril	158

* JOURNAL, UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (C.C.I.R.).

Interpretado por ARC

SONDEOS IONOSFERICOS

Fecha 24 de agosto de 1958.

Verificado por _____

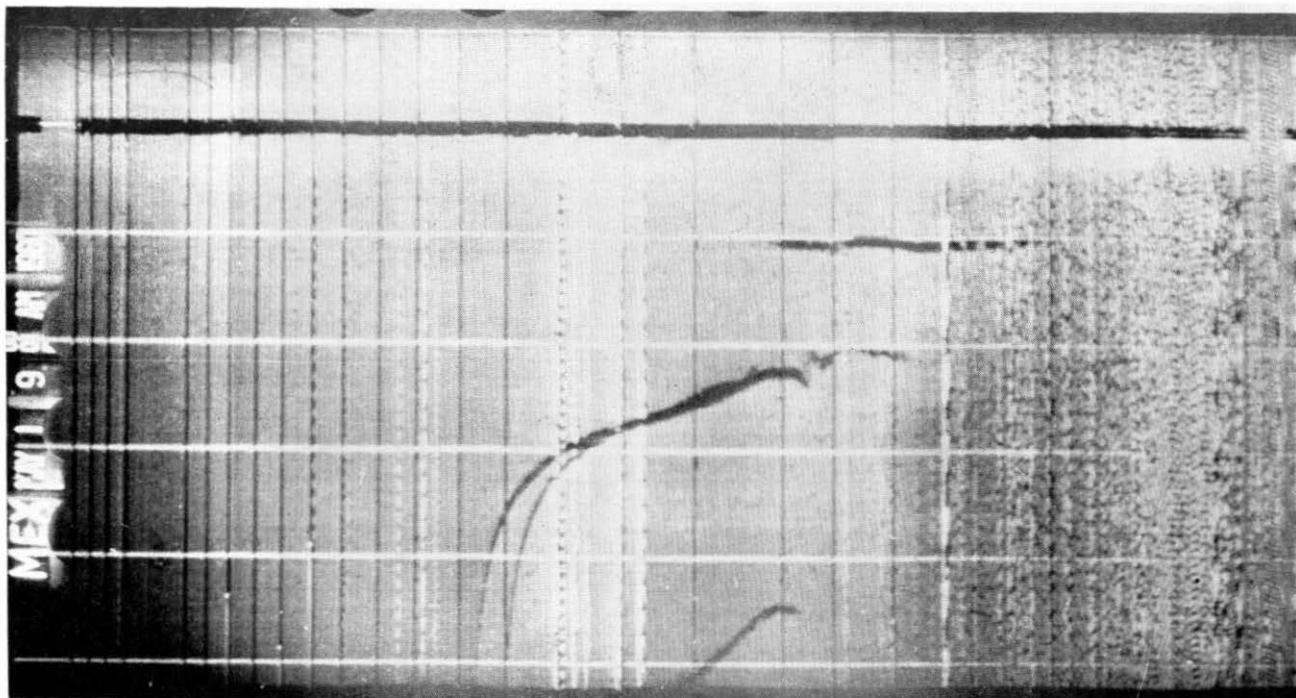
VALORES HORARIOS

Estación MEX.

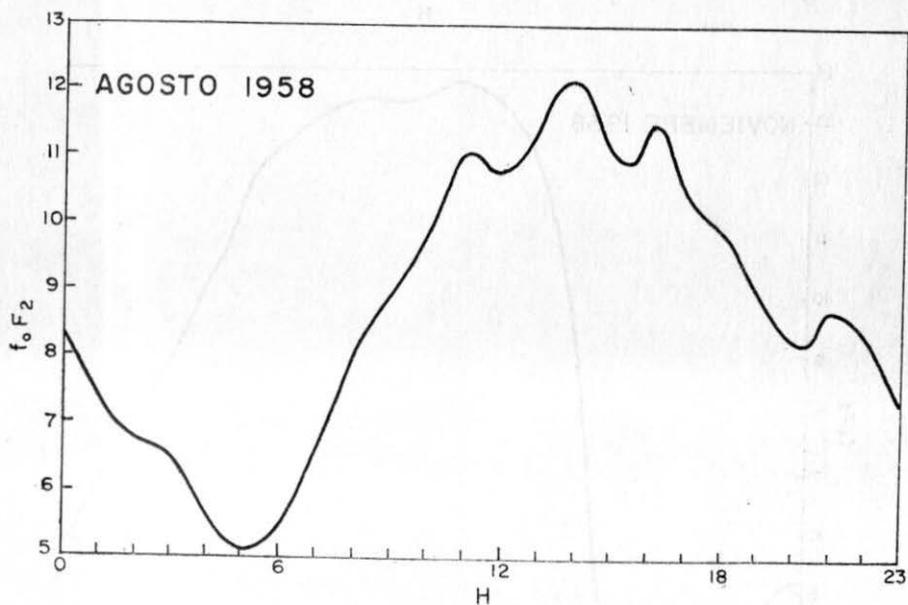
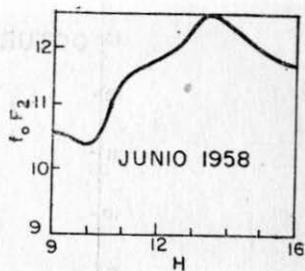
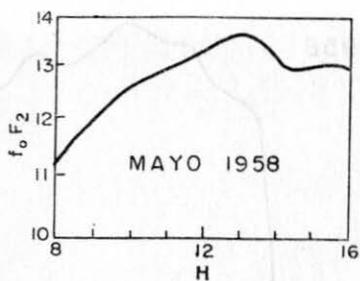
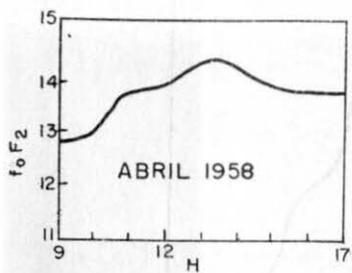
ZONA	f - min		REGION F												REGION E												TIPO DE ES	OBSER. VAGONES											
	HORA	f-min	CAL	DRB	f _o F2	FR M3000	CAL	DRB	h'F2	CAL	DRB	h'F	CAL	DRB	f _o F1	F1 M3000	CAL	DRB	f _o E	CAL	DRB	h'E	CAL	DRB	h'Es	CAL			DRB										
00	10	E E			065	245						315															012	018		80			e	Hay ecos oblicuos.					
01	10	E E			060	240						340																			G	G							
02	10	E E			061	245						330																		G	G								
03	10	E E			064	280						260																		G	G								
04	10	E E			057	270						240																		G	G								
05	10	E E			051	270						245																		G	G								
06	10	E E			048	270						255																				015	98	.e					
07	10	E E			063	255						235						L 150													130	017	017	U J	100	y			
08	15				074	305		230				200			29	415																U J	102		G	G			
09	16				081	265					L 215																					L 305	U H	100		G	G		
10	30				092	270					L 180																					L 330		105		G	G		
11	34				102	235		360			L 210																					L 375		108		G	G		
12	33				103	260		270			L 210																					L 400		100		G	G		
13	33				100	250		290			205			58	315																		G			035	108	h	
14	29				103	260		390			215			54	335																		330	107	036	037	150	h	
15	30				103	260		375			210																						L 315	104	035	037	137	h	
16	19	E S			099	260		370			250	U B	51	330																			300	099	042	042	117	h	
17	14				101	250					L 235																						L 255	093	030	035	119	h	
18	10	U S			097	260					L 225																						L 165	100	019	020	120	h	
19	10	E E			091	270					255																								018	050	U J	105	f
20	10	E E			084	265					265																								016	023	100	f	
21	10	E E			089	255					320																								012	035	U J	100	F ²
22	10	E E			092	235	U F				330																								013	029	100	F ²	
23	10	E E			075	225	U F				430	U F																							031	072	U J	100	F ²

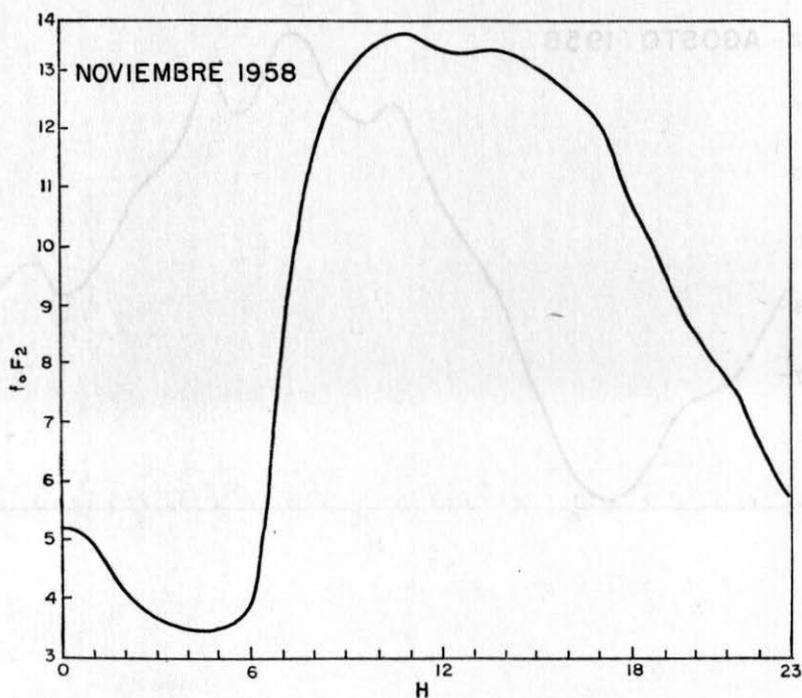
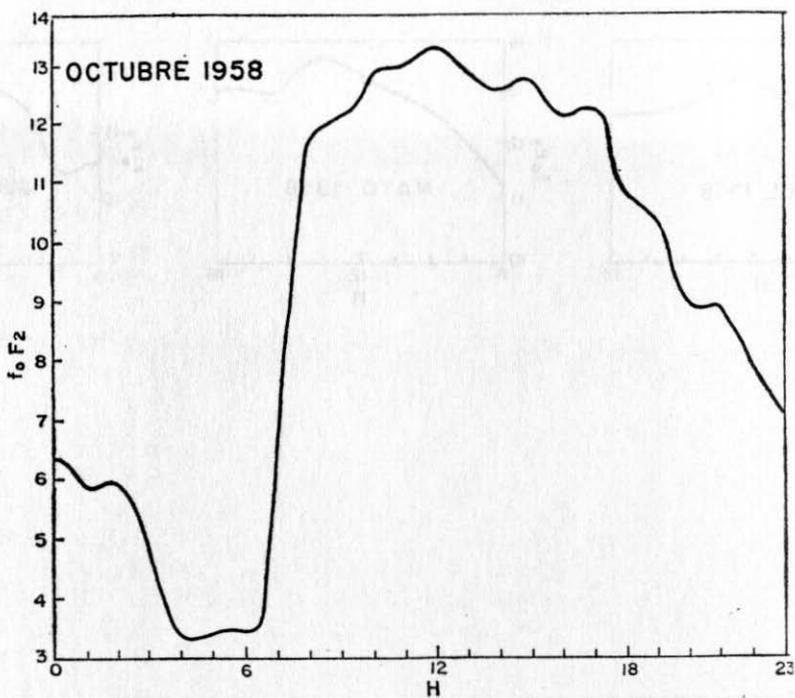
Interpretado por ELK **SONDEOS IONOSFERICOS** Fecha 1-Mayo-1960
 Verificado por _____ **VALORES HORARIOS** Estación MEXICO.

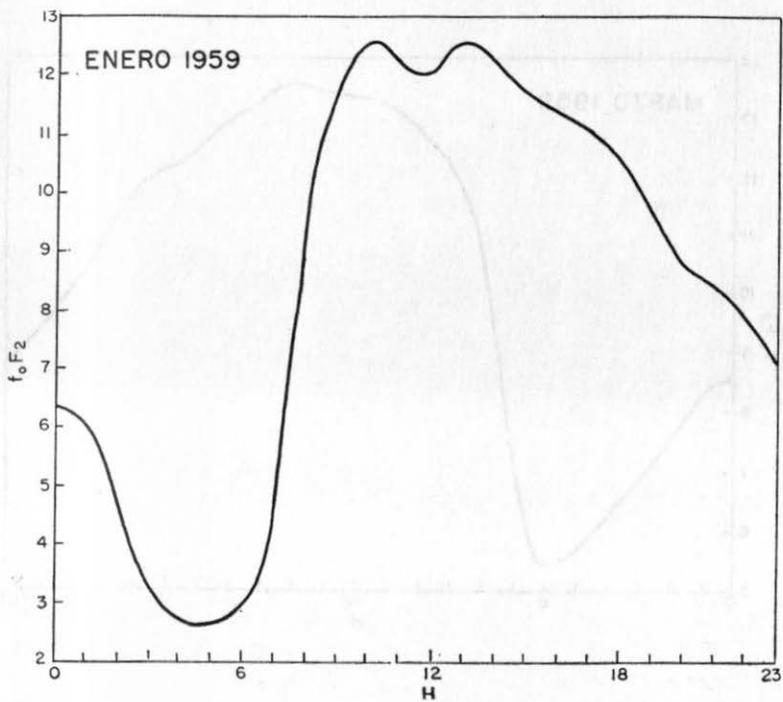
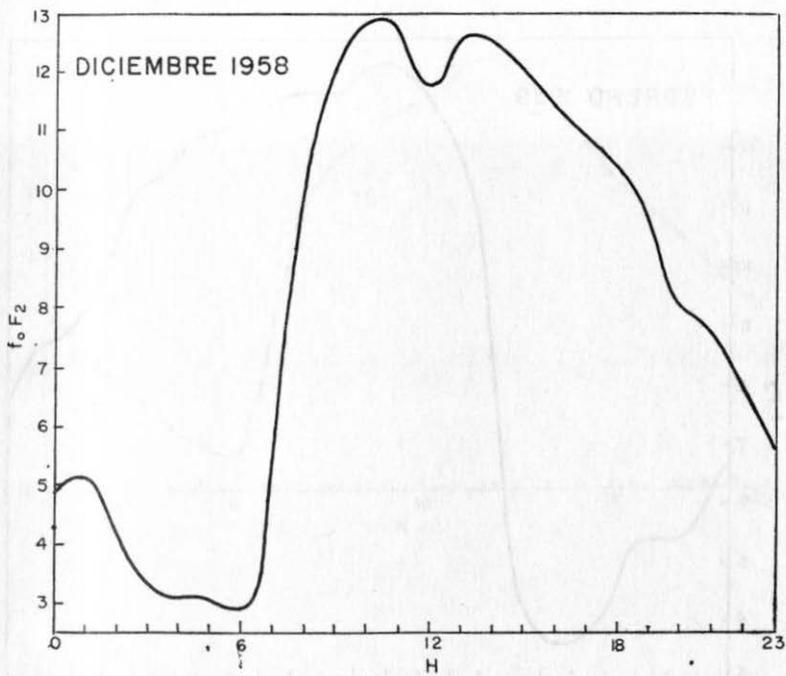
ZONA	f - mln		REGION F											REGION E											OBSER- ACIONES
	HORA	f-min	CA	f _o F2	F2	CA	N _o F2	N _o F	CA	f _o F1	F1	CA	f _o E	CA	f _o E	CA	N _o E	CA	N _o E	TIPO					
00	16	ES		033	310			280										020	032	087	f2				
01	16	ES		032	225			470	UA									026	050	107	f4				
02	15	ES		024	240			370										015	024	089	f2				
03	E			028	260			250										012	021	089	f2				
04	16	ES		031	300			280													S				
05	12	ES		028	300			330										024	074	101	f3				
06	14	ES		038	300			275										027	054	101	f4				
07	15	ES		065	360			220					A		A			026	040	101	L3				
08	15	ES		075	310			1200H				L	A		A			030	033	101	L				
09	19			280	310			L 220				L	290		103			035	101		h2				
10	22			092	260			L 210				L	A		A			041	041	181	hL				
11	25			120	305			L 205				L	A		A			042	042	167	hL				
12	28			134	315			L 215				L	A		A			046	066	101	L2				
13	25			140	300			L 210				L	A		A			044	044	143	hL				
14	28			132	280			L 215				L	A		A			042	044	131	HL				
15	26			134	290			L 260				L	A		A			048	050	117	H2L				
16	21			138	300			L 210				L	A		A			039	039	127	hL				
17	17			124	300			L 220				L	A		A			035	040	091	L3				
18	15E	S		120	320			250					A		A			042	052	089	L3				
19	16E	S		116	330			230										048	062	089	f3				
20	13	ES		104	300			230										038	050	089	f3				
21	16	ES		096	290			250										030	044	091	f2				
22	16	ES		086	290			250										023	026	089	f				
23	16	ES		080	275			285													S				

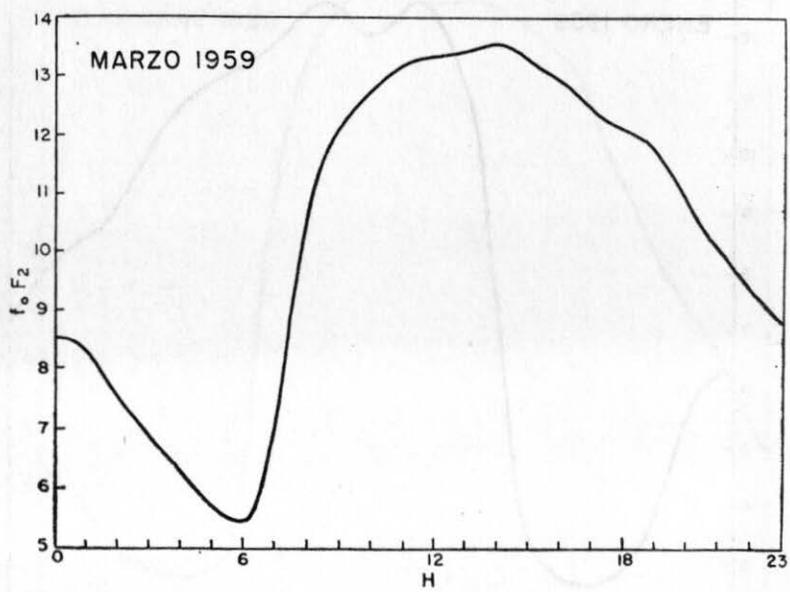
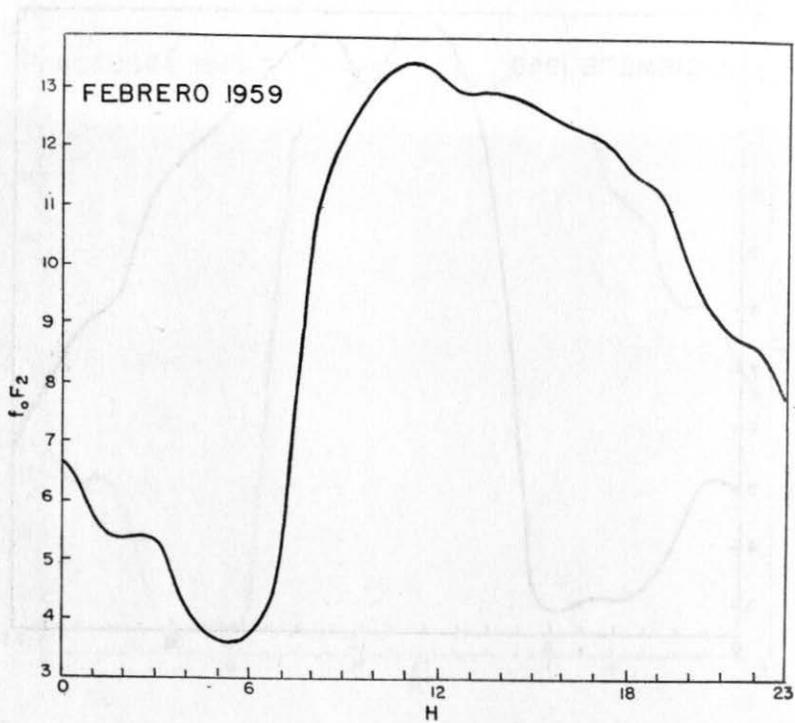


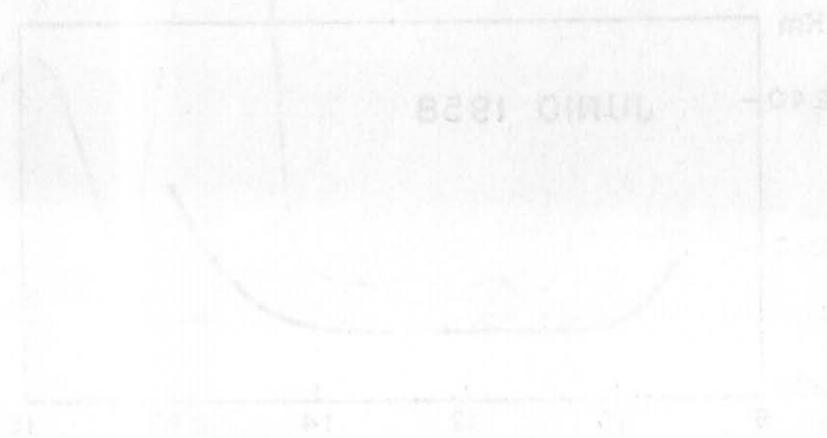
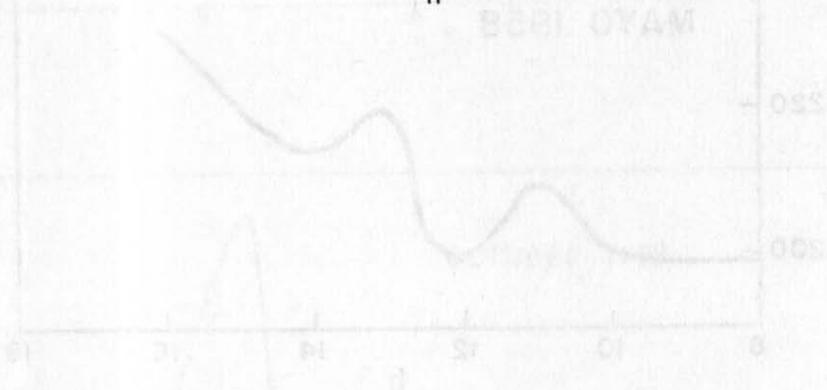
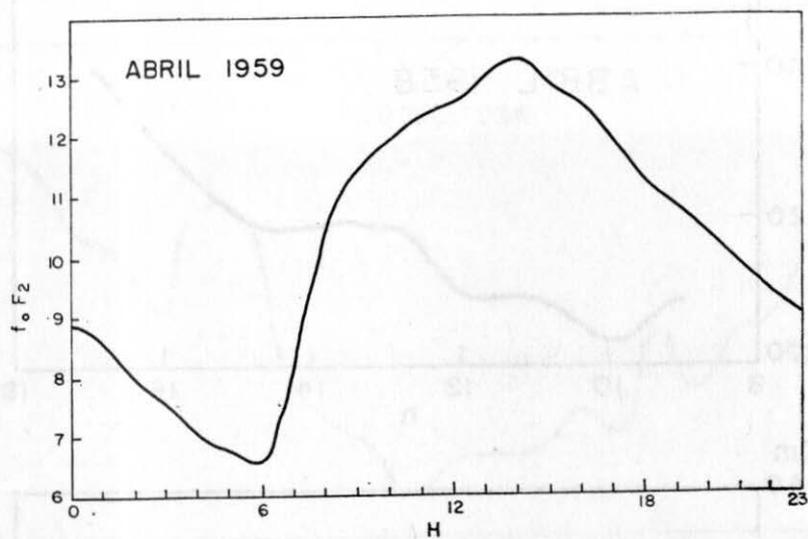
Ionograma típico obtenido durante el "1o. de Mayo de 1960" el cual ha sido interpretado de acuerdo con tabulación convencional en la forma ESI-I "SONDEOS IONOSFERICOS, valores horarios".

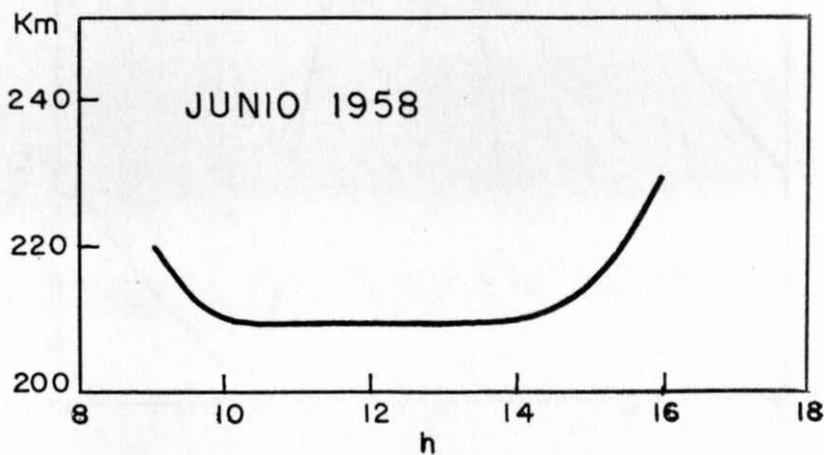
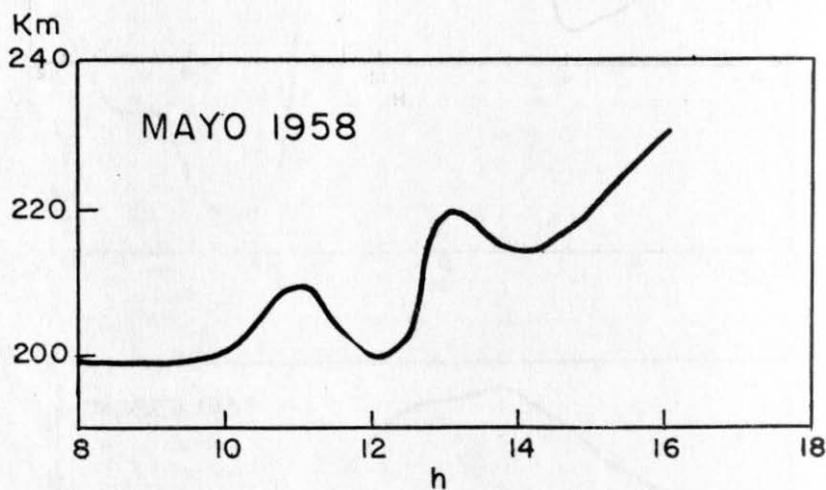
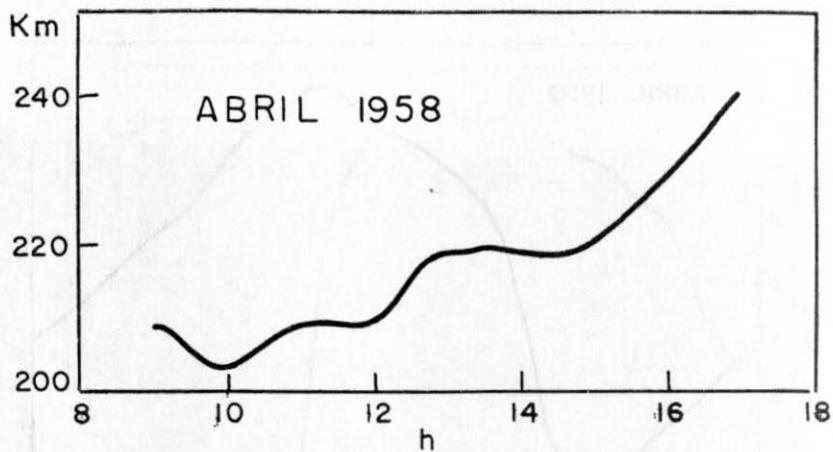


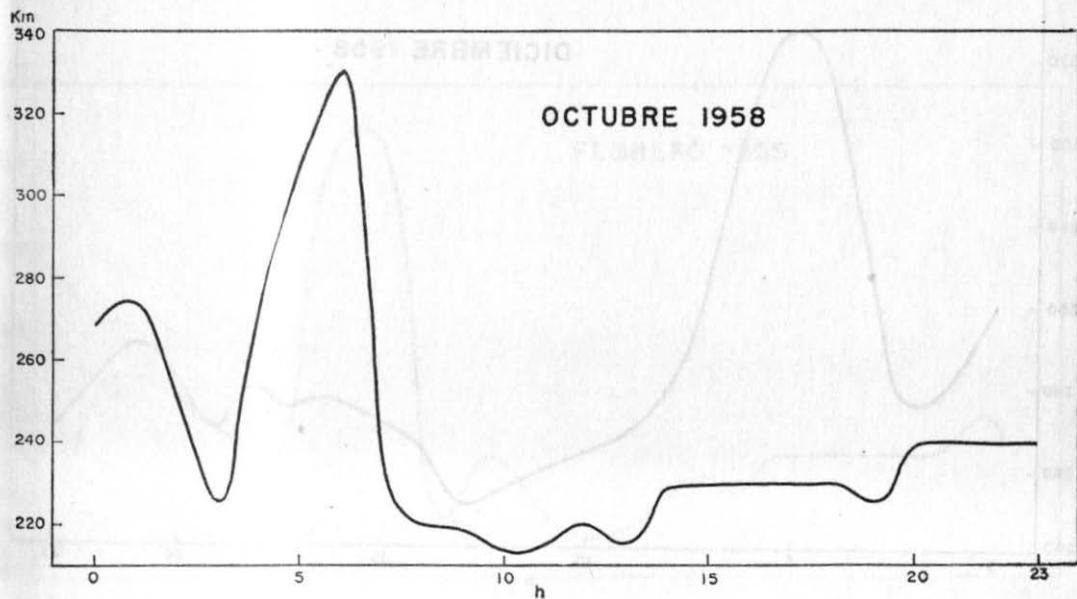
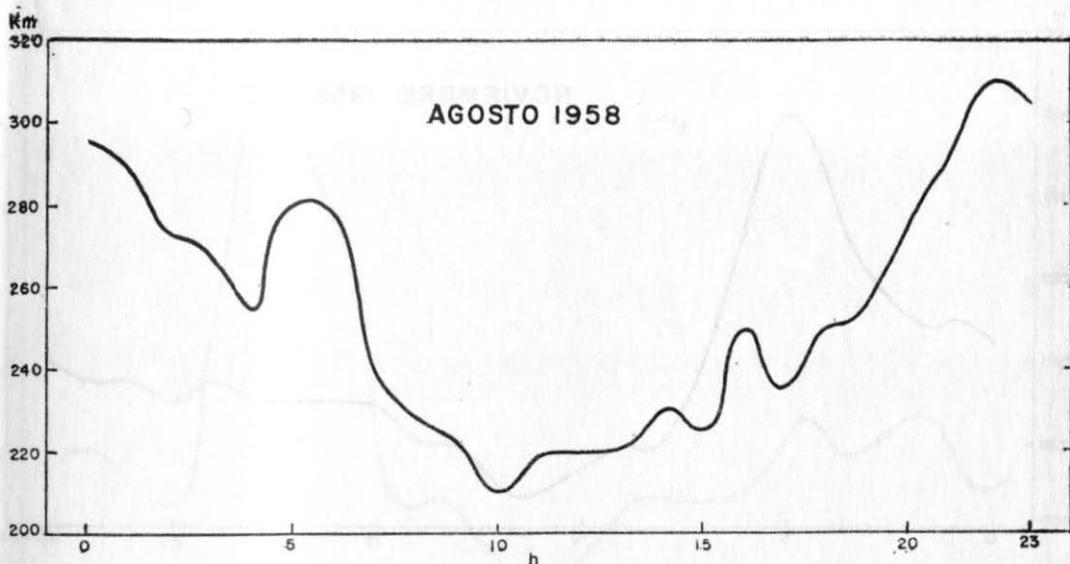


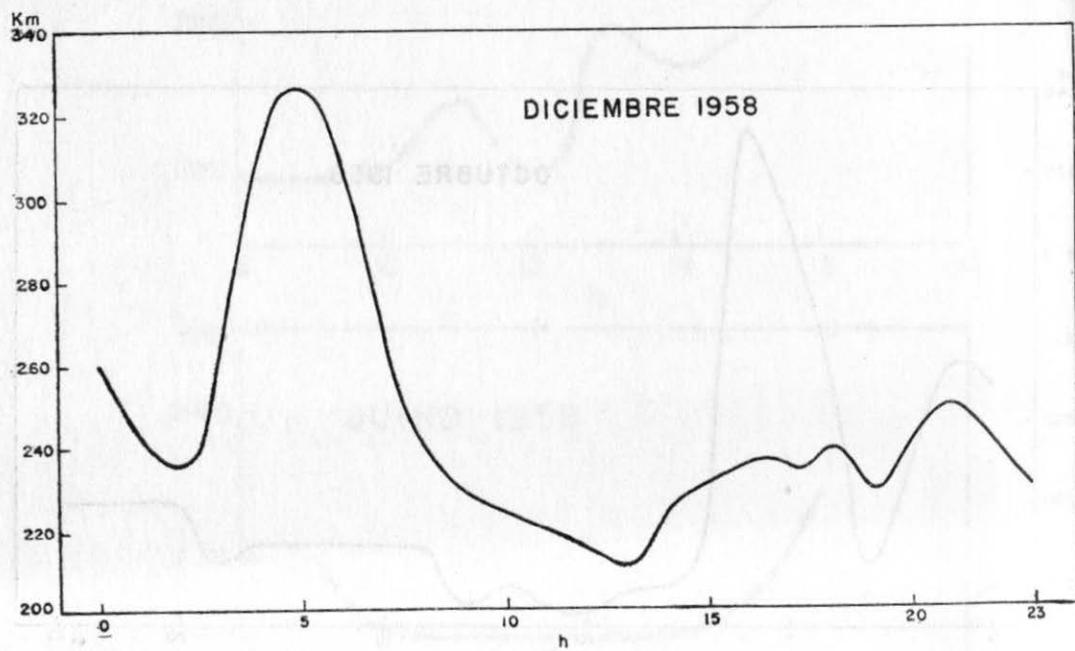
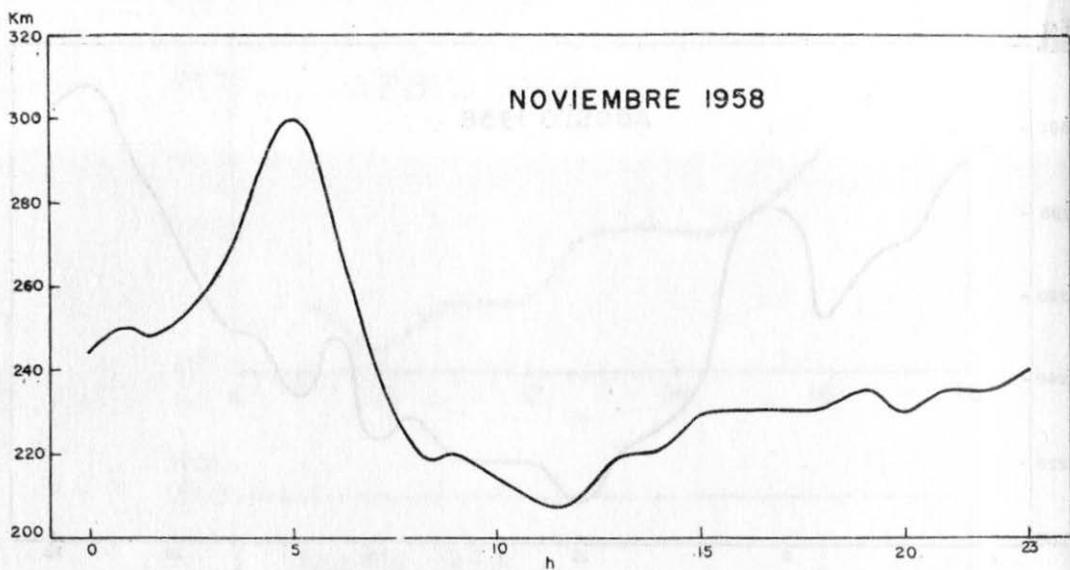


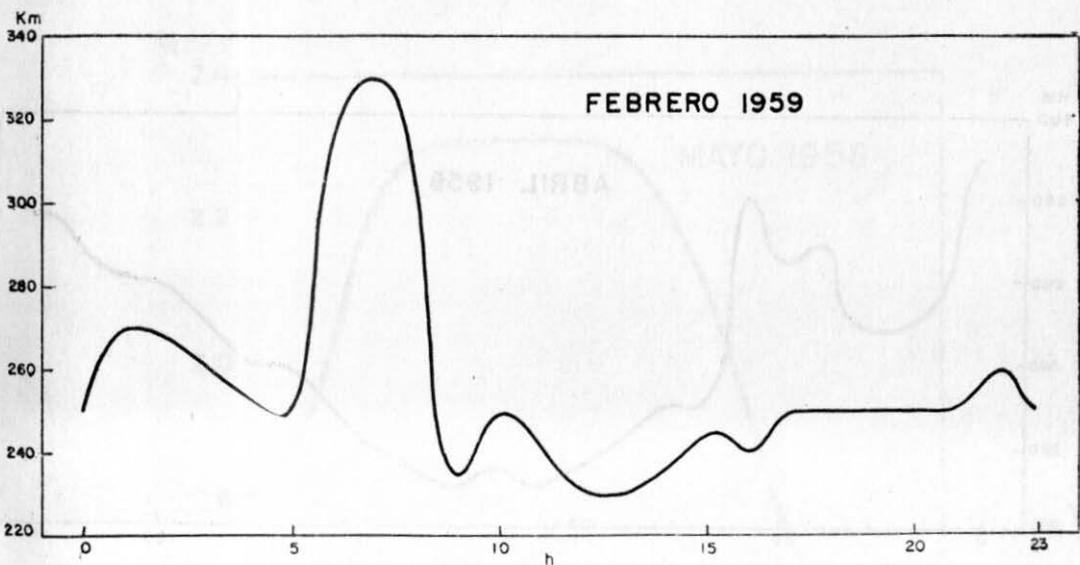
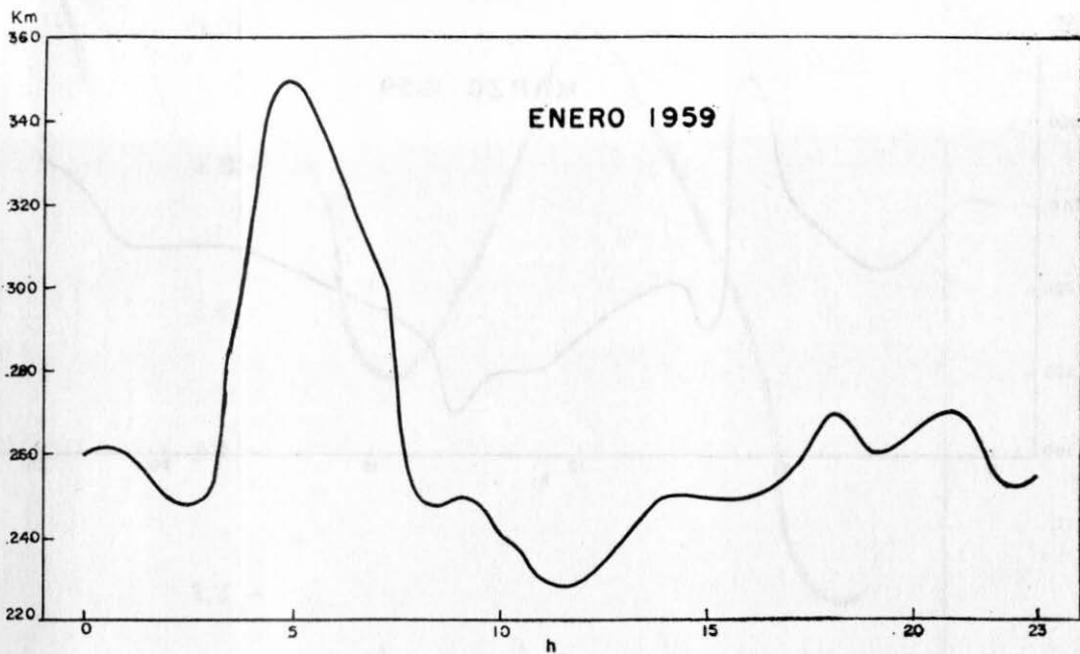


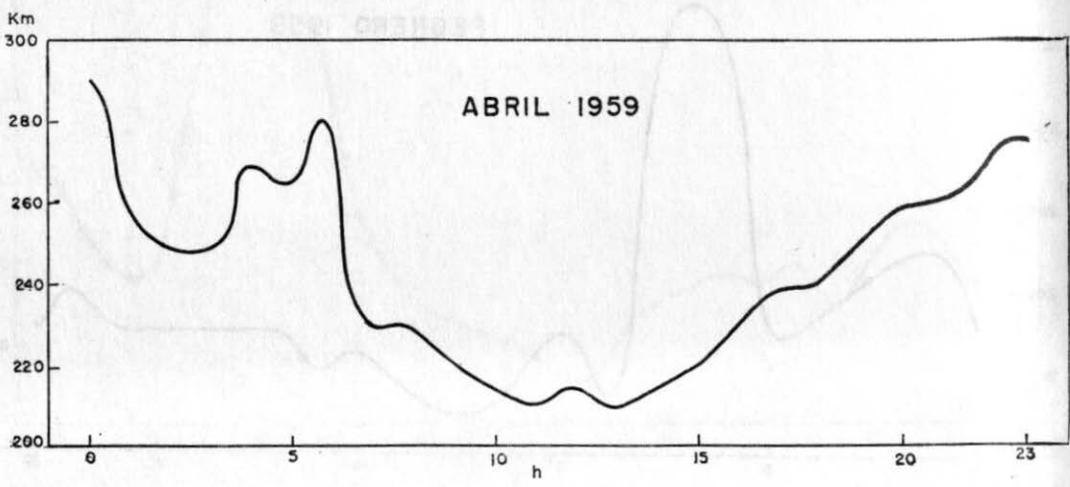
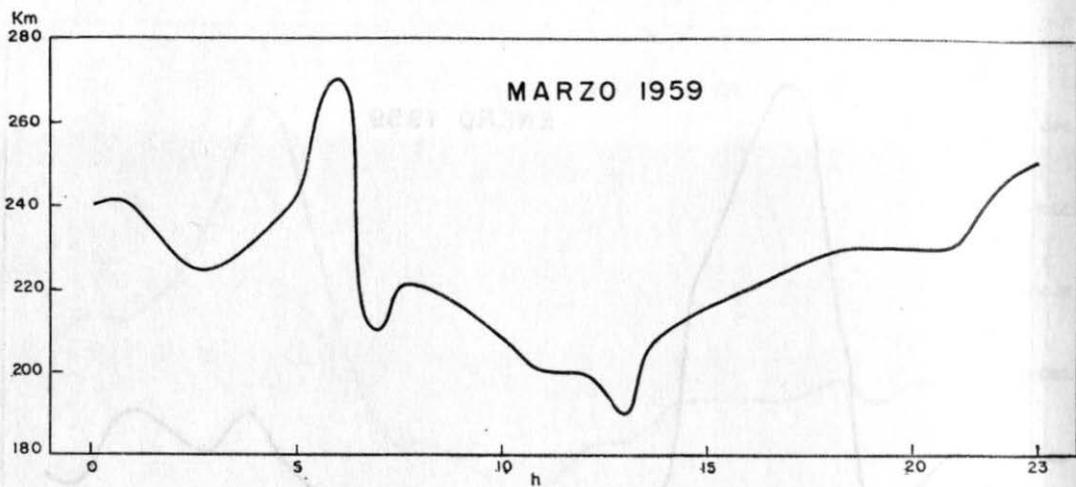


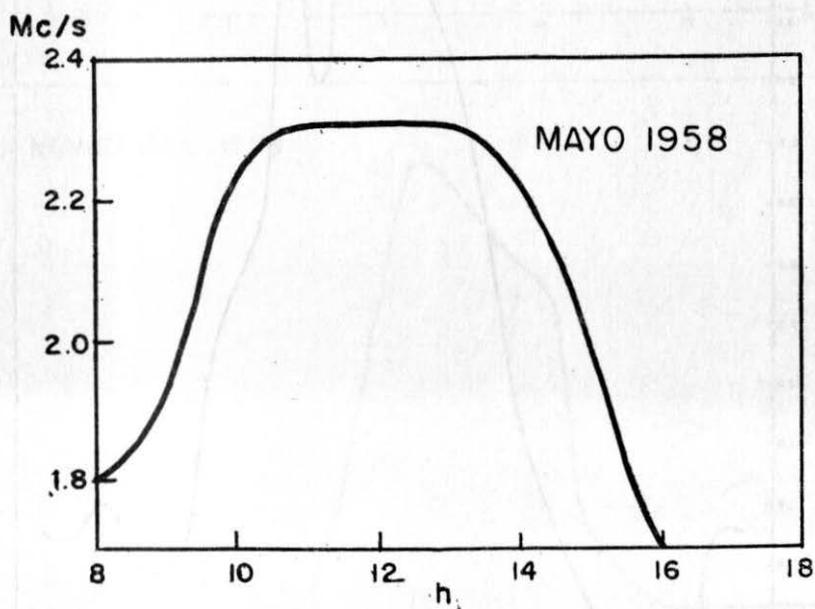
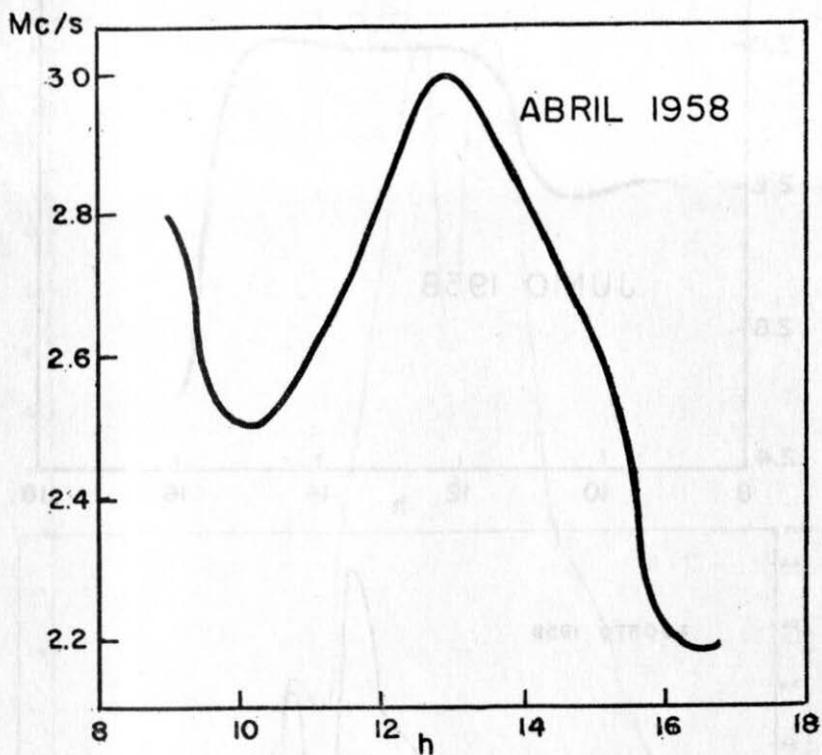


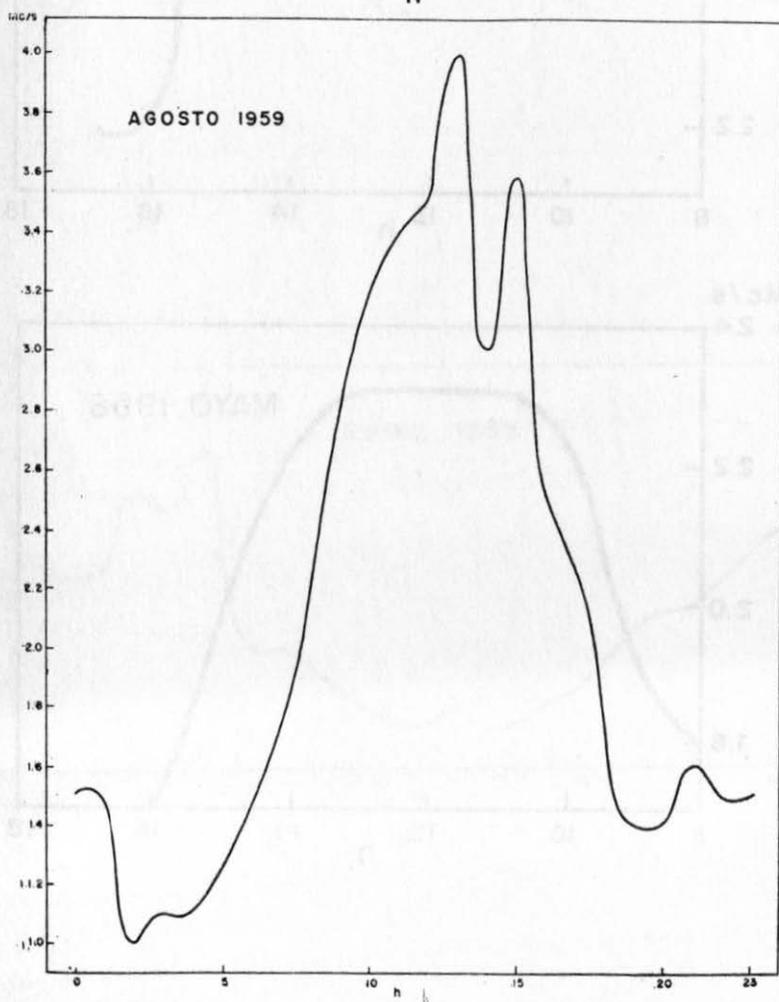
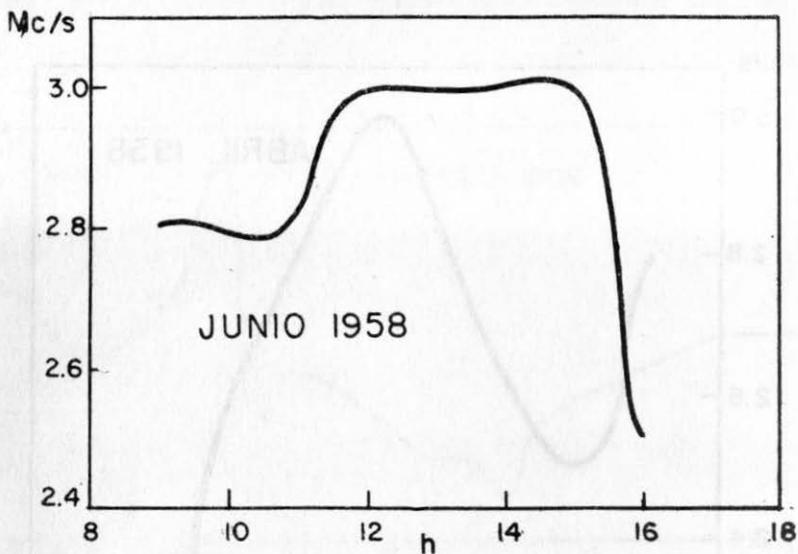


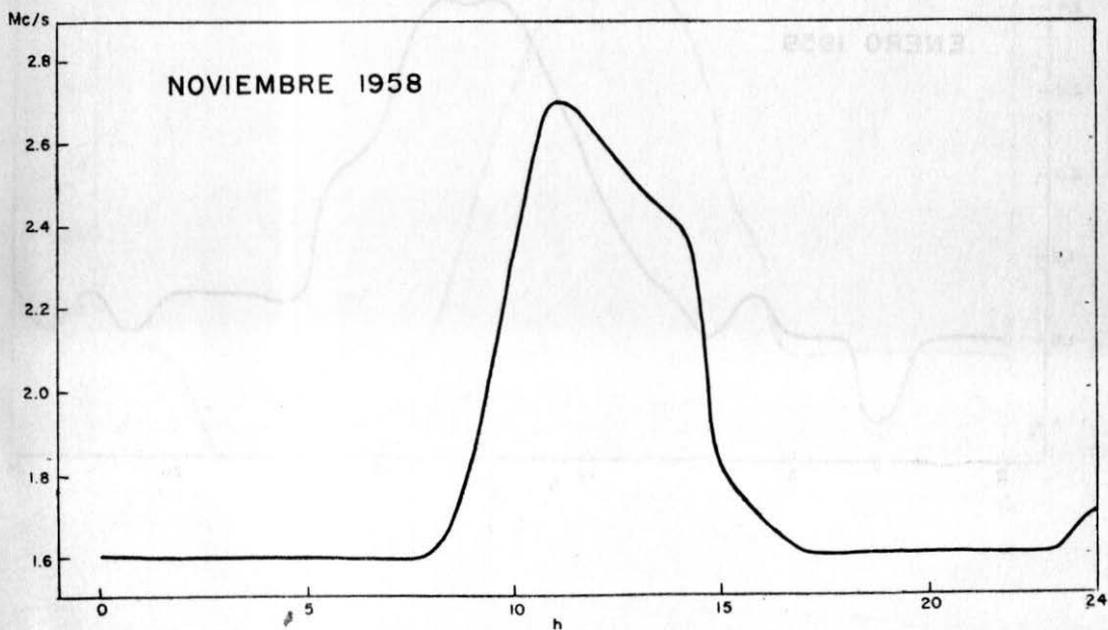
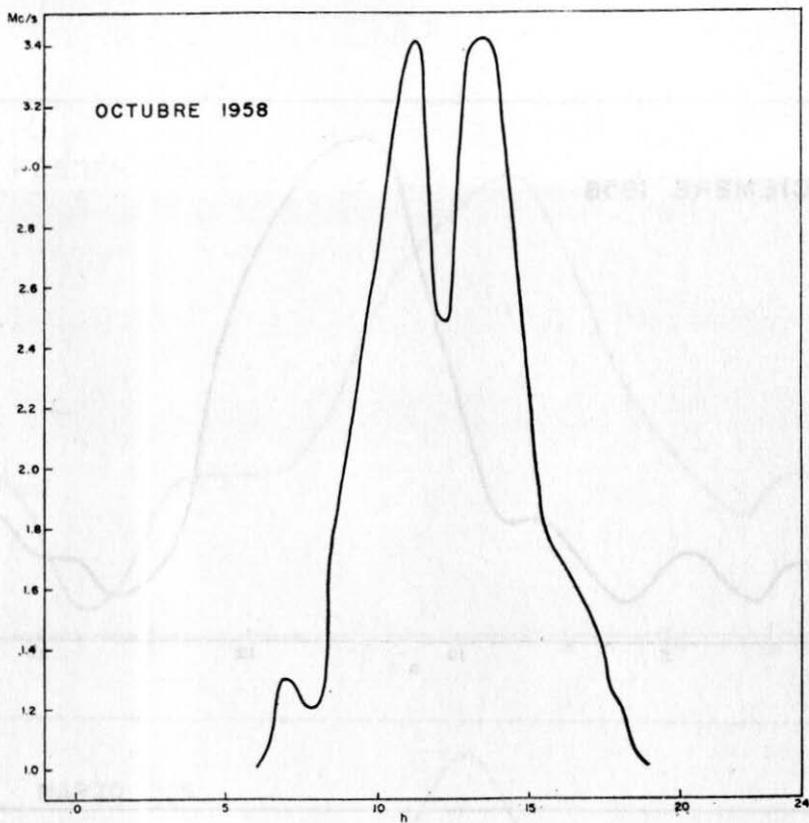


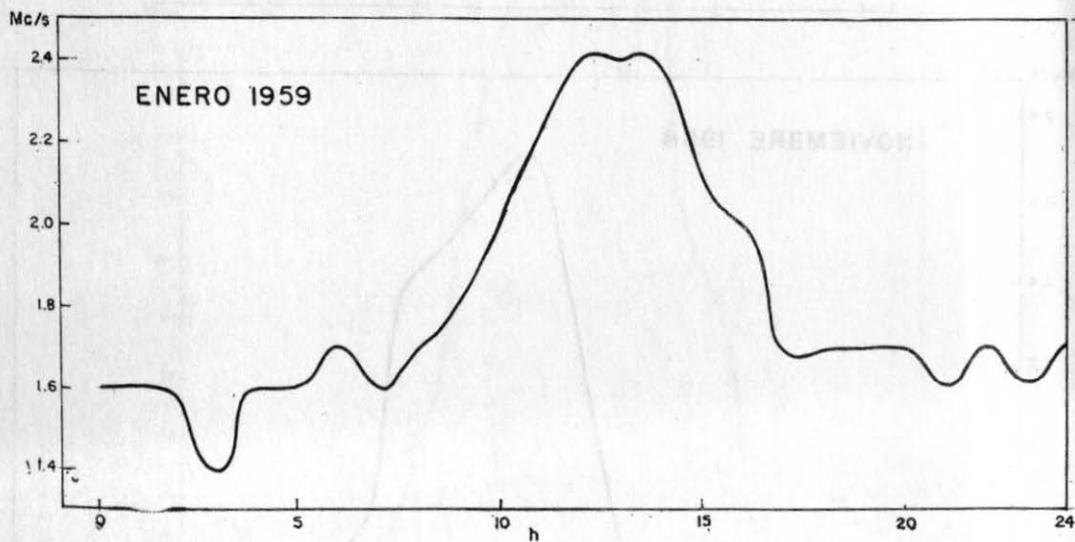
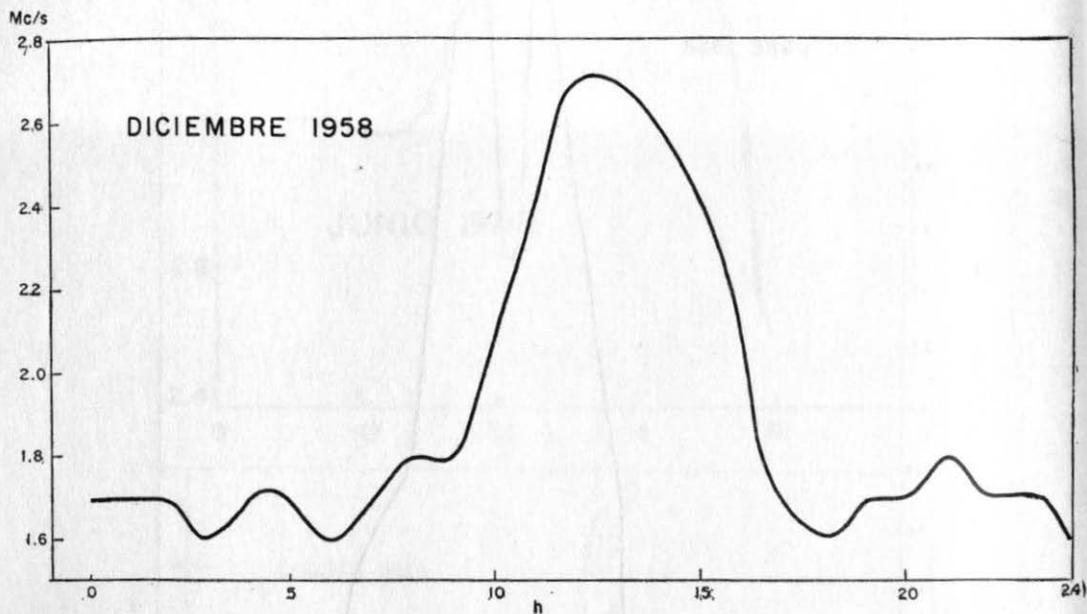


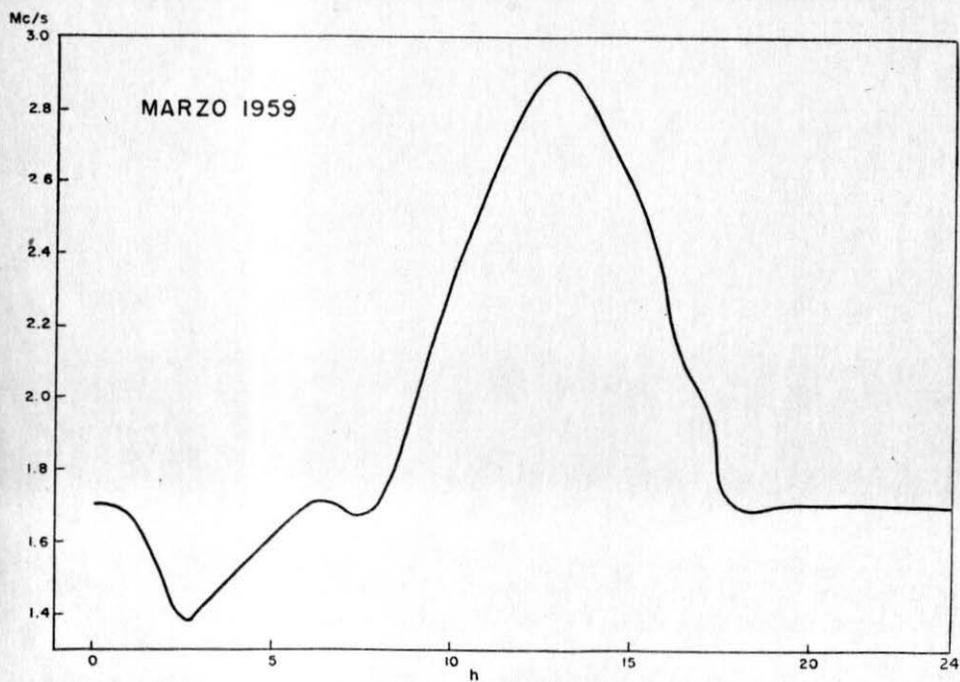
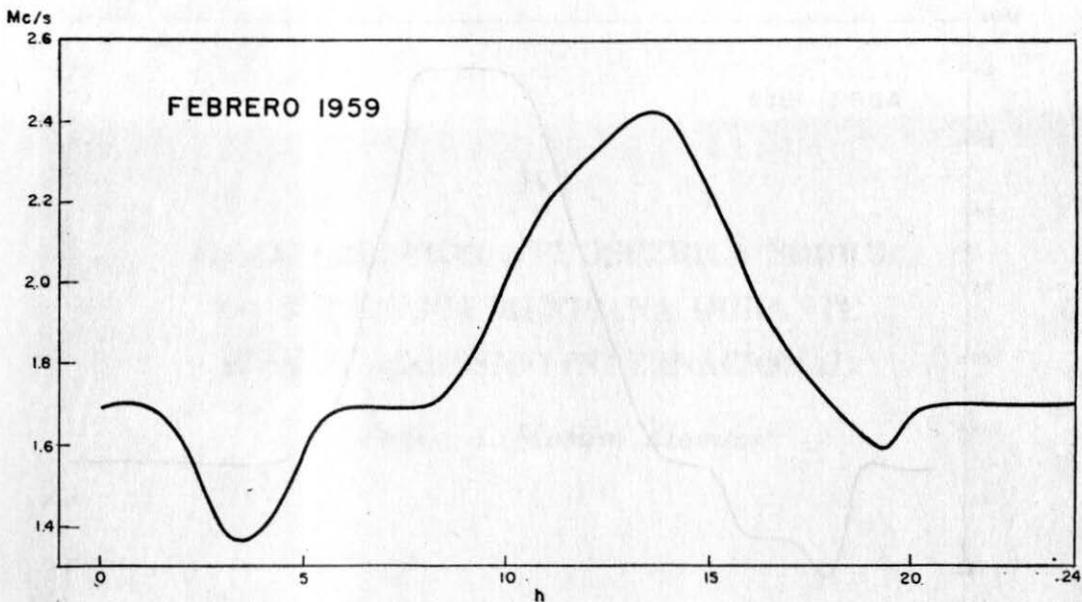






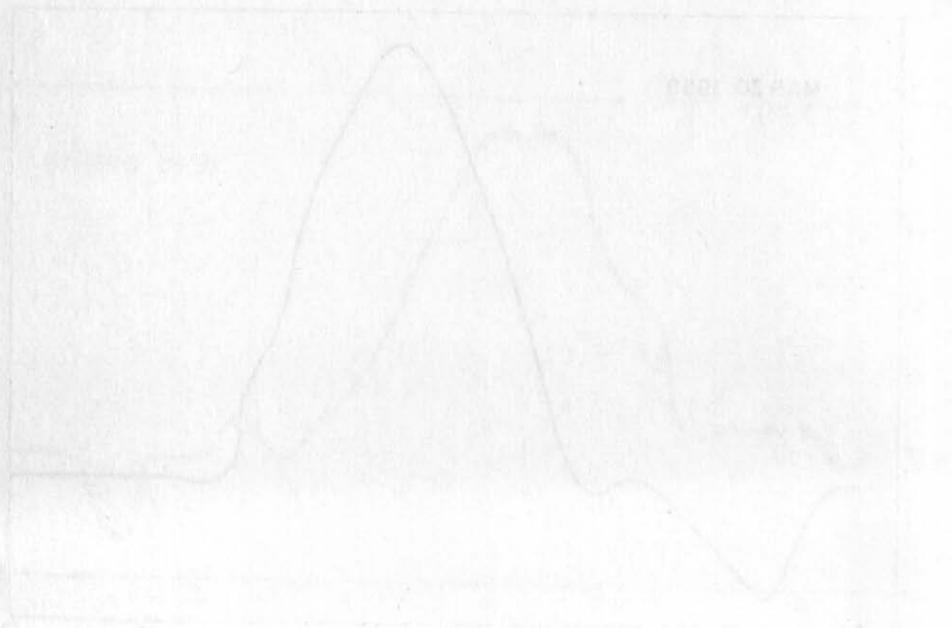
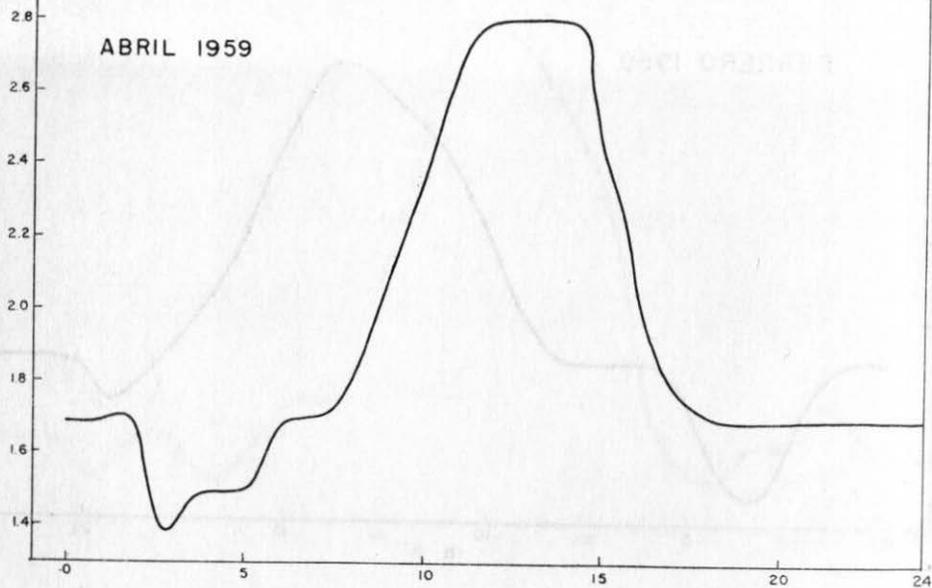






Mc/s

ABRIL 1959



IV

**LA CIRCULACION ATMOSFERICA SOBRE
LA REPUBLICA MEXICANA DURANTE
EL AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL**

*por Pedro A. Mosiño Alemán**

* Meteorólogo Investigador, del Instituto de Ciencia Aplicada y del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M.

INTRODUCCION. En el presente trabajo se emplea la clasificación de los tipos de flujo aéreo para la República Mexicana hecha por el autor¹ a fin de poner de relieve las características de la circulación atmosférica que predominó sobre el territorio nacional durante el período comprendido entre el 1o. de julio de 1957 y el 31 de diciembre de 1958, conocido como Año Geofísico Internacional.

El período citado de un año y medio no se presta para hacer una comparación de las frecuencias de los tipos de flujo ocurridos en él, con los tabulados para años anteriores por el autor, y los analizados por E. Jáuregui en otro trabajo², por lo que las tablas de frecuencia relativa de los tipos se refieren exclusivamente al año de 1958.

Sin embargo, se incluye como apéndice una lista cronológica de los tipos de flujo aéreo que se presentaron durante el período completo de un año y medio, a fin de que las personas interesadas en relacionar sucesos ocurridos durante el Año Geofísico con los tipos de flujo concurrentes, puedan aprovecharlos.

Las cartas empleadas fueron las de superficie, de las 06:00, 12:00, 18:00 y 24:00 hora civil de Greenwich (06:00 y 12:00 de la fecha y 18:00 y 24:00 del día anterior del meridiano 90°). Para los tipos de altura a 700 y 500 mbs. se emplearon las cartas de las 12:00 y 24:00, hora civil de Greenwich (06:00 de la fecha y 24:00 del día anterior del meridiano 90°).

Comparación de las frecuencias relativas de los tipos superficiales para 1958 con las medias para el período 1919-1938.

En un trabajo reciente, E. Jáuregui² hace un estudio de la variación secular de los tipos superficiales propuestos por el autor en un trabajo previo¹, en el que da aquél las frecuencias relativas medias con que ocurrieron dichos tipos durante el período 1919-1938, tabuladas a partir de datos extractados de las Cartas Históricas Diarias del Hemisferio Norte publicadas por la Oficina Meteorológica de los Estados Unidos de América³.

Como las cartas a que se refiere aquella publicación son únicamente las de las 12:00 hora civil de Greenwich, de la lista cronológica completa se han tomado solamente los tipos observados a esta hora para establecer la comparación. De manera que en la Tabla I que se pone a continuación sólo figuran estadísticas de las cartas de superficie de esa hora y esto solo para el año de 1958, por la razón que se dijo antes.

En la Tabla I, se muestran las frecuencias relativas de los tipos superficiales para cada mes, en dos columnas tituladas A y B. Los datos consignados en A se refieren al año de 1958; los de B son los promedios de frecuencia de los propios tipos para el período más largo de 1919-1938, analizado por Jáuregui. Para ahorrar espacio, no se da el número de veces en que se presentaron los tipos como se hace en los trabajos arriba citados.

Tabla I.- Comparación de las frecuencias relativas mensuales de los tipos superficiales para el año de 1958 (A) con las relativas medidas para el período 1919-1938 (B)

Tipos	ENE.		FEB.		MAR.		ABR.		MAY.		JUN.		JUL.		AGO.		SEP.		OCT.		NOV.		DIC.		AÑO	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	0	4.4	3.6	4.5	6.4	4.4	3.3	2.6	0	6.0	0	3.8	0	3.6	0	2.5	0	3.2	0	4.0	0	2.3	3.2	2.7	2.0	3.6
2	12.9	1.7	3.6	1.1	3.2	2.5	10.0	2.6	3.2	3.8	3.3	1.1	6.4	0.7	3.2	0.7	10.0	0.5	0	0.9	0	1.1	0	3.6	4.6	1.7
3	3.2	5.7	17.9	3.9	6.4	3.4	6.6	1.9	12.9	2.4	13.3	1.4	3.2	1.0	6.4	1.9	23.3	4.5	35.5	4.6	13.6	0.8	6.4	3.4	11.8	3.1
4	6.4	10.4	7.1	12.4	12.9	15.0	16.7	11.4	19.4	9.4	43.2	3.2	35.5	1.1	0	1.0	30.0	2.3	0	9.3	4.5	11.3	0	11.2	16.2	7.9
5	29.0	36.5	21.4	39.0	16.1	39.5	40.0	50.2	27.6	45.2	33.3	22.5	32.3	9.0	16.1	12.0	23.3	31.7	22.6	41.3	27.3	36.7	36.7	36.5	26.9	33.1
6	0	0.2	0	0.3	0	1.0	0	5.7	32.3	11.4	6.6	42.5	12.9	57.9	51.6	57.6	13.3	31.9	16.1	6.2	4.5	1.5	0	0.9	11.3	18.7
7	0	0	0	0	0	0	0	0.3	6.4	2.2	0	19.3	9.7	24.5	22.6	21.4	0	11.2	3.2	0.5	4.5	0.2	0	0	3.5	7.1
8	19.4	19.1	21.4	17.5	29.0	15.5	6.6	11.4	3.2	11.7	0	4.6	0	1.6	0	2.7	0	11.4	12.9	10.6	5.1	15.1	25.8	15.6	9.8	11.1
9	16.1	21.6	14.3	20.9	16.1	18.6	10.0	13.2	0	7.9	0	1.6	0	3.3	0	0.2	0	3.4	6.4	21.3	27.3	28.0	22.6	24.7	10.1	13.1
10	12.9	0.7	10.7	0.2	3.7	0.3	6.6	0.2	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	3.2	1.4	9.1	0.8	3.2	1.3	3.8	0.4

Notese los aumentos notables en los tipos ciclónicos (2), (3) y (4) tanto en los meses de verano como en los de invierno. En particular los del tipo (4) en Junio, Julio y Septiembre. La disminución del tipo (5) en la mayor parte del año con excepción de Julio y Agosto, así como las de los tipos (6) y (7) que solo muestran aumentos en Mayo y Octubre, los aumentos en todo el año del tipo (10) son muy notables (Indicativo de un bajo índice de circulación)

A fin de hacer resaltar las diferencias entre ambos datos, se han agregado signos más (+) y menos (-) a los correspondientes al Año Geofísico para indicar un aumento notable (+++), uno moderado (++) , o uno ligero (+) por el número de estos signos. Lo contrario ocurre con los signos menos (-).

Una inspección de la Tabla I revela cambios notables ocurridos en la circulación atmosférica superficial durante el año de 1958.

En general, se observa un aumento notable o al menos moderado, durante la mayor parte del año, de los tipos ciclónicos: 2, 3, y 4, como lo atestiguan los datos de la columna titulada "año", en la que se dan los valores anuales para ambos períodos A y B.

En particular el tipo 3, que coresponde a un área de baja presión con isobaras cerradas, en el Golfo de México, presenta aumentos notables durante la mayoría de los meses del año. Por ejemplo, la frecuencia relativa de este tipo para septiembre de 1958 fué de 23.3% contra un valor medio de 4.5% para el período 1919-1938. Aunque Jáuregui encuentra² que la variabilidad de este tipo es muy grande (45% del promedio), se ve que la desviación de la frecuencia relativa respecto de la media fué incomparablemente mayor que lo esperado, durante el año de 1958.

Lo mismo ocurre con los tipos 4 y 2. Respecto del primero hay que hacer notar los muy notables aumentos ocurridos en junio y julio de 1958, desorbitadamente mayores que los valores medios.

Por otra parte, los tipos 6 y 7, anticiclónicos y que tienen un coeficiente de variación menor, 24 y 37% respectivamente (los más bajos después del tipo 5) según la tabla 2 del trabajo de Jáuregui, citado, se vieron moderadamente disminuidos durante la época del año en que son más frecuentes, y aún presentan disminuciones notables en junio de 1958, en oposición con los aumentos sufridos por los tipos ciclónicos discutidos anteriormente.

Tabla 2.- Comparación de las frecuencias relativas mensuales de los Tipos de altura a 700 mbs para el año 1958(A) con las relativas medidas para el período 1951-1954 (B)

Tipos	ENE.		FEB.		MAR.		ABR.		MAY.		JUN.		JUL.		AGO.		SEP.		OCT.		NOV.		DIC.		
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
A	12.9	10.1	8.9	26.0	11.3	14.1	10.0	23.7	4.8	17.5	0	6.3	0	0	0.4	13.3	0	22.6	8.6	36.6	14.2	3.2	14.4		
B	0	0.5	0	0	0	0.4	0	6.4	0	4.5	28.3	17.8	61.2	15.6	12.9	13.8	3.3	13.6	0	3.3	0	0.8	0	2.4	
C	0	1.2	0	0	0	0	0	0.4	0	7.4	25.0	7.6	8.1	19.0	24.3	20.7	6.7	28.9	3.2	26.7	0	0	0	0	
D	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	3.3	8.3	20.3	0	18.6	14.5	22.3	11.7	32.3	1.6	12.8	0	0.8	0	0	
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	10.0	6.4	12.9	25.4	14.5	22.0	28.4	7.4	9.7	4.5	1.7	0	0	0	
F	0	0.5	0	0	0	0	0	0.8	0	5.3	11.6	16.9	17.7	18.7	8.1	17.1	8.3	11.2	6.5	7.0	0	0	0	0	
G	6.5	10.2	3.6	9.3	22.5	7.7	26.6	11.8	8.1	12.8	3.3	8.5	0	0	0	6.7	0.4	1.6	3.3	11.7	4.7	4.8	8.8		
H	11.3	15.5	10.7	7.5	24.2	16.6	28.3	12.7	9.7	10.6	0	3.0	0	0.4	0	0.4	3.3	0.8	19.3	4.5	8.3	9.9	11.3	11.2	
I	19.4	13.5	5.4	10.1	16.1	7.3	11.6	16.1	4.8	4.1	3.3	1.3	0	0	0	0	0.4	1.6	3.3	10.0	13.4	16.2	12.0		
J	0	0	1.8	0.4	0	0	0	0.4	32.2	1.6	1.7	4.2	0	1.3	8.1	0.4	10.0	3.3	8.1	3.7	0	3.5	0	0	
K	9.7	13.5	23.2	6.6	11.3	7.7	3.3	4.6	19.4	9.8	0	0	0	0	1.6	0.4	0	1.6	11.3	10.3	10.0	13.4	16.2	11.2	
L	4.8	16.8	10.7	12.3	1.6	20.9	3.3	10.3	0	4.5	0	1.6	0	0	0	2.8	0	0	9.7	8.2	5.0	14.2	8.1	11.6	
M	9.7	10.2	3.6	13.2	4.8	16.6	5.0	6.4	1.6	9.0	3.3	4.7	0	0.8	0	0	5.0	0	4.8	2.5	0	9.1	3.2	12.0	
N	21.0	6.1	26.5	11.9	6.5	7.7	11.6	4.2	11.3	5.7	5.0	1.2	0	0.4	11.3	0	3.3	0	0	1.6	16.7	13.4	35.5	14.5	
O	4.8	2.0	3.6	2.6	1.6	1.6	0	0.8	8.1	3.3	0	0	0	0	4.8	0	0	0	0	0	0	2.9	0	1.6	
	100.1	100.1	100.0	99.9	99.9	100.6	99.7	99.4	100.0	99.8	99.8	99.8	99.9	100.2	100.1	100.3	100.0	99.9	100.0	100.3	100.0	100.3	99.5	99.7	

Esto nos permite inferir que el año de 1958 se caracterizó por un aumento en la frecuencia de los tipos ciclónicos superficiales, en particular en el Golfo de México, y en especial en el Suroeste de los EE. UU., lo cual, forzando un poco la inferencia, parece apuntar hacia un desplazamiento más al sur de la posición media de las trayectorias de los ciclones extratropicales, la que normalmente se encuentra más al norte en territorio de los EE. UU. Vamos a ver en las frecuencias de los tipos de altura qué fue lo que ocurrió en la circulación superior.

Comparación de las frecuencias relativas de los tipos a 700 mbs. para el año 1958, con las medias para el período 1951-1954.

Las inferencias que podamos hacer respecto a los tipos de altura tendrán que ser necesariamente más cautas en vista de la cortedad del período que nos sirve de comparación, ya que se refiere al empleado en el trabajo del autor arriba citado, que comprende sólo cuatro años. Por lo que, aunque se tiene un mayor número de tipos, nos limitaremos a hacer resaltar aquellos cambios que por su monto no dejan duda de su realidad.

El aumento mensual más notable es el que presenta el tipo J, en el mes de mayo, como se desprende de la tabla 2 que se pone a continuación. El tipo J, que corresponde a una circulación marcadamente ciclónica sobre el Golfo de México, muestra también aumentos moderados durante agosto, septiembre y octubre de 1958. Lo cual viene en apoyo de la conclusión obtenida en el párrafo anterior en el sentido de ratificar el aumento en la actividad ciclónica sobre el Golfo de México durante el Año Geofísico.

Tabla 3.- Comparación de las frecuencias relativas mensuales de los Tipos de Altura a 500 mbs para el año de 1958 (A) con las relativas medidas para el período 1951-1954 (B)

Tipos	ENE.		FEB.		MAR.		ABR.		MAY.		JUN.		JUL.		AGO.		SEP.		OCT.		NOV.		D.C.	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
A	11.3	7.1	8.9	25.0	6.4	11.2	---	17.4	1.6	15.9	5.0	2.3	0	0	13.3	1.7	9.6	11.3	21.7	8.1	3.2	13.2		
B	0	0	0	0	0.4			0.4	0	20.0	5.0	30.6	7.0	4.8	6.6	1.6	12.3		1.2	0	0		0	
C	0	0.4	0	0	0	0		0	2.0	26.6	16.4	38.7	26.4	25.8	21.9	3.3	28.8		14.2	0	0.4		0	
D	0	0	0	0	0	0		0	0.8	5.0	18.9	6.4	34.8	16.1	25.6	20.0	16.5		4.2	0	0		0	
E	0	0	0	0	0	0		0	0	5.0	5.0	3.2	22.3	29.0	24.0	16.7	8.0		1.6	1.7	0	0		0
F	0	0.4	0	0	0	0		3.3	6.5	10.0	23.4	12.9	7.4	8.1	18.2	1.6	13.6	0	4.6	0	0		0	
G	9.7	12.6	5.3	8.5	32.3	18.3	16.6	21.5	4.5	12.6	3.3	10.9	1.6	0	0	8.3	2.5	1.6	5.4	11.7	6.5	11.3	14.9	
H	8.1	15.5	12.5	13.8	22.6	14.5	20.0	17.0	11.3	13.8	0	0.4	0	0.4	0	5.0	1.3	6.4	9.2	13.3	13.8	12.9	21.0	
I	17.7	13.4	3.6	15.2	22.6	7.5	20.0	14.5	3.2	10.6	5.0	0.4	0	0.8	0	0.4	0	1.3	3.2	11.7	6.7	12.5	8.1	10.4
J	0	0.4	3.6	0	0	0	0	0.4	35.5	1.6	3.3	1.3	1.6	0	4.8	0	10.0	3.4	0	2.9	0	3.0	0	0
K	4.8	10.5	14.3	6.7	9.7	7.0	1.7	9.1	14.5	10.6	0	3.8		0	0	0	0.8	1.6	12.1	11.7	12.9	11.3	10.8	
L	8.1	16.8	8.9	12.1	3.2	24.0	10.0	9.1	0	2.0	3.3	6.3		0	0	1.6	1.6	0	25.8	8.7	1.6	16.4	4.8	7.5
M	14.9	13.0	5.3	9.4	0	11.2	18.3	5.8	1.6	9.0	0	2.1		0	0	4.0	5.0	2.1	30.6	2.1	16.7	11.2	1.6	10.8
N	21.0	7.1	28.6	7.6	3.2	4.5	11.7	2.1	11.3	5.7	5.0	1.7	4.8	0.8	6.4	0.4	6.7	5.5	19.3	6.2	16.7	11.6	43.5	5.8
O	4.8	2.4	8.9	1.3	0	1.2	1.7	0.4	6.4	9.0	8.3	0.8		0	4.8	0	6.7	2.1	0	4.6	0	3.4	3.2	5.4
	100.0	99.6	99.9	99.6	100.0	99.8	100.0	101.0	99.8	100.1	99.8	98.7	99.8	99.9	99.8	99.5	99.8	99.9	99.7	100.1	100.1	99.8	99.9	99.8

Por otra parte, a este mismo nivel y como puede verse en la tabla 2, el tipo N, una vaguada polar oblicua sobre la altiplanicie mexicana, parece haber aumentado su frecuencia moderadamente durante la mayoría de los meses del año, en comparación con las frecuencias medias obtenidas del período 1951-1954. Lo cual, juntamente con los cambios ligeros pero positivos en la frecuencia relativa del tipo O, que también es una vaguada oblicua, parecería indicar la presencia de los vientos del Oeste, aún en meses durante los cuales predominan normalmente los vientos orientales, viniendo esto en apoyo de la aserción hecha más arriba.

En efecto, un desplazamiento hacia el Sur de las trayectorias ciclónicas extratropicales entraña un desplazamiento hacia el Sur de la faja de vientos del Oeste.

A mayor abundamiento, podemos citar la disminución de los tipos anticiclónicos a este mismo nivel, como los tipos F y L. Así como los incrementos en las frecuencias de tipos G y H durante la primavera y el otoño, indicios de una prolongación del período anual durante el cual se presentan normalmente estas vaguadas polares sobre la altiplanicie mexicana, dentro de la época calurosa del año, en la cual su presencia es rarísima.

Análogamente, son de notarse los aumentos en las frecuencias mensuales del tipo A, durante los meses de septiembre, octubre y noviembre.

Comparación de las frecuencias relativas de los tipos a 500 mbs. para el año 1958 con las medias para el período 1951-1954.

En general el panorama a 500 mbs. es el mismo que a 700 mbs., con algunas variantes. El tipo J, por ejemplo, sigue mostrando un incremento muy

notable en el mes de mayo y otro moderado en septiembre. El tipo N se pone de relieve con un aumento extraordinario durante el mes de diciembre y aumentos moderados en enero y febrero.

A este nivel se observan también aumentos moderados en la frecuencia del tipo O en febrero y en junio, lo cual nuevamente viene en apoyo de la afirmación hecha antes.

Son notables asimismo, los cambios de frecuencia sufridos por el tipo A; con disminuciones notables en febrero, abril y mayo, en tanto que tuvo un aumento notable en noviembre y uno moderado en septiembre, respecto a los años que sirven de comparación.

CONCLUSIONES. Con las debidas reservas que impone la escasez de estadísticas históricas para los tipos de altura y apoyándonos fuertemente en las de los tipos superficiales, se puede concluir lo siguiente, a partir de las tabulaciones presentadas en este trabajo.

a) Durante el año de 1958 la circulación atmosférica sobre la República Mexicana en superficie y en las alturas se alteró notablemente por causas no discutidas en este trabajo. Estas quizá lleguen a ponerse de manifiesto tras una acuciosa investigación global de los tipos de regímenes que predominaron en el hemisferio norte y como resultado de un examen más prolongado de los datos meteorológicos mundiales y obtenidos durante el Año Geofísico Internacional.

b) Durante el año 1958 la circulación atmosférica superficial en la República Mexicana se caracterizó por un notable aumento en la frecuencia de las configuraciones ciclónicas (tipos ciclónicos) en el Golfo de México, así como en una disminución concurrente en la frecuencia de los tipos anticiclónicos. Son de notarse especialmente los aumentos extraordinarios sufridos por los tipos 2, 3 y 4, y la disminución asociada en los tipos 6 y 7.

c) La circulación sobre la República Mexicana a los niveles de 700 y 500 mbs. durante el año de 1958 se caracterizó por un aumento en las frecuencias de los tipos occidentales, tanto meridionales (tipo J) como zonales (tipo N). En especial la frecuencia de las vaguadas oblicuas propias del régimen de Bajo Índice Zonal aumentaron notablemente.

d) Las conclusiones anteriores tomadas en conjunto nos permiten concluir finalmente que es muy probable que la posición media de las trayectorias ciclónicas extratropicales hubo de desplazarse bastante hacia el Sur sobre territorio nacional tanto en lo que se refiere a las posiciones en superficie, como a los centros vorticosos en las alturas, por lo que, a reserva de ratificar plenamente la aserción, podemos afirmar que el territorio nacional estuvo sometido a la corriente básica del oeste en una proporción de tiempo mayor que lo normal durante el año de 1958, aunque con características muy acentuadas de régimen de índice zonal bajo.

APENDICE

LISTA CRONOLOGICA DE LOS TIPOS DE FLUJO AEREO QUE PREDOMINARON SOBRE LA REPUBLICA MEXICANA DURANTE EL AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL

Los dos primeros guarismos se refieren a la fecha; el tercero al tipo de configuración isobárica de superficie y las letras al tipo de flujo a 700 y a 500 mbs., respectivamente. Los números entre parentésis se refieren a las notas al final.

<i>Julio 1957</i>	<i>Agosto 1957</i>	<i>Septiembre 1957</i>
01—51F	01—5DD	01—7FF
02—5DC	02—5BC	02—7CC
03—4ED	03—5DD	03—5CC
04—5DD	04—4EE	04—3CC
05—4DD	05—4CC	05—6CC
06—4CC	06—6CC	06—6CC
07—5CC	07—3CC	07—3CC
08—5CF	08—3CC	08—3CC
09—4FF	09—3DD	09—3NI
10—6FF	10—2EE	10—3DD
11—6CC	11—6FF	11—7BB
12—5CC	12—6BC	12—5BB
13—5CC	13—5DD	13—4CC
14—6DC	14—5FB	14—5CC
15—5FD	15—5CC	15—3CI
16—4CC	16—6DD	16—3CC
17—5DD	17—6EE	17—3DD
18—5DD	18—6CC	18—3JJ
19—5DD	19—6CC	19—5CC
20—7CC	20—6CC	20—5MM
21—5BD	21—6CC	21—5EG
22—7DD	22—6CC	22—5EN
23—5DD	23—6DD	23—8EE
24—5EE	24—3CC	24—3AA
25—6FD	25—6CC	25—3EE
26—6FF	26—6BB	26—3NH
27—6CC	27—6BF	27—3NN
28—6CC	28—5CC	28—6KK
29—6CC	29— CC(1)	29—6JJ
30—6DC	30— FD(1)	30—3JJ
31—2DD	31— FF(1)	

Octubre 1957

01-3JJ
02-6JJ
03-6GG
04-4KK
05-400
06-1GG
07-5KK
08-5LK
09-5KK
10-8LI
11-9LI
12-10GG
13-4GG
14-5MM
15-5MM
16-5HH
17-5LI
18-8KK
19-9LG
20-10LL
21-4MM
22-4GG
23-5NN
24-8NN
25-9NN
26-10II
27-10KK
28-5LL
29-5LL
30-5KL
31-5AA

Noviembre 1957

01-5GG
02-4LL
03-4LL
04-4LL
05-2GG
06-2GG
07-2NM
08-8IN
09-9AA
10-9AA
11-3GH
12-3MG
13-5NH
14-5NN
15-5GG
16-4GG
17-1MM
18-8NH
19-8II
20-9AH
21-4NH
22-2AN
23-8NN
24-3NN
25-9IK
26-9AG
27-5MM
28-8NN
29-3NH
30-II(1)

Diciembre 1957

01-9KH
02-5BI
03-5NA
04-9KN
05-9LM
06-5LM
07-5NN
08-8ON
09-9KI
10-5KK
11-9KO
12-9KO
13-5IK
14-5IK
15-5IK
16-5KK
17-5IK
18-5HK
19-5GG
20-5IH
21-9KK
22-9LH
23-5LH
24-5LG
25-2HH
26-8GH
27-5HH
28-3II
29-9NI
30-5GG
31-5MM

Enero 1958

01-8NM
02-9KO
03-10AA
04-10AA
05-2AA
06-3AN
07-9OO
08-10ON
09-5GG
10-5NN
11-5GG
12-2HH
13-8II
14-5NN
15-8IN
16-9KL
17-10LK
18-5GG
19-4GG
20-1MM
21-8II
22-5MM
23-2NN
24-9AA
25-5II
26-5II
27-4LM
28-2HM
29-3NN
30-9II

Febrero 1958

01-2NN
02-10KO
03-10KK
04-5LL
05-5HG
06-5NN
07-8II
08-9KK
09-1GG
10-3NN
11-8NM
12-9NN
13-9MM
14-5NN
15-8II
16-9NN
17-10KN
18-3KK
19-8KK
20-4AA
21-4AA
22-2AA
23-3JJ
24-3LG
25-5NN
26-5HH
27-3NN
28-5KK

Marzo 1958

01-5GG
02-8HG
03-8AG
04-4AA
05-1AA
06-4GL
07-4GG
08-2HH
09-4NN
10-1HH
11-3GG
12-3GG
13-8GH
14-9LI
15-10LI
16-10KI
17-5HK
18-5HI
19-8IH
20-9KI
21-9KI
22-4GI
23-5IH
24-5LM
25-8GG
26-9II
27-10II
28-4GG
29-5HH
30-8IH
31-9GG

Abril 1958

01-5HH
02-4GG
03-5II
04-4II
05-5HN
06-3HA
07-9II
08-4GG
09-2HH
10-9NH
11-10GM
12-10GM
13-1MM
14-2AM
15-3AI
16-9AL
17-9AL
18-4NN
19-5IN
20-5NN
21-8II
22-4KI
23-5HH
24-5GG
25-4GG
26-2GG
27-4HH
28-5HI
29-5GG
30-2GL

Mayo 1958

01-8AG
02-4GG
03-5NN
04-5HH
05-8NN
06-4II
07-6OO
08-5AG
09-2HH
10-5IH
11-4IH
12-6KK
13-4HG
14-7KG
15-7JJ
16-6JJ
17-3JJ
18-3JJ
19-3JJ
20-3JJ
21-3JJ
22-3JJ
23-4JJ
24-4JJ
25-6JJ
26-6KK
27-6OO
28-6KK
29-4KK
30-4OO
31-5JJ

Junio 1958

01-4JJ
02-4DD
03-4GG
04-4CC
05-4FF
06-4FF
07-4FF
08-5GG
09-5BB
10-5DJ
11-5CC
12-4CO
13-5CC(2)
14-3ED(2)
15-4BA
16-5BB
17-5BB
18-4BC
19-4BB
20-4MB
21-5ML
22-5NN
23-4II
24-4CC
25-5BB
26-5CC
27-6EE
28-4EC
29-4BB
30-4BB

Julio 1958

01-5BB
02-4BB
03-4BB
04-7BB
05-5BC
06-2BB
07-2EN
08-3EN
09-4CC
10-4BE
11-4BC
12-7EC
13-5BC
14-5BB
15-4BB
16-4FB
17-4FC
18-6FF
19-6BB
20-5BB
21-5BC
22-4BC
23-4BD
24-5EC
25-4EC
26-4BB(3)
27-4EE(4)
28-6FF(5)
29-6BB(6)
30-5BF(7)
31-5BC

Agosto 1958

01-5BF
02-6FF
03-6EN
04-6NO
05-6DF
06-6DC
07-7JC
08-7JD
09-7FE
10-6BE
11-6BE
12-6BE
13-3CE
14-7DJ
15-7DJ
16-6DD
17-6ED
18-6CN
19-3CO
20-6CD
21-5CE
22-2EB
23-6BC
24-5NC
25-5NC
26-6OD
27-6ND
28-6CE
29-6CE
30-5EB
31-7EC

Septiembre 1958

01-6FD
02-5FD
03-4BB
04-3CE(8)
05-3JJ
06-2EE(9)
07-4EE
08-6EE
09-4EO
10-4EO
11-2DD
12-4DD
13-3CE
14-3DJ
15-5EM
16-5EH
17-5DH
18-3JD
19-4JB
20-4HN
21-2NN(10)
22-4EF
23-4GG
24-5GG
25-6MG
26-5AA
27-5AA
28-5AA
29-3AA
30-5HM(11)

Octubre 1958

01-8MM
02-3AM(12)
03-3AL(13)
04-6AL(14)
05-6AL
06-5KM
07-5HN
08-5HH
09-5HN
10-6EN
11-3EL
12-3FM
13-3EM(15)
14-3EL
15-7FM
16-3FA
17-3JN
18-3JN
19-9KN
20-5HN
21-5HM
22-5IH
23-9KI
24-10KK
25-6LL
26-6LL
27-8LA
28-3AA
29-3AM(16)
30-8AM(17)
31-8HM

Noviembre 1958

01-9II
02-9AA
03-3AA
04-3HN
05-3NN
06-5NH
07-3NI
08-5LN
09-6AN
10-6KG
11-6AA
12-7AA
13-7AA
14-5AH
15-4GG
16-5GG
17-5HG
18-8NM
19-9EH
20-9AK
21-10KK
22-10GK
23-5HM
24-5HM
25-6IM
26-5KH
27-8AM
28-3AN
29-9AA
30-9AA

Diciembre 1958

01-9HA
02-9NI
03-10NN
04-5NK
05-5NL
06-8NL
07-8NN
08-9KG
09-5GG
10-5IN
11-8IN
12-9KI
13-5HH
14-8IH
15-9NN
16-9IN
17-5IN
18-5KO
19-5LN
20-5NN
21-8KK
22-3LK
23-5LG
24-8GG
25-8HH
26-5HH
27-3GH
28-5MG
29-1NM
30-8NN
31-9NN

NOTAS AL APENDICE

- ¹ No se tiene dato de superficie.
- ² Circulación ciclónica en la costa del Pacífico.
- ³ Ciclón tropical a los 13N 99W.
- ⁴ Ciclón tropical a los 16N 102W.
- ⁵ Ciclón tropical a los 18N 106W.
- ⁶ Ciclón tropical a los 22N 112W.
- ⁷ Ciclón tropical a los 26N 117W.
- ⁸ Ciclón tropical al N de Cozumel, Q. R.
- ⁹ Ciclón tropical cerca de Corpus Christy.
- ¹⁰ Ciclón tropical cerca de la Paz, B. C.
- ¹¹ Ciclón tropical al SW de Acapulco, Gro.
- ¹² Ciclón tropical al W de Zihuatanejo, Gro.
- ¹³ Ciclón tropical al WSW de Puerto Vallarta, Jal.
- ¹⁴ Ciclón tropical al SE de La Paz, B. C.
- ¹⁵ Ciclón tropical al SW de Acapulco, Gro.
- ¹⁶ Ciclón tropical al NW de Manzanillo, Col.
- ¹⁷ Ciclón tropical cerca de Nueva Orleans.

REFERENCIAS

- ¹ P. Mosiño, "Una clasificación de las configuraciones de flujo aéreo sobre la República Mexicana", *Revista de Ingeniería Hidráulica*, S.R.H., Vol. XII, N°2, México, 1958.
- ² E. Jáuregui, *Variación secular de los tipos de configuración isobárica de superficie para la República Mexicana*, Publicación científica del Instituto de Ciencia Aplicada de la U.N.A.M., México, abril de 1959.
- ³ U. S. Weather Bureau, Dept. of Commerce, Daily historical weather charts, Washington, D. C., 1943.

V

**ESTUDIO DE LA RADIACION SOLAR
DURANTE EL AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL**

*por I. G. Galindo Estrada**

*Sección de Física Atmosférica.

ESTADO DE LA UNIÓN
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

SUMMARY. A study of Solar Radiation records taken during the International Geophysical Year is presented in this paper. Three Solarimetric Stations are considered: Ciudad Universitaria (2,268 m. a.s.l.), Veracruz (at sea level) and Altzomoni (3,975 m. a.s.l.).

The study contains: A) Theoretical implications on the methods of observation used for measuring the components of the radiation balance and for determination of turbidity parameter. B) Monthly totals and daily means of total radiation (sun and sky); diffuse radiation (sky); instantaneous values of the intensity of direct solar radiation, and calculation of turbidity parameters based on the International Pyrheliometric Scale (I.P.S. 1956).

It is shown in this study that C.U. Station has a problem of atmospheric pollution during eight months of the year. A tentative consideration on the relation of monthly solar radiation and water vapour pressure is presented. A comparison between maximum instantaneous measurements of direct solar radiation as recorded at Tacubaya (1911-1928) and those recorded at C. U. Station during the I.G.Y. shows a 10% reduction of that component, obviously due to an increase in the atmospheric pollution through the last twenty years. This is also corroborated by the determination of transmission coefficient 'q' for Tacubaya and for C.U. Station.

Veracruz shows a marked uniformity of total radiation values through the year, due to low variation of water vapour pressure.

Finally, Altzomoni shows total radiation values very similar to that C.U., due perhaps to almost continuous cloudiness over that Station.

INTRODUCCION. A la Sección de Radiación Solar del Instituto de Ciencia Aplicada de la UNAM le correspondió durante el A.G.I. la tarea de seleccionar, instalar, calibrar y conservar el equipo de radiación solar con objeto de hacer observaciones sistemáticas de ella durante el período de julio 1957 a diciembre 1958, y analizar los resultados a fin de conocer sus características y su interrelación con otros elementos meteorológicos en diversas partes de la República Mexicana.

Para el objeto, se instalaron y dotaron del equipo necesario las siguientes estaciones: un observatorio central instalado en la azotea del Instituto de Ciencia Aplicada, situado en los terrenos de la Ciudad Universitaria, y tres estaciones más en los siguientes lugares: Veracruz, Altzomoni (faldas del Iztaccihuatl) y Chihuahua, Chih.

En el presente reporte se analizan los resultados obtenidos en las estaciones anotadas anteriormente. Sin embargo, y debido a desperfectos del

equipo instalado en Chihuahua, hubo necesidad de interrumpir temporalmente las observaciones en este lugar, razón por la que no se incluye dicha estación.

La calibración del equipo correspondiente fue realizada siguiendo las normas establecidas en el Manual de Instrucciones Meteorológicas de la Comisión de Radiación de la Asociación Internacional de Meteorología de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional, realizándose con un pirheliómetro de compensación de Angström como patrón, y llevada a la escala internacional pirheliométrica establecida en 1956 (I.P.S., 1956). Además, todos los datos se encuentran reducidos al nivel del mar con objeto de poder hacer comparaciones entre una estación y otra.

I. OBSERVATORIO CENTRAL.

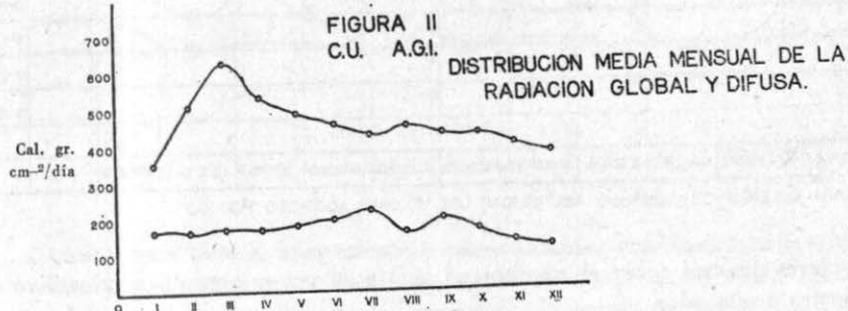
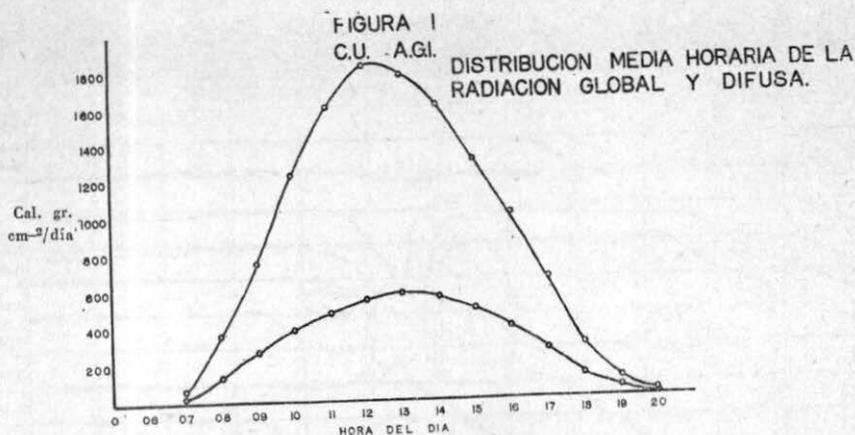
(2,268 m. sobre nivel del mar, Latitud 19° 20' N
Long. 99° 11' W)

Radiación global

Se ha considerado que el parámetro más importante de la radiación solar para estudios climatológicos lo constituye la radiación total recibida en el curso de un día en una superficie horizontal y sus variaciones estacionales.¹ Al efecto, los resultados obtenidos utilizando un piranógrafo Eppley 180° debidamente calibrado, conectado a un registrador marca Leeds-Northrop, se formularon construyéndose con estos datos las figuras I y II.

En la Fig. I se observa la correlación existente entre las horas del día y la intensidad de la radiación incidente expresada en Cal. gr. cm⁻²/día, siendo interesante notar que el máximo de la curva se encuentra a las 12 horas mientras que en la parte inferior de la misma figura se muestra la distribución horaria de la radiación difusa notándose que su máximo se encuentra a las 13 horas y que ocupa dicha curva el 33% del área total graficada, de esto se infiere que, debido a factores locales topográficos que afectan a la circulación atmosférica, la concentración de contaminantes atmosféricos alcanza su máximo a esa hora.

En la Fig. II se muestran estos dos mismos parámetros en su distribución mensual notándose que los valores máximos de la radiación total corresponden al invierno que coincide con la época de secas y de inversión del régimen de vientos que para estos meses soplan del SW o WSW, contrario a lo observado en el resto del año. Estos vientos no permiten que haya acumulación de contaminantes y la atmósfera se encuentra relativamente limpia; por el contrario, el máximo de la radiación difusa lo observamos en el mes de julio, mes que, según Jáuregui,² corresponde al de máxima precipitación.

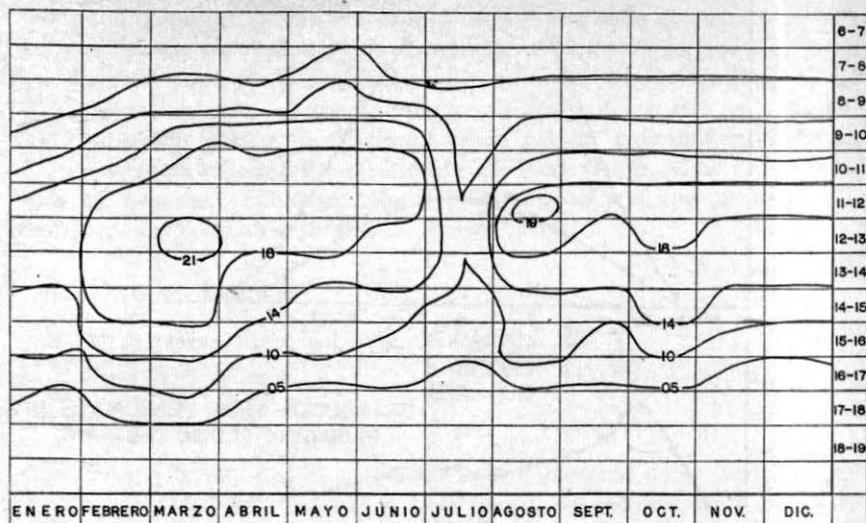


En la Fig. III se muestra la distribución media mensual y horaria de la radiación total, encontrándose que el área de valores máximos comprende la época de secas y que cae entre las 10 y las 17 horas. En la época de lluvias ésta se reduce a sus valores mínimos. Sin embargo, es posible notar que al final del período de lluvias y principios de otoño se encuentra un máximo secundario de intensidad solar, entre las 10 y las 15 horas, es decir, de duración menor que la anterior.

Radiación difusa.

Este parámetro fue obtenido colocando tangencialmente a una termopila tipo Moll-Gorczyński un anillo sombreador de diámetro aproximadamente igual al diámetro del hemisferio exterior de la termopila y orientado de acuerdo con la latitud de la estación, con objeto de recoger siempre la radiación difundida por la atmósfera y evitar la incidencia de los rayos

FIGURA III
C.U. A.G.I.
DISTRIBUCION MEDIA DE LA RADIACION GLOBAL DURANTE 1957-1958



PARA OBTENER Cal/cm²-hora MULTIPLICAR LOS VALORES ACOTADOS POR 100

solares directos sobre el receptor, el cual a su vez se conectó a un milivólmetro registrador.

Se ha considerado como primera aproximación que:

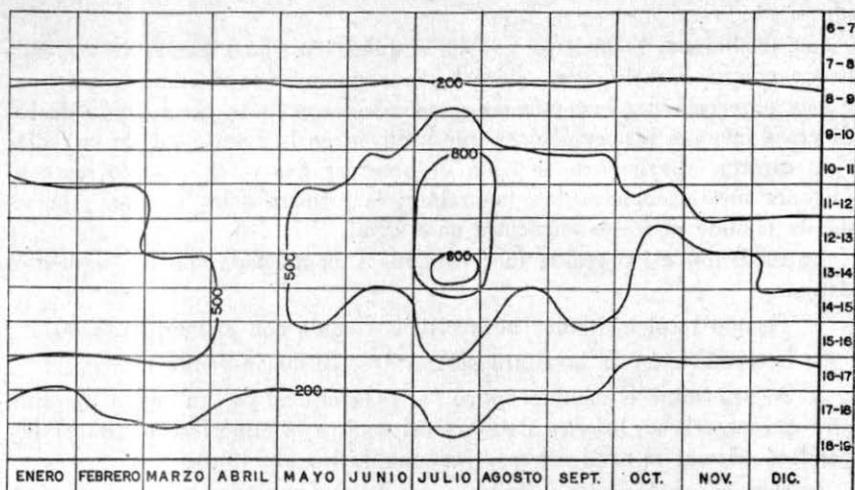
$$R_G = R_D + R_d$$

donde: R_G = radiación total incidente,
 R_D = componente solar directa,
 R_d = radiación celeste o difusa.

El parámetro R_d está constituido fundamentalmente por dos variables: la difusión molecular y la absorción por los diferentes constituyentes de la atmósfera. Sobre éste influyen los siguientes factores: la latitud y la elevación de una estación, la nubosidad, y la turbidez atmosférica. Por lo que se comprende luego la importancia que tiene su estudio para el conocimiento integral del clima solar de un lugar.

La Fig. IV muestra la distribución media de la Radiación difusa (R_d) observándose que las variaciones matutina (6 a 9 hrs.) y vespertina (16 a

FIGURÁ IV
C.U. A.G.I.
DISTRIBUCION MEDIA DE LA RADIACION DIFUSA



19 hrs.) para todo el año, muestran pocos cambios, mientras que los valores máximos y mínimos se localizan después de las 10 hrs. y duran aproximadamente hasta las 16 hrs.; quizás explicado por la variación diurna de la turbulencia.⁴ Es interesante notar que según la Fig. III la mínima intensidad de radiación total se alcanza en la época de secas; sin embargo, en la Fig. IV se observa de enero a marzo un área de intensidad media de radiación difusa después de las 11 hrs. y hasta las 16 hrs. durante enero, que va disminuyendo en duración paulatinamente hasta marzo, siendo en este mes de las 13 a las 16 hrs., explicándose este fenómeno por la acción de los vientos que a mediodía y en estos meses producen tolvánicas con origen en la serranía del Ajusco, y las traen sobre la Ciudad de México. El área de máxima intensidad en radiación difusa corresponde a la temporada de precipitación, y debido quizá principalmente al aumento de la nubosidad.

COMPONENTE SOLAR DIRECTA (R_D)

Las mediciones de la intensidad de la radiación solar directa instantánea tienen por objeto conocer los valores siguientes:

- a) Determinación de la componente directa (R_D) del balance radia-

tivo de la tierra y la atmósfera. Importante para aspectos meteorológicos, climatológicos o geofísicos.

b) Determinación de la turbidez atmosférica y sus componentes (como se tratará más adelante).

Las mediciones se hicieron con un actinómetro tipo Linke-Feussner, calibrado con el Pirheliómetro absoluto de compensación de Angström.

Las observaciones instantáneas se acompañaron de la observación de los diversos factores meteorológicos que influyen en la intensidad de la radiación directa; diariamente se trató de observar dos veces, cuando las condiciones meteorológicas eran favorables; la primera a las 10 hrs. y la segunda cuando el sol se encuentra en el zenit.

La medición así obtenida fue corregida y completada con los siguientes datos:

1. Tiempo local aparente (hora civil corregida con el meridiano 90).
2. Determinación de la altura solar (90° —distancia zenital).
3. Se determinó el camino óptico "m" (la unidad de "m" es la masa de aire que atraviesan los rayos solares del zenit a la atmósfera terrestre) llevándose además al nivel del mar (camino óptico absoluto).
4. Determinación de la turbidez.

Con objeto de comparar con la serie de 11 años de observaciones hechas en Tacubaya, calculada por Gorczyński con nuestras mediciones, se construyó la Tabla I que se refiere a intensidades instantáneas máximas observadas durante cada mes, siendo interesante notar que la máxima absoluta anual obtenida para la Ciudad Universitaria durante el Año Geofísico Internacional muestra una disminución del 10% aproximadamente con respecto al valor encontrado por Gorczyński para Tacubaya, hecho interesante si consideramos el reporte de Jáuregui,⁶ sobre el aumento de la turbiedad del aire en la Ciudad de México, donde este autor muestra la reducción de la visibilidad durante los últimos 20 años en la Ciudad de México, y debida posiblemente al desarrollo industrial.

Conociendo R_G y R_d en la ecuación del balance radiativo y teniendo ambas termopilas calibradas a un mismo patrón, se determinó el parámetro R_D construyéndose con él la Fig. V, que muestra aproximadamente la distribución media anual y horaria de la componente directa solar. Como es de esperarse, el área de mayor intensidad y duración corresponde a los primeros meses del año (fines del invierno e iniciación de la primavera) mientras que el mes de julio nos muestra valores mínimos ($700 \text{ cal. gr cm}^{-2}/\text{día}$) en tanto que en agosto y los últimos meses del año, encontramos una segunda área de máxima intensidad, pero de poca duración debida a que los nublados son escasos.

TABLA I

MAXIMAS ABSOLUTAS OBSERVADAS EN TACUBAYA (1911-1928) Y MAXIMAS MENSUALES DE LA RADIACION SOLAR OBSERVADAS EN LA C. UNIVERSITARIA

	<i>Tacubaya</i> 1911-28	<i>Ciudad</i> 1957	<i>Universitaria</i> 1958
ENO.	1.63		1.49
FEB.	1.66		1.49
MAR.	1.54		1.46
ABR.	1.56		1.34
MAY.	1.52		1.24
JUN.	1.54		1.31
JUL.	1.48	1.27	1.32
AGO.	1.53	1.34	1.38
SEP.	1.57	1.35	1.41
OCT.	1.60	1.36	1.37
NOV.	1.57	1.33	1.30
DIC.	1.63	1.32	1.31
ANUAL:	1.66		1.49

ESTUDIO DE LA TURBIDEZ ATMOSFERICA.

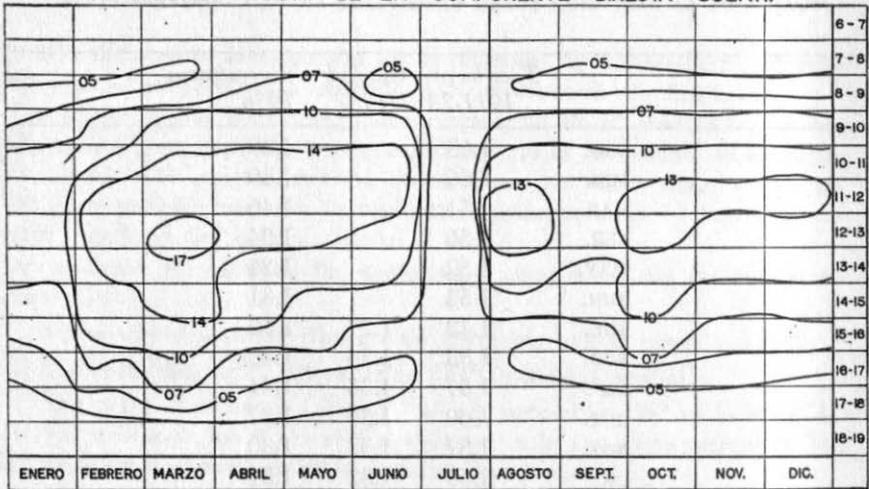
La variación local de la radiación solar, como se ha visto, es una función de los componentes de la turbidez atmosférica, en particular, el contenido de vapor de agua, la bruma y el polvo, así como del humo proveniente de los centros industriales.

La mediación de la turbidez a partir de mediciones actinométricas se realizó siguiendo aproximadamente un mismo espesor atmosférico para poder realizar comparaciones entre una observación y otra, ya que los valores encontrados caracterizan ciertamente el contenido en bruma (aerosoles) y polvo en la atmósfera, dependiendo parcialmente en grado variable del contenido de vapor de agua. Permittiéndonos así hacer un estudio sinóptico y climatológico de los aerosoles atmosféricos.

F. Linke ⁷ en 1922 introdujo el factor de turbidez T como una primera medida simple de la bruma y del contenido de vapor de agua. Este autor comparó el coeficiente de extinción total para todas las longitudes de onda de la radiación con el coeficiente de extinción del aire puro y seco de Rayleigh. Siendo este factor el aprobado para hacer determinaciones turbidométricas durante el A.G.I.

FIGURA V
C.U. A.G.I.

DISTRIBUCION MEDIA DE LA COMPONENTE DIRECTA SOLAR.



PARA OBTENER Cal/cm² hora MULTIPLICAR LOS VALORES ACOTADOS POR 100

El factor local de turbidez se define por la siguiente ecuación:

$$I = \frac{1}{S} \cdot I_0 \cdot e^{-T} \cdot a_{(m)}^{-R} \cdot m$$

donde:

I = Radiación observada

I_0 = Valor de la constante solar

S = Factor de reducción a la distancia media tierra-sol

m = Camino óptico que sigue la radiación

$a_{(m)}^{-R}$ = Valor medio del coeficiente de extinción para todas las longitudes de onda.

a^{-R} se puede descomponer en:

$$a^{-R} = a^{-Rg} \cdot a^{-Rw}$$

donde: a^{-Rg} = absorción de los gases permanentes, siendo para fines prácticos, despreciable, y

$$a^{-Rw} = \text{Absorción del vapor de agua.}$$

Es decir, que podemos considerar a T como el factor que corrige m o sea que nos proporciona el camino óptico real de la radiación solar en la atmósfera húmeda y con aerosoles.

Por lo tanto, se ha considerado que $T = 1$ para una atmósfera pura y seca. Se ha determinado este factor para estaciones de montaña y se han observado valores de $T = 1.7$ mínimo y para ciudades sin contaminación $T = 4.5$.⁸

Dado que para nuestras estaciones es difícil y poco probable observar cuando $m = 1$ debido a que las condiciones meteorológicas de ese momento lo impiden generalmente, se construyó la Tabla II, con la media del valor de T observado entre las 10-15 hrs. (valores muy próximos a $m = 1$) con objeto de establecer si, sobre todo para la estación central, es decir, para la Ciudad de México, se tiene un problema de contaminación atmosférica de tipo industrial.

En efecto, en dicha tabla se observa que para los meses de mayo a noviembre se puede considerar, de acuerdo con los valores obtenidos, que efectivamente la Ciudad de México cuenta ya con un problema de turbidez atmosférica industrial considerable, ya que es manifiesto durante 8 meses del año, condicionado fundamentalmente por la mayor presencia de vapor de agua en la atmósfera, como se ilustra en la Fig. VI, donde es notoria la relación casi recíproca entre el parámetro de radiación y la tensión del vapor de agua,⁹ lo que nos permite asegurar que el factor predominante en la turbidez atmosférica de la Ciudad de México lo constituye la mayor o menor humedad de la atmósfera.

TABLA II

DISTRIBUCION MEDIA MENSUAL DEL FACTOR DE TURBIDEZ SEGUN LINKE PARA LA CIUDAD UNIVERSITARIA, ENTRE LAS 10 Y LAS 15 HORAS, DURANTE EL A.G.I.

EN.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC	ANUAL
4.6	4.1	4.6	5.4	7.0	5.8	6.2	6.3	7.0	6.1	6.2	5.3	5.7

TRANSMISION ATMOSFERICA DE LA RADIACION SOLAR DIRECTA

Una primera aproximación para conocer la pureza de la atmósfera nos la da la relación:

$$I_m = I_o \cdot q^m$$

donde: I_m = radiación observada

I_o = radiación extraterrestre (constante solar)

m = camino óptico

q = coeficiente de transmisión atmosférica.

Aunque esta relación es estrictamente válida sólo para una radiación monocromática, sin embargo se ha utilizado con objeto de conocer el problema de la contaminación atmosférica.

En la Fig. VII se observa la distribución máxima y mínima del factor q de la transmisión atmosférica durante el A.G.I. entre las 11 y las 14 horas (tiempo que como se ha visto coincide con la máxima concentración de aerosoles atmosféricos y que tiene valores muy semejantes a la unidad en el espesor atmosférico), y la intensidad máxima calculada por Gorczyński para Tacubaya en 1927 (loc. cit.), observándose en dicha gráfica la marcada reducción de q para los meses de abril a noviembre. Donde se puede hacer inferencia de la opacidad atmosférica actual y creciente causada por una mayor concentración de contaminantes atmosféricos de tipo industrial fundamentalmente, para la Ciudad de México.

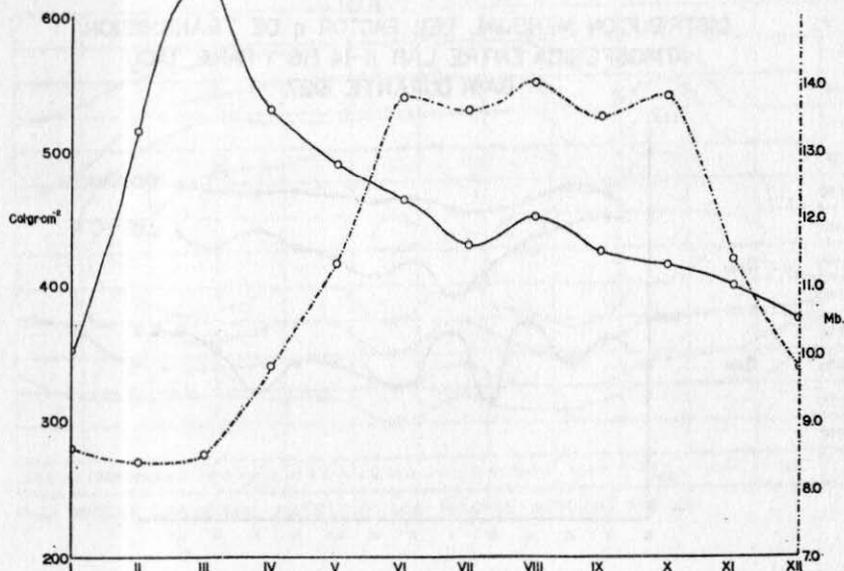
VERACRUZ. (12 m. sobre el nivel del mar, Lat. 19° 12' N,
Long. 96° 08' W)

RADIACION GLOBAL.

La distribución media horaria mostrada en la Fig. I-V nos enseña que el máximo de la radiación global para esta estación se encuentra a las 13 hrs., es decir, una hora después de la máxima encontrada para el observatorio central, observándose asimismo que el área total es ligeramente mayor, quizás explicable por la mayor limpieza de la atmósfera del puerto de Veracruz.

La Fig. II-V, que trata de la distribución media mensual y horaria, nos muestra la gran uniformidad y poca variación en la distribución anual de la radiación para este sitio; en los meses de junio y agosto se encuentran los valores máximos. Pudiendo decirse que no existe mínimo anual para esta estación, es decir, que las variaciones estacionales no son evidentes.

FIGURA VI
 CU. A.G.I.
 COMPARACION DE LA RADIACION GLOBAL CON LA TENSION DE VAPOR DE AGUA



RADIACION SOLAR DIRECTA.

La componente solar directa se observó mediante lecturas instantáneas diarias determinando así los valores máximos absolutos; encontrándose este valor entre las 12 y las 13 hrs. La tabla I-V muestra los valores máximos absolutos mensuales y anual durante el Año Geofísico Internacional.

TABLA I-V

MAXIMAS MENSUALES DE RADIACION DIRECTA DURANTE EL AGI

Año	Eno.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
'57							1.26	1.28	1.30	1.30	1.30	1.30	
'58	1.39	1.44	1.28	1.26	1.27	1.27	1.26	1.27	1.32	1.30	1.30	1.29	1.44

Comparando con los valores encontrados para el mismo tiempo en la Ciudad Universitaria, se observa que el mes de febrero tiene en Veracruz el valor máximo (1.44) mismo que corresponde con el máximo para la C.U.

FIGURA VII
 C. U.
 A.G.I.
 DISTRIBUCION MENSUAL DEL FACTOR q DE TRANSMISION
 ATMOSFERICA ENTRE LAS 11-14 HS. Y PARA TACU
 BAYA DURANTE 1927.

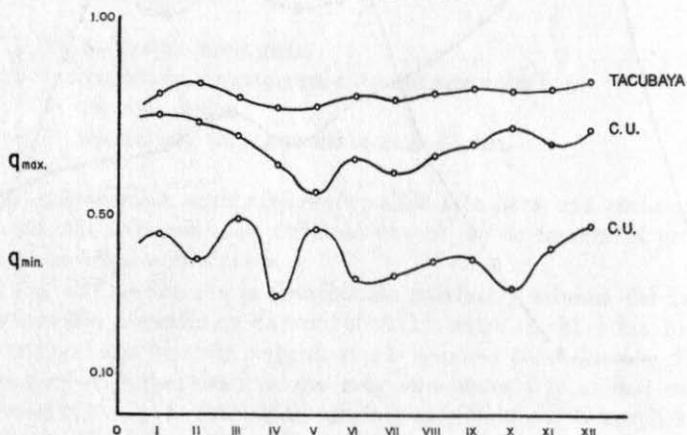


FIGURA I-V
 VERACRUZ A.G.I.
 DISTRIBUCION MEDIA HORARIA DE LA RADIACION GLOBAL

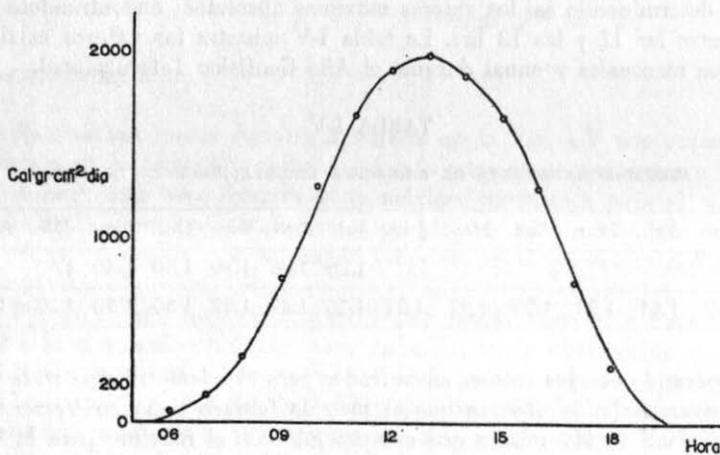
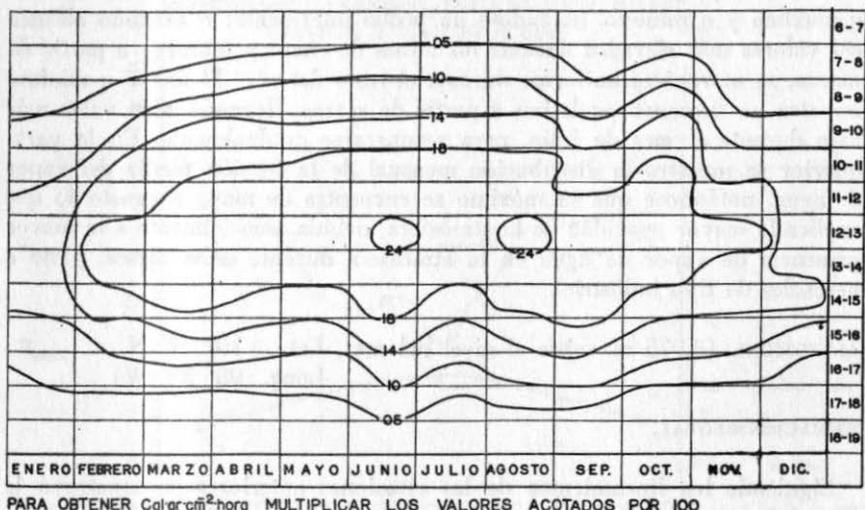


FIGURA II-V
VERACRUZ A.G.I.
DISTRIBUCION MEDIA DE LA RADIACION GLOBAL EN VERACRUZ



(1.49) y que son de magnitud semejante. Sin embargo, observando la marcha anual se nota la uniformidad de los valores registrados en Veracruz.

TURBIDEZ ATMOSFERICA.

Con la determinación del parámetro T de turbidez atmosférica obtenido a partir de lecturas actinométricas se construyó la Tabla II-V, con objeto de conocer la turbiedad atmosférica del puerto de Veracruz, siendo muy interesante observar que los valores mensuales son muy inferiores a los obtenidos en la C.U. y que están dentro de los límites normales establecidos (según se asentó en la Pág. 6).

TABLA II-V
DISTRIBUCION MENSUAL MEDIA Y ANUAL DEL FACTOR DE
TURBIDEZ DURANTE EL A.G.I. ENTRE LAS 10 Y 15 HS.

Eno.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Annual
3.7	3.5	4.8	5.4	5.4	4.5	4.5	4.4	4.4	4.4	4.0	3.8	4.4

TRANSMISION ATMOSFERICA.

El factor q fue calculado entre las 11-14 hrs. En la Fig. III-V se muestra q máximo y q mínimo, notándose un hecho interesante: q máximo alcanza sus valores más elevados durante los meses de enero y febrero; a partir de marzo, su marcha es uniforme durante el resto del año. El factor q mínimo muestra un descenso paulatino a partir de marzo, llegando a su valor más bajo durante el mes de julio, para recuperarse gradualmente. En la parte inferior se muestra la distribución mensual de la tensión media del vapor de agua, notándose que su máximo se encuentra de mayo a agosto lo que explica la mayor opacidad de la atmósfera, debida esencialmente a la mayor presencia de vapor de agua en la atmósfera durante estos meses, y no a aerosoles de tipo industrial.

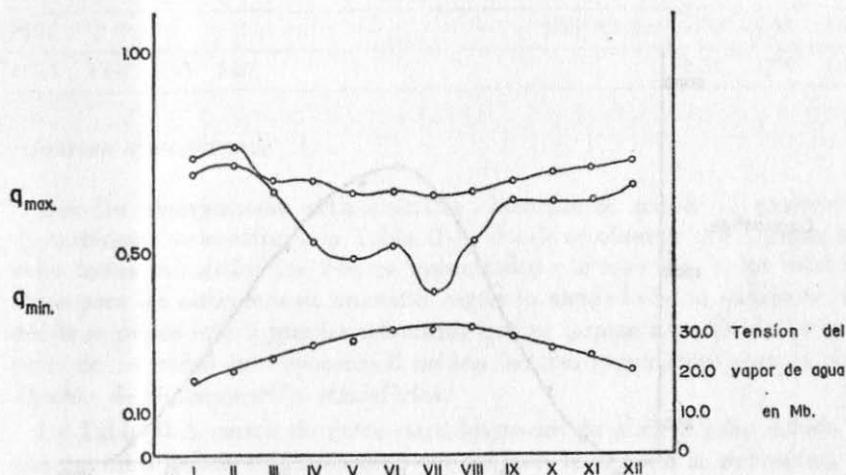
ALTZOMONI. (3,975 m. sobre el nivel del mar, Lat. $19^{\circ} 7' N$,
Long. $98^{\circ} 38' W$)

RADIACION GLOBAL.

Siguiendo los lineamientos de las estaciones anteriores se construyó la Fig. I-A correspondiente a la distribución media horaria de la radiación global en Altzomoni. En dicha figura se observa que comparativamente la radiación obtenida es de menor intensidad que la registrada para la Ciudad Universitaria y Veracruz en el mismo período de tiempo; posiblemente explicable porque en este lugar se observa un gran número de días nublados al año, que interfiere el registro normal de la radiación solar, a pesar de que es de suponerse que la acción de la altitud, es decir, la disminución de la energía absorbida aumenta con la altitud de un lugar sobre las medidas efectuadas.

La Fig. II-A que muestra la distribución media mensual de la radiación global nos indica una distribución accidentada en cuanto a su intensidad, explicable porque después del registro máximo obtenido en los primeros meses del año en los cuales se ha observado la mayor intensidad de los vientos fríos que soplan al final del invierno y que no permiten la formación de nieblas a pesar de las bajas temperaturas reinantes. Durante mayo y junio la intensidad cae a valores mínimos, porque se ha iniciado la época de lluvias y los nublados son abundantes y casi constantes; durante agosto y octubre nuevamente vemos unas pequeñas áreas de máxima intensidad, de duración menor que la inicial. Al fin del año (fines del otoño y comienzos del invierno) la radiación solar se encuentra dentro de valores medios y relativamente uniformes, debido a la presencia de nevadas frecuentes acompañadas de nieblas bajas.

FIGURA III-V
 VERACRUZ A.G.I.
 DISTRIBUCION MENSUAL DEL FACTOR q ENTRE
 LAS 11 Y LAS 14 HORAS



Para hacer más evidente la influencia de la nubosidad en esta estación se construyó la Fig. III-A que se refiere a la distribución mensual media de la insolación; notándose efectivamente que de abril a julio la insolación adquiere sus valores mínimos especialmente durante los meses de mayo y junio, notándose que la insolación para estos meses es menor de 5 horas al día.

RADIACION SOLAR DIRECTA.

Al parecer, esta estación es la segunda del mundo en altura, siguiendo el reporte de Vassy, sólo aventajada por la instalada en Mont Rose en Francia, situada a 4,560 m. sobre el nivel del mar, siendo en este lugar donde se han registrado los valores máximos instantáneos de la radiación directa (1.77 cal/cm²/min). Este autor reporta para el Popocatepetl a 5,300 m., una intensidad de 1.77 cal/cm²/min. En Alzomoni, como se ilustra en la Tabla I-A, encontramos una máxima absoluta de 1.73 cal/cm²/min. Es posible que este autor¹⁰ se haya guiado por las observaciones efectuadas por Gorczyński durante su estancia en México en 1923, ignorándose las condiciones bajo las cuales haya efectuado tales mediciones.

FIGURA I-A
 ALTZOMONI A.G.I.
 DISTRIBUCION MEDIA HORARIA DE
 LA RADIACION GLOBAL

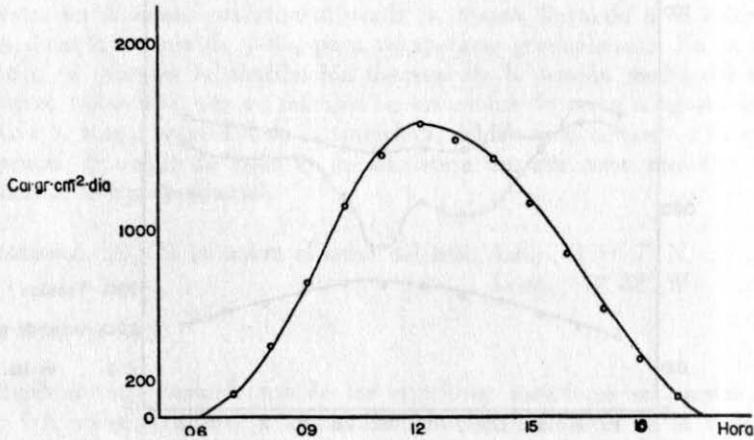
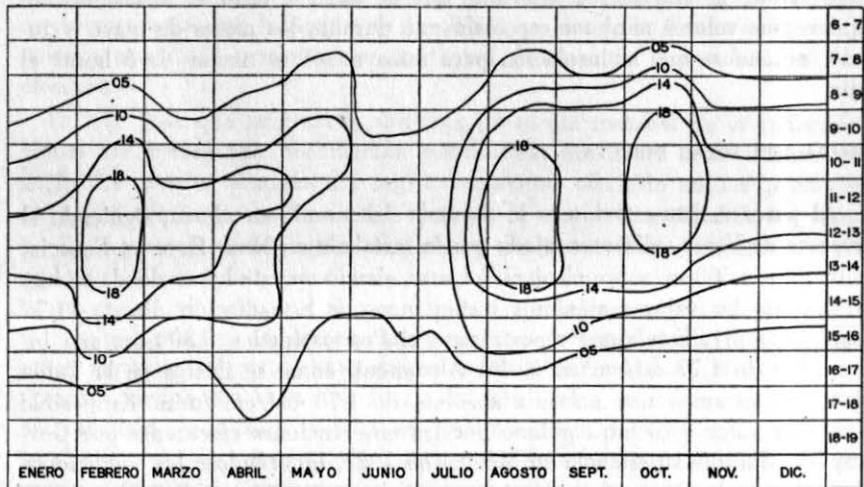


FIGURA II-A
 ALTZOMONI A.G.I.
 DISTRIBUCION MEDIA DE LA RADIACION GLOBAL



PARA OBTENER Cargram²-hora MULTIPLICAR LOS VALORES ACOTADOS POR 100

TABLA I-A

MAXIMAS MENSUALES DE RADIACION DIRECTA

Año	Eno.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1957								1.58	1.56	1.63	1.63	1.68
1958	1.69	1.65	1.62							1.71	1.73	1.73

TURBIDEZ ATMOSFERICA.

Con las observaciones actinométricas obtenidas se calculó el parámetro de turbidez y se construyó la Tabla II-A, donde se observa que durante los ocho meses calculados los valores encontrados corresponden a los establecidos para las estaciones de montaña, según lo asentado en la página 6; de donde se puede inferir que las tolvaneras que se forman a partir de los arenales de las faldas del Popocatépetl no son factores importantes para la producción de contaminación atmosférica.

La Tabla II-A carece de datos para los meses de abril a julio debido a que en estos meses es difícil observar en este lugar por la nubosidad, y agregándose a este problema la falta de personal especializado. Actualmente las observaciones han continuado en Tlamacas, con personal debidamente entrenado para el objeto, y se espera que en poco tiempo se obtenga un cuadro completo del clima solar de este observatorio de alta montaña.

TABLA II-A

DISTRIBUCION MENSUAL MEDIA DEL FACTOR DE TURBIDEZ
ENTRE LAS 10 Y LAS 15 HS. DURANTE EL A.G.I.

Eno.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
2.0	3.0	3.0					3.0	3.4	3.0	2.8	2.8

TRANSMISION ATMOSFERICA.

En la Tabla III-A se muestra la determinación del factor q de transmisión atmosférica máxima y mínima mensual entre las 11 y las 14 horas, observándose en ella que existe una marcada diferencia entre ambos valores para los meses de agosto a diciembre explicable posiblemente por la formación de nieblas durante este tiempo, y por ende, el mayor contenido de vapor de agua en la atmósfera.

FIGURA III-A
 ALTZOMONI A.G.I.
 DISTRIBUCION MEDIA DE LA INSOLACION.

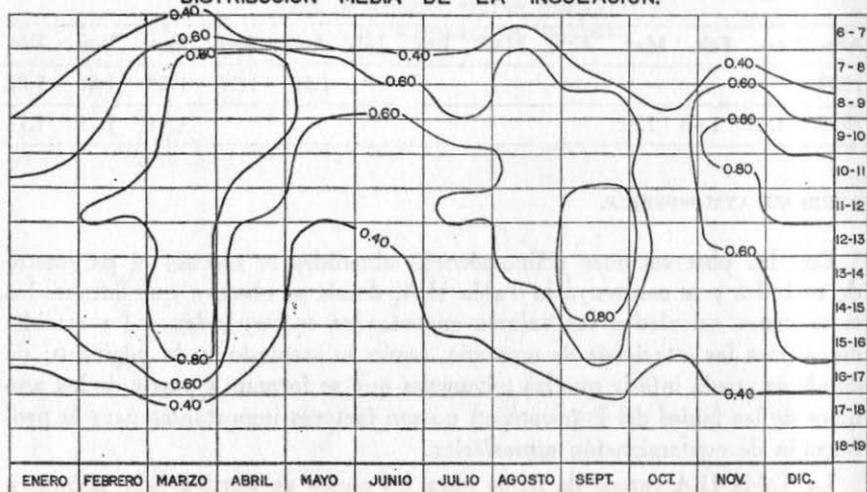


TABLA III-A

FACTOR Q DE TRANSMISION ATMOSFERICA MENSUAL ENTRE LAS
 11 Y LAS 14 HORAS DURANTE EL A.G.I.

	Eno.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
MAX.	0.86	0.78	0.75					0.71	0.70	0.70	0.82	0.81
MIN.	0.79	0.72	0.70					0.61	0.54	0.52	0.61	0.58

AGRADECIMIENTOS

El autor, en nombre de la Sección de Radiación Solar del Instituto de Ciencia Aplicada, agradece profundamente la colaboración desinteresada que prestó el Sr. Ing. Ernesto Domínguez, Jefe del Servicio de Previsión del Golfo durante el ciclo de observaciones del Año Geofísico. Internacional.

REFERENCIAS

1. Drummond, A. J. and Wentzel, J. D. (1955). *Actinometric Measurements and the radiation climate of South-West Africa*. Archiv. für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Band 6:3 Heft, Wien, Springer.
2. Jáuregui O., E., (1959). *Notas sobre la precipitación en Tacubaya para el período 1900-1958*. Inf. Técnico. Instituto Ciencia Aplicada, UNAM.
3. Galindo E., I. G., (1960). *Análisis de la insolación recibida durante el AGI en la Ciudad Universitaria*, An. Ins. Geofis. UNAM. V:79-86, 1960.
4. Hewson, E. W. (1945). *The meteorological control of atmospheric pollution by heavy industry*. Quart. J. Roy. Met. Soc., 71: 266-282.
5. Gorczyński, L. (1932). *Radiación Solar en Tacubaya, según las mediciones pirheliométricas desde 1911*. Serv. Met. Mex. SAG.
6. Jáuregui O., E., (1958). *El aumento de la turbiedad del aire en la Ciudad de México*, Instituto Ciencia Aplicada, UNAM.
7. Linke F. (1922). *Transmissionskoeffizient und trübunsfaktor*. Beitr. Phys. fr. atm. 10:91.
8. Iribarne, V. J. (1959). *Curso de termodinámica de la atmósfera (radiación)*. p. 59, Depto. Met. Fac. Ciencias Exactas y Nat. Universidad de Buenos Aires.
9. Masson, H. (1954). *La radiation solaire à Dakar*. Bull et Mem. Ecole Préparatoire de Médecine et de Pharmacie de Dakar, Tome II.
10. Vassy, E. (1959). *Le rayonnement solaire*. Acta Electronica 3:2:95.

INSTITUTO DE GEOLOGÍA



BIBLIOTECA

VI

**LAS OBSERVACIONES OCEANOGRAFICAS
EN MEXICO DURANTE EL
AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL**

*por J. Merino y Coronado**

* Vocal de Oceanografía de la Comisión Mexicana del A.G.I.

INTRODUCCION.

Al iniciarse el Año Geofísico Internacional no estaba México preparado para llevar a cabo ningún programa extenso de observaciones oceanográficas, ya que ni la Comisión Mexicana del A. G. I., ni el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma contaban con barcos equipados para esta clase de trabajos, ni con presupuesto para rentarlos u operarlos. Tampoco los tenía la Secretaría de Marina. Por esa razón el C. Presidente de la Comisión, Ing. Ricardo Monges López, se comprometió, en nombre de México, a realizar únicamente observaciones y trabajos relacionados con el estudio de las mareas, utilizando para ellos las estaciones de la Red Mareográfica que opera el Departamento de Oceanografía del Instituto de Geofísica en colaboración con la Secretaría de Marina, contando con la ayuda del Inter American Geodetic Survey.

Este informe cubre algunos de los resultados obtenidos exclusivamente por el autor a partir de las observaciones citadas y no podemos decir que sea completo. El material obtenido es bastante grande y, para analizarlo en forma total con los medios a nuestra disposición, se requeriría un tiempo bastante mayor.

Sin embargo, como todos los datos se enviaron y se continúan enviando a los centros A y B (Estados Unidos y la Unión Soviética) de recolección de datos, otros geofísicos podrán obtener más conclusiones, o resultados de diferentes tipos.

1. OBSERVACIONES REALIZADAS.

Durante todo el tiempo que duró el A. G. I. y después de éste, durante la Cooperación Geofísica Internacional que aún subsiste, se llevaron a cabo las siguientes observaciones, mismas que se hacían en todas las estaciones mareográficas desde la organización por el autor del Departamento de Oceanografía en 1952:

- a) Alturas horarias de la marea,
- b) Altura y hora de ocurrencia de pleamares y bajamares,
- c) Temperatura del agua del mar, y
- d) Densidad del agua del mar.

Con las observaciones a) y b) se calcula el nivel medio del mar en el o los períodos de tiempo que se deseen y con las observaciones c) y d) se calcula la salinidad del agua marina.

2. INSTRUMENTOS UTILIZADOS.

Precisión y grado de confianza de las medidas.

Para las observaciones mareográficas se utilizaron mareógrafos "Standard" del U. S. Coast and Geodetic Survey (Oficina Estadounidense de Geodesia y Levantamientos de Costa). Estos mareógrafos son de registro continuo con lápiz, sobre un rollo de papel que se cambia cada mes.

El papel avanza unos 25 mm por hora y las horas se marcan automáticamente en la curva de registro de la marea, gracias a un reloj incluido en el aparato, que se contrasta cada día. Los tiempos son enteramente de confiar, ya que aun errores de 5 minutos por día en la marcha del reloj, carecen de importancia.

Las escalas de reducción de la gráfica, usualmente de 1:6 o de 1:9, permiten leer la curva con una precisión de 0.05 pies, precisión que no es necesaria como lo saben todos los oceanógrafos.

Para las observaciones de temperatura y densidad del agua se utilizaron hidrómetros y termómetros de los usados por el U. S. Coast and Geodetic Survey citado. Los termómetros, con escala Fahrenheit, marcados de grado en grado y los hidrómetros o densímetros, con divisiones que permiten la lectura directa hasta el cuarto decimal. A pesar de todo, la precisión de las medidas y su confiabilidad dejan mucho que desear, por las razones siguientes:

- a) Los termómetros, con escala Fahrenheit, no fueron contrastados nunca en los laboratorios de la Universidad y se supuso que las indicaciones de la columna de mercurio, así como las divisiones de la escala, eran correctas.
- b) Cuando el observador estaba provisto de dos termómetros, nunca se hicieron lecturas comparativas de ambos. Al romperse uno, se le enviaba otro sin más trámite.
- c) Los densímetros tampoco fueron contrastados nunca para determinar su error de escala o los errores debidos a diferencias de temperatura.

Estas prácticas viciadas, de las que el autor se reconoce parcialmente responsable, no han sido corregidas y parece que son comunes en casi toda América Latina, según informes a nuestra disposición.

Además, las medidas se hacen sobre una muestra que se toma con un balde o cubo, del agua de mar que está debajo del muelle mismo donde se halla instalado el mareógrafo. A menudo caen cerca las aguas de drenaje o de desagüe de los muelles, los barcos, o parte de la ciudad. Por fin, las observaciones de densidad del agua no fueron hechas a la misma hora en todas las estaciones, ni en ninguna de ellas tomada separadamente.

Las medidas pluviométricas utilizadas en nuestro estudio fueron suministradas por el Servicio Meteorológico Mexicano y, dentro de lo que sabemos, se ajustan generalmente a las normas internacionales para observaciones meteorológicas.

3. ESTACIONES DE OBSERVACION.

Durante el Año Geofísico Internacional funcionaron 16 estaciones mareográficas, de las cuales 7 estaban instaladas en el Golfo de México, 8 en las costas del Pacífico y una, la de Isla Socorro, en la isla citada, del grupo de las islas de Revillagigedo, en pleno Océano Pacífico. La tabla que sigue da las coordenadas geográficas de las estaciones de observación y la Fig. 1 muestra su localización en la Carta de la República.

TABLA 1. ESTACIONES MAREOGRAFICAS

Costas del Golfo de México

<i>Estación</i>	latitud N	longitud W	Establecida en
Tampico, Tamps.	22°13'00"	97°51'19"	Desembocadura de río
Tuxpan, Ver.	21°00'00"	97°20'00"	Desembocadura de río
Veracruz, Ver.	19°11'28"	96°07'28"	Mar abierto
Alvarado, Ver.	18°46'14"	95°45'56"	Desembocadura de río
Coatzacoalcos, Ver.	18°08'56"	94°24'40"	Desembocadura de río
Cd. del Carmen, Camp.	18°38'22"	91°50'16"	Laguna
Progreso, Yuc.	21°18'00"	89°39'30"	Mar abierto

Costas del Pacífico

Salina Cruz, Oax.	16°09'37"	95°12'11"	Puerto artificial
Acapulco, Gro.	16°50'26"	99°54'44"	Bahía
Manzanillo, Col.	19°03'15"	104°19'46"	Bahía
Mazatlán, Sin.	23°11'55"	106°25'20"	Bahía
Topolobampo, Sin.	25°36'01"	109°02'52"	Cerca de desembocadura de río
Guaymas, Son.	27°55'28"	110°53'31"	Bahía
La Paz, B. C.	24°09'41"	110°20'44"	Bahía
Ensenada, B. C.	31°51'10"	116°38'09"	Mar abierto

Océano Pacífico

Isla Socorro, Col.	18°42'28"	111°02'49"	Mar abierto
--------------------	-----------	------------	-------------

Como se ha dicho ya, todas las estaciones estaban dotadas de la misma clase de equipo, con excepción de la de Isla Socorro, Col.

Se las clasificó, atendiendo a los resultados de las observaciones, en tres categorías:

- a) Estaciones de cuencas semicerradas, que incluyen todas las del Golfo de México y las establecidas en el Mar de Cortés o Golfo de California, que son Mazatlán, Topolobampo, Guaymas y La Paz.
- b) Estaciones de costa abierta: Salina Cruz, Acapulco, Manzanillo y Ensenada.
- c) Estaciones oceánicas: Isla Socorro.

4. NIVEL MEDIO DEL MAR, ANUAL.

Por definición, el nivel medio del mar es el promedio aritmético de todas las alturas horarias observadas durante un período dado, *sin aplicar corrección alguna*.

Los datos obtenidos en el Golfo de México, ilustrados en la Fig. 2, ofrecen algunas particularidades. En las dos únicas estaciones establecidas en mar abierto y lejos de las desembocaduras de los ríos importantes, se observa que el nivel medio del mar alcanzó una altura mínima en 1954. Subió en 1955 y se mantuvo alto, con ligeras variaciones, hasta 1958 en que comenzó a bajar de nuevo hasta alcanzar el valor observado en 1959. Estas variaciones no son muy grandes a pesar de todo, pues alcanzan, en las dos estaciones citadas, una amplitud que no llega a los 6 cm (0.2 pies) como lo muestra la figura.

El fenómeno puede considerarse como general, dada la distancia que separa Progreso y Veracruz. Además, se observa también la misma forma de la curva en Tampico y Alvarado, que son estaciones de río y un descenso significativo en los dos años en que funcionó la estación de Tuxpan (1958-1959). Es natural que en estas estaciones las variaciones sean mayores, del orden de unos 9 o 10 cm de amplitud para Tampico y algo menos para Alvarado. Es significativo, sin embargo, que el fenómeno parezca ser el mismo u obedecer a una causa parecida a pesar de la localización tan distinta de Tampico, Alvarado y Tuxpan por una parte y Veracruz y Progreso por otra.

La curva de la estación de Coatzacoalcos ofrece una excepción a partir de 1959, probablemente debida a las avenidas del río de su mismo nombre.

En general, se observa que el nivel medio del mar en las costas del Golfo de México pasó por un mínimo en 1953 o 54, alcanzó un máximo en 1958 para todas las estaciones y volvió a bajar en 1959. La amplitud de las osci-

laciones observadas no pasa, sin embargo, de los 6 a 8 cm cuando no hay fenómenos hidrológicos o meteorológicos que la alteren. Ignoramos la causa del fenómeno descrito.

En las costas del Pacífico se observa que el nivel medio del mar pasó por un mínimo durante los años de 1954 (Salina Cruz), 1955 (Mazatlán, La Paz y Acapulco) y 1956 (Guaymas). En la actualidad (1959) el nivel medio del mar está bajando en todas las estaciones excepto en Ensenada, donde se observa que simplemente la pendiente de la curva disminuyó de 1958 a 1959.

La amplitud de la variación es más grande en el Pacífico que en el Golfo de México. Es del orden de unos 12 cm (0.4 pies) en Salina Cruz; de unos 14 cm en Mazatlán; de 12 cm en La Paz y de unos 15 cm en Acapulco. (Fig. 3).

La Paz, Mazatlán y Acapulco presentan curvas de nivel medio anual muy parecidas, a pesar de la gran distancia que separa los dos primeros puertos del último.

Mazatlán, La Paz y Topolobampo exhiben curvas casi iguales, como era de esperarse: los tres puertos están localizados en el Golfo de Cortés.

Acapulco y Salina Cruz muestran curvas también parecidas, aunque su similitud no es tan grande como la de las curvas obtenidas con los datos de Mazatlán y La Paz.

Como en el caso del Golfo, ignoramos la causa de esta variación a largo plazo del nivel medio del mar. Sin embargo podemos decir que, por tratarse de un fenómeno aparentemente general, la causa que la produce ha de actuar en escala planetaria. De todos modos, siete años de observaciones constituyen un período de tiempo bastante corto para sacar conclusiones útiles y definitivas.

Las variaciones anuales del nivel medio del mar y sus causas probables han sido discutidas por muchos autores, tanto europeos como americanos y la bibliografía es amplia en este campo. A ella remitimos al lector.

5. VARIACIONES ESTACIONALES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR EN EL GOLFO DE MEXICO.

Como hemos dicho ya, las estaciones mareográficas del Golfo de México pueden clasificarse en dos grandes grupos: las que están instaladas lejos de la desembocadura de los grandes ríos y aquéllas que se encuentran precisamente en esas desembocaduras.

Observando los datos de nivel medio del mar mensual suministrados por las dos únicas estaciones del primer grupo, Veracruz, Ver. y Progreso, Yuc., vemos inmediatamente que existe una marcada e intensa variación estacional,

con máximos en el mes de octubre y mínimos en febrero y máximos secundarios en junio y mínimos secundarios en julio o agosto.

Estas variaciones estacionales son tan constantes, que basta con mostrar la curva correspondiente a dos años: 1957 y 1958. Además, las curvas son prácticamente iguales en Veracruz y en Progreso (Fig. 4), lo cual indica que se trata de un fenómeno de carácter general. La amplitud de la oscilación es del orden de 30 cm (1 pie) en ambas estaciones.

Las estaciones localizadas en la desembocadura de los ríos presentan variaciones similares. En la Fig. 5 se ilustran las variaciones estacionales del nivel medio mensual para los puertos de Tampico, Alvarado, Coatzacoalcos y Ciudad del Carmen, durante los años de 1957 y 1958.

La periodicidad es tan grande, que basta con mostrar esos dos años. En efecto, la forma de la curva se repite prácticamente año con año, mostrando siempre grandes máximos en el mes de octubre (a veces en noviembre) y mínimos hacia febrero.

Como es de esperarse, la amplitud de las oscilaciones del nivel medio del mar es bastante mayor de 30 cm (1 pie) y llega a veces hasta 65 cm y aún algo más. No debe olvidarse que las estaciones están colocadas en la desembocadura de grandes ríos.

La periodicidad de las variaciones del nivel medio del mar mensual a través de los años, se muestra muy bien en las gráficas de las figuras 6 y 7, las cuales indican también la amplitud de las oscilaciones. Se han tomado dos estaciones representativas, localizadas ambas bien dentro del Golfo de México: Veracruz, alejada de los grandes ríos y Coatzacoalcos, en la desembocadura del río del mismo nombre. Ambas cubren un período de 7 años de observaciones, desde 1953, hasta 1959 (Coatzacoalcos tiene un año más, 1952). A pesar de la localización tan diferente, se observará que, tomando en cuenta las diferencias de amplitud, el fenómeno es prácticamente el mismo en ambas estaciones: Veracruz, Ver., Fig. 6 y Coatzacoalcos, Ver., Fig. 7.

Existen varios fenómenos meteorológicos que están o pueden estar relacionados con las variaciones del nivel medio del mar. Muchos autores se han ocupado del asunto en los países extranjeros y nosotros hicimos una publicación al respecto, dando algunos resultados provisionales, en los Anales del Instituto de Geofísica Vol. 2 año de 1956.

Los norteamericanos encontraron una relación entre los deshielos en Alaska, Canadá y el Norte de los Estados Unidos y el nivel medio del mar en las costas del Pacífico. Los soviéticos y los suecos hallaron lo mismo con relación al Báltico; los italianos encontraron también variaciones estacionales en el Adriático. Nosotros comenzamos a estudiar el fenómeno dividiendo nuestras estaciones en dos grandes grupos: aquellas establecidas en cuencas más o menos cerradas como el Golfo de México y el Golfo de Cortés o de California y las estaciones instaladas en las costas abiertas al océano.

Tanto en el Golfo de Cortés como en el de México desembocan grandes ríos cuyo régimen está bastante bien conocido. Poseemos, además, datos pluviométricos aceptables de las tierras adyacentes, al menos en lo que se refiere al Golfo de México y datos de la presión atmosférica y la temperatura media del aire de muchas estaciones a lo largo de las costas.

La acción de la presión atmosférica sobre el nivel del mar puede calcularse con bastante precisión. En efecto, la presión ejercida por 1 cm de agua de mar es de 1.005 mb.

Expresado en otra forma, podemos decir que en el sistema de vasos comunicantes mercurio-agua de mar (que expresa las variaciones del sistema aire-agua de mar) una variación de 1 cm en la columna de mercurio, corresponderá como primera aproximación a una variación de unos 13 cm de la columna de agua de mar.

Como las variaciones de la presión media observada en nuestras costas no llegan, en general, a ese valor, las solas variaciones estacionales de esa presión no son suficientes para explicar más que una parte pequeña del fenómeno.

Las variaciones de salinidad pueden explicar otra porción de las variaciones estacionales del nivel medio del mar observadas en nuestras costas. Estas variaciones son, en última instancia, variaciones de densidad del agua del mar.

La densidad del agua del mar puede variar por las siguientes causas:

- a) Por variaciones de la temperatura del agua;
- b) Por concentración debida a evaporación y
- c) Por dilución debida a las lluvias y al aporte de agua de los grandes ríos. (En México no hay deshielos).

Ya hemos dicho que las observaciones de temperatura y densidad del agua no son merecedoras de una absoluta confianza, sobre todo las últimas. Sin embargo, como la temperatura del agua no experimenta en general variaciones bruscas durante el día ni grandes oscilaciones anuales, como es el caso de las aguas de países tropicales, podemos trazar algunas gráficas de la temperatura media mensual del agua del mar y compararlas con las gráficas de la temperatura media del aire: la variación estacional de ambas es evidente, como era de esperarse y prácticamente idéntica.

Las densidades del agua de mar se han calculado, como se dijo ya, a partir de lecturas de un densímetro que da cuatro cifras decimales. Se reducen a $15^{\circ}/4^{\circ}$. Es decir, están dadas para agua de mar a 15°C comparada con agua a 4°C .

Las gráficas de la densidad del agua del mar, de la temperatura de la

misma y la temperatura del aire se dan, para algunas estaciones, en las figuras 8 a, b y c, 9 a, b y c y 10 a, b y c.

Las simples variaciones de temperatura no pueden explicar tampoco la totalidad de las variaciones estacionales del nivel medio del mar. Queda la precipitación pluvial.

Un estudio de los datos meteorológicos de las estaciones pluviométricas del Golfo de México permite afirmar, tomando en cuenta la topografía, que los datos obtenidos en la costa pueden considerarse, al menos en primera aproximación, como representativos del régimen de lluvias de la región entera. Por esa razón es lícito comparar las variaciones mensuales de nivel medio del mar en una estación, con la precipitación pluvial en la misma estación. Es lo que presentamos en las figuras 11, 12 y 13 y en las figuras 14, 15 y 16. El primer juego de gráficas corresponde a Progreso, Yuc., y el segundo a Coatzacoalcos, Ver. Ambos cubren un período de 6 años: de 1953 a 1958, ambos inclusive.

No es necesario insistir sobre la similitud de las curvas de nivel medio del mar mensual y precipitación pluvial mensual. El fenómeno es muy similar en las dos estaciones y se obtiene la misma correspondencia entre las dos curvas si se toman otras estaciones: Alvarado o Tampico en desembocadura de río y Veracruz, alejada de la desembocadura de los grandes ríos.

Los coeficientes de correlación entre precipitación y nivel medio del mar, calculados en la computadora electrónica de la Universidad, son superiores a 0.8 para Progreso y 0.7 para Coatzacoalcos.

Haciendo gráficas o tablas de ambos fenómenos durante períodos de 10 días, la correspondencia es aún mayor, pero se observa un desfase: el agua de la lluvia tarda algo así como una semana o 10 días en llegar al mar y distribirse a lo largo de la costa para hacer subir el nivel medio del mar.

Conclusiones: En el Golfo de México hay una estrecha correlación entre la precipitación pluvial y el nivel medio del mar. Las variaciones estacionales de éste pueden explicarse en su mayor parte por las inyecciones de agua dulce de los ríos y por el agua de la lluvia. El resto del fenómeno se puede explicar por variaciones de densidad debidas a variaciones de temperatura, a variaciones de la presión y a otras causas más, que son poco importantes.

6. VARIACIONES ESTACIONALES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR EN EL GOLFO DE CORTES.

Después de observar las variaciones estacionales en el Golfo de México, es lógico pensar que una acción similar habría de tener lugar en el Golfo de Cortés, que también es una cuenca semicerrada.

Puede pensarse también que el Golfo citado ofrece una oportunidad para comprobar en la práctica las consideraciones teóricas conocidas por todos los oceanógrafos acerca de la forma de la superficie libre del mar en un canal estrecho y largo. En efecto, colocado prácticamente en una posición Norte Sur, la influencia de la rotación terrestre sobre las corrientes de flujo y reflujo habría de ser notable. Tal es el caso observado y puede decirse, después de observar los mareogramas de Mazatlán y Guaymas en la costa oriental y de La Paz en la occidental, que cuando la corriente de flujo va hacia el norte, el nivel del mar es más alto en la costa oriental que en la occidental y viceversa durante la corriente de reflujo.

Es bien sabido, por otra parte, que en el fondo del Golfo de Cortés las mareas son muy grandes, mientras que en la entrada son relativamente pequeñas. En Puerto Peñasco, donde hubo una estación mareográfica durante algunos años, son frecuentes las amplitudes de marea de 6 y 7 metros, mientras que en Mazatlán rara vez pasan del metro. Este es un fenómeno de resonancia fácilmente explicable por analogía con un recipiente largo y estrecho, de sección transversal rectangular, al cual se le imprima un movimiento oscilatorio, vertical y periódico. Sin embargo, no tenemos aún suficientes datos de observación para atacar el problema con una base experimental.

Sabemos también, por información recibida de los marinos que surcan esas aguas, que las corrientes son muy fuertes cerca de las islas de Tiburón y Angel de la Guarda y que al norte de Guaymas existe una región donde las mareas son muy pequeñas. Ambas cosas eran de esperarse si se toman en cuenta la forma y la posición del Golfo de Cortés. Pero no tenemos datos suficientes para explicar el comportamiento de dicho Golfo, excepto de una manera puramente cualitativa.

Al Golfo de California o Golfo de Cortés desembocan también grandes ríos. Aun cuando no poseemos datos pluviométricos suficientes para hacer una estimación correcta de la cantidad total de agua de lluvia caída en toda la vertiente, consideramos que —en primera aproximación— los datos suministrados por las estaciones de la costa son bastante representativos.

En estas condiciones, los datos de la precipitación pluvial y los del nivel medio del mar han de mostrar una correlación bien definida: un incremento en las lluvias ha de corresponder a una elevación del nivel medio del mar y si examinamos ambas medidas en intervalos cortos, ha de observarse que existe un cierto retraso del segundo con respecto a la primera. Las aguas de escurrimiento toman un cierto tiempo en llegar hasta el mar, tiempo que varía según la región, distancia de las montañas, permeabilidad del suelo, superficie de la vertiente y otros factores más. Tal parece ser el caso.

En las estaciones mareográficas del Golfo de California se observa también una periodicidad marcada en las variaciones del nivel medio mensual

del mar, con máximos hacia julio y septiembre y mínimos hacia marzo y abril. En la Fig. 17 podemos observar las variaciones citadas ocurridas durante 1957 y 1958 (Año Geofísico Internacional) en Guaymas, Mazatlán, La Paz y Topolobampo, comparadas con las que ocurrieron en Ensenada, que está fuera del Golfo.

Ensenada muestra una curva algo similar, pero los valores absolutos de las variaciones son menores: la curva es también más suave. Las variaciones estacionales que aquí se observan han sido estudiadas por Munk, Patullo y otros investigadores norteamericanos.

En el fondo del Golfo de California o de Cortés, desemboca el gran Río Colorado, que trae aguas de territorio norteamericano del cual no disponemos de datos.

La zona adyacente a las costas del Golfo es bastante seca. Esto es particularmente válido para las costas de la Península de Baja California, de modo que es de esperar que el fenómeno de las variaciones estacionales del nivel medio del mar, tan claramente descrito en las gráficas correspondientes al Golfo de México, no aparezca tan claro en el Golfo de Cortés o de California. Aquí es probable que la evaporación juegue un papel más importante, pero no tenemos datos al respecto.

Las figuras 18, 19 y 20 muestran la correlación entre la precipitación pluvial mensual en Mazatlán, Sin., y las variaciones del nivel medio del mar, para el período comprendido entre 1953 y 1958.

Las figuras 21, 22 y 23 muestran lo mismo para el puerto de Guaymas, Son. Ambos están en la costa oriental del Golfo de California.

En las figuras 24, 25 y 26 se muestra lo mismo, para el puerto de La Paz, B. C., en la costa occidental del Golfo de Cortés, en una zona bastante seca.

CONCLUSIONES:

A pesar de la falta de suficientes datos de carácter climatológico y a pesar de que las condiciones del Golfo de Cortés o de California son bastante diferentes, se observa claramente el mismo fenómeno descrito para el Golfo de México: el nivel medio del mar experimenta variaciones estacionales relacionadas con la precipitación pluvial, de una manera análoga a las relaciones observadas en el Golfo de México. Las causas del fenómeno parecen ser las mismas.

7. VARIACIONES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR EN LA COSTA DEL PACIFICO.

En la costa del Pacífico se observan generalmente dos máximos anuales de precipitación: uno en junio o julio y el otro en septiembre u octubre. Este detalle es importante.

El nivel medio del mar experimenta variaciones estacionales, pero éstas no son tan periódicas como las que se observan en las "cuencas semicerradas" que hemos descrito ya. Aparecen mínimos y máximos anuales que no se repiten siempre en los mismos meses, como podemos observarlo en una estación típica tal como Acapulco. La Fig. 27 ilustra las variaciones mensuales en ese puerto, desde 1953 hasta 1959, ambos inclusive.

Sin embargo, a pesar de que los máximos y los mínimos no ocurren en la misma época todos los años, sí observamos que, para cada año, la forma de la curva de las variaciones mensuales del nivel medio del mar es muy aproximadamente la misma para todas las estaciones: Salina Cruz, Oax., Acapulco, Gro. y Manzanillo, Col. La magnitud de las oscilaciones es aproximadamente del mismo orden para todas. La Fig. 28 ilustra el caso de dos años, 1957 y 1958. En gracia a la brevedad no reproducimos las gráficas de otros años, ya que las características son parecidas. En la misma Fig. 28 aparece, en la parte superior, la gráfica correspondiente a los datos de la única estación oceánica que funcionó parte del Año Geofísico Internacional: Isla Socorro, Col. Apparently las variaciones del nivel del mar siguen también un ciclo estacional, pero diferente. La magnitud de las oscilaciones es también mucho menor. No tenemos, sin embargo, más que unos pocos datos todavía marcadamente insuficientes. (Posteriormente, en 1959, un ciclón destruyó el mareógrafo de la isla y no fue posible instalar otro).

Los coeficientes de correlación entre la precipitación pluvial y las variaciones del nivel medio del mar mensual ya no son tan altos para las estaciones establecidas en mar abierto y es evidente que intervienen otros factores, además de la precipitación, cuya importancia es mayor. Las figuras 29, 30 y 31 ilustran con claridad lo que se ha dicho anteriormente, al mostrar las variaciones mensuales del nivel medio del mar y la precipitación pluvial para Acapulco, Gro., desde 1953 hasta 1958. Las figuras 32, 33 y 34 muestran las gráficas de los mismos fenómenos para el puerto de Salina Cruz, Oax.

El fenómeno observado era de esperar. En efecto, una "cuenca semicerrada" necesita algún tiempo antes de que adquiera nuevamente su equilibrio hidrostático cuando este equilibrio ha sido alterado por la inyección de agua dulce, por excesiva evaporación, o por cualquier otra causa. Ese tiempo es mucho menor para el mar adyacente a una costa abierta.

Los datos correspondientes a la estación mareográfica de Ensenada, B. C., cubren un período de tiempo demasiado corto para pretender obtener conclusiones. Por otra parte, esa estación está muy cerca de San Diego, Cal., estación cuyos datos han sido estudiados extensamente por los oceanógrafos de los Estados Unidos del Norte.

8. VARIACIONES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR EN ISLA SOCORRO, COL.

La única estación oceánica del Instituto de Geofísica era la establecida en Isla Socorro, Col., y funcionó solamente parte del tiempo del A. G. I. La Fig. 28 muestra que existe una variación estacional del nivel medio mensual del mar. Los pocos datos a nuestra disposición no permiten hacer otra cosa que publicarlos para que los puedan aprovechar aquellos países que, con mejores medios que México, contaban durante el A. G. I., con estaciones mareográficas establecidas en islas alejadas de los continentes.

9. TABLAS DE ALGUNOS VALORES DE LAS OBSERVACIONES HECHAS EN EL GOLFO DE MEXICO.

Los datos de nivel medio del mar y de temperatura y densidad del agua fueron tomados por los observadores del Instituto de Geofísica, en cooperación con la Secretaría de Marina. Los datos de temperatura media del aire, precipitación pluvial mensual y presión atmosférica media, son datos oficiales del Servicio Meteorológico Mexicano, de la Secretaría de Agricultura y Ganadería. Más información relativa a los citados fenómenos, puede obtenerse dirigiéndose a las instituciones mencionadas, en México, D. F., México.

Los niveles del mar están referidos al cero de la regla primitiva del mareógrafo. Las cotas de los diversos bancos de nivel establecidos en los puertos y referidas a dicho cero o al nivel medio del mar, pueden obtenerse igualmente del Instituto de Geofísica.

Las variaciones del nivel medio del mar se dan en pies para comodidad de los navegantes.

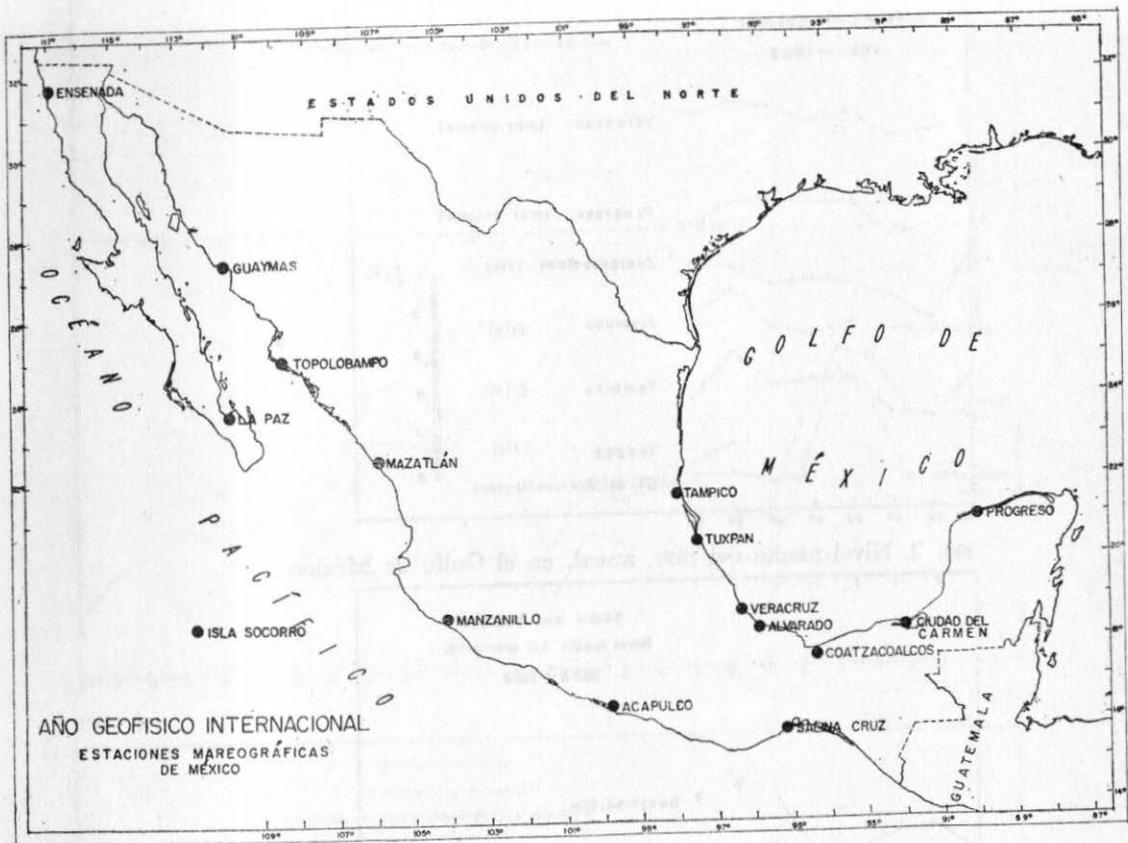


FIG. 1. Estaciones mareográficas de México durante el A.G.I.

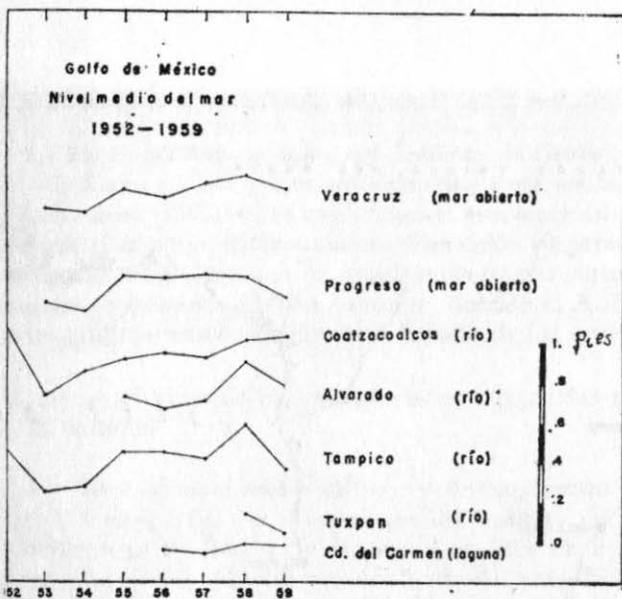


FIG. 2. Nivel medio del mar, anual, en el Golfo de México.

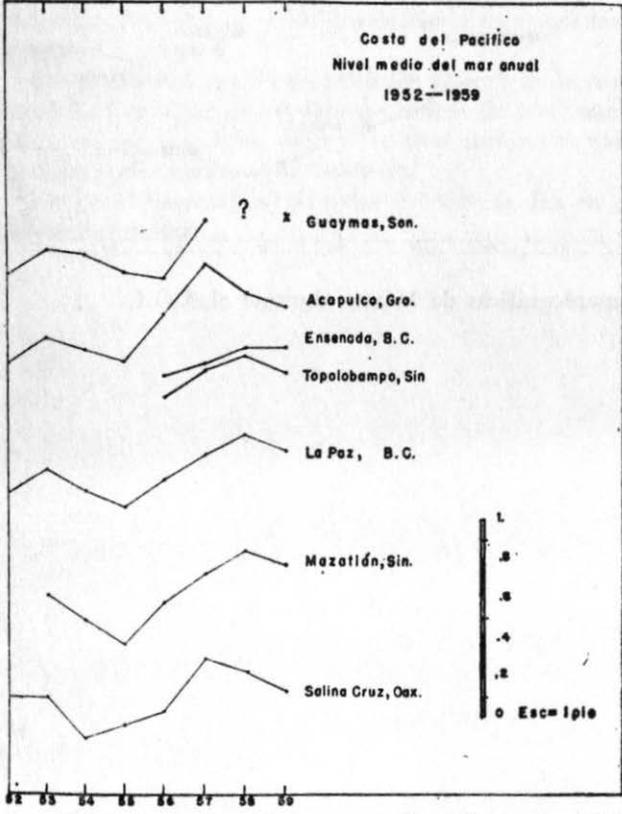


FIG. 3. Nivel medio del mar, anual, en la costa del Pacífico.

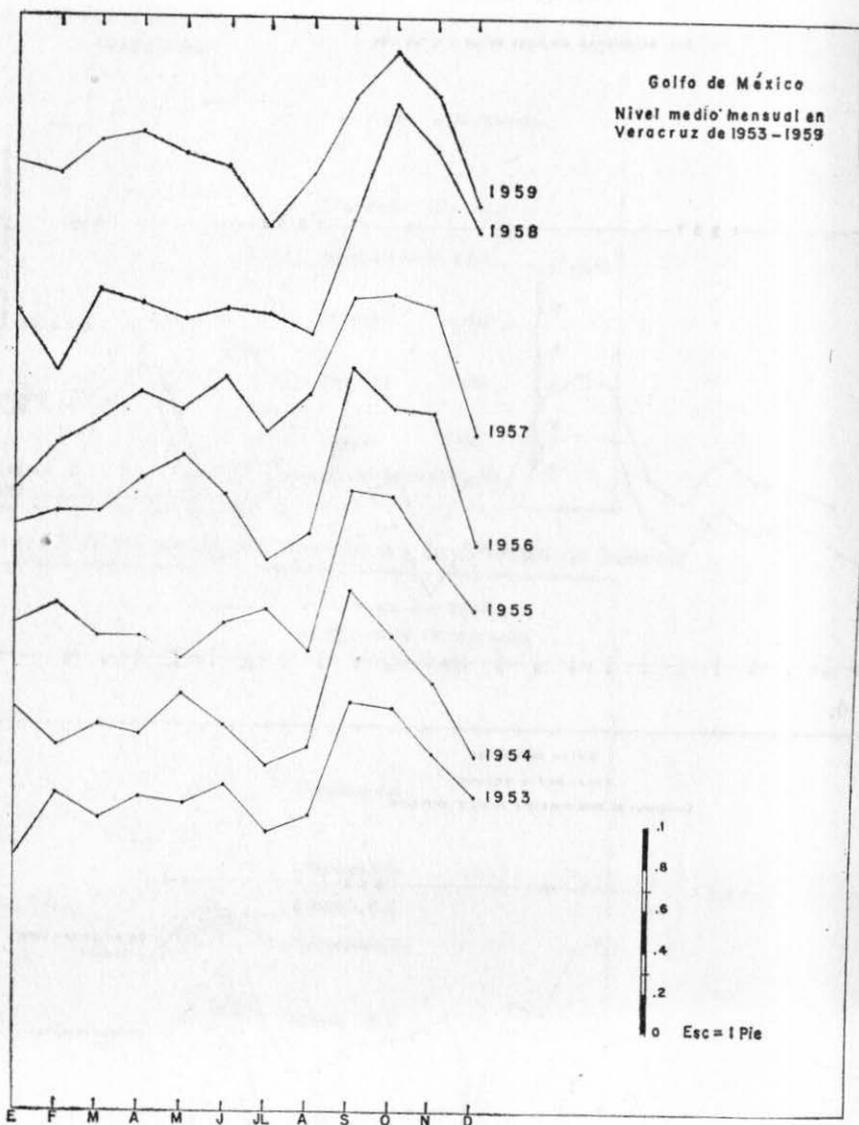


FIG. 6. Variación del nivel del mar mensual en Veracruz, Ver.

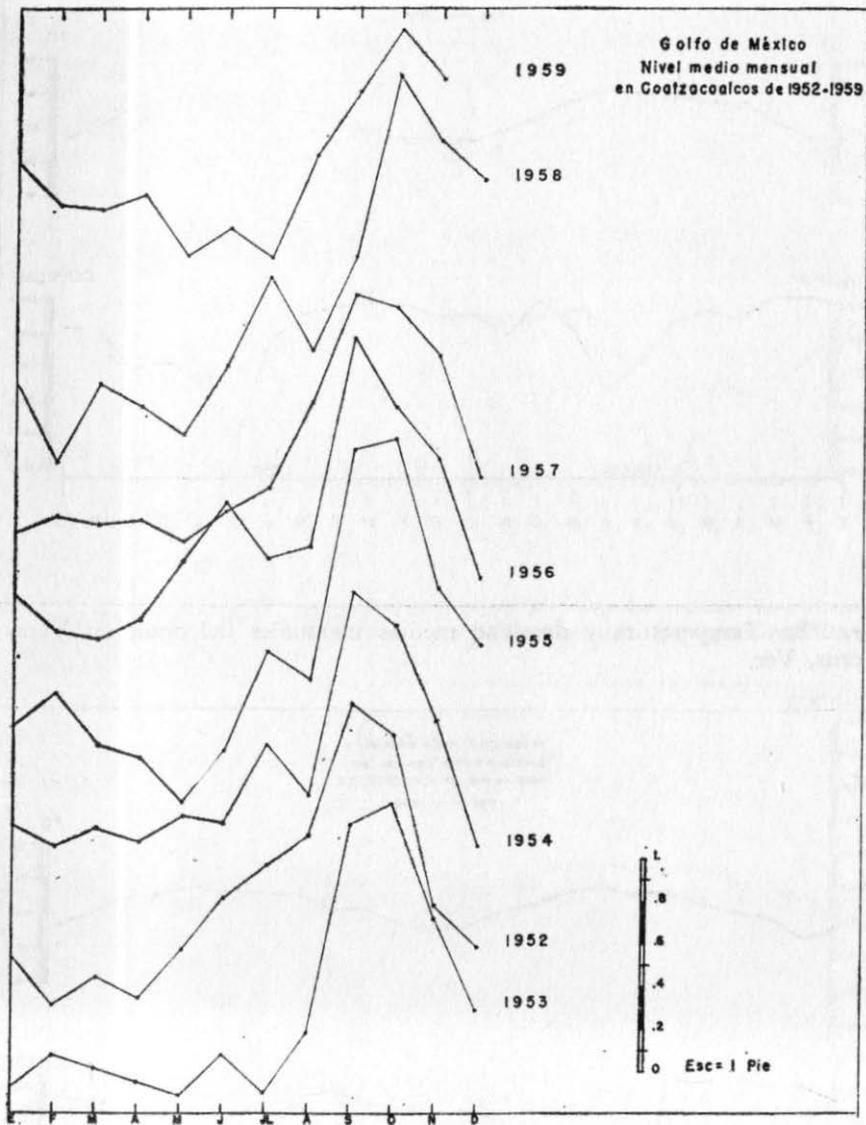


FIG. 7. Variación del nivel del mar mensual en Coatzacoalcos, Ver.

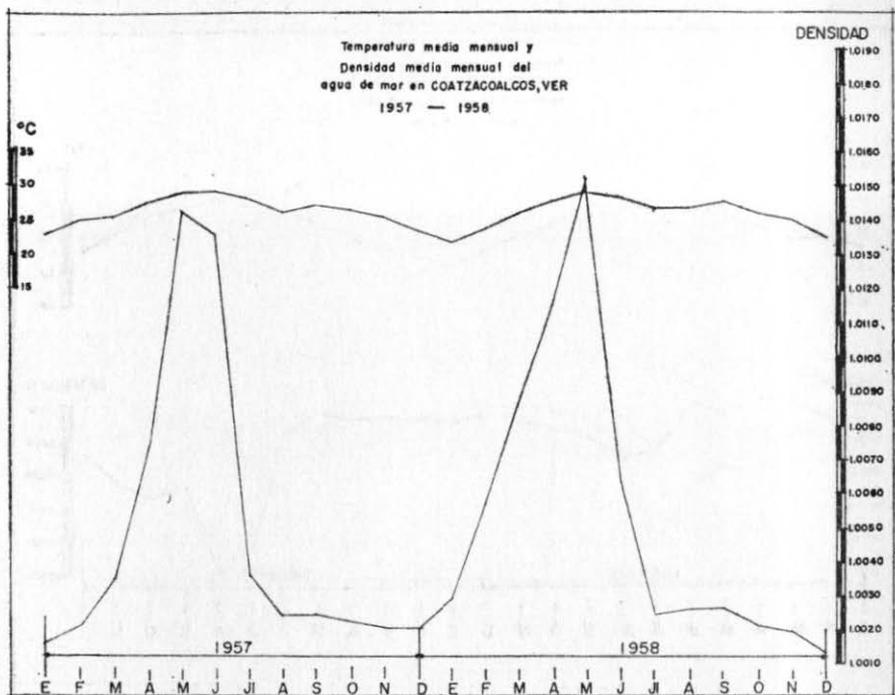


FIG. 9b. Temperatura y densidad medias mensuales del agua en Coatzacoalcos, Ver.

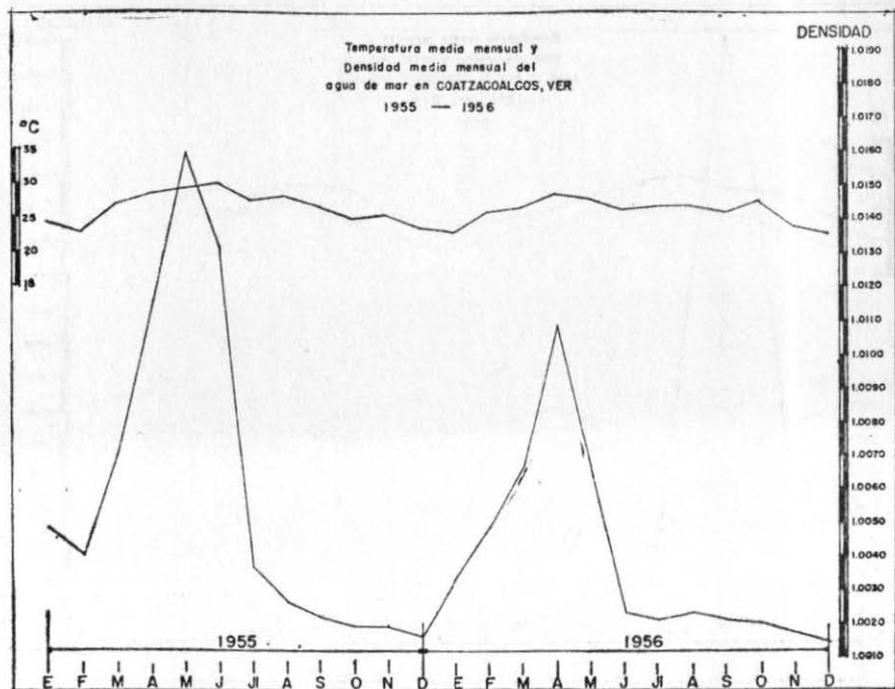


FIG. 9c. Temperatura y densidad medias mensuales del agua en Coatzacoalcos, Ver.

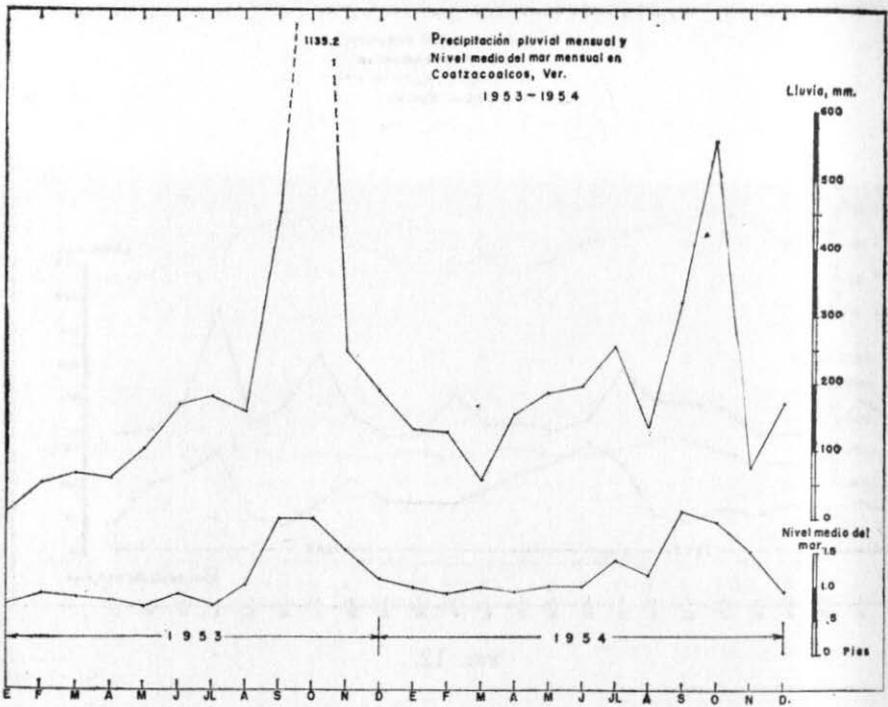


FIG. 14.

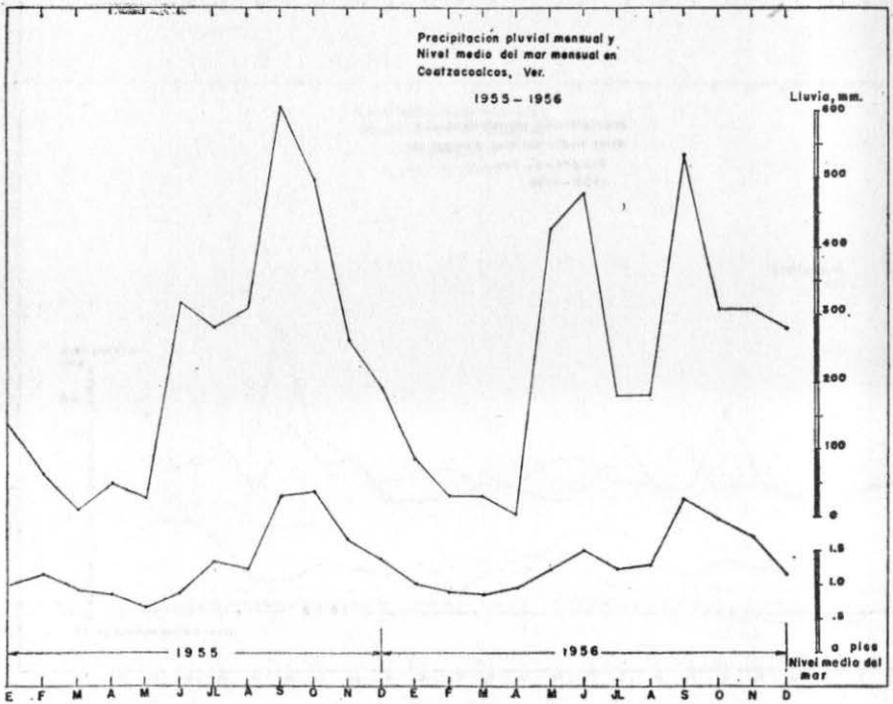


FIG. 15.

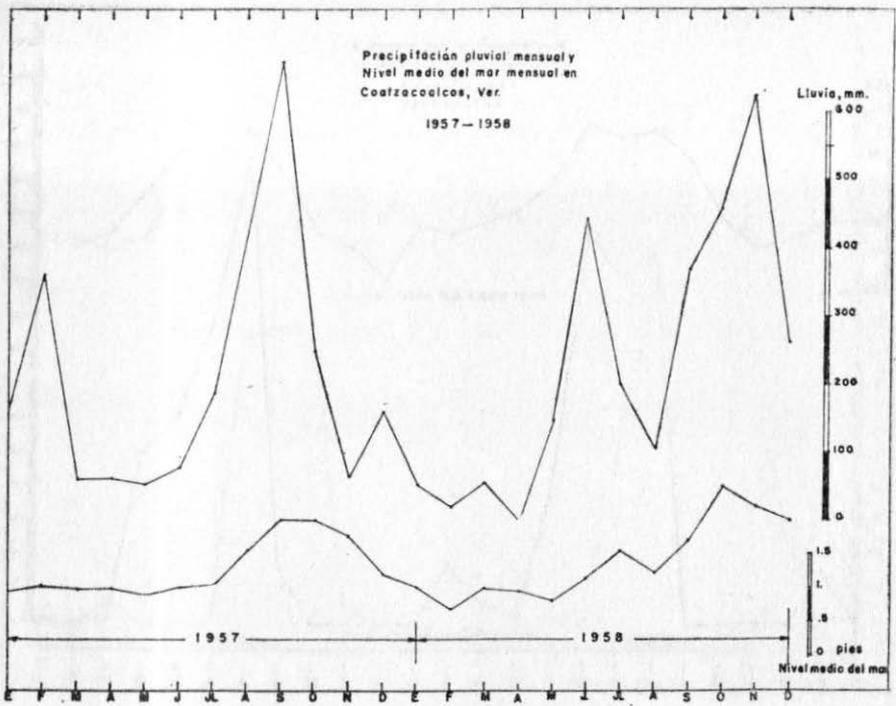


FIG. 16.

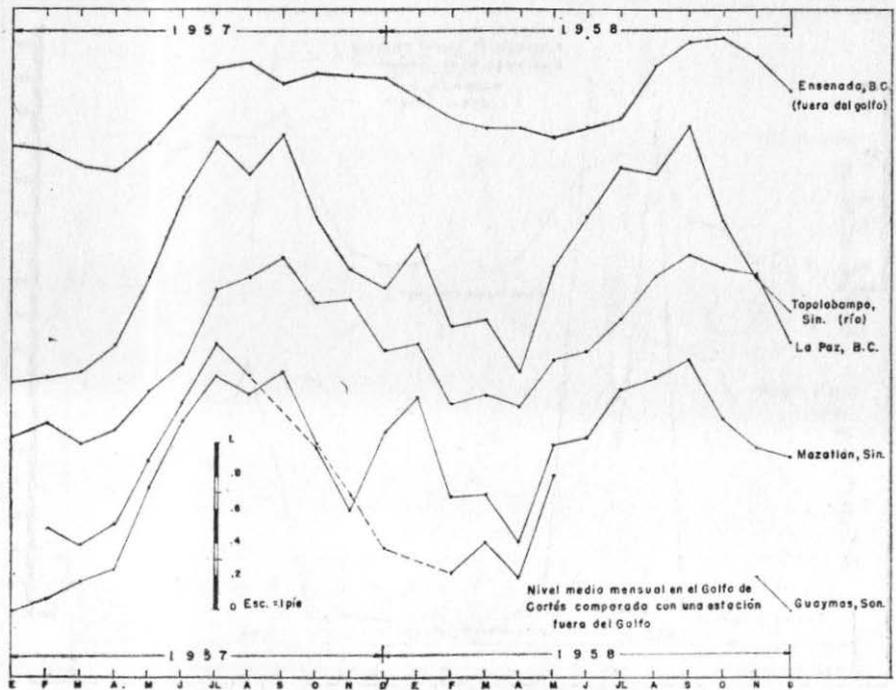


FIG. 17.

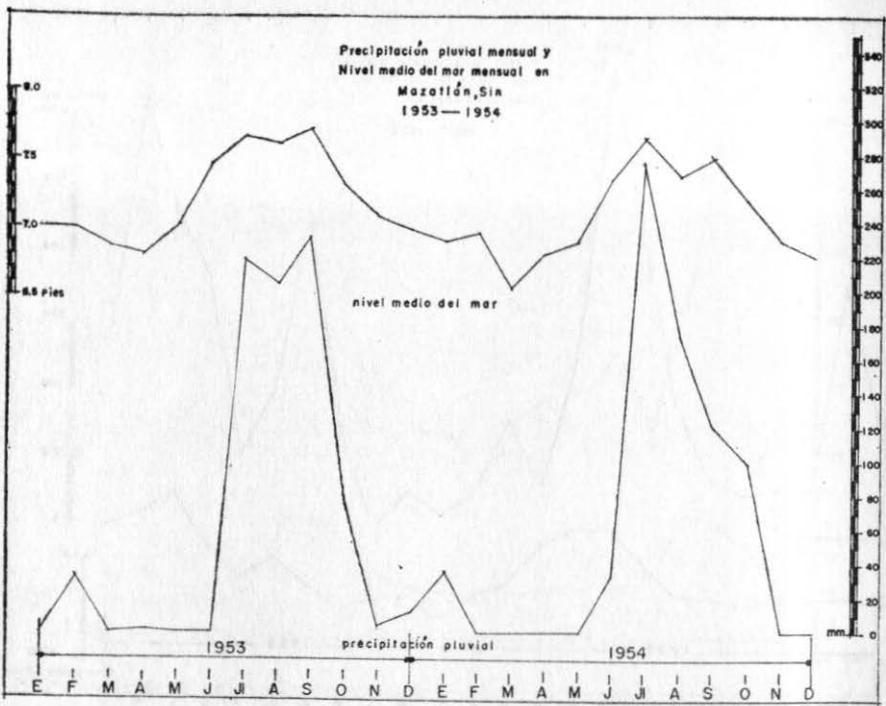


FIG. 18.

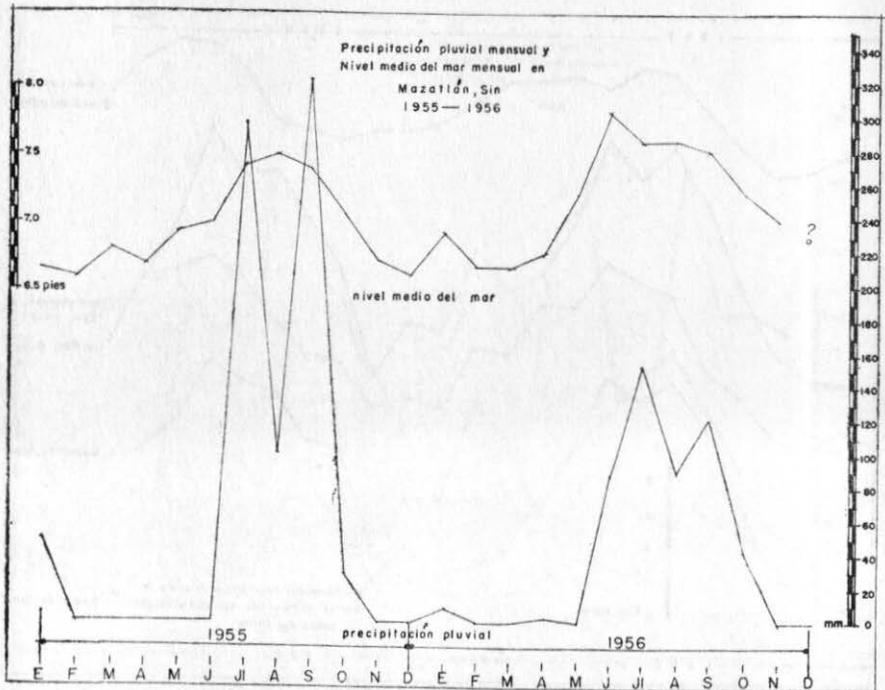


FIG. 19.

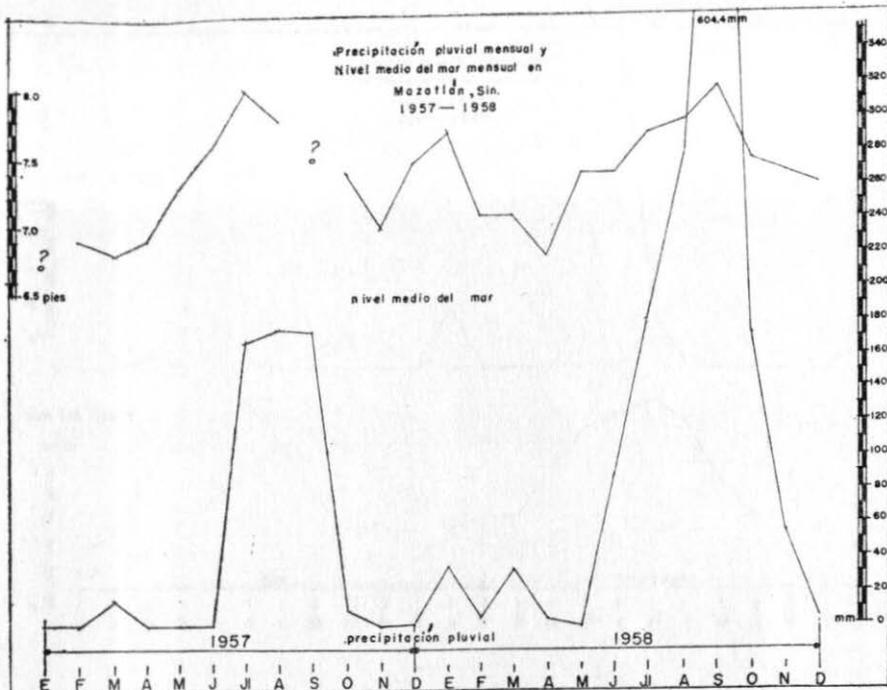


FIG. 20.

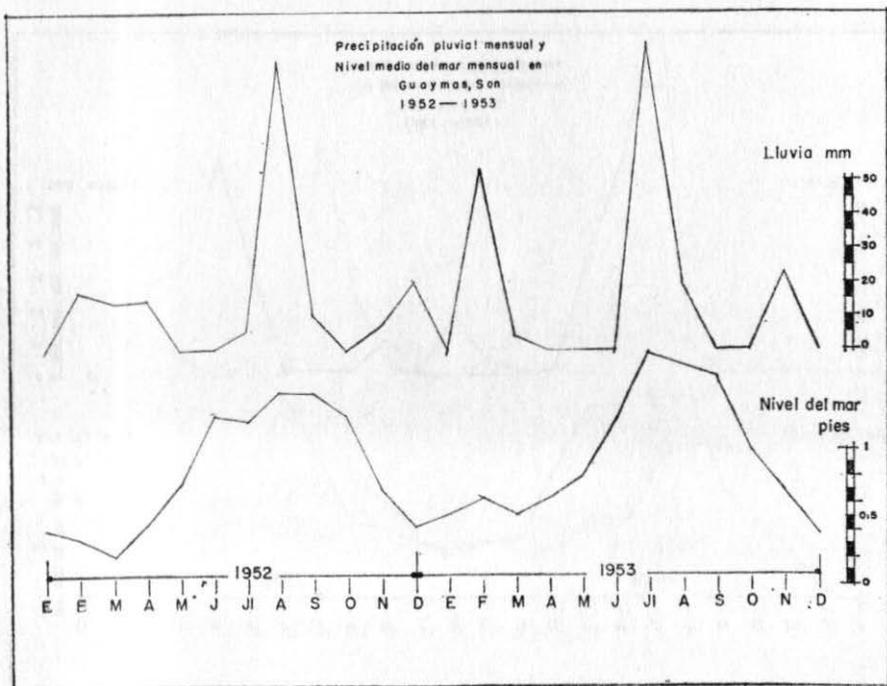


FIG. 21.

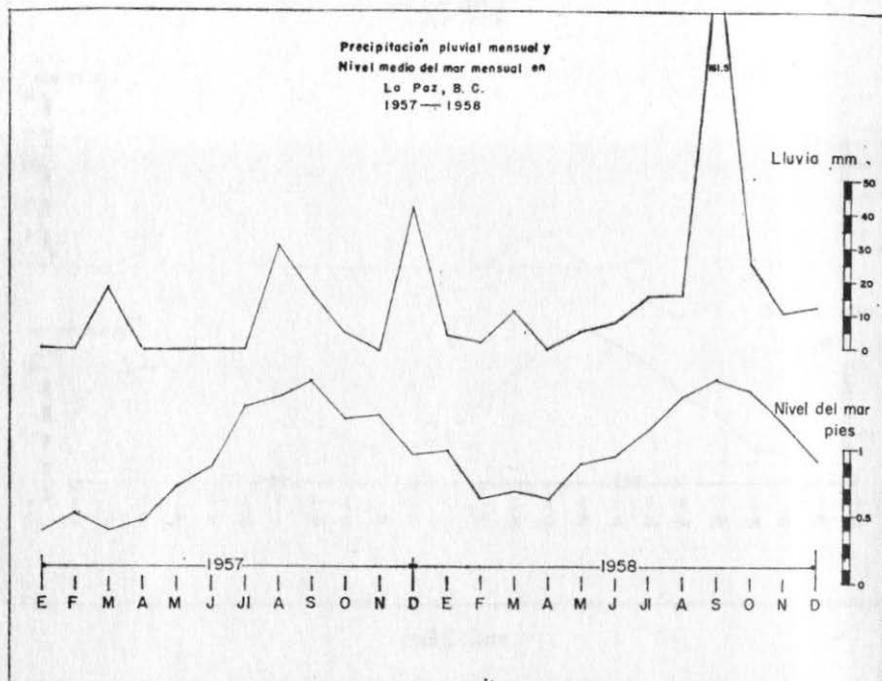


FIG. 26.

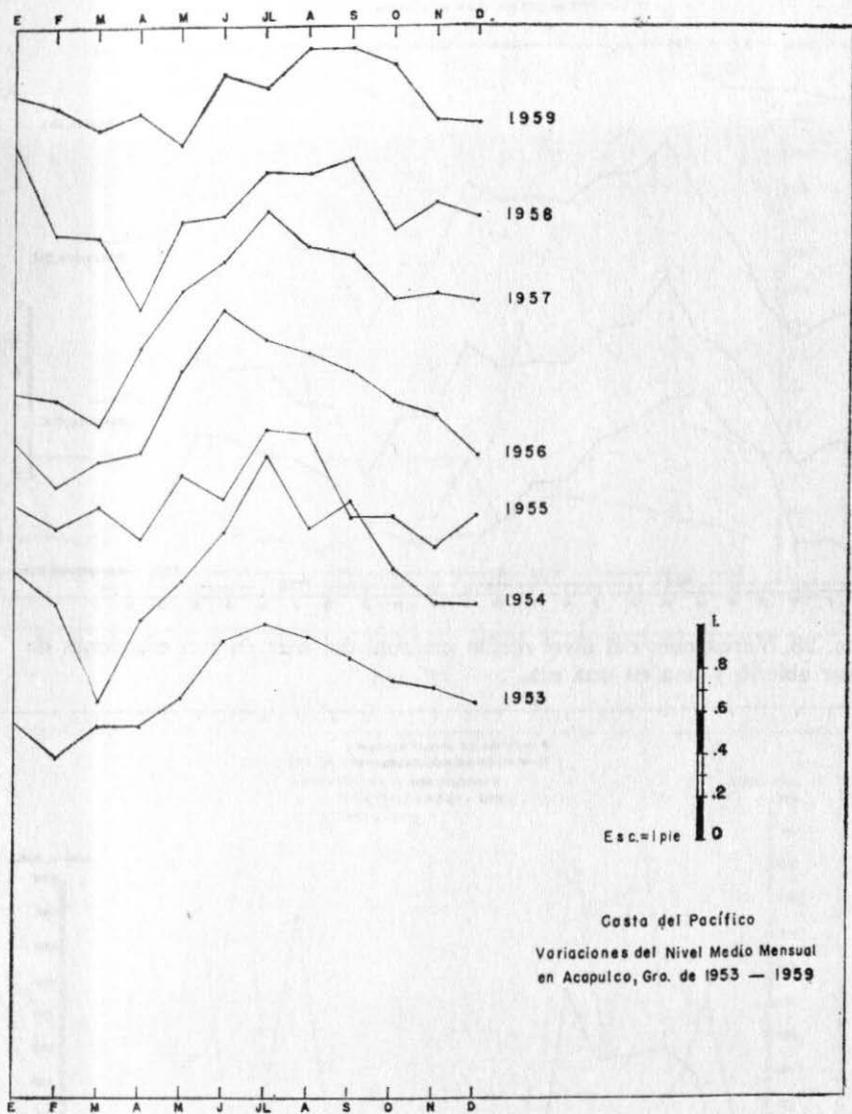


FIG. 27. Variaciones mensuales del nivel del mar en Acapulco, Gro.

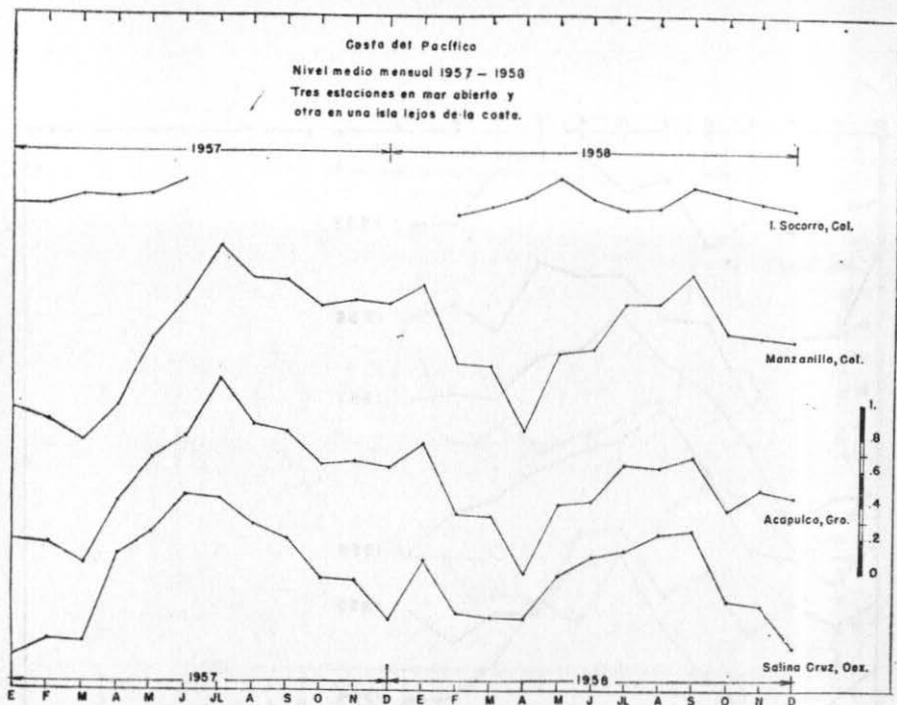


FIG. 28. Variaciones del nivel medio mensual del mar en tres estaciones de mar abierto y una en una isla.

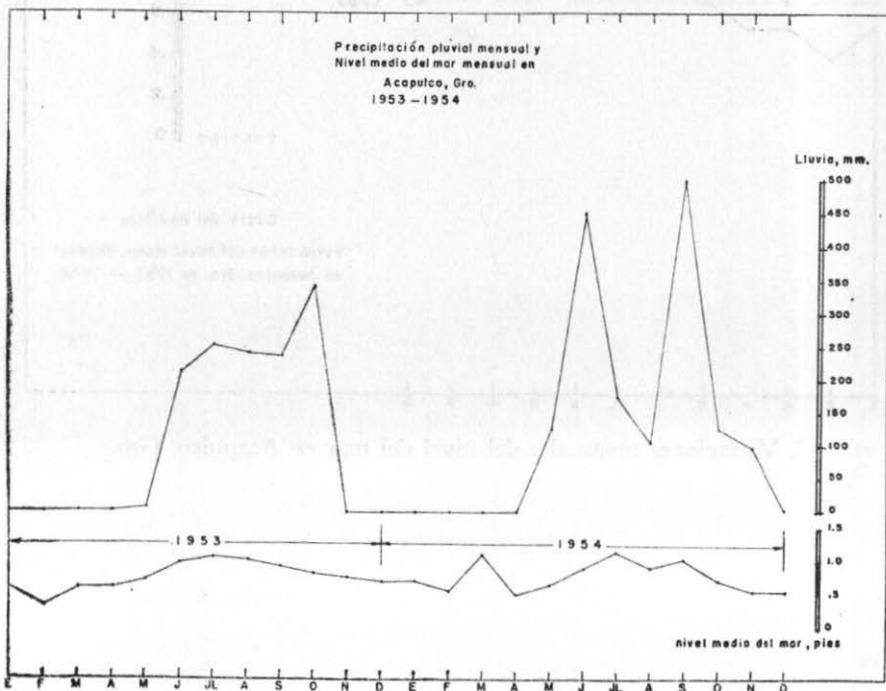


FIG. 29.

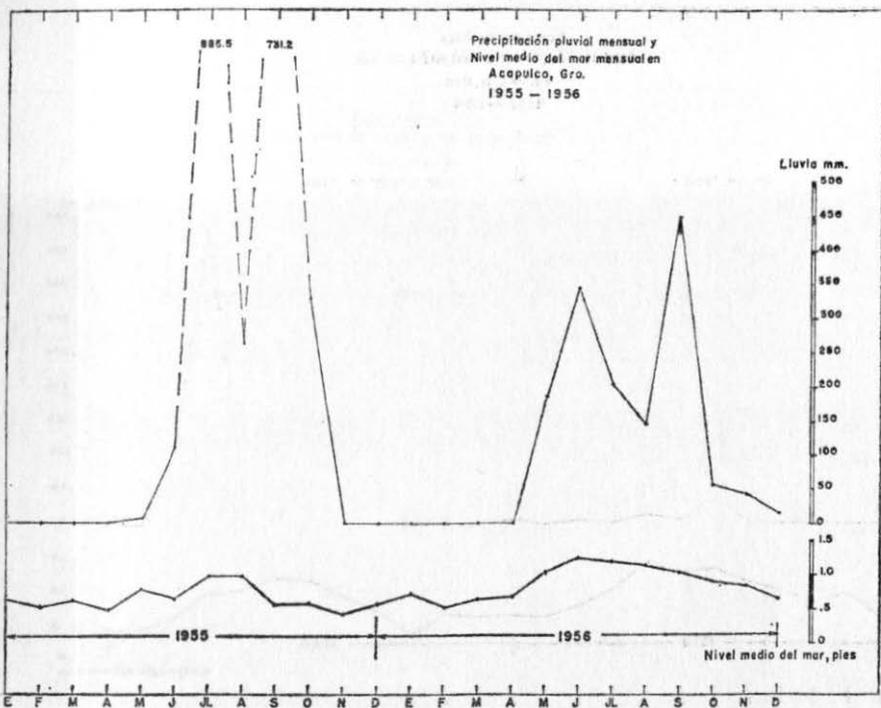


FIG. 30.

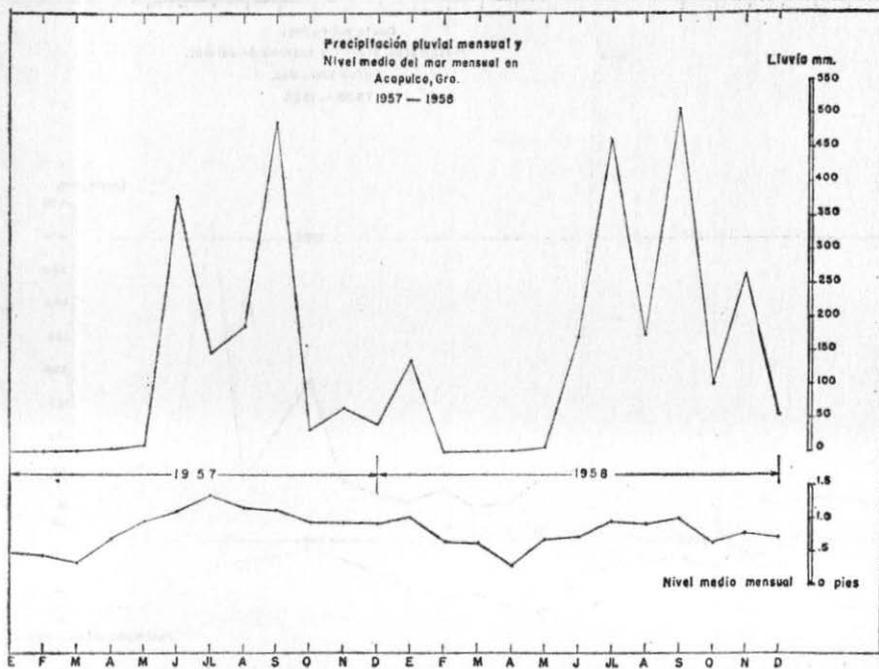


FIG. 31.

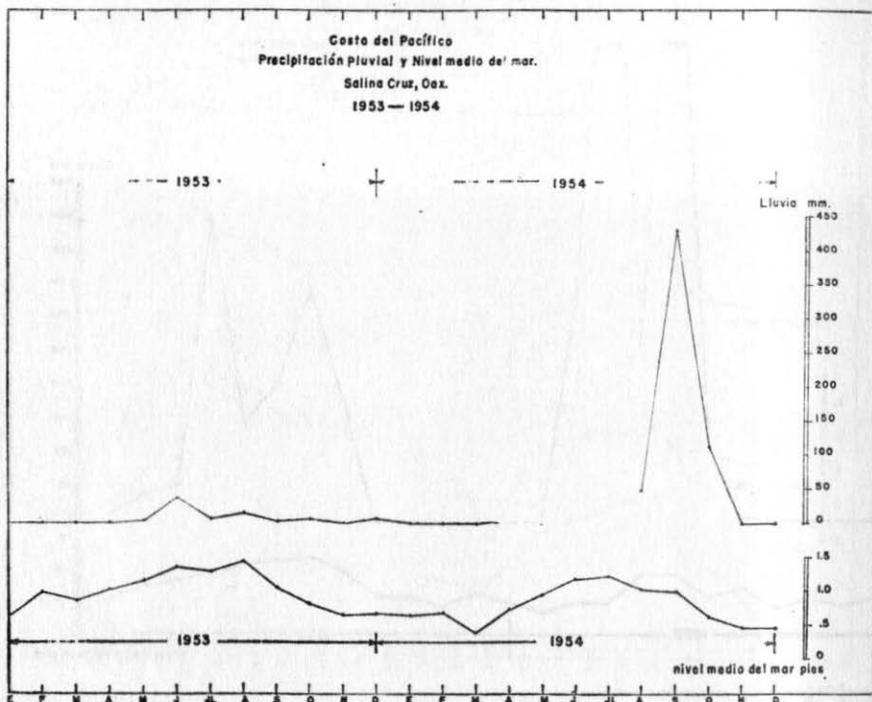


FIG. 32.

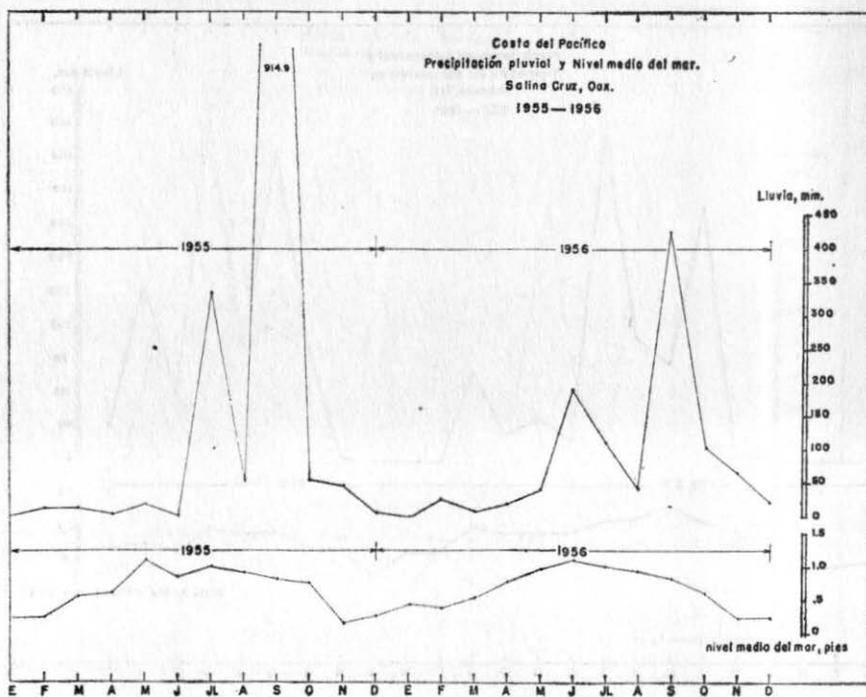


FIG. 33.

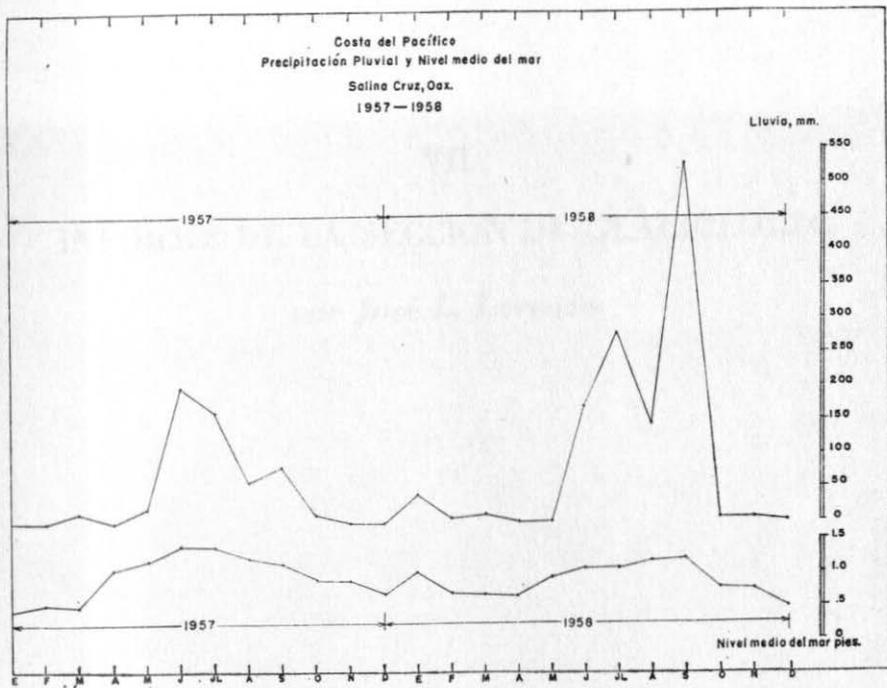


FIG. 34.

VII

INFORME DE LA SECCION DE GLACIOLOGIA.

por José L. Lorenzo

VII

INFORME DE LA SECCION DE GLACIOLOGIA.

por José L. Forzano

EN 1959 Y COMO Monografía N° 1 del Instituto de Geofísica, aparecía un trabajo titulado *Los Glaciares de México* con el que se cumplía lo solicitado en 1955 por la Conferencia de Bruselas del Comité Especial para el Año Geofísico Internacional.

Ahora, con motivo de la publicación de esta otra Monografía en la que se reúnen materiales obtenidos por diversas Secciones del Comité Nacional Mexicano para el Año Geofísico Internacional, se ha creído conveniente incluir los datos medulares que se obtuvieron por la Sección de Glaciología.

En la Monografía sobre los glaciares, ya mencionada, en las páginas 8 y 20-21 se hacía constar que ciertas anomalías climatológicas sucedidas durante el año de 1958, habían impedido estudiar los glaciares del Iztacihuatl en la forma pensada. El año siguiente, 1959, pudimos cumplir con el programa y aunque este estudio no queda inscrito en el tiempo atribuido al Año Geofísico Internacional, se incorporan los datos obtenidos entonces por considerar que están más cerca de lo buscado durante el desarrollo del A. G. I., que lo que en ocasión anterior se publicara.

Hay diferencias en el número de glaciares delimitados así como en área cubierta por los hielos y en la posición de cabeceras y lenguas terminales. Se comprende pues la necesidad de incluir este material.

Lista completa de los glaciares de México, cumpliendo lo solicitado por el C.S.A.G.I. en su reunión de Bruselas, septiembre 8 al 14 de 1955:

IX. 1 El C.S.A.G.I. recomienda que a todos los Comités del A.G.I. que tengan glaciares dentro de su extensión nacional se les pida que den listas completas de estos glaciares al final del A.G.I.

IX. 2 El C.S.A.G.I. resuelve que cuando se concluya el A.G.I. sea publicada una lista de todos los glaciares conocidos, lo más completa posible, registrando cuando menos:

- (i) lugar y elevación
- (ii) nombre
- (iii) área (aproximada)
- (iv) volumen (estimado)
y si es posible
- (v) una fotografía,
- (vi) medidas de actividad
- (vii) otras observaciones de valor glaciológico y meteorológico.

Por no haberse cubierto, se omiten los puntos iv, vi y vii y el v no se cumple totalmente por no disponerse de algunos materiales.

GLACIARES DEL CITLALTEPETL.¹

- (i) En cara norte, comenzando en la cota 5,650, descendiendo, en su mayor avance, hasta la 4,640,
- (ii) Gran Glaciar Norte,
- (iii) cubre un área aproximada de 9.080,000 m²,
- (v) Fig. 2.

Como dependientes del anterior, se admite la existencia de las siguientes lenguas en cuya descripción obviaremos el punto iii por ser compartido con el Gran Glaciar Norte.

- (i) En el extremo norte del anterior, llegando hasta la cota 4,740,
 - (ii) Lengua del Chichimeco,
 - (v) Fig. 1.
- (i) En el extremo NO del Gran Glaciar Norte, dando el mayor alcance de éste, en sus dos lenguas; la oeste, 4,640 y la este 4,650,
 - (ii) glaciar de Jamapa,
 - (v) Fig. 2.
- (i) Al O del Gran Glaciar Norte, limitado al N por el Sarcófago, termina en la cota 4,930,
 - (ii) glaciar del Toro,
 - (v) Figs. 2 y 3.
- (i) Al O del Gran Glaciar Norte y al S del del Toro; termina en la cota 5,090,
 - (ii) glaciar de la Barba,
 - (v) Figs. 2 y 3.
- (i) Al O del Gran Glaciar Norte y al Sur de la zona de los de acantilados terminando en la cota 4,920,
 - (ii) glaciar Noroccidental,
 - (v) Fig. 3.
- (i) Al SO del Gran Glaciar Norte, terminando en la cota 4,980,
 - (ii) glaciar Occidental,
 - (v) Fig. 3.
- (i) Al SSO del Gran Glaciar Norte y al SO del cráter, terminando en la cota 4,980,

¹ Croquis I y II.

- (ii) glaciar Suroccidental,
- (v) no hay.

Además de los anteriores está el que se localizó en la parte E del volcán.

- (i) Al E del cráter, con rumbo general ENE, terminando en la cota 5,070,
- (ii) glaciar Oriental,
- (iii) cubre un área aproximada de 420,000 m²,
- (v) Fig. 1.

GLACIARES DEL POPOCATEPETL.²

- (i) En la cara norte, comenzando en la cota 5,360, descendiendo hasta la 4,690,
- (ii) glaciar Norte,
- (iii) cubre un área aproximada de 400,000 m²,
- (v) Fig. 4.
- (i) En la cara norte, comenzando en la cota 5,250, descendiendo hasta la 4,840,
- (ii) glaciar del Ventorrillo o Teopixcalco,
- (iii) cubre un área aproximada de 200,000 m²,
- (v) Fig. 4.
- (i) En la cara NO, comenzando en la cota 5,400, descendiendo hasta la 5,015,
- (ii) glaciar Noroccidental,
- (iii) cubre un área aproximada de 120,000 m²,
- (v) Fig. 4.

GLACIARES DEL IZTACCIHUATL.³

- (i) En la parte norte de la Cabeza, comenzando en la cota 5,045 descendiendo hasta la 4,900 donde se ve interrumpido por un acantilado, al que corona,
- (ii) glaciar de la Cabeza,
- (iii) cubre un área aproximada de 15,000 m²,
- (v) no hay.
- (i) Se desprende, hacia el este del collado que existe entre la Cabeza y el Pecho, iniciándose en la cota 4,990 y terminando en la 4,760,

² Croquis III y IV.

³ Croquis V y VI.

- (ii) glaciar del Cuello,
 - (iii) cubre un área aproximada de 79,000 m²,
 - (v) Fig. 5.
- (i) Nace de la cumbre de la montaña, cota 5,286 y se desplaza en varias direcciones alcanzando su lengua más baja, Ayolotepito, la cota 4,760. Parece que la parte superior queda dentro de un cráter. La imposibilidad, por carencia de medios, de delimitar cada una de las partes del hielo con moción propia, obliga a que todo se considere un solo conjunto,
 - (ii) sistema de glaciares del Pecho,
 - (iii) En total, el área cubierta es de 660,000 m² aproximadamente,
 - (v) Figs. 5 y 6.
- (i) Se encuentra al SE de la cumbre, desplazándose hacia el este iniciándose en la cota 5,140 y alcanzando la 4,830,
 - (ii) glaciar Nororiental,
 - (iii) ocupa 53,500 m² aproximadamente,
 - (v) Fig. 5.
- (i) En la parte central de la montaña, que forma una paqueña cadena, dirigiéndose hacia el este, comenzando en la cota 5,140 y llegando hasta la 4,715.
 - (ii) glaciar Centro Oriental,
 - (iii) El área ocupada es de 265,000 m² aproximadamente,
 - (v) Fig. 5.
- (i) En la cara O, en la parte central de la montaña, desplazándose al oeste. Se inicia en la cota 5,160 y desciende hasta la 4,725,
 - (ii) glaciar de Ayoloco,
 - (iii) aproximadamente cubre 274,000 m²,
 - (v) Fig. 6.
- (i) En la cara este, extendiéndose hacia el SE. Se inicia en la cota 5,120 y llega hasta la 4,950,
 - (ii) glaciar Sudoriental,
 - (iii) Aproximadamente cubre 109,000 m²,
 - (v) Fig. 5.
- (i) Cara oeste, dirigiéndose también al oeste. Comienza en la cota 5,080 y alcanza la 4,855,
 - (ii) glaciar Atzintli,

- (iii) ocupa un área de aproximadamente 72,500 m²,
- (v) Fig. 6.

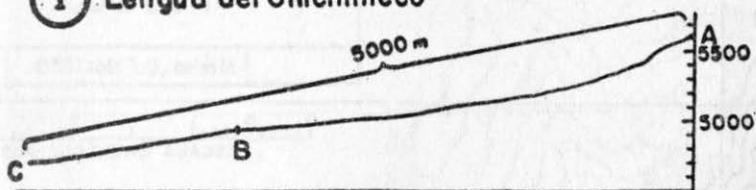
- (i) Cara este, cubre una hondonada y es resto aparente de un glaciar mayor. Su cota más alta es 5,030 y la más baja 4,970,
- (ii) glaciar de San Agustín,
- (iii) Aproximadamente cubre 17,500 m²,
- (v) Fig. 5.

Area total cubierta por glaciares:

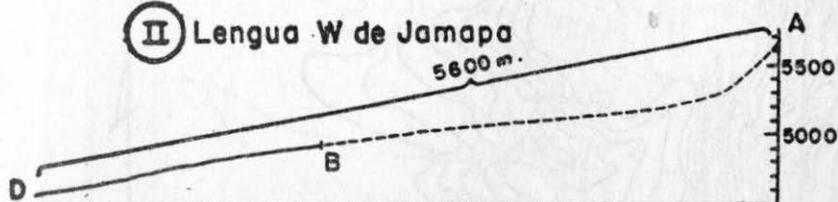
Citlaltépetl	9.500,000	m ²
Popocatépetl	720,000	m ²
Iztaccíhuatl	1.606,000	m ²
GRAN TOTAL	11.826,000	m ²

GRAN GLACIAR NORTE Y GLACIAR ORIENTAL-

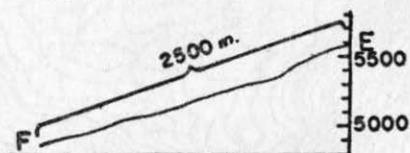
(I) Lengua del Chichimeco



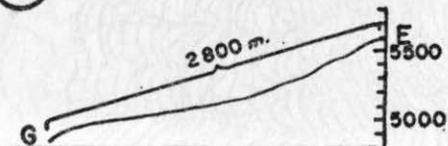
(II) Lengua W de Jamapa



(VI) Glaciar Occidental



(VII) Glaciar Suroeste

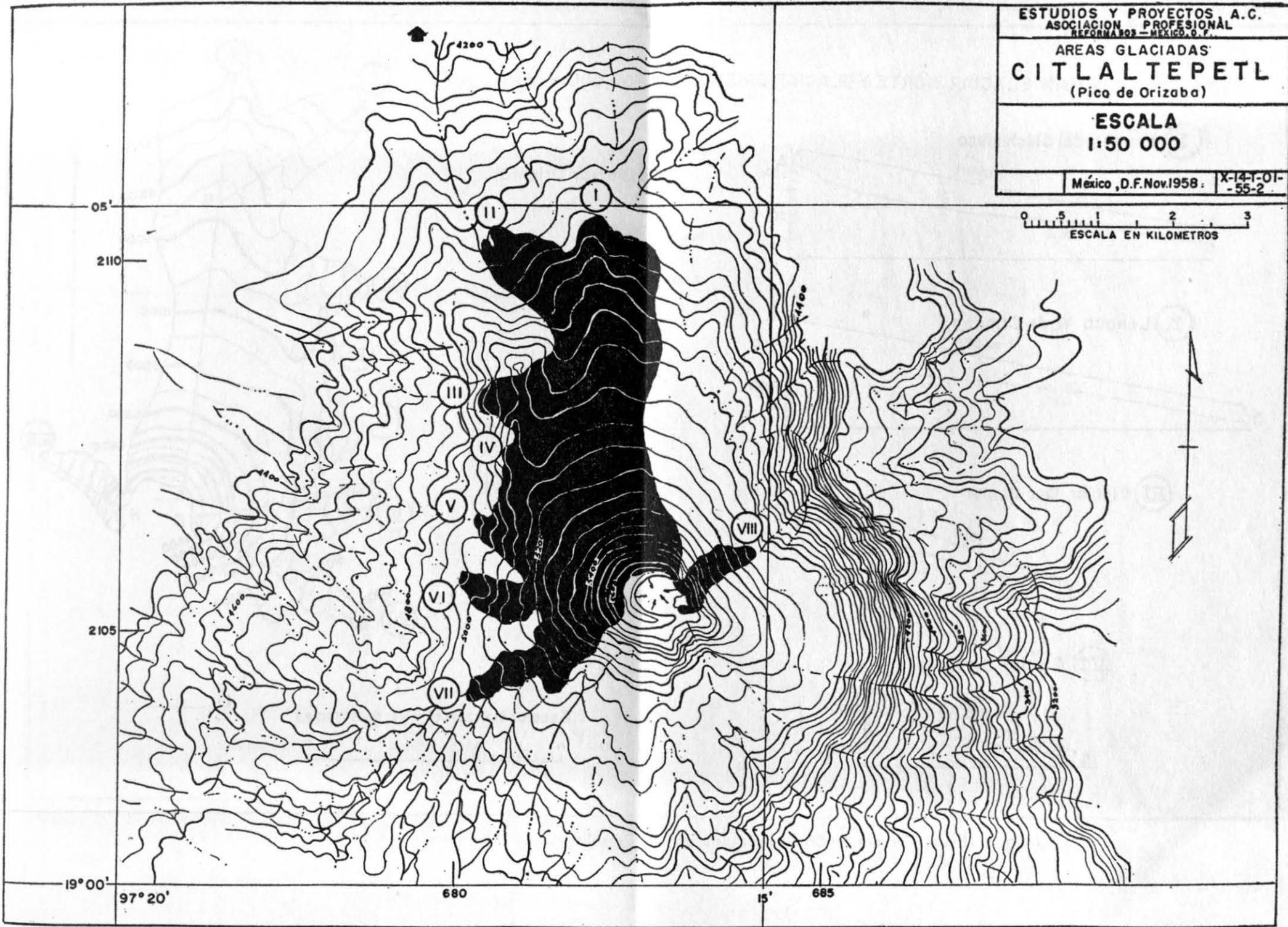


ESTUDIOS Y PROYECTOS A.C.
 ASOCIACION PROFESIONAL
 REFORMA 803 - MEXICO, D.F.

AREAS GLACIADAS
CITLALTEPETL
 (Pico de Orizaba)

ESCALA
 1:50 000

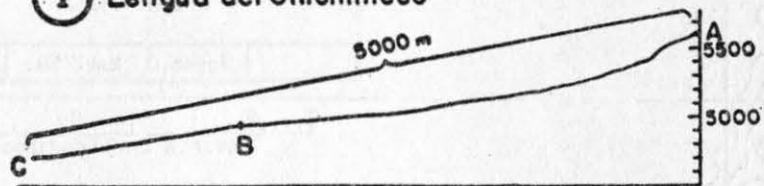
México, D.F. Nov. 1958: X-14-1-01-
 -55-2



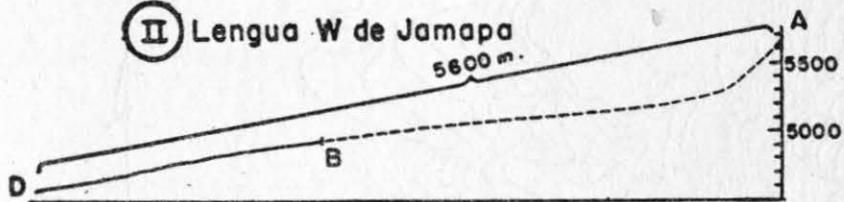
croquis I. El Citlaltepetl y posición de sus glaciares.

GRAN GLACIAR NORTE Y GLACIAR ORIENTAL - 9,500,000 m² aprox

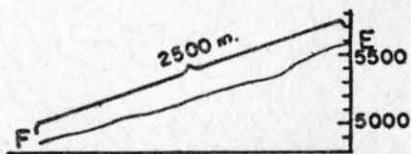
I Lengua del Chichimeco



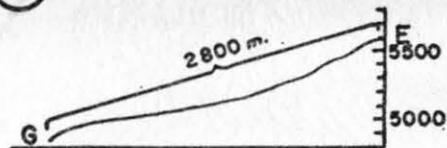
II Lengua W de Jamapa



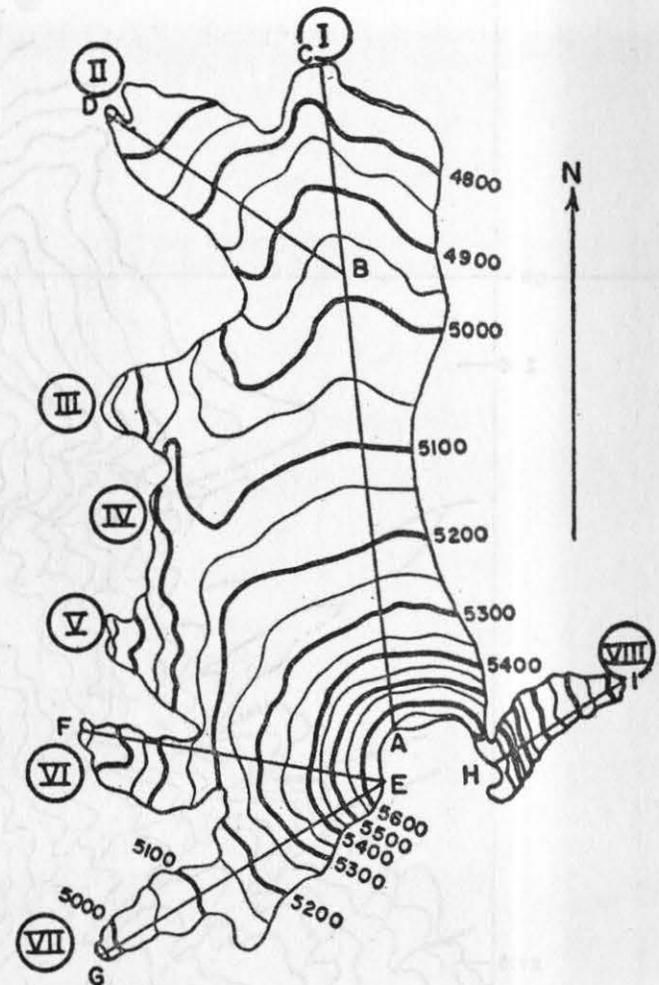
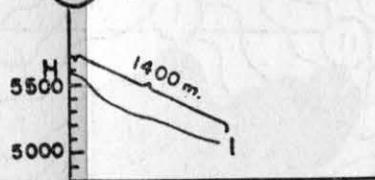
VI Glaciar Occidental



VII Glaciar Suroeste



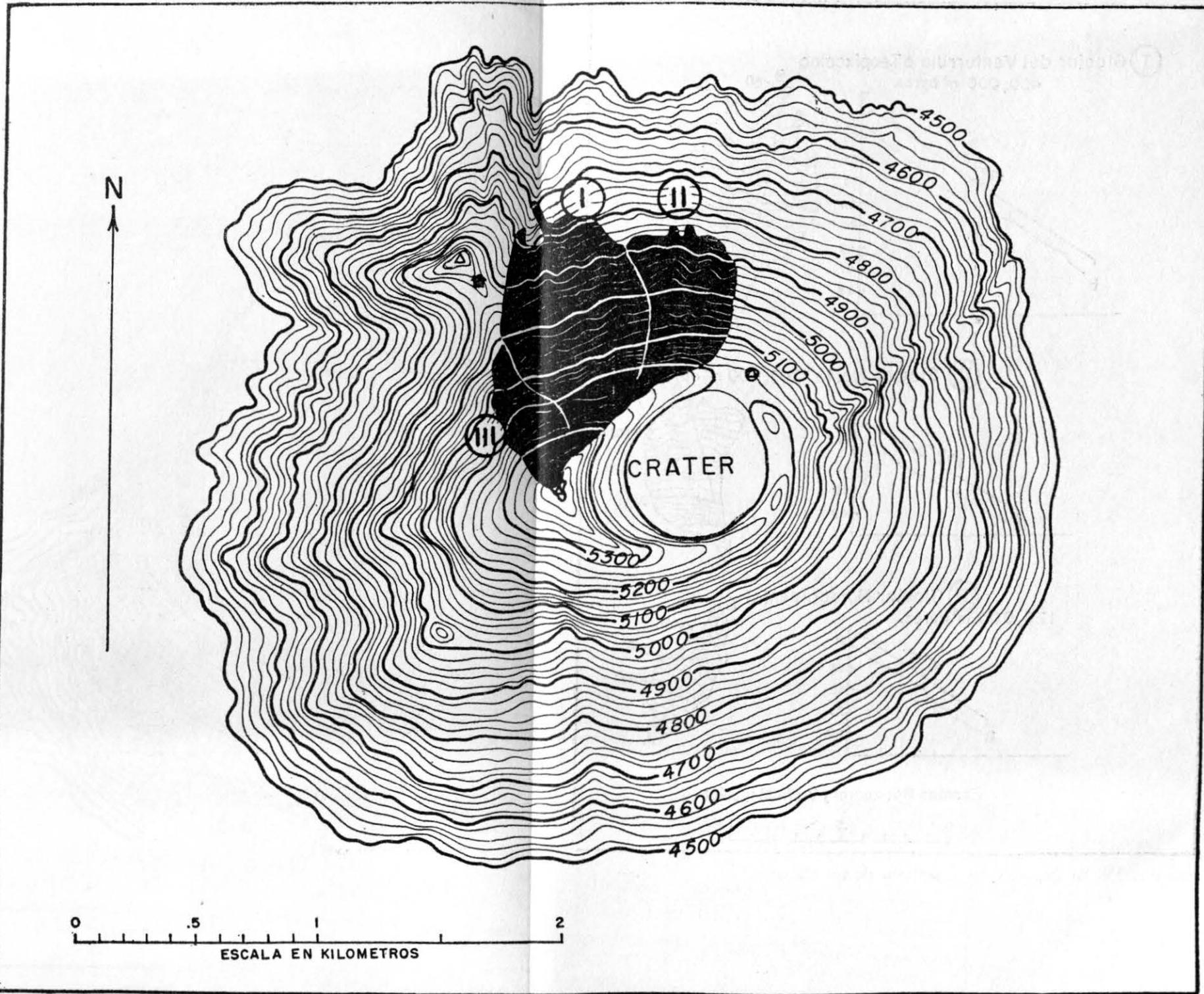
VIII Glaciar Oriental



Escalas Horizontal y Vertical iguales

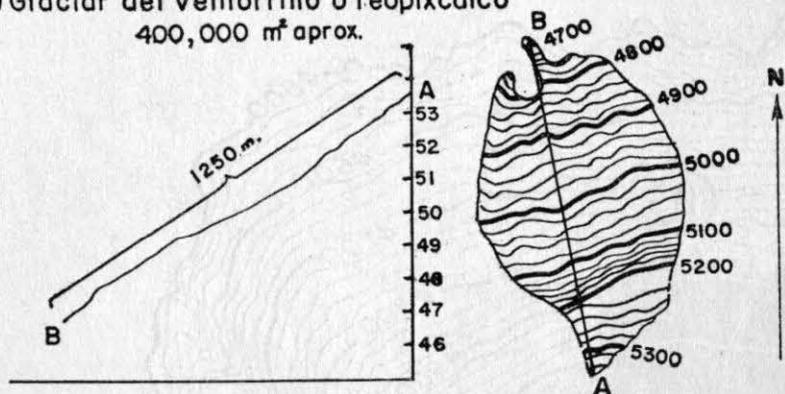


CROQUIS II. Los Glaciares del Citlaltepctl; plano general y perfiles.

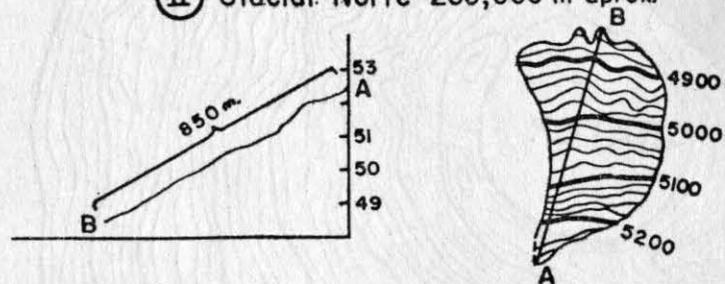


CROQUIS III. Los glaciares del Popocatepetl; plano general y perfiles.

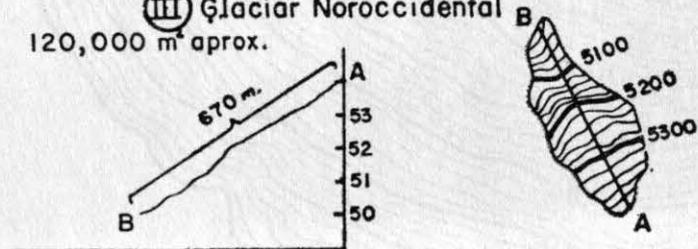
① Glaciar del Ventorrillo o Teopixcalco
400,000 m² aprox.



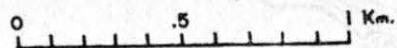
② Glaciar Norte 200,000 m² aprox.



③ Glaciar Noroccidental
120,000 m² aprox.

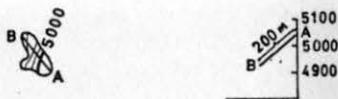


Escalas Horizontal y Vertical iguales

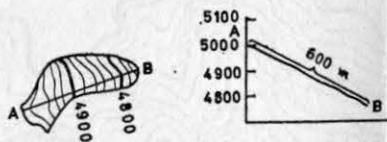


CROQUIS IV. El Popocatepetl y posición de sus glaciarias.

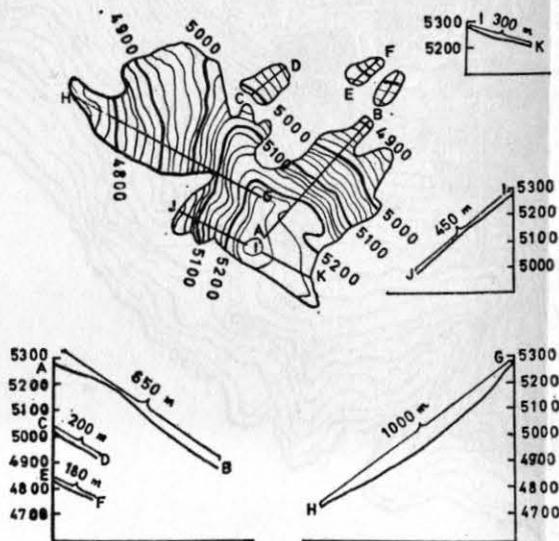
I) Glaciar de la Cabeza, 15 000 m² aprox.



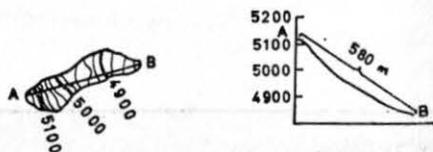
II) Glaciar del Cuello, 79 000 m² aprox.



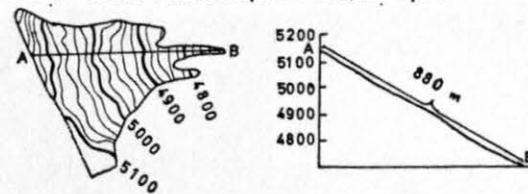
III) Sistema glaciares del Pecho 660 000 m² aprox.



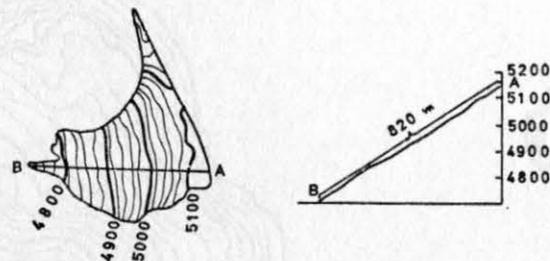
IV) Glaciar Nororiental, 53 500 m² aprox.



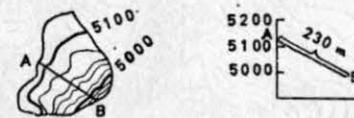
V) Glaciar Centroriental, 265 000 m² aprox.



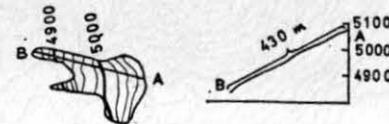
VI) Glaciar de Ayoloco, 274 000 m² aprox.



VII) Glaciar Sudoriental, 109 000 m² aprox.



VIII) Glaciar Atzintli, 72 500 m² aprox.

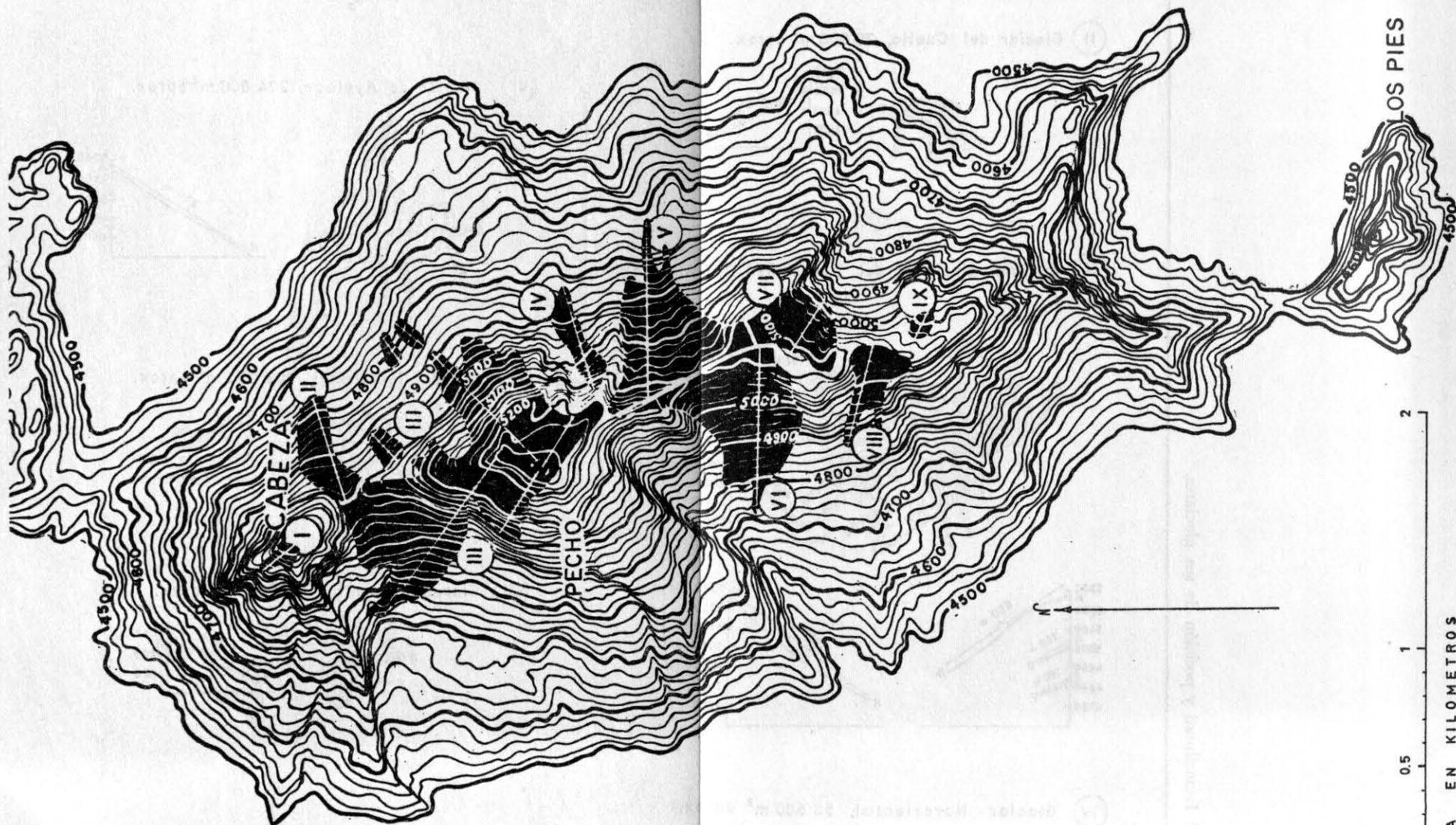


IX) Glaciar Sn. Agustín, 17 500 m² aprox.



ESCALA HORIZONTAL Y VERTICAL
0 .5 1 Km





CROQUIS V. Los glaciares del Iztaccihuatl; plano general y perfiles.

VIII

**MEMORIA SOBRE LA SITUACION GEOGRAFICA
DEL OBSERVATORIO DE TACUBAYA**

*por el Ing. Manuel Medina Peralta**

* Del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México.

De acuerdo con el programa de participación de México en el Año Geofísico Internacional, se hicieron observaciones astronómicas en la caseta Norte del Observatorio Astronómico de Tacubaya, de octubre de 1957 a febrero de 1959, para obtener una nueva posición geográfica de dicho Observatorio.

El interés del Comité Mexicano del Año Geofísico Internacional al incluir esta operación en el programa nacional, fue para mejorar, en lo posible, la precisión de las coordenadas geográficas del Observatorio Nacional, empleando al efecto, el nuevo instrumental que poseía la Dirección de Geografía y Meteorología.

La dirección nombrada y el Instituto de Geofísica convinieron en llevar a cabo esta operación en forma cooperativa, proporcionando la primera su equipo astronómico Wild para ser usado por personal técnico del Instituto.

ANTECEDENTES. El Observatorio Astronómico de Tacubaya, situado en los suburbios de la Ciudad de México, fue el centro de las investigaciones astronómicas en México hasta hace pocos años. Actualmente, varias de sus funciones, especialmente la Astrofísica, están a cargo del Observatorio de Tonantzintla, ubicado a 15 Kms. SW. de la Ciudad de Puebla en un sitio alejado de las perturbaciones citadinas.

Durante los setenta y tantos años que estuvo activo el Observatorio de Tacubaya, se hicieron varias determinaciones de sus coordenadas geográficas, refiriéndolas al poste en que estuvo asentado el Círculo Meridiano.

Las primeras determinaciones adolecieron de la falta de instrumental adecuado y de la poca precisión que podía lograrse en la determinación de las longitudes geográficas.

Las coordenadas que consigna el Anuario Astronómico de Tacubaya para el círculo meridiano, son las siguientes:

Longitud W. de Greenwich	99°	11'	41".1	±	1".10
Latitud Norte	19°	24'	17".9	±	0".06

Los errores probables anotados —que no se consignan en el Anuario— fueron calculados por nosotros, en vista de los resultados que el mismo Observatorio ha publicado en diversas ocasiones. Un poco más adelante daremos a conocer estos resultados así como sus respectivas autoridades.

Como se observará, hay una fuerte disparidad entre las precisiones de la latitud y la longitud, lo que es explicable, dada la complicada técnica de fines del siglo pasado para la determinación de longitudes.

En el caso actual, además de contar con un instrumental moderno y de encontrarnos en la época del radio para la determinación de las longitudes, consideramos que la repetición de las operaciones durante un gran período de tiempo —uno o dos años— que será la duración del Año Geofísico, au-

mentará considerablemente la precisión final de éstas. Creemos que simplemente el hecho de igualar las precisiones en ambas coordenadas, justificará ampliamente esta nueva determinación.

En efecto, las determinaciones geográficas que hasta ahora se consideran más precisas, son las que se refieren a las posiciones "Laplace" y éstas se obtienen como sigue: Para la determinación de la longitud bastan tres noches de observación, con una determinación cada noche, por lo menos. Una determinación de longitud comprende normalmente dos determinaciones de la hora. Con respecto a la latitud, una determinación de primer orden depende de la observación de dieciséis parejas de estrellas, con un mínimo aceptable de doce parejas, cuyo error probable final no exceda de $\pm 0''.2$ (Véase, "Manual of Geodetic Astronomy" de Hoskinson, Coast and Geodetic Survey, pág. 36 y 64).

Recientemente la Unión Geodésica y Geofísica Internacional así como el Instituto Panamericano de Geografía e Historia han fijado la tolerancia de $\pm 0''.1$ en el error probable de ambas coordenadas.

En la operación efectuada durante el Año Geofísico Internacional, se multiplicó considerablemente el número de noches de observación; aunque no todas fueron aprovechadas por diversas causas, puede considerarse sin embargo, que el número de resultados parciales promediables fue superior al de una determinación ordinaria.

No esperamos, sin embargo, que la mayor precisión del resultado final sólo dependa del mayor número de observaciones, sino quizás de la mejor eliminación de los errores sistemáticos, por haber variado considerablemente las condiciones en que se practicaron las observaciones.

El instrumental de que se dispuso para las observaciones fue el siguiente:

Teodolito Astronómico "Wild" T-4.

Cronógrafo de tira marca "Fave".

Cronógrafo de cilindro marca "Gaertner".

Receptor de radio marca "Uster", tipo ZZE.

Cronómetro de tiempo sideral marca "Negus" N° 1763.

Cronómetro de tiempo medio marca "Blackie".

Amplificador electrónico.

Comparador de niveles de burbuja marca "Fauth".

Los métodos astronómicos empleados fueron: el de pasos meridianos de estrellas y recepción automática de las señales horarias de la estación WWVH, del National Bureau of Standards, para la determinación de la hora y la longitud; y el de Horrebow Talcott para la latitud.

Dos observadores trabajaron alternativamente; el Ing. Eduardo Paquen-

tin y el autor de esta memoria. Ambos cuentan con una experiencia de varios años en trabajos de Astronomía de Campo.

A fin de tener una idea de lo que puede esperarse de esta nueva determinación y en vista de los elementos disponibles ya mencionados, damos a conocer los datos que contiene el Instructivo oficial del C.S.A.G.I., en lo que se refiere al equipo requerido para las estaciones que participen en el plan internacional.

Esencialmente:

- a) Micrómetros impersonales para las observaciones astronómicas.
- b) Algunos guardatiempos de cristal de cuarzo de buena calidad.
- c) Equipo receptor de radio que garantice una recepción casi continua, con precisión adecuada, de las señales de radio emitidas por las demás estaciones del sistema mundial. Esta última condición requiere un cuerpo técnico adecuado.
- d) Empleo simultáneo de varios instrumentos.
- e) Determinaciones simultáneas de latitud, tan precisas como sea posible.

Consideramos que el instrumental de que se dispuso fue típicamente un equipo de campo, especialmente en lo que se refiere a guardatiempos, pues no sólo se careció de osciladores de cristal de cuarzo para el control del tiempo, sino que ni siquiera pudieron usarse los péndulos Rifler del Observatorio por haber estado éstos fuera de servicio de tiempo atrás.

Se intentó hacer observaciones simultáneas con dos zenitales; pero uno de ellos, el "Repsold and Sohn" No. 1, que nos fue facilitado por la Dirección de Geografía nos pareció bastante defectuoso por su uso de más de 50 años.

Por todo lo anterior consideramos que el trabajo astronómico que desarrollamos en el Año Geofísico Internacional, por el modesto instrumental usado, no corresponde a las precisiones que son de desearse en esta operación mundial.

Los datos preliminares de estas operaciones, como son la instalación, ajuste y determinación de constantes de los instrumentos, fueron expuestos en el opúsculo titulado: "Informe preliminar sobre la nueva determinación de las coordenadas geográficas del Observatorio de Tacubaya, en ocasión del Año Geofísico Internacional 1957-1958", elaborado por el Investigador del Instituto de Geofísica, señor Enrique Cobo, y revisado y ampliado por el autor de esta Memoria.

El informe actual omitirá, pues, algunos detalles ya dados a conocer en el Informe Preliminar y se limitará a exponer los resultados de las observaciones y sus errores probables. Se presentan estos datos finales en la forma de tablas, cuya secuencia se inicia en la Tabla 1, que es la continuación del registro original de observaciones.

DETERMINACION DE LA LONGITUD GEOGRAFICA.

Esta determinación requiere:

- a. El conocimiento de la "hora local".
- b. El conocimiento de la "hora universal".
- c. Ambas horas en un mismo instante físico.

Los factores que dan a conocer la hora local, en un instante dado, son: 1) El conocimiento de la corrección del guardatiempo, o ΔT en términos astronómicos, para un momento origen y 2) la marcha del guardatiempo, o sea lo que adelanta o atrasa en la unidad de tiempo, el minuto, generalmente.

El conocimiento de la "hora universal" se logra actualmente recibiendo las transmisiones por radio de las señales horarias de tiempo que emiten los principales observatorios mundiales.

La determinación de la "hora", para una operación de esta naturaleza, se obtiene por medio de la observación de pasos meridianos de estrellas, cuya operación efectuamos de acuerdo con las estipulaciones establecidas para el efecto.

Los resultados inmediatos de esta operación proporcionan el término t de la fórmula siguiente, que es la de Mayer:

$$\Delta T = (\alpha - t) - Aa - Bb - Cc - k$$

El significado de estas literales es bien conocido.

La Tabla No. 1 titulada "Observaciones de pasos meridianos de Estrellas" contiene los primeros resultados y consigna el valor del término $(\alpha - t)$ para cada estrella (Columna 6).

La Ascensión Recta (α) de cada estrella observada, se tomó del catálogo titulado: "Apparent Places of Fundamental Stars", publicado por His Majesty's Stationery Office, London. En dicho catálogo están consignadas las ascensiones rectas y las declinaciones "aparentes" de 1535 estrellas del tercer catálogo fundamental (FK_3), para cada diez días del mes.

Para reducir este dato a la fecha de la observación, se partió del día decimal próximo (0, 10, 20 o 30), y se interpoló por primera y segunda diferencias, aplicando la fórmula de Bessel:

$$f_n = f_0 + n\Delta_1 + B_n'' (\Delta_0'' + \Delta_1'')$$

en la que n es el factor de interpolación, Δ_1 la primera diferencia, Δ_0 ,

Δ_1 las segundas diferencias y $B_n'' = n \frac{(n-1)}{4}$

El factor de interpolación depende de la longitud del lugar de observación y de la fecha en que ésta se efectúe. Su valor es: $n = \frac{1}{10}$ (fecha de

la observación — fecha del catálogo + diferencia de longitud expresada en días).

El tercer término de la fórmula se tomó de unas tablas que consignan las Efemérides Inglesas, con los argumentos Δ_0'' y Δ_1 .

El resultado f_n se corrige por el efecto de los términos de corto período de la nutación en longitud, por medio de la fórmula: $\Delta\alpha = d\alpha(\psi) d\psi + d\alpha(\epsilon) d\epsilon$ (segundos de tiempo), en la que $d\psi$ y $d\epsilon$ son los términos de corto período y oblicuidad, respectivamente, tabulados para todos los días del año en las Efemérides Inglesas antes mencionadas; y $d\alpha(\psi)$ $d\alpha(\epsilon)$, igualmente tabulados para cada estrella en las mismas Efemérides.

La literal t en el término $(\alpha-t)$ representa el tiempo cronométrico del paso de la estrella por el meridiano, corregido por:

- a) Ecuación de plumas.
- b) Marcha del cronómetro.
- c) Nivel (falta de horizontalidad del eje de alturas).
- d) Aberración diurna.
- e) Punto muerto del tornillo micrométrico.

La tercera columna de la Tabla No. 1 contiene los promedios brutos de diez observaciones correspondientes, tal como se registran en el cronógrafo.

La cuarta columna, en la que sólo se han escrito los segundos, representa la hora anterior corregida por las cinco causas de error citados. Sus valores se determinaron como sigue:

Ecuación de plumas: El cronógrafo en que se inscribió el paso de las estrellas por los hilos ficticios de la retícula, tiene dos plumas; una de las cuales anota los segundos del cronómetro por medio de una rayita vertical, y la otra los contactos eléctricos al cruzar la estrella por los hilos ficticios. Generalmente, ambas plumas están ligeramente defasadas; y su separación en el sentido del movimiento cronográfico, en unidades de tiempo, es lo que se llama ecuación de plumas.

Esta separación se mide haciendo funcionar a las dos plumas simultáneamente accionadas por el cronómetro. La separación de los trazos, expresada en unidades de tiempo es la ecuación buscada.

Marcha del cronómetro: Si el cronómetro tiene una marcha apreciable, su corrección o ΔT varía durante el curso de las observaciones. Para reducir cada tiempo observado al mismo instante, por ejemplo, a la época media de la observación de cada noche, se aplica la siguiente corrección:

$$R = (t - t_0) r$$

en la que t es la hora cronométrica del paso de la estrella por el meridiano; t_0 es el promedio de tiempos meridianos de todas las estrellas observadas en la noche que se calcula, y r es la marcha del cronómetro, expresada en las mismas unidades de tiempo que $t - t_0$.

Corrección por nivel: Cuando el eje de alturas del instrumento no es rigurosamente horizontal, el anteojo queda desviado hacia uno u otro lado del meridiano y, por lo mismo, las estrellas adelantarán o retrasarán su tránsito por el meridiano. Se corrige este error por medio de las lecturas del nivel colocado sobre el eje de alturas (nivel montante) tomadas en las dos posiciones del instrumento. La inclinación del eje del anteojo, expresada en segundos de tiempo es:

$$b = [(w - w') + (e - e')] d/60$$

en la que w y e son las lecturas de los extremos Oeste y Este de la burbuja, respectivamente, cuando la lectura más baja del nivel queda hacia el extremo Este; y w' y e' las lecturas correspondientes después de invertir el anteojo del instrumento.

La corrección final por nivel es: Bb , el tercer término de la fórmula de Mayer, en el que B es un factor constante para cada estrella, que depende de su declinación y de la latitud del lugar de observación. Este factor está tabulado en todos los tratados de Astronomía de Posición.

Corrección por Aberración Diurna: Esta corrección es debida al movimiento de rotación de la tierra, cuyo efecto es el de anticipar el paso de la estrella por el meridiano. Se calcula por medio de la fórmula:

$$k = 0^s.021 \cos \varphi \sec \delta$$

en la que φ es la latitud de la estación, y δ la declinación de la estrella. Se aplica con signo — a todas las estrellas observadas en su culminación superior.

Corrección por punto muerto del micrómetro. Cuando se sigue el movimiento de una estrella en el campo del anteojo por medio de un hilo reti-

cular impulsado por un tornillo micrométrico, existe un espacio muerto al cambiar la dirección del movimiento del micrómetro. Como las estrellas se observan en las dos posiciones del antejo, hay que variar la dirección del movimiento del tornillo micrométrico, lo que produce un espacio muerto, o sea una alteración en los tiempos que se registren en la tira cronográfica. Esta corrección se calcula por la fórmula:

$$l = \frac{1}{2} \frac{R}{100} (m \sec \delta)$$

en la que R es el valor de una revolución del micrómetro expresado en segundos de arco; m es el espacio muerto, en unidades de la división micrométrica y δ es la declinación de la estrella observada.

En el caso actual, la cantidad m para el micrómetro ocular del teodolito astronómico Wild, se determinó por medio de un gran número de lecturas hechas sobre la retícula fija del antejo, en cada uno de sus hilos, moviendo primero el tornillo en una dirección y después en la opuesta. El resultado de 30 lecturas fue el siguiente:

$$m = - 0.12333 \text{ div.}$$

Llevando este valor a la fórmula anterior y sustituyendo, a la vez, el valor de $\frac{1}{2}R = 77''.33$, queda:

$$l = - 0.006 \text{ sec } \delta \text{ en segundos de tiempo.}$$

En los Manuales de Astronomía de Posición se habla de la corrección por anchura de los contactos eléctricos. Se debe ésta al hecho de que los contactos no son instantáneos y aparecen en la tira cronográfica más o menos largos. Para evitar esta corrección, acostumbramos leer en la tira los dos extremos del contacto; el de adelante en la primera mitad de la observación, y el de atrás en la segunda mitad. Al promediar las lecturas queda eliminado numéricamente este error.

La sexta columna de la Tabla No. 1 da a conocer, para cada estrella en todas las noches de observación, el término $(\alpha - t)$. En atención a que el tercer término de la fórmula Bb ya fue aplicado, en calidad de corrección a t (hora bruta de observación), queda la fórmula reducida en un término.

Además, al efectuar la observación de cada estrella en las dos posiciones del antejo, se hace desaparecer el cuarto término de la fórmula de Mayer, o sea el Cc, que viene a medir el error de colimación del antejo.

Se llega, de esta manera a una ecuación, para cada estrella, de la forma:

$$\Delta T = (\alpha - t) - Aa$$

dado que el término correctivo por aberración diurna k ha sido también aplicado a t .

Como en cada noche de observación se observa un mínimo de seis estrellas, se tendrán otras tantas ecuaciones con dos incógnitas: ΔT y a , puesto que A es un coeficiente fijo para cada estrella y latitud dadas.

Estas ecuaciones pueden resolverse fácilmente por el método de los mínimos cuadrados y obtener así los valores más probables de ΔT y a . Algunas veces, cuando no se requiere una gran precisión, puede aplicarse a esta resolución un método abreviado del U.S. Coast and Geodetic Survey, consistente en sumar término a término las ecuaciones que tienen el factor A con el mismo signo, para llegar a dos ecuaciones con dos incógnitas.

El segundo parámetro indispensable para precisar la hora en un momento dado, es la "marcha" del guardatiempo o sea su adelanto o atraso en la unidad de tiempo.

El problema del guardatiempo en general y particularmente el de un instrumento conservador de tiempo con la mayor precisión, ha sido el mayor escollo que en todas las épocas ha presentado la determinación de longitudes. La invención del cronómetro marino obedeció a la necesidad de medir el tiempo en el mar, en donde no podía utilizarse el péndulo, para la determinación de longitudes geográficas.

La marcha de un guardatiempo se calcula por medio de la fórmula:

$$m = \frac{\Delta t - \Delta t_0}{t - t_0}$$

en la que Δt y Δt_0 son las correcciones absolutas del guardatiempo en las horas t y t_0 .

Hasta hace pocos años, la determinación de la marcha requería dos determinaciones de la "hora" en un intervalo de tiempo reducido. Generalmente, en el caso de la determinación de longitudes, se hacía una determinación antes y otra después de la comparación de tiempos entre la estación local y Greenwich. En la actualidad esta operación se hace con la mayor facilidad y precisión, por medio de las señales horarias que se emiten por radio.

La Tabla No. 2 consigna los resultados de las comparaciones por radio para obtener las marchas del cronómetro Sideral Negus Núm. 1763 empleado en las observaciones.

En la primera columna se consignan las fechas en las que se practicaron observaciones estelares para la determinación de la hora. La segunda columna, en la que figura la hora universal de las señales recibidas por radio y emitidas por la estación del National Bureau of Standards en Maui, Hawaii, con letras internacionales WWVH y frecuencia de 15 mc/s. Diariamente se recibieron tres grupos de señales: antes de la observación de estrellas, en el medio de la observación y después de la última estrella observada. Las señales extremas anotadas en la Tabla son el promedio de veinte señales, reducidas a la última señal, y están destinadas al cálculo de las marchas cronométricas. Las señales recibidas en el centro de la observación, consistentes en treinta, reducidas también a la última señal, están destinadas a la comparación con las horas simultáneas de Greenwich para la obtención de la longitud.

Todos los grupos de señales fueron recibidos y registrados automáticamente en el Cronógrafo de Tira Fave, con absoluta claridad y limpieza. (Véanse las lecturas consignadas en la Tabla 2 bis).

La columna 3 de la Tabla No. 2 contiene las indicaciones del cronómetro sideral Negus Núm. 1763 que corresponden a cada señal de tiempo universal, y están reducidas a la última señal y promediadas como aquéllas.

Para calcular las marchas cronométricas con los datos anteriores, puede procederse de dos maneras y son las siguientes: calcular las ΔT que corresponden a cada grupo de señales, empleando un valor aproximado de la longitud ($6^{\text{h}}36^{\text{m}}46^{\text{s}}.74$, por ejemplo), o bien comparar entre sí los intervalos entre las señales de tiempo medio, convertidos en intervalo sideral, con el intervalo registrado en el cronómetro Negus.

Se calcularon las marchas siguiendo ambos caminos, con resultados exactamente iguales. Los cálculos hechos de acuerdo con el segundo procedimiento, figuran en la Tabla No. 3, en la que se anotan en la columna siete tanto las marchas horarias como las marchas por minuto.

•

Con el conocimiento de la corrección cronométrica a una hora t_0 y la marcha m_m (marcha por minuto), puede calcularse la hora local para cualquier momento t , pues se tendrá:

$$t + \Delta t_0 + m(t - t_0)$$

faltando sólo, para resolver el problema de las longitudes, el conocimiento de la "hora universal" para el momento t , para obtener:

$$\text{Longitud} = \text{Hora universal} - \text{Hora local}$$

expresadas ambas horas en la misma clase de tiempo, medio o sidéreo.

La "hora universal" es transmitida por radio actualmente, de una manera continua, por varias estaciones mundiales, entre las cuales se cuentan las estaciones WWV y WWVH del National Bureau of Standards de los Estados Unidos de Norte América. Después de algunas experiencias encontramos que las señales que podíamos recibir y registrar automáticamente en el cronógrafo de tira Fave, eran las de la estación WWVH, situada en una pequeña isla del grupo de las islas Hawaii y que transmite en una frecuencia de 15 megaciclos por segundo.

En la Tabla No. 2 figura el registro de estas señales, siendo la central del grupo de las tres anotadas diariamente. Las señales extremas, o sean la primera y la tercera también representan tiempo universal, pero como se ha dicho anteriormente fueron recibidas en menor cantidad que la central.

La señal, tal como es emitida, debe corregirse de acuerdo con los datos que publica regularmente el "Bureau International de l'Heure (B.I.H.) de cuyos boletines tomamos los datos que, debidamente interpolados para la hora local, figuran en la cuarta columna de la Tabla No. 2.

También debe corregirse la señal emitida por el retardo de propagación, o sea el tiempo que emplea la onda en trasladarse del punto emisor al receptor. Sobre el particular nos dirigimos al "Central Radio Propagation Laboratory" de Boulder, Colorado, cuya respuesta nos llegó después de hacer las correcciones por retardo que recomienda el *Traité de Geodesie de Tardi Laclavere*, Tomo II, Pág. 121.

En efecto, en la página 122 de la obra citada se encuentra una tabla titulada: "Table donnant la durée de propagation en temps sidereal (ondes courtes et ondes longues) en fonction de l'arc de grand cercle exprimé en degrés".

Todo el problema consistió en calcular el arco del círculo máximo entre las Islas Hawaii y Tacubaya, que resultó de 59 grados, y con este dato entrar a la tabla, para obtener una corrección de $+ 0^{\circ}.024$, cantidad que figura en la columna 5 de las tantas veces citada Tabla No. 2.

En la columna 6 figuran las "Horas definitivas UT2" de las señales que servirán para el cálculo de las longitudes.

Para calcular la longitud se puede proceder de dos maneras: la primera, que normalmente ha sido empleada por las Oficinas Geográficas de México, consiste en:

1. Cálculo de la hora.
2. Cálculo de las marchas del cronómetro.
3. Cálculo de la hora local de comparación.
4. Cálculo de la hora universal de comparación, en tiempo sidereal del meridiano 0.



FIGURA 1 / Vista aérea oblicua de la cara NNE del Citlaltepetl (1942-43).

FIGURA 2 / Vista aérea oblicua de la cara NO del Citlaltepetl (1942-43).





FIGURA 3 / Vista aérea oblicua de la cara O del Citlaltepetl (1942-43).

FIGURA 4 / Vista aérea oblicua de la cara N del Popocatepetl (1949).

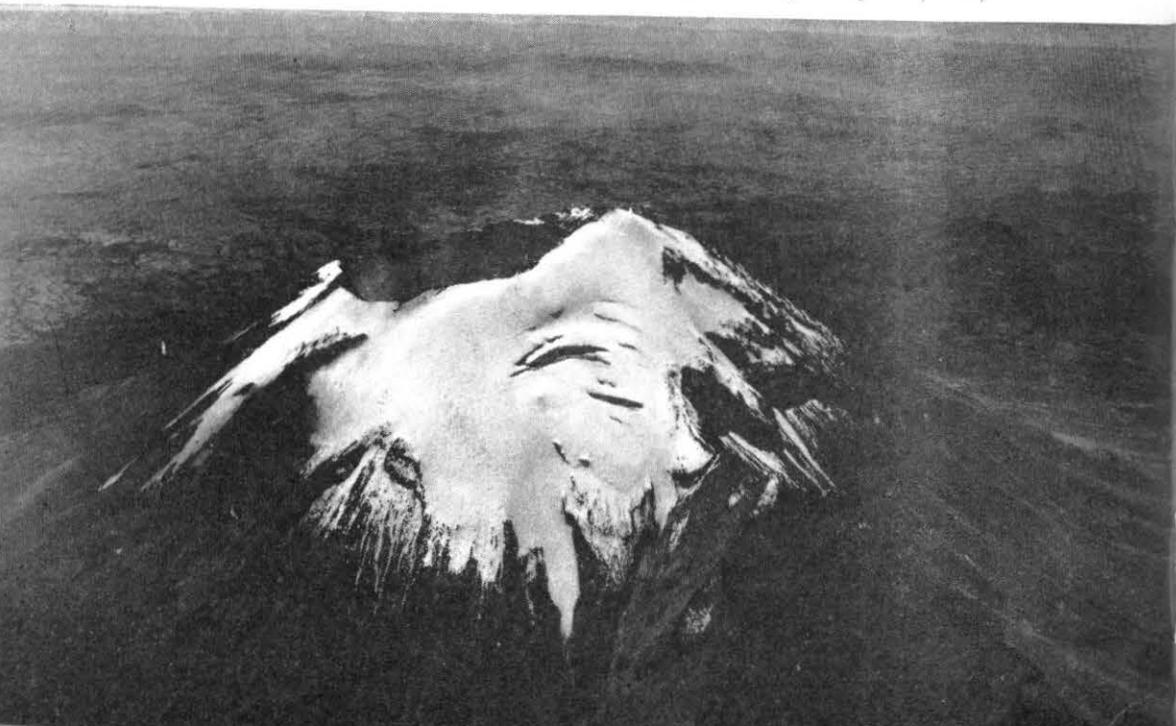




FIGURA 5 / Vista aérea oblicua de la ladera E del Iztaccíhuatl (1935-36).

FIGURA 6 / Vista aérea oblicua de la ladera O del Iztaccíhuatl (1949).





5. Conocidas las horas siderales en el meridiano 0 y en la estación considerada, su diferencia es la longitud de ésta.

El segundo procedimiento, más directo, es el siguiente: Se parte de la ecuación de Mayer ya reducida a dos términos:

$$\Delta T = (\alpha - t) - Aa \dots\dots\dots (1)$$

Si con los datos de comparación de las señales horarias con el cronómetro que se está usando en la estación, se calcula la $\Delta T'$ provisional, empleando para este cálculo un valor aproximado de la longitud (en nuestro caso, $6^h36^m46^s.74$) — se tendrá un resultado tanto más cercano al ΔT obtenido por la observación cuanto menor sea la diferencia entre las longitudes real y provisional. Se puede poner, entonces:

$$\Delta T' - \Delta T = \Delta \lambda$$

siendo $\Delta \lambda$ la diferencia entre las longitudes correcta e incorrecta.

La ecuación (1) queda entonces:

$$- \Delta \lambda = (\alpha - t - \Delta T') - Aa$$

o bien en forma de una ecuación de observación como sigue:

$$\Delta \lambda - Aa + (\alpha - t - \Delta T') = v$$

Formando una ecuación similar para cada estrella observada, el conjunto de las ecuaciones de cada noche de observación dan lugar a las dos ecuaciones normales siguientes:

$$\begin{aligned} n\Delta \lambda - [A] a + [(\alpha - t - \Delta T')] &= 0 \\ - A\Delta \lambda + [AA] a - [A(\alpha - t - \Delta T')] &= 0 \end{aligned}$$

Véase "Manual of Geodetic Astronomy", de Hoskinson, Pág. 127.

Hemos seguido este segundo procedimiento para el cálculo de $\Delta \lambda$ y consiguientemente de λ . Los valores de $\Delta T'$ y de $(\alpha - t - \Delta T')$ para cada estrella figuran en las columnas 7 y 8 de la Tabla No. 1.

En los anexos que se incluyen adelante, se muestran los cálculos de longitud para los días 29 de octubre y 6 de noviembre. Los resultados de los cálculos para todos los días de observación, figuran en la segunda columna de la Tabla No. 6.

La columna 3 de esta última tabla contiene las correcciones a la longitud debidas al movimiento del polo.

Esta corrección está calculada, para cada uno de los días de observación por medio de la fórmula:

$$c = -1/15 (x \operatorname{sen} \lambda - y \operatorname{cos} \lambda) \operatorname{tang.} \varphi$$

Con respecto a esta fórmula, que se sirvió enviarme el Dr. Stoyko, Jefe del Servicio Internacional de la Hora, con la indicación de aplicarla a las observaciones de la "hora" y en vista de no haber pasado por el cálculo de dicho elemento por haber usado la fórmula en que se obtiene directamente la longitud, la apliqué a ésta, cambiándole solamente el signo.

El cálculo de esta fórmula para los días de observación figura en la Tabla No. 5.

La Tabla No. 6 que contiene los resultados finales, muestra en su columna 5, los errores probables de cada determinación. Desde luego, por la magnitud de éstos podemos darnos una primera idea de la precisión que se obtuvo en las diversas determinaciones. Por otra parte, los errores probables nos servirán para determinar el peso de cada observación y promediar los resultados parciales y determinar el error probable final por las fórmulas que da a conocer la teoría de los errores.

Aplicando el principio de que los pesos de una serie de resultados son inversamente proporcionales a los cuadrados de sus errores probables, y tomando como unitario el peso de la observación que tiene el menor error probable, que corresponde a la efectuada el 5 de febrero de 1958, se tiene:

$$\frac{p}{1} = \frac{0.005^2}{E_p^2}$$

fórmula que indica que para obtener el peso de una de las observaciones contenidas en la Tabla No. 6, basta dividir el cuadrado de 0.005 entre el cuadrado del error probable de la observación deseada.

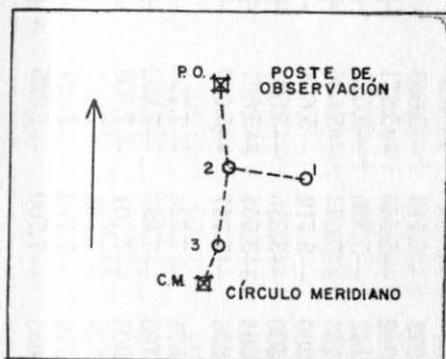
El resto del cálculo de los datos contenidos en la Tabla No. 6 se explica por sí mismo, llegándose a los valores finales siguientes:

Longitud del Poste de Observación: $6^{\text{h}}36^{\text{m}}46^{\text{s}}.722 \pm 0^{\text{s}}.007$

En atención a que las coordenadas anteriormente determinadas se refieren al círculo meridiano del Observatorio, se hizo una referencia del Poste de Observación (P.O.) al poste base del círculo meridiano (C.M.), midiendo, al efecto, una pequeña poligonal entre ambos postes, para lo cual se orientó la línea 1 — 2 por observaciones solares.

En la página siguiente se encuentran los detalles de esta referenciación, así como el valor final de la longitud y su error probable.

LIGA DEL POSTE DE OBSERVACION AL CIRCULO MERIDIANO



Observó: *E. Cobo*

Poligonal entre el Poste de Observación y el Cículo Meridiano

AZIMUT observado para el lado 1-2
308° 01'35"

2	Poste Obs.	0 04 08	18.36
	1	130 36 04	
	3	189 26 02	13.77
3	2	0 02 37	13.77
	Circ. Merid.	188 59 55	5.08

Lado	Dist.	Rumbos	Seno	Coseno	Proyecciones		Coordenadas	
					x	y	X	Y
PO— 2	18.36	S 2 30 21E	0.0437215	0.9990465	0.8027	—18.3425	0.0000	0.0000
2— 3	5.08	S15 48 31W	0.1194295	0.9928435	—1.6445	—13.6714	0.8027	—18.3425
3—CM			0.272518	0.962152	—1.3844	— 4.8877	—0.8418	—32.0140
CM	13.77	S 6 51 33W					—2.2262	—36.9017

Diferencia de las coordenadas ortogonales entre el poste de Observación (P.O.) y el Cículo Meridiano (C.M.):

$$\begin{aligned} X &= - 2.2262 \\ Y &= - 36.9017 \end{aligned}$$

Conversión de las coordenadas ortogonales en geodésicas:

$$\begin{aligned} \Delta\lambda &= - x (G'); \quad \Delta\lambda = + y (B) - S - R \\ (G') &= 0.03427416; \quad (B) = 0.03252257; \quad S = 0; \quad R = 0 \\ \Delta\lambda &= + 2.2262 \times 0.3427416 = + 0.0763 \\ \Delta\lambda &= -36.9017 \times 0.03252257 = - 1.2001 \end{aligned}$$

Calculó: F. Alonso Lerch

DATOS FINALES:

Coordenadas del Poste de Observación: LONGITUD	99° 11' 40.83"
Reducción al Cículo Meridiano	+ 0.076
LONGITUD DEL CIRCULO MERIDIANO, AL W. DE GREENWICH	99° 11' 40.91 ± 0.102"

TABLA No. 1

OBSERVACIONES DE PASOS MERIDIANOS DE ESTRELLAS PARA EL CALCULO DE LA
HORA Y LA LONGITUD

Observatorio de Tacubaya, MEXICO Año Geofísico Internacional

FECHA Greenw	ESTRELLAS	Hora cronom. del paso t'	Segundos t	Ascensión recta α	$\alpha - t$	$\Delta T'$	$\alpha - t - \Delta T'$
1957							
Oct. 29	31 Pegasi	22 19 19.499	19.446	22 19 27.704	+8.258	+8.320	-0.062
	36 Pegasi	22 26 54.662	54.592	22 27 02.924	+8.332	+8.314	+ .018
	η Aquarii	22 32 04.448	04.398	22 33 12.611	+8.213	+8.310	- .097
	B.D. Lacertae	22 52 58.138	58.061	22 53 06.504	+8.443	+8.294	+ .149
	β Pegasi	23 01 36.925	36.848	23 01 45.262	+8.414	+8.288	+ .126
	59 Pegasi	23 09 29.681	29.592	23 09 37.831	+8.239	+8.282	- .043
Nov. 6	λ Pegasi	22 44 36.968	36.926	22 44 31.213	-5.713	-5.663	- .050
	B.D. Lacertae	22 53 11.942	11.905	22 53 06.362	-5.543	-5.671	+ .128
	β Pegasi	23 01 50.776	50.728	23 01 45.142	-5.586	-5.673	+ .087
	59 Pegasi	23 09 43.410	43.366	23 09 37.733	-5.633	-5.676	+ .043
	z Piscium	23 37 54.043	53.992	23 37 48.280	-5.712	-5.684	- .028
	φ Andromedae	23 44 04.106	04.036	23 43 58.500	-5.536	-5.686	+ .150
	φ Pegasi	23 50 27.686	27.628	23 50 22.064	-5.564	-5.687	+ .123
	ω Piscium	23 57 16.041	15.983	23 57 10.236	-5.747	-5.689	- .058
Nov. 7	ζ Pegasi	22 39 30.524	30.409	22 39 22.675	-7.734	-7.796	+ .062
	λ Pegasi	22 44 38.971	38.879	22 41 31.196	-7.683	-7.802	+ .119
	μ Pegasi	22 48 07.101	07.006	22 47 59.305	-7.701	-7.803	+ .102
	B.D. Lacertae	22 53 14.128	14.088	22 53 06.343	-7.745	-7.807	+ .062
	59 Pegasi	23 09 45.588	45.497	23 09 37.719	-7.778	-7.821	+ .043
	γ Piscium	23 15 07.848	07.755	23 15 00.055	-7.700	-7.825	+ .125

(Sigue la tabla No. 1)

FECHA Greenw	ESTRELLAS	Hora cronom. del paso t'	Segundos t	Ascensión recta α	$\alpha - t$	$\Delta T'$	$\alpha - t - \Delta T'$
Nov. 9	ζ Pegasi	22 39 34.086	34.000	22 39 22.657	-11.343	-11.337	-0.006
	λ Pegasi	22 44 42.542	42.421	22 44 31.178	-11.243	-11.342	+ .099
	B. D. Lacertae	22 53 17.607	17.545	22 53 06.321	-11.224	-11.352	+ .128
	β Pegasi	23 01 56.468	56.275	23 01 45.109	-11.166	-11.361	+ .195
	59 Pegasi	23 09 49.116	49.044	23 09 37.706	-11.388	-11.369	- .019
	γ Piscium	23 15 11.527	11.291	23 15 00.045	-11.246	-11.375	+ .129
	67 Pegasi	23 22 59.773	59.507	23 22 48.420	-11.087	-11.384	+ .297
Nov. 26	α Andromedae	0 06 00.910	00.686	0 06 13.940	+13.254	+13.260	- .006
	ψ Pegasi	0 12 13.660	13.300	0 12 26.674	+13.374	+13.256	+ .118
	41 Piscium	0 18 13.970	13.750	0 18 27.068	+13.318	+13.251	+ .067
	48 Piscium	0 25 49.714	49.458	0 25 62.723	+13.265	+13.246	+ .019
	ζ Andromedae	0 44 54.814	54.558	0 45 07.831	+13.273	+13.240	+ .033
	ε Piscium	1 00 33.756	33.508	1 00 46.874	+13.366	+13.223	+ .143
	β Andromedae	1 07 11.104	10.805	1 07 24.139	+13.334	+13.218	+ .116
	ζ Piscium	1 11 20.230	19.968	1 11 33.316	+13.348	+13.216	+ .132
Nov. 27	π Andromedae	0 34 28.557	28.224	0 34 39.378	+11.154	+11.137	+ .017
	ζ Andromedae	0 44 56.957	56.718	0 45 07.825	+11.108	+11.134	- .026
	68 Piscium	0 55 24.049	23.786	0 55 34.915	+11.129	+11.130	- .001
	ε Piscium	1 00 35.840	35.599	1 00 46.829	+11.230	+11.129	+ .001
	ν Piscium	1 16 59.753	59.544	1 17 10.715	+11.171	+11.124	+ .047
	η Piscium	1 29 04.331	04.140	1 29 15.361	+11.121	+11.121	0.000
	π Piscium	1 34 42.498	42.331	1 34 53.536	+11.205	+11.119	+ .086
	Diciembre 7	41 Piscium	0 18 45.390	45.256	0 18 26.937	-18.319	-18.481
ν Andromedae		0 47 49.659	49.443	0 47 30.973	-18.470	-18.506	+ .036
μ Andromedae		0 54 45.090	44.872	0 54 26.458	-18.414	-18.512	+ .098
ε Piscium		1 01 05.312	05.127	1 00 46.768	-18.359	-18.517	+ .158
η Ceti		1 06 48.039	47.822	1 06 29.581	-18.241	-18.522	+ .281

(Sigue la tabla No. 1)

FECHA Greenw	ESTRELLAS	Hora cronom. del paso t'	Segundos t	Ascensión recta α	$\alpha - t$	$\Delta T'$	$\alpha - t - \Delta T'$
Dic. 10	48 Piscium	0 26 32.706	32.905	0 26 02.567	-30.338	-30.143	-0.195
	ζ Andromedae	0 45 37.800	37.815	0 45 07.686	-30.129	-30.184	+ .055
	ζ Piscium	1 12 03.474	03.541	1 11 33.208	-30.333	-30.241	- .092
	O Piscium	1 43 41.992	41.951	1 43 11.693	-30.258	-30.310	+ .052
	α Trianguli	1 51 12.798	12.747	1 50 42.563	-30.184	-30.326	+ .142
Dic. 14	ζ Andromedae	0 45 57.555	57.239	0 45 07.642	-49.597	-49.516	- .081
	68 Piscium	0 56 24.598	24.253	0 55 34.732	-49.521	-49.535	+ .014
	ϵ Piscium	1 01 36.568	36.252	1 00 46.722	-49.530	-49.506	- .024
	β Andromedae	1 08 13.704	13.322	1 07 23.944	-49.378	-49.556	+ .178
	ν Piscium	1 18 00.431	00.048	1 17 10.564	-49.484	-49.574	+ .090
	η Piscium	1 30 05.158	04.938	1 29 15.241	-49.697	-49.596	- .101
	π Piscium	1 35 43.397	43.094	1 34 53.424	-49.670	-49.606	- .064
Dic. 17	ν Andromedae	0 47 32.877	32.482	0 47 30.822	-1.660	-1.712	+ .052
	u Andromedae	0 54 28.445	28.043	0 54 26.320	-1.723	-1.717	- .006
	ϵ Piscium	1 00 48.742	48.382	1 00 46.677	-1.705	-1.722	+ .017
	η Ceti	1 06 31.428	31.052	1 06 29.486	-1.566	-1.726	+ .160
	ν Piscium	1 17 12.606	12.168	1 17 10.516	-1.652	-1.733	+ .081
	ν Andromedae	1 34 23.273	22.775	1 34 21.206	-1.569	-1.745	+ .176
	γ Piscium	1 39 17.933	17.492	1 39 15.781	-1.711	-1.748	+ .037
1958							
Enero 14	ζ Arietis	3 12 34.563	34.556	3 12 30.605	-3.951	-3.803	- .148
	5 Tauri	3 28 38.639	38.609	3 28 34.665	-3.944	-3.820	- .124
	10 Tauri	3 34 48.913	48.868	3 34 45.122	-3.746	-3.837	+ .091
	η Tauri	3 45 04.814	04.768	3 45 00.872	-3.896	-3.838	- .058

(Sigue la tabla No. 1)

FECHA Greenw	ESTRELLAS	Hora cronom. del paso t'	Segundos t	Ascensión recta α	$\alpha - t$	$\Delta T'$	$\alpha - t - \Delta T'$
Enero 14	Piazzi (s. 187)	3 50 51.332	51.274	3 50 47.490	-3.784	-3.844	+ .060
	43 Tauri	4 06 48.591	48.560	4 06 44.829	-3.731	-3.861	+ .130
	μ Tauri	4 13 20.636	20.592	4 13 16.829	-3.763	-3.868	+ .105
	54 Persei	4 17 46.818	46.777	4 17 42.936	-3.841	-3.873	+ .032
Enero 16	ρ Persei	3 02 40.669	40.802	3 02 30.541	-10.261	-10.291	+0.030
	55 Arietis	3 07 16.750	16.874	3 07 06.504	-10.370	-10.298	- .072
	ζ Arietis	3 12 40.822	40.937	3 12 30.583	-10.354	-10.305	- .049
	K Ceti	3 17 20.935	21.037	3 17 10.746	-10.291	-10.311	+ .020
	O Tauri	3 22 44.627	44.725	3 22 34.501	-10.224	-10.319	+ .095
	10 Tauri	3 34 55.362	55.439	3 34 45.103	-10.336	-10.335	- .001
	17 Tauri	3 42 34.634	34.707	3 42 24.445	-10.262	-10.346	+ .084
Enero 29	43 Tauri	4 06 48.354	48.344	4 06 44.658	-3.686	-3.677	- .009
	μ Tauri	4 13 20.136	20.350	4 13 16.677	-3.682	+3.682	+ .009
	γ Tauri	4 17 29.330	29.361	4 17 25.727	-3.634	-3.685	+ .051
	ϵ Tauri	4 26 14.980	14.972	4 26 11.466	-3.506	-3.691	+ .185
	Bradley 568	4 47 10.535	10.594	4 47 07.028	-3.566	-3.706	+ .140
	λ Aurigae	4 54 21.141	21.066	4 54 17.494	-3.572	-3.711	+ .139
	λ Tauri	5 00 40.571	40.694	5 00 36.954	-3.740	-3.716	- .024
	τ Orionis	5 15 39.296	39.431	5 15 35.694	-3.737	-3.727	- .010
Enero 30	γ Tauri	4 17 32.372	32.417	4 17 25.713	-6.704	-6.622	- .082
	δ Tauri	4 20 38.980	39.022	4 20 32.317	-6.705	-6.626	- .079
	ϵ Tauri	4 26 18.156	11.452	4 26 11.452	-6.660	-6.633	- .027
	α Tauri	4 33 38.914	38.953	4 33 32.276	-6.677	-6.642	- .035
	Piazzi 3.187	4 38 50.514	50.466	4 38 43.820	-6.646	-6.649	+ .003
	Bradley 658	4 47 13.644	13.546	4 47 07.009	-6.537	-6.659	+ .122
	λ Aurigae	4 54 24.126	24.047	4 54 17.480	-6.567	-6.668	+ .101
	16 Orionis	5 07 09.538	09.386	5 07 02.738	-6.648	-6.684	+ .036

(Sigue la tabla No. 1)

FECHA Greenw	ESTRELLAS	Hora cronom. del paso t'	Segundos t	Ascensión recta α	$\alpha - t$	$\Delta T'$	$\alpha - t - \Delta T'$
1958							
Feb. 5	δ Tauri	4 20 59.633	59.760	4 20 32.261	-27.499	-27.517	+ .018
	Piazzì 4.148	4 39 11.253	11.291	4 38 43.767	-27.524	-27.525	+ .001
	ψ Aurigae	4 54 44.866	44.879	4 54 17.425	-27.454	-27.550	+ .096
	λ Tauri	5 01 04.420	04.418	5 00 36.896	-27.522	-27.556	+ .034
	τ Orionis	5 16 03.148	03.245	5 15 35.634	-27.611	-27.570	- .041
	ψ Aurigae	5 30 29.418	24.282	5 30 01.201	-27.481	-27.584	+ .103
	ϵ Orionis	5 34 34.281	34.277	5 34 06.686	-27.591	-27.588	- .003
Feb. 26	ζ Tauri	5 35 07.897	07.904	5 35 09.729	+1.825	+1.874	-0.049
	130 Tauri	5 44 59.203	59.201	5 45 00.922	+1.721	+1.865	- .144
	136 Tauri	5 50 41.274	41.268	5 50 43.111	+1.843	+1.861	- .018
	60 Orionis	5 56 39.832	39.815	5 56 41.569	+1.754	+1.855	- .101
	1 Geminorum	6 01 34.038	34.022	6 01 35.890	+1.868	+1.851	- .017
	7 Monocerotis	6 17 41.320	41.286	6 17 43.034	+1.748	+1.837	- .089
	ϵ Monocerotis	6 21 32.631	32.597	6 21 34.298	+1.701	+1.834	- .133
	ν Geminorum	6 26 28.310	28.275	6 26 30.124	+1.849	+1.830	+ .019
	13 Monocerotis	6 30 38.126	38.085	6 30 39.793	+1.708	+1.826	- .118
	51 Aurigae	6 35 45.468	45.446	6 35 47.320	+1.874	+1.882	+ .052
	ϵ Geminorum	6 41 21.289	21.242	6 41 23.012	+1.770	+1.817	- .047
Feb. 28	ζ Tauri	5 35 11.960	12.008	5 35.09.698	-2.310	-2.392	+ .082
	130 Tauri	5 45 03.298	03.305	5 45 00.892	-2.415	-2.388	- .027
	1 Geminorum	6 01 38.316	38.249	6 01 35.861	-2.388	-2.381	- .007
	7 Monocerotis	6 17 45.443	45.422	6 17 43.005	-2.417	-2.374	- .043
	ν Geminorum	6 26 32.591	32.446	6 26 30.098	-2.348	-2.370	+ .022

(Termina la tabla No. 1)

FECHA Greenw	ESTRELLAS	Hora cronom. del paso t'	Segundos t	Ascensión recta α	$\alpha - t - \Delta T'$	$\Delta T'$	$\alpha - t$
Mzo. 13	ω Geminorum	7 00 19.435	18.755	6 59 53.219	-25.536	-25.466	-.070
	2G Canis Min.	7 06 01.110	00.495	7 05 35.017	-25.478	-25.464	-.014
	λ Geminorum	7 16 08.816	08.169	7 15 42.706	-25.463	-25.461	-.002
	z Geminorum	7 23 35.492	34.806	7 23 09.271	-25.535	-25.458	-.077
	α Geminorum	7 32 23.702	22.984	7 31 57.465	-25.519	-25.455	-.064
	α Canis Min.	7 37 34.212	33.593	7 37 08.062	-25.531	-25.454	-.077
Mzo. 15	τ Geminorum	7 23 37.026	36.790	7 23 09.247	-27.543	-27.455	-.088
	α Geminorum	7 32 25.134	24.997	7 31 57.441	-27.556	-27.451	-.105
	α Canis Min.	7 37 35.648	35.556	7 37 08.041	-27.515	-27.449	-.066
	k Geminorum	7 42 24.534	24.432	7 41 56.930	-27.502	-27.447	-.055
	φ Geminorum	7 51 25.512	25.312	7 50 57.880	-27.432	-27.443	+.011
	β Canori	8 14 43.848	43.705	8 14 16.388	-27.317	-27.432	+.115
	δ Canori	8 42 47.872	47.786	8 42 20.248	-27.538	-27.424	-.114
	η Hydrae	8 53 40.054	40.004	8 53 12.665	-27.339	-27.414	+.075

TABLA NUM. 2

COMPARACIONES CON LAS SEÑALES DE TIEMPO UNIVERSAL DE LA ESTACION
 WWVH DEL NATIONAL BUREAU OF STANDARDS, EN MAUI, HAWAII,
 FREC.: 15/MC/s.

FECHA (Greenw)	Hora Univ.	Cronom. Negus Núm. 1763	CORRECCIONES emisión propag.	Hora Univ. UT2
1957 Oct. 29	2 21 20	22 13 02.118	— 0.056 + 0.024	2 50 54.968
	2 50 55	22 42 41.992		
	3 26 27	23 18 19.864		
Nov. 6	2 11 53	22 35 19.940	— 0.062 + 0.024	2 50 50.962
	2 50 51	23 14 24.367		
	3 37 38	0 01 19.051		
Nov. 9	1 28 09	22 04 24.221	— 0.056 + 0.024	2 22 07.968
	2 22 08	22 57 31.997		
	2 53 19	23 28 48.138		
Nov. 26	1 56 11	23 38 07.543	— 0.068 + 0.024	2 48 27.966
	2 48 28	0 30 33.191		
	3 32 37	1 14 49.450		
Dic. 7	1 41 54	0 07 42.069	— 0.060 + 0.024	2 13 54.964
	2 13 55	0 39 48.356		
	2 44 22	1 10 20.385		
Dic. 10	1 37 20	0 15 08.664	— 0.040 + 0.024	2 21 29.984
	2 21 30	0 59 26.021		
	3 16 20	1 54 25.141		
Dic. 14	1 37 30	0 31 24.310	— 0.041 + 0.024	2 20 38.983
	2 20 40	1 14 40.468		
	2 50 38	1 44 44.458		
Dic. 17	1 30 21	0 35 15.991	— 0.060 + 0.024	2 05 04.964
	2 05 05	1 10 05.710		
	2 36 49	1 41 54.956		
1958 Ero. 14	2 06 07	3 01 33.540	— 0.061 + 0.024	2 52 18.963
	2 52 19	3 47 53.185		
	3 26 20	4 21 59.305		

(Sigue la Tabla No. 2)

FECHA (Greenw)	Hora Univ.	Cronom. Negus Núm. 1763	CORRECCIONES emisión	propag.	Hora Univ. UT2
Ero. 16	1 50 55	2 54 18.658	— 0.048	+ 0.024	2 21 39.976
	2 21 40	3 25 08.760			
	2 57 45	4 01 19.729			
Ero. 29	1 32 56	3 27 25.302	— 0.049	+ 0.024	2 25 46.975
	2 25 47	4 20 25.021			
	3 25 37	5 20 24.894			
Feb. 5	1 02 39	3 25 03.052	— 0.054	+ 0.024	1 51 28.970
	1 51 29	4 14 01.112			
	2 41 19	5 03 59.356			
1958 Feb. 26	1 42 43	5 27 31.927	— 0.030	+ 0.024	2 26 16.994
	2 26 17	6 11 13.103			
	3 01 34	6 46 35.948			
Mar. 13	1 55 54	6 40 20.725	— 0.041	+ 0.024	2 42 33.983
	2 42 34	7 27 08.368			
	3 17 19	8 01 59.072			
Mar. 15	2 06 58	6 59 21.650	— 0.043	+ 0.024	3 02 31.981
	3 02 32	7 55 04.744			
	4 06 24	8 59 07.215			

TABLA NUM. 3

CALCULO DE MARCHAS DEL CRONOMETRO SIDERAL NEGUS 1753

FECHA (Greenw)	Señales WWVH	Cronom. Sid. Negus 1763	Correc- ción	Intervalo Sidéreo	Dif. Marcha Marcha	Hor. min.
1957 Oct. 29	2 21 20	22 13 02.118				
	3 26 27	23 18 19.864				— .04503
	1 05 07	1 05 17.746	+ 10.697	1 05 17.697	—0.049	— .00075
Nov. 6	2 11 53	22 35 19.940				
	3 37 38	0 01 19.051				— .01744
	1 25 45	1 25 59.111	+ 14.086	1 25 59.086	— .025	— .00029
Nov. 9	1 28 09	22 04 24.221				
	2 53 19	23 28 48.138				— .06469
	1 25 10	1 24 23.917	+ 13.826	1 24 23.826	— .091	— .00108
Nov. 26	1 56 11	23 38 07.543				
	3 32 37	1 14 49.450				— .04095
	1 36 26	1 36 41.907	+ 15.841	1 36 41.841	— .066	— .00068
Dic. 7	1 41 54	0 07 42.069				
	2 44 22	1 10 20.385				— .05172
	1 02 28	1 02 38.316	+ 10.262	1 02 38.262	— .054	— .00086
Dic. 10	1 37 20	0 15 08.664				
	3 16 20	1 54 25.141				— .12933
	1 39 00	1 39 16.477	+ 16.263	1 39 16.263	— .214	— .00216

(Sigue la Tabla No. 3)

FECHA (Greenw)	Señales WWVH	Cronom. Sid. Negus 1763	Correc- ción	Intervalo Sidéreo	Dif. Marcha Hor. Marcha min.	
Dic. 14	1 37 30	0 31 24.310				
	2 50 38	1 44 44.458				— .10963
	1 13 08	1 13 20.148	+ 12.011	1 13 20.014	— .134	— .00183
Dic. 17	1 30 21	0 35 15.991				
	2 36 49	1 41 54.956				— .04141
	1 06 28	1 06 38.965	+ 10.919	1 06 38.919	— .046	— .00069
1958 Ero. 14	2 06 07	3 01 33.540				
	3 26 20	4 51 29.805				— .06489
	1 20 13	1 20 26.265	+ 13.178	1 20 26.178	— .087	— .00108
Ero. 16	1 50 55	2 54 18.658				
	2 57 45	4 01 19.729				— .08327
	1 06 50	1 07 01.071	+ 10.979	1 07 00.979	— .092	— .00137
Ero. 29	1 32 56	3 27 25.302				
	3 25 37	5 20 24.894				— .04301
	1 52 41	1 52 59.592	+ 18.511	1 52 59.511	— .081	— .00072
Feb. 5	1 02 39	3 25 03.052				
	2 41 19	5 03 59.356				— .05822
	1 38 40	1 38 56.304	+ 16.209	1 38 56.209	— .095	— .00097
Feb. 26	1 42 43	5 27 31.927				
	3 01 34	6 46 35.948				— .05160
	1 18 51	1 19 04.021	+ 12.953	1 19 03.953	— 0.068	— .00086
1958 Feb. 28	1 06 17	4 58 57.311				
	2 41 19	6 34 14.881				+ .02582
	1 35 02	1 35 17.570	+ 15.611	1 35 17.611	+ .041	+ .00043

(Termina la Tabla No. 3)

FECHA (Greenw)	Señales WWVH	Cronom. Sid. Negus 1763	Correc- ción	Intervalo Sidéreo	Dif. Marcha	Hor. Marcha min.
Mar. 13	1 55 54	6 40 20.725				
	3 17 19	8 01 59.072				
	1 21 25	1 21 38.347	+ 13.374	1 21 38.374	+ .027	+ .01984 + .00033
Mar. 15	2 06 58	6 59 21.650				
	4 06 24	8 59 07.215				
	1 59 26	1 59 45.565	+ 19.620	1 59 45.620	+ .055	+ .02756 + .00046

TABLA 4

CALCULO DE LA CORRECCIÓN CRONOMETRICA $\Delta T'$, EN FUNCION DE UNA LONGITUD APROXIMADA: $\lambda' = 6^h 36^m 46^s.740$

FECHA Greenw.	Hora Sid. a 0 hrs.	Hora Univ. TU2	Corrección	$\Sigma - \lambda'$	Hora Cronomé- trica	$\Delta T'$
1957						
Oct. 29	2 28 13.988	2 50 54.968	+28 ^s .078	22 42 50.294	22 42 41.992	+ 8 ^s .302
Nov. 6	2 59 46.401	2 50 50.962	+28.067	23 14 18.690	23 14 24.367	- 5.677
Nov. 9	3 11 36.064	2 22 07.968	+23.349	22 57 20.641	22 57 31.997	-11.356
Nov. 26	4 18 37.533	2 48 27.966	+27.675	0 30 46.434	0 30 33.191	+13.243
Dic. 7	5 01 59.633	2 13 54.964	+22.000	0 39 29.857	0 39 48.356	-18.499
Dic. 10	5 13 49.318	2 21 29.984	+23.245	0 58 55.807	0 59 26.021	-30.214
Dic. 14	5 29 35.552	2 20 38.983	+23.105	1 13 50.900	1 14 40.468	-49.568
Dic. 17	5 41 25.210	2 05 04.964	+20.548	1 10 03.982	1 10 05.710	- 1.728
1958						
Ero. 14	7 31 48.814	2 52 18.963	+28.307	3 47 49.344	3 47 53.185	- 3.841
Ero. 16	7 39 41.929	2 21 39.976	+23.273	3 24 58.438	3 25 08.760	-10.322
Ero. 29	8 30 57.150	2 25 46.975	+23.949	4 20 21.334	4 20 25.021	- 3.687
Feb. 5	8 58 33.059	1 51 28.970	+18.313	4 13 33.602	4 14 01.112	-27.510
Feb. 26	10 21 20.661	2 26 16.994	+24.031	6 11 14.946	6 11 13.103	+ 1.843
Feb. 28	10 29 13.773	1 56 29.983	+19.138	5 49 16.154	5 49 18.540	- 2.386
Mzo. 13	11 20 23.963	2 42 33.983	+26.705	7 26 42.911	7 27 08.368	-25.457
Mzo. 15	11 28 22.076	3 02 31.981	+29.986	7 54 37.303	7 55 04.744	-27.441

TABLA No. 5

CALCULO DE CORRECCIONES A LA LONGITUD POR MOVIMIENTO DEL POLO

$$\text{Fórmula } c = -1/15 (x \text{sen} \lambda - y \text{cos} \lambda) \text{ tang } \varphi$$

FECHA Greenw.	x	y	0.98716x	0.15982y	Suma	c
1957						
Oct. 29	+0.098	-0.090	+0.09674	-0.01438	+0.08236	-0.002
Nov. 6	+ .070	- .097	+ .06910	- .01550	+ .05360	- .001
Nov. 7	+ .055	- .100	+ .05429	- .01598	+ .03831	- .001
Nov. 9	+ .044	- .103	+ .04344	- .01646	+ .02698	- .001
Nov. 26	- .057	- .117	- .05627	- .01870	- .07497	+ .002
Nov. 27	- .064	- .117	- .06318	- .01870	- .08188	+ .002
Dic. 10	- .151	- .118	- .14906	- .01886	- .16792	+ .004
Dic. 14	- .172	- .120	- .16979	- .01918	- .18897	+ .004
Dic. 17	- .188	- .118	- .18559	- .01886	- .20445	+ .005
1958						
Ero. 14	- .266	- .061	- .26258	- .00974	- .27232	+ .006
Ero. 16	- .268	- .054	- .26456	- .00863	- .27319	+ .006
Ero. 29	- .274	- .001	- .27048	- .00015	- .27063	+ .006
Ero. 30	- .276	+ .004	- .27246	+ .00080	- .27166	+ .006
Feb. 5	- .279	+ .031	- .27542	+ .00495	- .27047	+ .006
Feb. 26	- .271	+ .157	- .26752	+ .02509	- .24243	+ .006
Feb. 28	- .269	+ .165	- .26555	+ .02637	- .23918	+ .006
Mzo. 12	- .249	+ .223	- .24580	+ .03564	- .21016	+ .005
Mzo. 15	- .245	+ .232	- .24185	+ .03708	- .20477	+ .005

TABLA No. 6

CALCULO FINAL DE LA LONGITUD Y SU ERROR PROBABLE

FECHA	LONGITUD Calculada	c	LONGITUD Reducida	E_p	v	vv	p	pvv
1957								
Oct. 29	6 36 46.699	-0 ^s .002	6 36 46.697	±0.009	+0.023	0.000529	0.31	0.000164
Nov. 6	.703	— .001	.702	.013	+ .018	.000324	.15	.000048
Nov. 7	.655	— .001	.654	.009	+ .066	.004356	.31	.001350
Nov. 9	.630	— .001	.629	.021	+ .091	.008231	.06	.000497
Nov. 26	.663	+ .002	.665	.013	+ .055	.003025	.15	.000454
Nov. 27	.721	+ .002	.723	.007	— .003	.000008	.51	.000005
Dic. 10	.734	+ .004	.738	.030	— .018	.000324	.03	.000010
Dic. 14	.758	+ .004	.762	.017	— .042	.001764	.09	.000158
Dic. 17	.666	+ .005	.671	.018	+ .049	.002401	.08	.000192
1958								
Ero. 14	.731	+ .006	.737	.024	— .017	.000289	.04	.000204
Ero. 16	.725	+ .006	.731	.016	— .011	.000121	.10	.000012
Ero. 29	.680	+ .006	.686	.017	+ .034	.001156	.09	.000104
Ero. 30	.752	+ .006	.758	.012	— .038	.001444	.17	.000245
Feb. 5	.709	+ .006	.715	.005	+ .005	.000025	1.00	.000025
Feb. 26	.787	+ .006	.793	.009	— .073	.005329	.31	.001652
Feb. 28	.725	+ .006	.731	.012	— .011	.000121	.15	.000018
Mzo. 13	.790	+ .005	.795	.009	— .075	.005625	.31	.001744
Mzo. 15	.769	+ .005	.774	.026	— .054	.002916	.04	.000117
SUMA			12961				3.90	0.006999
PROMEDIO			.720					

(Continúa de la Tabla No. 6)

$$\text{Promedio pesado} = \frac{\text{Suma } (p\lambda)}{\text{Suma } p} = \frac{2.81580}{3.90} = .722$$

$$\text{Error probable} = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{\text{Suma } p\nu\nu}{\text{Suma } p(n-1)}} = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{0.006999}{3.90 \times 17}} = \pm 0^s.070$$

Longitud del poste de observación 6^h 36^m 46^s .722 ± 0^s.007

ANEXO No. 1

CALCULOS DE LONGITUD

$$\text{Fórmulas: } \Delta\lambda = Aa - (\alpha - t - \Delta T'); \lambda' = 6\ 36\ 46.74; \lambda = \lambda' + \Delta\lambda$$

Fecha: 29 de Octubre de 1957

OBSERVADOR: Manuel Medina Peralta

ESTRELLAS	A	$(\alpha - t - \Delta T')$	AA	$A(\alpha - t - \Delta T')$	Aa	$\Delta\lambda$	v	vv
31 Pegasi	+0.132	-0.062	0.017424	-0.008184	-0.053	+0.009	-0.050	0.002500
36 Pegasi	+ .184	+ .018	.033856	+ .003312	- .074	- .092	+ .051	.002601
n Aquarii	+ .339	- .097	.114921	- .032883	- .136	- .039	- .002	.000004
B. D. Lacertae	- .288	+ .149	.082944	- .042912	+ .115	- .034	- .007	.000049
β Pegasi	- .166	+ .126	.027556	- .020916	+ .006	- .060	+ .019	.000361
59 Pegasi	+ .191	- .043	.036481	- .008213	- .076	- .033	- .008	.000064
SUMAS: PROMEDS.	+0.392	+0.091	0.313182	-0.109796		-0.041 .740		0.005579
						$\lambda = 6\ 36\ 46.699$	± 0.009	

ECUACIONES NORMALES:

$$\begin{aligned} 6.000 \Delta\lambda - 0.392 a &= 0 \\ - 0.392 \Delta\lambda + 0.313182a &= 0 \\ 2.352 \Delta\lambda - 0.143664a &= 0 \\ - 2.352 \Delta\lambda + 1.879092a &= 0 \\ &+ 1.735428a + 0.694448 = 0; a = - 0.40016 \\ 6.000 \Delta\lambda + 0.157 a &= 0; \Delta\lambda = - 0.041 \end{aligned}$$

Longitud W. de Greenw. = 6 36 46.699 \pm 0^s.009

ANEXO No. 2

CALCULOS DE LONGITUD

Fórmulas: $\Delta\lambda = Aa - (\alpha - t - \Delta T')$; $\lambda' = 6\ 36\ 46.74$; $\lambda = \lambda' + \Delta\lambda$

Fecha: 5 de Noviembre de 1957			OBSERVADOR: Eduardo F. Paquentín.					
ESTRELLAS	A	$(\alpha - t - \Delta T')$	AA	$A(\alpha - t - \Delta T')$	Aa	$\Delta\lambda$	v	vv
λ Pegasi	-0.075	-0.050	0.005625	+0.003750	+0.015	+0.065	-0.097	0.009409
β Pegasi	-.166	+.087	.027556	-.014442	+.034	-.053	+.017	.000289
B.D. Lacertae	-.288	+.128	.082944	-.036864	+.059	-.069	+.034	.001156
ψ Andromedae	-.651	+.150	.423801	-.097650	+.133	-.017	-.017	.000289
ζ Piscium	+.243	-.028	.059049	-.006804	-.050	-.022	-.017	.000289
ω Piscium	+.222	-.058	.049284	-.012876	-.045	+.013	-.051	.002601
59 Pegasi	+.191	+.043	.036481	+.008213	-.039	-.082	+.044	.001936
ϕ Pegasi	+.010	+.123	.000100	+.001230	-.002	-.125	+.088	.007744
Sumas	-0.514	+0.352	0.684840	-0.155443				0.023713
Promed.						-0.037		

ECUACIONES NORMALES:

$$\begin{aligned}
 8.000 \Delta\lambda + 0.514 a + 0.352 &= 0 \\
 0.514 \Delta\lambda + 0.684840a + 0.155443 &= 0 \\
 4.112 \Delta\lambda + 0.264196a + 0.180928 &= 0 \\
 4.112 \Delta\lambda + 5.478720a + 1.243544 &= 0 \\
 &+ 5.214524a + 1.062616 = 0; a = -0.20378 \\
 8.000 \Delta\lambda - 0.105 + 0.400 &= 0; \Delta\lambda = -0.037
 \end{aligned}$$

Longitud W. de Greenwich = $6\ 36\ 46.703 \pm 0^s.013$

ANEXO No. 3

DETERMINACION DEL VALOR ANGULAR DEL NIVEL MONTANTE DEL TEODOLITO ASTRONOMICO WILD T-4

Fecha: 25 de Julio de 1959

$$\text{Fórmula: } d = \frac{[xx] - \frac{[x]^2}{n}}{[xy] - \frac{[x][y]}{n}}$$

Núm. 1

Microm. (x)	BURBUJA Ext. I Ext. D		Movim. (m)	Prom. de Lecturas (y)	PRODUCTOS xy
115	0.1	29.4		14.75	1696.25
120	3.4	32.5	3.20	17.95	2154.00
125	6.2	35.1	2.70	20.65	2581.25
130	9.3	38.0	3.00	23.65	3074.50
135	13.0	41.7	3.70	27.35	3692.25
140	15.9	44.1	2.65	30.00	4200.00
145	18.3	47.5	2.90	32.90	4770.50
150	21.9	49.8	2.95	35.85	5377.50
155	25.9	53.7	3.95	39.80	6169.00
160	28.2	56.0	2.30	42.10	6736.00
165	31.9	59.5	3.60	45.70	7540.50

$$[x] = 1540 \quad [x]^2 = 2371600 \quad [xx] = 218350 \quad [m] = 30.95 \quad [y] = 330.70$$

$$[xy] = 47991.75 \quad n = 11 \quad [x][y] = 509278 \quad [mm] = 98.20$$

$$d = \frac{218350 - \frac{2371600}{11}}{47992 - \frac{509278}{11}} = \frac{2750}{1694} = 1''.62$$

Núm. 2 (Continúa el Anexo No. 3)

Microm. (x)	BURBUJA		Movim. (m)	Prom. de Lecturas (y)	PRODUCTOS xy
	Ext. I	Ext. D			
165	30.7	58.1		44.40	7326.00
160	27.2	54.7	3.45	40.95	6552.00
155	23.5	51.0	3.70	37.25	5773.75
150	21.1	48.4	2.50	34.75	5212.50
145	17.9	45.0	3.30	31.45	4560.25
140	15.2	42.4	2.65	28.80	4032.00
135	12.4	39.6	2.80	26.00	3510.00
130	10.1	37.1	2.40	23.60	3068.00
125	7.0	34.0	3.10	20.50	2562.50
120	4.0	31.0	3.00	17.50	2100.00
115	0.9	27.8	3.15	14.35	1650.25

$$[x]=1540 \quad [x]^2=2371600 \quad [xx]=218350 \quad [m]=30.05 \quad [y]=319.55$$

$$[xy] = 46347.25 \quad n = 11 \quad [x] [y] = 492107 \quad [mm] = 92.49$$

$$d = \frac{218350 - \frac{11 \cdot 2750^2}{492107}}{46347 - \frac{11 \cdot 1619^2}{492107}} = \frac{2750}{1619} = 1''.70$$

Núm. 3

Microm. (x)	BURBUJA		Movim. (m)	Prom. de Lecturas (y)	PRODUCTOS xy
	Ext. I	Ext. D			
150	58.2	32.0		45.10	6765.00
155	54.8	28.2	3.60	41.50	6432.50
160	51.3	25.0	3.35	38.15	6104.00
165	48.0	21.6	3.35	34.80	5742.00
170	44.8	18.3	3.25	31.55	5363.50
175	41.5	15.2	3.20	28.35	4961.25
180	38.0	11.8	3.45	24.90	4482.00
185	35.1	9.0	2.85	22.05	4079.25
190	32.2	6.1	2.90	19.15	3638.50
195	28.0	2.4	3.65	15.50	3022.50

$$[x]=1725 \quad [x]^2=2975625 \quad [xx]=299625 \quad [xy]=50590.50 \quad [x] [y]=519.11$$

$$[y]=301.05 \quad [m]=29.60$$

$$d = \frac{299626 - \frac{11 \cdot 2963^2}{492107}}{50590 - \frac{11 \cdot 1341^2}{492107}} = \frac{2063}{-1341} = -1''.54$$

Núm. 4

Microm. (x)	BURBUJA		Movim. (m)	Prom. de Lecturas (y)	PRODUCTOS xy
	Ext. I	Ext. D			
165	30.7	58.1		44.40	7326.00
160	27.2	54.7	3.45	40.95	6552.00
155	23.5	51.0	3.70	37.25	5773.75
150	21.1	48.4	2.50	34.75	5212.50
145	17.9	45.0	3.30	31.45	4560.25
140	15.2	42.4	2.65	28.80	4032.00
135	12.4	39.6	2.80	26.00	3510.00
130	10.1	37.1	2.40	23.60	3068.00
125	7.0	34.0	3.10	20.50	2562.50
120	4.0	31.0	3.00	17.50	2100.00
115	0.9	27.8	3.15	14.35	1650.25

$$[x]=1540 \quad [x]^2=2371600 \quad [xx]=218350 \quad [x][y]=492107 \quad [y]=319.55$$

$$[xy]=46347.25$$

$$d = \frac{218350 - \frac{2371600}{11}}{46347 - \frac{492107}{11}} = \frac{2750}{1610} = 1^{\prime\prime}.70$$

RESUMEN

Julio 25, 1959		v	vv	
1	1.62	+	0.02	0.0004
2	1.70	-	.06	.0036
3	1.54	+	.10	.0100
4	1.70	-	.06	.0036
Promedio	1.64	±	0.03	vv=0.0176

Determinación hecha en Julio de 1957	d = 1.6364	+	0.0018	0.00000324
idem Julio de 1959	d = 1.6400	-	.0018	.00000324
PROMEDIO:	1.6382			0.00000648

ANEXO No. 4

COORDENADAS DEL POLO INSTANTANEO INTERPOLADO POR EL BUREAU INTERNATIONAL DE L'HEURE

FECHAS		X	Y	
1957	Octubre	8	+0.195	-0.045
	"	18	+ .146	- .070
	"	28	+ .098	- .090
	Noviembre	2	+ .074	- .096
	"	7	+ .050	- .102
	"	17	- .007	- .112
	"	27	- .070	- .118
	Diciembre	7	- .140	- .120
	"	17	- .229	- .102
1958	Enero	6	- .258	- .085
	"	16	- .269	- .051
	"	26	- .275	- .010
	Febrero	5	- .280	+ .036
	"	15	- .280	+ .090
	"	25	- .271	+ .157
	Marzo	7	- .259	+ .200
	"	17	- .239	+ .246
	"	27	- .213	+ .291
	Abril	6	- .181	+ .333
	"	16	- .149	+ .363
	"	26	- .116	+ .383
	Mayo	6	- .080	+ .400
	"	16	- .042	+ .415
	"	26	- .002	+ .425
	Junio	5	+ .038	+ .430
	"	15	+ .075	+ .427
	"	25	+ .108	+ .419
	Julio	5	+ .139	+ .406
	"	15	+ .170	+ .384
	"	25	+ .200	+ .352
	Agosto	4	+ .228	+ .318
	"	14	+ .255	+ .278
	"	24	+ .282	+ .234
	Septiembre	3	+ .305	+ .186
	"	13	+ .324	+ .135
	"	23	+ .340	+ .082

FECHAS		X	Y
Octubre	3	+ .349	+ .030
"	13	+ .333	— .022
"	23	+ .301	— .074
Noviembre	2	+ .263	— .124
"	12	+ .219	— .168
"	22	+ .171	— .204
Diciembre	2	+ .121	— .231
"	12	+ .068	— .248

ANEXO No. 5

DIVERSOS VALORES PARA LA LONGITUD DEL OBSERVATORIO DE TACUBAYA
OBTENIDOS EN EPOCAS ANTERIORES

OBSERVADORES	FECHA	PUNTOS INTERMEDIOS	RESULTADOS
Anguiano - Davis Norris		Veracruz-Galveston	6 ^h 36 ^m 46 ^s .07
Comisión Geográfica Exploradora		Veracruz-Galveston	47 ^s .26
González-Valle-Davis-Norris		Veracruz	46 ^s .79
Fernández - Luna			46 ^s .82
Landero-Valle-Fernández	1883	Ciudad Juárez	46 ^s .70
Landero-Valle-Anguiano	1883	Ciudad Juárez	46 ^s .65
Gama - González		Ciudad Juárez	46 ^s .84
Blanco - González	1891	Ciudad Juárez	46 ^s .11
Valle - González	1893	Nogales	46 ^s .70
Puga - González	1893	Puma	47 ^s .26
Gama		S. Luis Missouri- Laredo	46 ^s .67
Medina P. y Paquentín D.L.	1958	Señales de radio	46 ^s .727

NOMBRES COMPLETOS DE LOS OBSERVADORES MEXICANOS

Ing. Angel Anguiano.
Ing. Camilo González
Ing. Felipe Valle
Ing. Leandro Fernández
Ing. Valentín Gama
Ing. Jacobo Blanco
Ing. Guillermo Beltrán y Puga
Ing. Carlos F. de Landero
Ing. Manuel Medina Peralta
Ing. Eduardo F. Paquentín D.L.

DETERMINACION DE LA LATITUD GEOGRAFICA.

Se determinó esta coordenda aplicando el método de Horrebow-Talcott, empleando, al efecto, el mismo instrumento que se usó en la determinación de la hora, o sea, el Teodolito Astronómico Wild T-4 de la Dirección de Geografía y Meteorología.

Siendo de importancia esencial en esta observación la buena calidad de los niveles de latitud, se hizo un estudio cuidadoso del par de burbujas que, dentro de su estuche, lleva el instrumento Wild. Para el efecto se usó el comparador de niveles Fauth, ya empleado repetidas veces en estudios análogos.

En el Anexo No. 6 figuran los datos de las numerosas comparaciones efectuadas con uno y otro nivel, así como los resultados del cálculo y sus errores probables.

Es fácil apreciar, en los datos de registro de estas comparaciones, que la calidad de las burbujas es muy mediana. En efecto, se notará que uno y otro nivel son de muy diversa sensibilidad y que, el movimiento de sus burbujas, en relación con las indicaciones del micrómetro, revelan su curvatura y por ende su precisión, son variables.

En atención a que no se dispuso de otras burbujas —que por otra parte hubiera sido difícil adaptar al instrumento—, nos vimos precisados a utilizar las existentes.

La fórmula de Horrebow-Talcott para el cálculo de la latitud, es la siguiente:

$$\varphi = \frac{1}{2} (\delta_1 + \delta_2) + \frac{1}{2} (m_1 - m_2) R + \frac{1}{2} (n_1 - n_2) + \frac{1}{2} (r_1 - r_2)$$

Por medio de la observación se obtienen los datos para el cálculo de los términos segundo y tercero de la fórmula, en el supuesto de conocer el valor de una revolución del tornillo microtérnico, o sea R.

A continuación se expone, lo más concretamente posible, tanto el proceso de la observación como del cálculo.

Las observaciones de latitud se desarrollaron en tres períodos: de noviembre a diciembre de 1957, de marzo a diciembre de 1958 y durante enero y una parte de febrero de 1959.

Las observaciones efectuadas en el primer período, pueden considerarse de entrenamiento, pues ambos observadores usaban por primera vez el Teodolito Astronómico Wild.

Las observaciones efectuadas y logradas en su mayor parte durante el período de 1958, son las consignadas en esta memoria, pues están ajustadas a todos los márgenes de precisión reglamentarias.

Las observaciones ejecutadas el año de 1959 revelan que, dentro del intervalo de estos dos períodos de observaciones, se alteró el valor angular del

micrómetro, pues se obtuvieron datos sistemáticamente superiores, en varios décimos de segundo, con relación a los de 1958. Esta circunstancia motiva un estudio especial, ya programado, que se llevará a cabo tan pronto como lo permitan las condiciones atmosféricas.

La secuela normal de las operaciones de cada noche era la siguiente:

- a) Renivelación cuidadosa del instrumento.
- b) Verificación de la correcta posición meridiana del antejo.
- c) Determinación de la ΔT cronométrica por medio de las señales de radio de la estación WWVH.
- d) Observación de la primera estrella del par inmediato, anotando tanto la indicación del micrómetro como la hora de su paso por el meridiano.
- e) Lectura y anotación de ambos niveles de latitud.
- f) Giración del instrumento 180 grados para observar la segunda estrella del par.
- g) Observación de la segunda estrella.
- h) Lectura de ambos niveles de latitud.

El registro de campo contiene las siguientes columnas para las siguientes anotaciones:

Número del par de estrellas.

Hora cronométrica del paso meridiano de cada una de las estrellas del par.

Lectura micrométrica.

Hilos de la retícula sobre los que se hicieron las lecturas.

Nivel número 1.— Extremos N y S.

Nivel número 2.— Extremos N y S.

Notas.

OPERACIONES DE CALCULO.

No fue posible efectuar las operaciones de cálculo paralelamente a la observación de las estrellas, lo que hubiera sido deseable, para corregir inmediatamente alguna irregularidad.

De todos los términos de la fórmula de latitud, el más laborioso de calcular, por el número de operaciones que encierra, es el primero.

Consiste este cálculo en la determinación de las posiciones aparentes de las estrellas de cada par para la fecha y la hora de observación. Esto implica las siguientes operaciones:

1) Cálculo de las posiciones medias de las estrellas observadas para el año de la observación. Se realiza esta operación con las fórmulas siguientes:

$$\alpha_o = \alpha_m + (t_o - 1950) \text{ Var. Anual} + \frac{1}{2} (t_o - 1950)^2 (1/100 \text{ Var. Sec.})$$

$$\delta_o = \delta_m + (t_o - 1950) \text{ Var. Anual} + \frac{1}{2} (t_o - 1950)^2 (1/100 \text{ Var. Sec.})$$

2) Cálculo de las declinaciones aparentes, para el día y la hora de la observación, de todas las estrellas observadas. La fórmula usual es la siguiente:

$$\delta = \delta_o + \tau\mu' + g\cos(G + \alpha_o) + h\cos(H + \alpha_o) \text{ sen}\delta_o + i\cos\delta_o$$

Las fórmulas anteriores fueron usadas en el cálculo de estas observaciones de latitud.

Cuando se tenga la oportunidad de hacer estos cálculos en una máquina de cálculo electrónica, lo que economizará esfuerzo y tiempo, es preferible emplear las siguientes fórmulas:

$$\delta = \delta_o + \tau\mu' + i\cos\delta_o + X\text{sen}\alpha_o + Y\cos\alpha_o$$

en la cual

$$X = -(B + C \text{ sen}\delta_o); Y = D \text{ sen}\delta_o + A (a'/\cos\alpha_o)$$

Cualquiera que sea la fórmula por medio de la cual se calculen las declinaciones aparentes de las estrellas, debe comprobarse su cálculo haciéndolo por duplicado por dos calculadores, pues todo el desarrollo de los cálculos subsiguientes se basa en la exactitud del primer término de la fórmula, que alcanza el mayor valor numérico.

En el caso presente, los cálculos se operaron por diversas personas y en épocas muy separadas y ésto último motivó que se hicieran rectificaciones que demoraron los cálculos subsiguientes.

Tanto los datos de los "números independientes" como el de constantes de Bessel, se tomaron del "American Ephemeris and Nautical Almanach", cuya obra consigna estos datos para las Oh. de tiempo universal.

En la Tabla No. 7 titulada "Cálculo Preliminar de Latitud", en las columnas 4 y 5, figuran las declinaciones aparentes de cada una de las estrellas observadas, y en la columna 6 está su semisuma, que constituye el primer término de la fórmula de latitud.

El segundo término, $\frac{1}{2}(m_1 - m_2)R$ representa el segundo de importancia; pues si en la observación no se cometieran errores, la suma de estos dos primeros términos sería la latitud de la estación.

Debido a que generalmente se desconoce el valor de R, se parte de uno aproximado, por ejemplo, el obtenido en la observación inmediatamente anterior hecha con el mismo instrumento. En nuestro caso, la Oficina de

Geografía de la Dirección de Geografía y Meteorología nos proporcionó el dato de: $\frac{1}{2} R = 77''.33$.

Con el valor anterior y las diferencias micrométricas ($m_1 - m_2$) que para cada par observado se toman del registro de campo, se calcularon los valores de este término, cuyo signo es el de $z_s - z_n$, o sea la diferencia de distancias zenitales entre la estrella que culmina al sur del zenit y la opuesta.

La octava columna de la Tabla No. 7 contiene la corrección por nivel. Se calcula esta corrección por la fórmula:

$$\frac{1}{2} (n_1 - n_2) = \frac{1}{4} \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right) \frac{1}{2} [(n_1 + n_2 + s_1 + s_2) - (n'_1 + n'_2 + s'_1 + s'_2)]$$

en la que d_1 y d_2 son los valores, en segundos de arco, de una división de los niveles 1 y 2, respectivamente; n_1 n_2 s_1 s_2 las lecturas de los extremos norte y sur de los niveles, antes de la inversión; y las acentuadas, después de la inversión. Se tomará como minuendo de esta resta, el paréntesis que corresponda a la observación hecha con el ocular hacia el "Este".

El factor de esta fórmula, de acuerdo con los datos que proporcionan las comparaciones de los niveles es igual a 0.14, de modo que para nuestro caso la fórmula de nivel puede escribirse como sigue:

$$\frac{1}{2} (n_1 - n_2) = 0.14 (\text{Suma niveles } e - \text{Suma niveles } w)$$

La corrección por refracción atmosférica está presentada por el término $\frac{1}{2} (r_1 - r_2)$ de la fórmula general y se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\frac{1}{2} (r_1 - r_2) = 57''.9/2 \text{ sen } (z_s - z_n) \text{ sec}^2 \frac{1}{2} (z_s + z_n) \quad (\text{seg. arco})$$

El signo de esta corrección es el mismo de $\frac{1}{2} (m_1 - m_2)$.

Se promediaron los diversos resultados de la latitud preliminar, obteniéndose el valor: $19^\circ 24' 199''.794$, con un error probable de observación de $\pm 0''.468$.

Este cálculo preliminar tiene por objeto hacer un primer análisis de las observaciones para desechar las que se salgan de las tolerancias reglamentarias.

Según Hoskinson, en su manual of Geodetic Astronomy, pág. 78, las observaciones que deben desecharse son las siguientes:

- 1.—Aquellas cuyas discrepancias excedan de $3''$.
- 2.—Automáticamente las que excedan de $5e_p$, o sea 5 veces el error probable de observación.

3.—Finalmente, se considera como límite de tolerancia aceptable 3.5 ϵ .

La Tabla No. 7 ya sólo contiene los pares de estrellas aceptables, de acuerdo con las tolerancias anteriores, que son las que rigen oficialmente al U.S. Coast and Geodetic Survey y al Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

En el caso actual, se verá que la discrepancia máxima es de $-1''.420$ y que la tolerancia, de acuerdo con el error probable de observación, fue de $\pm 1''.638$.

La Tabla No. 8 titulada "Cálculo de correcciones $\Delta\varphi$ y Δr a la latitud preliminar y al valor provisional del micrómetro", está formada de acuerdo con la siguiente teoría:

Designado por $\Delta\varphi$ a la corrección que debe aplicarse a la latitud preliminar, y φ la latitud correcta, se tiene:

$$\Delta\varphi = \varphi_m - \varphi$$

Si n es el número de latitudes aceptadas; $\Delta\varphi$ la corrección a la latitud preliminar; Δr la corrección a un $\frac{1}{2}R$, y finalmente, v' las discrepancias obtenidas en el cálculo preliminar, se tendrán n ecuaciones de la fórmula:

$$\Delta\varphi - M\Delta r = v' = v$$

En esta ecuación, M representa la diferencia micrométrica ($m_1 - m_2$).

Formando las ecuaciones normales se tendrán las siguientes ecuaciones tipo:

$$\begin{aligned} n \Delta\varphi - [M] \Delta r + [v'] &= 0 \\ - [M] \Delta\varphi + [M^2] \Delta r - [Mv'] &= 0 \end{aligned}$$

La Tabla No. 8 se ha formado para preparar y realizar el cálculo de estas ecuaciones, de cuya solución se obtienen las correcciones $\Delta\varphi$ y Δr , que aplicadas a los valores preliminares aproximarán más su valor real a las incógnitas Δr y φ .

Quedan por considerar cuatro correcciones para obtener el valor más probable de la latitud del Observatorio. Estas son:

- 1.—La reducción al polo medio.
- 2.—La asignación de sus pesos a las observaciones para su debida promediación.
- 3.—La reducción de la latitud al poste en que estuvo establecido el Círculo Meridiano del Observatorio, por haber sido este lugar al que se han referido todas las observaciones anteriores.
- 4.—La reducción de la latitud al nivel del mar.

Las tablas números 9 y 10 contienen los datos para reducir las latitudes obtenidas en los cálculos anteriores, al polo medio. En una determinación ordinaria, que por lo regular se efectúa en tres o cuatro noches de observaciones, se reducen éstas, en promedio, al polo medio. En el caso presente, por haberse desarrollado las observaciones en un largo período, la corrección se hizo a los valores parciales de cada noche.

La fórmula para calcular esta corrección es la siguiente:

$$\Delta\varphi = - (x \cos\lambda + y \operatorname{sen}\lambda)$$

en la que x e y son las coordenadas instantáneas del polo, expresadas en segundo de arco, y λ es la longitud oeste de la estación.

Las coordenadas instantáneas del polo, para las fechas de las observaciones, fueron interpoladas de los datos que publica el Bulletin Horaire de la Oficina de Longitudes de París.

En la Tabla No. 11 se hizo el cálculo del peso de cada par observado, ya corregido por movimiento del polo. Los valores de la latitud reducidos al polo medio figuran en la columna Núm. 8 de dicha Tabla, partiéndose de dichos valores para calcular sus pesos.

La Tabla No. 11 titulada "Cálculo del Promedio Pesado y su Error Probable" está basada en las siguientes fórmulas:

1) Peso de un par observado n veces

$$p = \frac{1}{\frac{\epsilon^2}{\delta_1} + \frac{\epsilon^2}{\delta_2} + \frac{4e^2}{n}}$$

en la que ϵ y ϵ son los errores probables de las declinaciones de las estrellas del par; e es el error probable de la observación, que en el caso actual fue de $\pm 0''.548$; y n el número de veces que se observó el par respectivo.

Los valores de ϵ y ϵ están tomados del Catálogo Fundamental de Boss, δ_1 δ_2 1950, y constan en la columna 4 de la tabla 11.

2) Latitud pesada

$$\varphi = \frac{[p\varphi]}{[p]}$$

3) Error probable de la latitud pesada:

$$r_o = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{[pvv]}{[p] (m - 1)}}$$

m es el número de los pares observados.

Los valores numéricos de la latitud pesada y su error probable figuran al final de la tabla respectiva, habiendo anotado solamente los segundos, pues los grados y minutos de la latitud han permanecido invariantes desde la primera tabla.

La referencia del poste en que se efectuaron las observaciones al lugar en que por muchos años estuvo establecido el Círculo Meridiano del Observatorio, figura en la pág. 15 de esta Memoria, en la que se consigna la cifra — 1".200 como diferencia de latitudes entre el poste de observación y el Círculo Meridiano.

Finalmente, la corrección por "altitud" de la estación, y que según Hoskinson es una fórmula aproximada, pero que debe emplearse, dado que las latitudes anteriores han sido corregidas con el valor que proporciona dicha fórmula, se calcula por la expresión:

$$\Delta\varphi = - 0''.000171 \text{ hsen } 2\varphi$$

en la que h es la altitud de la estación y φ la latitud de la misma. Sustituyendo los valores $h = 2297.5\text{m}$ y $\varphi = 19^\circ 24'$, que corresponden al Observatorio, se obtiene la corrección por altitud, igual a — 0".246.



En resumen, los datos finales de LATITUD para el Observatorio, son los siguientes:

LATITUD DEL POSTE DE OBSERVACION ..	19°24'19".594
REDUCCION AL CIRCULO MERIDIANO	—1".200
CORREC. POR ALTITUD DE LA ESTACION ..	—0".246
LATITUD DEL OBSERVATORIO (Circ. Merid.)	19°24'18".148 ± 0".058

CONCLUSION:

En vista de los errores probables obtenidos para ambas coordenadas, su expresión numérica deberá ser:

LATITUD NORTE	19°24'18".15 ± 0".06
LONGITUD OESTE	99°11'40".91 ± 0".10

AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL
CALCULO PRELIMINAR DE LATITUD
OBSERVACIONES EFECTUADAS EN EL AÑO DE 1958

TABLA No. 7
TEODOLITO ASTRONOMICO
Wild T-4

ESTACION TACUBAYA
México

Par	Cat. Boss 1950	DECLINACIONES			MICROM	NIVEL	REFACC.	19°24'	v'	v'v'	
		δ_1	δ_2	$\frac{1}{2}(\delta_1 + \delta_2)$	$\frac{1}{2}(m_1 - m_2)$	$\frac{1}{2}(n_1 - n_2)$	$\frac{1}{2}(r_1 - r_2)$				
<i>24 de marzo de 1958.—OBSERVADOR: Ing. Manuel Medina Peralta</i>											
57	10701	10779	35°31'23".113	3°02'44".195	19°17'03".654	+7 17.533	-0.928	+0.119	20.378	-0.584	0.341056
58	10959	11091	13 14 06 .657	25 37 59 .902	19 26 03 .280	-1 43.313	-0.647	-0.119	19.201	+0.593	0.351649
60	11781	11886	6 45 46 .691	32 05 21 .009	19 25 33 .850	-1 12.845	-0.534	-0.035	20.436	-0.642	0.412164
61	12037	12243	30 50 54 .275	8 13 10 .990	19 32 02 .632	-7 43.439	-0.098	-0.140	18.955	+0.839	0.703921
63	12690	12892	5 38 11 .566	33 04 42 .694	19 21 27 .130	+2 53.296	-0.267	+0.045	20.204	-0.410	0.168100
64	13112	13316	33 50 18 .363	4 50 05 .306	19 20 11 .834	+4 09.157	-0.422	+0.072	20.641	-0.847	0.717409
65	13414	13569	14 12 37 .355	24 35 27 .963	19 24 02 .659	+ 17.090	+0.408	+0.008	20.165	-0.371	0.137641
<i>25 de marzo de 1958.—OBSERVADOR: Ing. Eduardo Paquentín</i>											
58	10959	11091	31 14 06 .655	25 37 59 .951	19 26 03 .303	-1 45.942	+1.209	-0.119	18.451	+1.343	1.803649
59	11358	11659	20 52 40 .870	18 14 02 .086	19 33 21 .478	-9 02.934	+1.659	-0.160	20.043	-0.249	0.062001
60	11781	11886	6 45 46 .673	32 05 21 .075	19 25 33 .874	-1 16.170	-1.209	-0.035	18.878	+0.916	0.839056
61	12037	12243	30 50 54 .340	8 13 10 .983	19 32 02 .662	-7 44.521	+1.912	-0.140	19.913	-0.119	0.014161
62	12373	12583	15 28 50 .680	23 08 49 .398	19 18 50 .039	+5 26.023	+3.512	+0.084	19.658	+0.136	0.018496
63	12690	12892	5 38 11 .544	33 04 42 .754	19 21 27 .149	+2 49.739	+1.982	+0.045	18.915	+0.879	0.772641
64	13112	13316	33 50 18 .474	4 50 05 .278	19 20 11 .876	+4 06.141	+0.942	+0.072	19.031	+0.763	0.582169
65	13414	13569	14 12 37 .362	24 35 28 .120	19 24 02 .741	+ 15.002	+1.842	+0.008	19.593	+0.201	0.040401
66	13679	13742	9 07 41 .215	29 50 37 .934	19 29 09 .574	-4 51.534	+0.928	+0.009	18.959	+0.835	0.697225
<i>26 de marzo de 1958.—OBSERVADOR: Ing. Manuel Medina Peralta</i>											
59	11358	11659	20 52 40 .911	18 14 02 .112	19 33 21 .512	-8 59.995	-0.973	-0.160	20.384	-0.590	0.348100
60	11781	11886	6 45 46 .659	32 05 21 .150	19 25 33 .904	-1 13.695	+1.040	-0.035	21.214	-1.420	2.016400
61	12037	12243	30 50 54 .401	8 13 10 .970	19 32 02 .686	-7 42.124	-0.450	-0.140	19.972	-0.178	0.031684
63	12690	12892	5 38 11 .526	33 04 42 .841	19 21 27 .184	+2 52.523	-0.220	+0.045	19.527	+0.267	0.071289
65	13414	13569	14 12 37 .389	24 35 28 .203	19 24 02 .796	+ 17.941	-0.295	+0.008	20.450	-0.656	0.430336

Par	Cat. Boss 1950	DECLINACIONES			MICROM	NIVEL	REFACC.	19°24'	v'	v'v'	
		δ_1	δ_2	$\frac{1}{2}(\delta_1 + \delta_2)$	$\frac{1}{2}(m_1 - m_2)$	$\frac{1}{2}(n_1 - n_2)$	$\frac{1}{2}(r_1 - r_2)$				
<i>27 de marzo de 1958.—OBSERVADOR: Ing. Eduardo Paquentín</i>											
55	10128	10237	3°27'33".838	35°08'33."510	19 13'03".674	+6 16.520	-0.183	+0.100	20.111	-0.317	0.100489
56	10392	10548	25 52 59 .505	12 55 00 .176	19 23 59 .840	+ 20.028	+0.366	0.000	20.234	-0.440	0.193600
58	10959	11091	13 14 06 .594	25 38 00 .009	19 26 03 .302	-1 43.313	+0.322	-0.119	20.193	-0.399	0.159201
60	11781	11886	6 45 46 .649	32 05 21 .225	19 25 33 .937	-1 13.850	0.000	-0.035	20.052	-0.258	0.066564
63	12690	12892	5 38 11 .512	33 04 42 .939	19 21 27 .226	+2 53.760	+0.155	+0.045	21.186	-1.392	1.937664
64	13112	13316	33 50 18 .657	4 50 05 .244	19 20 11 .950	+4 08.152	+0.366	+0.072	20.534	-0.740	0.547600
<i>3 de diciembre de 1958.—OBSERVADOR: Ing. Eduardo Paquentín</i>											
2	346	425	1 27 39 .550	37 44 42 .744	19 36 11 .147	-11 47.647	-4.232	-0.347	18.921	+0.873	0.762129
5	846	1028	16 26 25 .307	22 24 11 .271	19 25 18 .289	-1 00.085	+0.956	-0.017	19.143	+0.651	0.423801
7	1093	1302	23 52 57 .140	14 43 38 .439	19 18 17 .790	+6 00.976	+1.294	+0.110	20.170	-0.376	0.141376
11	1766	1927	5 08 32 .330	33 37 48 .120	19 23 10 .225	+1 08.128	+1.237	+0.027	19.617	+0.177	0.031329
14	2064	2143	35 02 29 .379	3 27 44 .143	19 15 06 .758	+9 10.667	+1.153	+0.082	18.660	+1.134	1.285956
18	2601	2675	19 18 30 .641	19 25 26 .922	19 21 58 .782	+2 20.122	+0.675	+0.042	19.621	+0.173	0.029929
<i>8 de diciembre de 1958.—OBSERVADOR: Ing. Eduardo Paquentín</i>											
74	32977	33062	9 57 14 .727	28 37 03 .288	19 17 09 .003	+7 09.104	+1.369	+0.121	19.597	+0.197	0.038809
								Suma	673.007	-0.011	16.277995
								Promedio	19.794		
Error medio:		$\frac{16.277995}{34-1} = \pm 0''.702334$		Error probable		$\frac{0.468222}{\sqrt{34}} = 0''.08029$					
Error probable		$\frac{2}{3} \cdot 0.702334 = 0''.468222$		Tolerancia:		$3.5 \times 0.468222 = 1''.638777$					

TABLA No. 8

CALCULO DE LAS CORRECCIONES $\Delta\varphi$ y Δr a la latitud preliminar y al valor provisional del micrómetro, respectivamente, y de sus errores probables.

PAR. NUM.	M	M ²	Mv'	M Δr	LATITUD 19°24'	v	v v
<i>Fecha: 24 de marzo de 1958</i>							
57	+5.658	32.012964	-3.304272	-0.111236	20.267	-0.473	0.223724
58	-1.336	1.784896	-0.792248	+0.026266	19.227	+0.567	0.321489
60	-0.942	0.887364	+0.604764	+0.018520	20.454	-0.660	0.465600
61	-5.993	35.916049	-5.028127	+0.117822	19.073	+0.721	0.519841
63	+2.241	5.022081	-0.918810	-0.044058	20.160	-0.366	0.133956
64	+3.222	10.381284	-2.729034	-0.063344	20.578	-0.784	0.614656
65	+0.221	0.048841	-0.081991	-0.004345	20.161	-0.367	0.134689
<i>Fecha: 25 de marzo de 1958</i>							
58	-1.370	1.876900	-1.839910	+0.026934	18.478	+1.316	1.731856
59	-7.021	49.294441	+1.748229	+0.138033	20.181	-0.387	0.149769
60	-0.985	0.970225	-0.902260	+0.019365	18.897	+0.897	0.804609
61	-6.007	36.084049	+0.714833	+0.118098	20.031	-0.237	0.056169
62	+4.216	17.774656	+0.573376	-0.082886	19.575	+0.219	0.047961
63	+2.195	4.118025	+1.929405	-0.043154	18.872	+0.922	0.850084
64	+3.183	10.131489	+2.428624	-0.062578	18.968	+0.826	0.682276
65	-0.194	0.037636	+0.038994	-0.003814	19.589	+0.205	0.042025
66	-3.770	14.212900	-3.147950	+0.074118	19.033	+0.761	0.579121
<i>Fecha: 26 de marzo de 1958</i>							
59	-6.983	48.762289	+4.119970	+0.137286	20.521	-0.727	0.528529
60	-0.953	0.908209	+1.353260	+0.018736	21.233	-1.439	2.070721
61	-5.976	35.712576	+1.063728	+0.117488	20.089	+0.295	0.087025
63	+2.231	4.977361	+0.595677	-0.043861	19.483	+0.311	0.096721
65	+0.032	0.053824	-0.152192	-0.004561	20.445	-0.651	0.432801
<i>Fecha: 27 de marzo de 1958</i>							
55	+4.869	23.707161	-1.543473	-0.095724	20.015	-0.221	0.048841
56	+0.259	0.067081	-0.113960	-0.005092	20.229	-0.435	0.189225
58	-1.336	1.784896	+0.533064	+0.026266	20.219	-0.425	0.180625
60	-0.955	0.912025	+0.246390	+0.018775	20.071	-0.277	0.076729
63	+2.247	5.049009	-3.127824	-0.044176	21.142	-1.348	1.817104
64	+3.209	10.297681	-2.374660	-0.063089	20.471	-0.677	0.458329

PAR. NUM.	M	M ²	Mv'	MΔr	LATITUD 19°24'	v	v v
--------------	---	----------------	-----	-----	-------------------	---	-----

Fecha: 3 de diciembre de 1958

2	-9.151	83.740801	-7.988823	+0.179909	19.101	+0.693	0.480249
5	-0.777	0.603729	-0.505827	+0.015276	19.158	+0.636	0.404496
7	+4.668	21.790224	-1.755168	-0.091773	20.078	-0.284	0.080656
11	+0.881	0.776161	+0.155937	-0.017320	19.600	+0.194	0.037636
14	+7.121	50.708641	+8.075214	-0.139999	18.520	+1.274	1.623076
18	+1.816	3.283344	+0.313476	-0.035624	19.585	+0.209	0.043681

Fecha: 8 de diciembre de 1958

74	+5.549	30.791401	+1.093153	-0.109093	19.488	+0.306	0.093636
----	--------	-----------	-----------	-----------	--------	--------	----------

SUMA

+0.653	545.180213	-10.718430					16.608910
Promedio: 19.794							

Ecuaciones normales (Tipo):

Idem. numéricas:

$$\begin{aligned}
 n \Delta\varphi - [M] \Delta r + [v'] &= 0 \\
 -[M] \Delta\varphi + [M^2] \Delta r - [Mv'] &= 0 \\
 34000 \Delta\varphi - 0.653 \Delta r - 0.011 &= 0 \\
 -0.653 \Delta\varphi + 545.180213 \Delta r + 10.718430 &= 0
 \end{aligned}$$

Solución:

RESULTADOS

$$\Delta r = 0''.000$$

$$\Delta \tau = -0''.020$$

	φ	$\frac{1}{2} R$
Valor Preliminar	19°24'19''.794	77''.33
Corrección	0''.000	-0''.02
Valor Corregido	19°24'19''.794	77''.31

CALCULO DE ERRORES

Error probable de observación

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{0.22847981}{34-2}} = \pm 0''.478$$

Error prob. de la latitud

$$e_{\varphi} = \sqrt{\frac{0.22847981}{34 \cdot \frac{0.426409}{545.180}}} = \pm 0''.082$$

Error prob. del v/r microm.

$$e_r = \sqrt{\frac{0.22847981}{545 \cdot \frac{0.4264}{34}}} = \pm 0''.020$$

CALCULO DEL ERROR PROBABLE DE OBSERVACION

Estación Observatorio de Tacubaya

Observaciones el año de 1958

Par Núm.	LATITUD 19°24'	PROME- DIOS.	v	v v	Cálculos
57	20''.267				
58	19 .227		+0.081	0.006561	
	18 .478		+0.830	0.688900	
	20 .219	19.308	-0.911	0.829921	
59	20 .181		+0.170	0.028900	
	20 .521	20.351	-0.170	0.028900	
60	20 .454		-0.290	0.084100	
	18 .897		+1.267	1.605289	
	21 .233		-1.069	1.142761	
	20 .071	20.164	+0.093	0.008649	
61	19 .073		+0.658	0.432964	
	20 .031		-0.300	0.090000	
	20 .089	19.731	-0.358	0.128164	
62	19 .575				
63	20 .160		-0.246	0.060516	
	18 .872		+1.042	1.085764	
	19 .483		+0.431	0.185761	
	21 .142	19.914	-1.228	1.507984	

Par Núm.	LATITUD 19°24'	PROME-DIOS.	v	v v	Cálculos
64	20 .578		-0.572	0.327184	
	18 .968		+1.038	1.077444	
	20 .471	20.006	-0.465	0.216225	
65	20 .161		-0.096	0.009216	
	19 .589		+0.476	0.226576	
	20 .445	20.065	-0.380	0.144400	
				9.916179	
66	19 .033				
55	20 .015				
56	20 .229				
2	19 .101				
5	19 .158				
7	20 .078				
11	19 .600				
14	18 .520				
18	19 .585				
74	19 .488				

$$e = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{9.916179}{22-7}} = \pm 0''.548$$

TABLA No. 9

CALCULO de reducciones al polo medio para los días de observación.

$$\text{FORMULA: } \Delta\varphi = - (x \cos\lambda + y \text{ sen}\lambda)$$

FECHA	x	y	x cosλ	y senλ	-Δφ
1958 Marzo 24	-0.221	+0.278	+0.03532	+0.27443	+0.30975
" " 25	-0.218	+0.282	+0.03484	+0.27838	+0.31322
" " 26	-0.216	+0.286	+0.03452	+0.28233	+0.31685
" " 27	-0.213	+0.291	+0.03404	+0.28725	+0.32130
" Dic. 3	+0.116	-0.233	-0.01854	-0.23001	-0.24855
" " 8	+0.090	-0.241	-0.01438	-0.23790	-0.25228

$$\lambda = 99^{\circ}11'41'' \quad \text{sen}\lambda = 0.98716$$

$$\cos\lambda = -0.15980$$

Las coordenadas instantáneas del polo fueron interpoladas de las Tablas que publica el "Bulletin Horaire".

TABLA No. 10
 REDUCCION DE LAS LATITUDES AL POLO MEDIO.
 OBSERVACIONES DEL AÑO DE 1958

Par Núm.	Fecha 1958	Latitud Final 19°24'	Reducc. al Polo Medio	Latitud final Reduc. al Polo
57	marzo 24	20".267	-0".310	19°24' 19".957
58		19 .227		18 .817
60		20 .454		20 .144
61		19 .073		18 .763
63		20 .160		19 .850
64		20 .578		20 .268
65	marzo 25	20 .161	-0".313	19 .851
58		18 .478		18 .165
59		20 .181		19 .868
60		18 .897		18 .584
61		20 .031		19 .718
62		19 .575		19 .262
63		18 .872		18 .559
64		18 .968		18 .655
65		19 .589		19 .276
66		19 .033		18 .720
59		marzo 26		20 .521
60	21 .233		20 .916	
61	20 .089		19 .772	
63	19 .483		19 .166	
65	20 .445		20 .128	
55	marzo 27	20 .015	-0".321	19 .694
56		20 .229		19 .908
58		20 .219		19 .898
60		20 .071		19 .750
63		21 .142		20 .821
64		20 .471		20 .150
2		Dic. 3		19 .101
5	19 .158		19 .407	
7	20 .078		20 .327	
11	19 .600		19 .849	
14	18 .520		18 .769	
18	19 .585		19 .835	
74	Dic. 8	19 .488		19 .740
		672 .992	- 6.752	666 .240

TABLA No. 11

CALCULO DEL PROMEDIO PESADO Y ERROR PROBABLE
OBSERVACIONES DEL AÑO DE 1958

ESTACION TACUBAYA
MEXICO

PAR NUM.	ESTRE- LLAS	NUM. OBS.	ϵ δ	ϵ^2 δ	$\frac{4\epsilon^2}{n}$	P	φ 19°24'	P φ	v	vv	pvv
57	10701	1	0.1300	0.0169	1.20297	0.8117	19'' .957	16.199097	-0.363	0.131769	0.10695690
	10779		0.1100	0.0121							
58	10959	3	0.0320	0.0010	0.40099	2.4827	18 .993	47.153921	+0.601	0.361201	0.89675372
	11091		0.0290	0.0008							
59	11350	2	0.1200	0.0144	0.60148	1.6208	20 .036	32.474349	-0.442	0.195364	0.31664597
	11659		0.0330	0.0011							
60	11781	4	0.0600	0.0036	0.30074	3.1813	19 .849	63.145624	-0.254	0.064516	0.20556288
	11886		0.1000	0.0100							
61	12037	3	0.0420	0.0017	0.40099	2.4231	19 .418	47.051756	+0.176	0.030976	0.07505795
	12243		0.1000	0.0100							
62	12373	1	0.0410	0.0017	1.20297	0.8284	19 .262	15.956641	+0.332	0.110224	0.09130956
	12583		0.0500	0.0025							
63	12690	4	0.0900	0.0081	0.30074	3.0699	19 .599	60.166970	-0.005	0.000025	0.00007675
	12892		0.1300	0.0169							
64	13112	3	0.0430	0.0018	0.40099	2.4753	19 .691	48.741132	-0.097	0.009409	0.02329010
	13316		0.0340	0.0012							
65	13414	3	0.0320	0.0010	0.40099	2.4802	19 .752	48.988910	-0.158	0.024964	0.06191571
	13569		0.0350	0.0012							
66	13679	1	0.0350	0.0012	1.20297	0.8280	18 .720	15.500160	+0.874	0.763876	0.63248933
	13742		0.0600	0.0036							
55	10128	1	0.0700	0.0049	1.20297	0.8254	19 .694	16.255428	-0.100	0.010000	0.00825400
	10232		0.0600	0.0036							

(Sigue la Tabla No. 11)

56	10392	1	0.0460	0.0021	1.20297	0.8216	19 .908	16.356413	-0.314	0.098596	0.08100647
	10588		0.1100	0.0121							
2	346	1	0.0440	0.0019	1.20297	0.8291	19 .350	16.043085	+0.244	0.059536	0.04936130
	425		0.0360	0.0013							
5	846	1	0.0500	0.0025	1.20297	0.8198	19 .407	15.909859	+0.187	0.034969	0.02866759
	1028		0.1200	0.0144							
7	1093	1	0.0800	0.0064	1.20297	0.8262	20 .327	16.794167	-0.733	0.537289	0.44390817
	1302		0.0320	0.0010							
11	1766	1	0.0600	0.0036	1.20297	0.8190	19 .849	16.256331	-0.255	0.065025	0.05325548
	1927		0.1200	0.0154							
14	2064	1	0.0480	0.0023	1.20297	0.8242	18 .769	15.469410	+0.825	0.680625	0.56097113
	2143		0.0900	0.0081							
18	2601	1	0.0290	0.0008	1.20297	0.8290	19 .834	16.446386	-0.240	0.057600	0.04775040
	2675		0.0500	0.0025							
74	32977	1	0.1200	0.0144	1.20297	0.8207	19 .740	16.200618	-0.146	0.021316	0.01749404
	33062		0.0300	0.0011							
						<u>27.6164</u>		<u>541.106257</u>		<u>3.257280</u>	<u>3.70072745</u>

$$\varphi = \frac{541.106257}{27.6164} = 19''.594$$

$$r_o = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{3.70072745}{27.6164 \times 18}} = \pm 0''.0582069$$

ANEXO No. 6

DETERMINACION DEL VALOR ANGULAR DE LOS NIVELES
DE LATITUD NUMERADOS 1 Y 2

Nivel 1. (Graduación grande)						
Micr.	NIVEL		Mov.	Prom. Lects. y	xy	Notas y resultados
x	I	D				
0	107.0	129.9		118.45	0.00	Cámara a la derecha $d_1 = 1''.10$
5	106.5	133.1	1.35	119.80	559.00	
10	110.0	136.7	3.55	123.35	1233.50	
15	113.0	139.7	3.00	126.35	1895.25	
20	117.0	143.5	3.90	130.25	2605.00	
25	122.0	148.6	5.05	135.30	3382.50	
30	127.0	153.8	5.10	140.40	4212.00	
35	132.0	158.5	4.85	145.25	5083.75	
40	137.5	164.0	5.50	150.75	6030.00	
$[x]=180; [x]^2=32400; [m]=32.30; [y]=1189.90; [xy]=25001.00$ $[x^2]=5100 \quad [m^2]=143.92 \quad [x][y]=214182$						
40	139.0	165.5		152.25	6090.00	Cámara a la derecha $d_1 = 1''.11$
35	136.0	162.5	3.00	149.25	5223.75	
30	132.4	159.0	3.55	145.70	4371.00	
25	126.9	153.2	5.65	140.05	3501.25	
20	122.3	149.0	4.40	135.65	2713.00	
15	116.8	143.1	5.70	129.95	1949.25	
10	113.0	139.3	3.80	126.15	1261.50	
4	109.4	136.0	3.45	122.70	613.50	
0	106.8	133.0	2.80	119.90	0.00	
$[x]=180; [x]^2=32400; [m]=32.35; [y]=1221.60; [xy]=25723.25$ $[x^2]=5100 \quad [m^2]=139.59 \quad [x][y]=219888$						
90	164.5	135.1		149.80	13482.00	Cámara a la izquierda $d_1 = 1''.23$
95	160.5	131.2	3.95	145.85	13855.75	
100	156.0	126.7	4.50	141.35	14135.00	
105	151.7	122.5	4.25	137.10	14395.50	
110	146.2	117.1	5.45	131.65	14481.50	
115	141.8	112.8	4.35	127.30	14639.50	
120	138.9	109.9	2.90	124.40	14928.00	
125	135.4	106.3	3.55	120.85	16106.25	
130	133.0	104.1	2.30	118.55	15411.50	

(Sigue el Anexo No. 6)

Nivel 1. (Graduación grande)						
Micr. x	NIVEL		Mov.	Prom. Lects. y	xy	Notas y resultados
	I	D				
130	135.0	106.0		120.10	15613.00	Cámara a la izquierda $d_1 = 1''.30$
125	137.6	108.7	3.05	123.15	15393.75	
120	140.5	11.7	2.95	126.10	15132.00	
115	143.1	114.4	2.65	128.75	14806.25	
110	146.9	118.0	3.70	132.45	14569.50	
105	151.7	123.0	4.90	137.35	14421.75	
100	156.0	127.2	4.25	141.60	14160.00	
95	160.7	132.0	4.75	146.35	13903.25	
90	164.7	136.0	4.00	150.35	13531.50	
100	164.5	134.9		149.70	14970.00	Cámara a la izquierda $d_1 = 1''.195$
105	160.0	130.3	4.55	145.15	15240.75	
110	154.0	124.5	5.90	139.25	15317.50	
115	149.4	119.9	4.60	134.65	15484.75	
120	144.0	114.4	5.45	129.20	15504.00	
125	141.8	112.2	2.20	127.00	15875.00	
130	138.8	109.2	3.00	124.00	16120.00	
135	135.3	106.0	3.35	120.65	16287.75	
140	134.0	104.5		119.25	16695.00	
135	136.8	107.2	2.75	122.00	16470.00	
130	139.7	110.1	2.90	124.90	16237.00	
125	142.8	113.4	3.20	128.10	16012.50	
120	147.1	117.9	4.40	132.50	15900.00	
115	151.4	122.0	4.20	136.70	15720.50	
110	156.0	126.7	4.65	141.35	15548.50	
105	160.4	131.0	4.35	145.70	15298.50	
100	164.6	135.0	4.10	149.80	14980.00	
15	106.6	136.0		121.30	1819.50	Cámara a la derecha $d_1 = 1''.026$
20	111.0	140.7	4.55	125.85	2517.00	
25	115.2	144.9	4.20	130.05	3251.25	
30	121.2	151.0	6.05	136.10	4083.00	
35	126.0	155.5	4.65	140.75	4926.25	
40	131.0	160.7	5.10	145.85	5834.00	
45	135.0	164.8	4.05	149.90	6745.50	

(Sigue el Anexo No. 6)

Nivel I. (Graduación grande)						
Micr. x	NIVEL		Mov.	Prom. Lects. y	xy	Notas y resultados
	I	D				
45	136.5	166.3		151.40	6813.00	
40	133.7	163.4	2.85	148.55	5942.00	Cámara a la derecha
35	129.7	159.5	3.95	144.60	5061.00	
30	125.3	155.1	4.40	140.20	4206.00	
25	121.1	151.0	4.15	136.05	3401.25	$d_1 = 1''.239$
20	116.0	145.7	5.20	130.85	2617.00	
15	112.0	141.8	3.95	126.90	1903.50	
10	108.2	138.0	3.80	123.10	1231.00	
5	105.0	134.8	3.20	119.90	599.50	

RESUMEN

Fecha		d_1	v	vv
Agosto	1	1''.18	+ 0.02	0.0004
"	"	1 .11	+ 0.09	0.0081
"	8	1 .23	- 0.03	0.0009
"	"	1 .30	- 0.10	0.0100
"	15	1 .20	+ 0.02	0.0004
"	"	1 .28	+ 0.08	0.0064
"	"	1 .03	+ 0.17	0.0289
"	"	1 .24	- 0.04	0.0016

PROMEDIO $d_1 = 1''.20 \pm 0''.02$

Nivel No. 2 (Graduación chica)						
Micr. x	NIVEL		Mov.	Prom. Lects. y	xy	Notas y resultados
	I	D				
30	3.8	20.7		12.25	367.50	
35	10.1	26.9	6.25	18.50	647.50	Cámara a la derecha
40	17.9	34.7	7.80	26.30	1052.00	
45	21.3	38.0	3.35	29.65	1186.00	
50	23.4	40.1	2.10	31.75	1587.50	$d_2 = 1''.119$
55	26.2	42.9	2.80	34.55	1900.25	
60	31.8	48.4	5.55	40.10	2406.00	
65	46.8	63.3	14.95	55.05	3578.25	

(Sigue el Anexo N° 6)

Nivel No. 2 (Graduación chica)						
Micr.	NIVEL		Mov.	Prom.	xy	Notas y resultados
x	I	D		Lects. y		
65	47.0	63.8		55.40	3601.00	
60	45.9	62.6	1.15	54.25	3255.00	Cámara a la derecha
55	44.0	60.7	1.90	52.35	2879.25	
50	25.9	42.3	18.25	34.10	1705.00	
45	23.2	40.0	2.50	31.60	1422.00	$d_2 = 0''.950$
40	21.2	38.0	2.00	29.60	1184.00	
35	18.0	34.8	3.20	26.40	924.00	
30	15.8	32.3	2.35	24.05	721.50	
25	5.4	22.0	10.75	13.20	330.00	
25	5.0	21.7		13.35	333.75	
30	8.0	24.7	3.00	16.35	490.50	Cámara a la izquierda
35	16.7	33.2	8.55	24.90	871.50	
40	19.2	35.8	2.60	27.50	1100.00	
45	21.8	38.1	2.45	29.95	1347.75	$d_2 = 1''.183$
50	23.7	40.1	1.95	31.90	1595.00	
55	26.1	42.7	2.50	34.40	1892.00	
60	29.7	46.1	3.50	37.90	2274.00	
65	46.5	63.0	16.85	54.75	3558.75	
65	47.1	63.7		55.40	3601.00	
60	46.1	62.4	1.15	54.25	3255.00	Cámara a la izquierda
55	44.6	60.9	1.50	52.75	2901.25	
50	26.1	42.3	18.55	34.20	1710.00	
45	23.7	39.9	2.40	31.80	1431.00	$d_2 = 0''.952$
40	21.7	37.9	2.00	29.80	1192.00	
35	17.9	34.1	3.80	26.00	910.00	
30	15.8	32.0	2.10	23.90	717.00	
25	5.8	22.0	10.00	13.90	347.50	
RESUMEN						
	Fecha		d_2	v	vv	
	Agosto	22	1''.12	- 0.07	0.0049	
	"	"	0 .95	+ 0.10	0.0100	
	"	"	1 .18	- 0.13	0.0169	
	"	"	0 .95	+ 0.10	0.0100	
PROMEDIO $d^2 = 1''.05 \pm 0''.04$						

SITUACION GEOGRAFICA DEL OBSERVATORIO DE TACUBAYA
MEXICO, D.F.

ESTADO ATMOSFERICO DURANTE EL PERIODO DE LAS OBSERVACIONES

FECHA	Tempera- tura ambiente	Dirección del viento	Velocidad del viento
1958 Marzo 24	19.6	SW	1.6 m/s
" 25	17.2	WSW	2.1
" 26	16.2	WNW	3.9
" 27	19.3	SW	2.0
Dic. 3	11.3	NNW	1.4
" 8	15.4	NNW	0.8
1959 Enero 15	14.3	NNW	0.6
" 17	15.2	C	0.2
" 22	14.7	WSW	0.8
" 24	15.0	SSW	2.0
" 26	13.8	C	0.3
" 27	13.1	C	0.3
" 28	14.2	C	0.0
" 29	14.6	C	0.4
" 30	15.3	WNW	3.7
" 31	13.5	SSE	1.5
Febro. 2	15.2	SSW	1.2
" 3	14.7	SW	1.3
" 4	14.5	SSW	1.0
" 6	12.9	WNW	3.9
" 9	16.9	SSE	0.7

Las anteriores observaciones se tomaron a las 21 horas de los días indicados.

OBSERVACIONES DE LATITUD DEL OBSERVATORIO DE TACUBAYA
EFECTUADAS EN DIVERSAS EPOCAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

AÑO	AUTORIDAD	INSTRUMENTO USADO	LATITUD
1884	Ing. Angel Anguiano.	Altazimut Troughton	19 24 17.5
1891	Ing. Guillermo Beltrán y Pu- ga.	Círculo Meridiano	17.90
1893	Ing. Camilo González.	Idem	17.91
1910	Ing. Valentín Gama.	Zenital Repsold	17.88
1916	Ings. Caballero y Vázquez Schiaffino.	Idem	17.53
1917	Ings. Sotero Prieto y Joaquín Gallo.	Idem	17.71
1917	Ing. Ignacio Avilés.	Círculo Meridiano	18.02
1917	Ing. M. Hernández Becerra.	Zenital Repsold	17.75
1918	Ing. Silverio Alemán.	Idem	18.00
1921	Prof. F. Escalante.	Idem	18.05
1924	Ing. L. Segura	Idem	18.34
1926	Ing. Joaquín Gallo.	Idem	18.29
1958	Ings. Manuel Medina Peralta y Eduardo Paquentín.	Teod. Astronómico Wild	18.15

PERSONAL COOPERADOR EN ESTE TRABAJO

Ing. Manuel Medina Peralta	Observador y Calculista, Jefe del Grupo.
Ing. Eduardo F. Paquentín	Observador, Calculista.
Ing. Federico Alonso Lerch	Calculista.
Sr. Enrique Cobo	Ayudante de Observador, Calculista.
Sr. Eliezer Erosa Irabién	Técnico en radio.
Srita. Elena Laura López Reyes	Calculista.
Sra. Ma. del Refugio Rentería	Mecanógrafa Cuadrística.
Srita. Concepción Medina Nicolau	Mecanógrafa Cuadrística.

México, D. F., Octubre de 1961.

IX

ACTIVIDADES SISMOLOGICAS DURANTE EL AGI

por Jesús Figueroa A.

EN EL VASTO programa elaborado para desarrollarse en todo el mundo durante el Año Geofísico Internacional, quedaron incluidas diversas actividades para la rama de Sismología.

De tales actividades, aceptamos de manera preferente intervenir en la medición de registros microsísmicos, cuya finalidad es determinar las correlaciones que puedan existir entre los variados tipos de inscripciones no correspondientes a temblores ordinarios o movimientos industriales (tránsito de seres vivientes, motores estacionarios o en movimiento, maquinaria, etc.,) con la ocurrencia de fenómenos meteorológicos: huracanes, tormentas, etc.

También tomamos en cuenta la posibilidad de contribuir a las investigaciones respecto a la estructura de la corteza y del interior de la Tierra.

Nos propusimos asimismo, determinar en la mayoría de los movimientos originados en el territorio nacional o frente a nuestras costas, las magnitudes respectivas aplicando el método de Richter, para conocer el comportamiento de nuestras diferentes zonas sísmicas referidas a la acumulación y liberación de la energía.

Para cumplir debidamente con este programa de trabajo y convencidos de que no estábamos en posibilidad de establecer estaciones tripartitas para una mejor medición microsísmica o para adquirir nuevos equipos, procedimos a fines de 1956 y principios de 1957, a inspeccionar y ajustar hasta el máximo de sensibilidad las Sismógrafos de las estaciones foráneas de: Comitán, Chihuahua, Guadalajara, Manzanillo, Mazatlán, Mérida, Oaxaca, Puebla y Veracruz.

En las estaciones de Tacubaya, Mérida y Veracruz que fueron las escogidas para medir en sus sismogramas los microsismos, se procedió a ajustar los sismógrafos a los períodos más apropiados para la detección de este tipo de inscripciones.

En Tacubaya:

Se cambiaron a los sismógrafos Wiechert los antiguos sistemas de movimiento de los tambores, sustituyéndolos por motores eléctricos sincrónicos, cuya corriente se suministra al través de un regulador de voltaje marca "SOLA", consiguiéndose un paso más uniforme y, como consecuencia de esto, minutos espaciados a 60 mm. 45 mm. y 30mm.

Se puso en servicio un reloj de emergencia para dar marcas del tiempo, en el caso de que fallaran las que automáticamente envía a las magnetas de todos los sismógrafos el Péndulo Patrón del Observatorio Astronómico.

Se montó un acelerógrafo de registro mecánico y además, se empezó a operar un sismógrafo vertical Benioff.

Toda la instalación eléctrica y líneas conductoras fueron cambiadas.

En Veracruz:

Se construyó un recinto termostático para evitar la desnivelación del sísmografo vertical por los cambios de temperatura.

En las estaciones de Mazatlán, Oaxaca y Comitán fueron cambiadas las suspensiones y las varillas de propulsión a los sísmografos.

En Chihuahua:

Se instaló un transformador eléctrico para suministrar la corriente necesaria en el registro de las marcas del tiempo.

Finalmente, todas las estaciones se equiparon con aparatos de radio para controlar la marcha de sus relojes, mediante tres comparaciones diarias con las transmisiones horarias que efectúan las Estaciones WWV y las del Observatorio Astronómico al través de la Estación Radiotelegráfica "Radio Mex" a la que está unido por una línea de tierra.

MEDICIONES MICROSISMICAS ANTES DEL A.G.I.

Antes del año de 1912 en que oficialmente se inauguró el Servicio Sismológico, se hacían algunas observaciones al notarse el aumento de amplitud en la traza normal de los estiletos del sísmografo Wiechert de 17,000 Kgs., al ocurrir "nortes", tormentas, huracanes, etc., etc., ya que éstos se desarrollan en el Golfo de México o próximos a nuestras costas del Pacífico.

Se anotaban los tiempos de máxima agitación y se medía el período de las ondas.

Los sismogramas se enviaban al Servicio Meteorológico para su comparación con las informaciones que allá se recibían.

En 1946 aceptamos un Plan de Cooperación Internacional que consistía en medir la amplitud de la onda principal que se registrara 5 minutos antes o 5 minutos después de las horas 0, 6, 12 y 18 T.M.G.

La medición se hacía en los sismogramas obtenidos en el Sísmografo Horizontal Wiechert de 17,000 Kgs. de Tacubaya y en los del Horizontal de 1,200 Kgs. y Vertical de 1,300 Kgs. de Mérida, enviándose los datos al U.S.C.G.S. en Washington hasta 1952.

Desde enero de 1953, las medidas se empezaron a publicar en el Boletín Mensual del Servicio Sismológico.

A partir de enero de 1955, se agregaron los datos de las tres componentes de la estación de Veracruz.

MEDICIONES MICROSISMICAS DURANTE EL A.G.I.

De acuerdo con el instructivo del A.G.I., oportunamente dado a conocer, las mediciones microsísmicas de la índole de las que se están tratando para los días ordinarios, consistirían en tomar el promedio de la amplitud y el período (segundos o décimas de segundo) de las cinco horas más prominentes que se registran dentro de los 10 minutos anteriores y posteriores a las 0, 6, 12 y 18 horas (T.M.G.).

La anotación de amplitud se haría en micras o décimas de micra, lo que significa tomar en consideración los factores que según las constantes instrumentales de los sismógrafos registradores correspondían al promedio de los períodos leídos.

Una anotación especial indicaría si los microsismos se presentaban en grupos, continuos o bien una mezcla de carácter irregular.

En los llamados Días Internacionales, las medidas deberían hacerse cada hora y cuando ocurrieran tormentas, huracanes, etc., etc., se agregarían medidas al principio, en la porción máxima y al fin de las perturbaciones reveladas por la modificación en amplitud y período de las trazas de los estiletes.

Para familiarizarnos con este nuevo tipo de trabajo, empezamos a efectuarlo así desde enero de 1957 y no en junio del mismo año en que, según el calendario, se iniciaba el A.G.I.

Se incluyeron también, cumpliendo con el instructivo, los datos de las componentes verticales, tantas veces como fue posible.

En resumen, las mediciones de agitación microsísmica hechas en Tacubaya, tanto para la propia Estación Central como para Mérida y Veracruz, lo demuestra el siguiente cuadro:

PERIODO DE TIEMPO	DIAS ORDINARIOS	DIAS INTERNACIONALES
Enero a marzo de 1957	43,360	
Junio a diciembre „	68,030	58,190
Enero a „ 1958	108,240	130,570
	<hr/>	<hr/>
SUMAS:	219,630	188,760
	TOTAL DE MEDIDAS:	408,390

Como el Calendario del Año Geofísico en lo que respecta a Sismología incluye el mes de enero de 1959, todavía deberán hacerse para días ordinarios 10,910 medidas y para Días Internacionales 7,970 lo que significa un total de 427,270 medidas.

Un número tan abrumador de medidas dentro de un problema tan complejo como es este de la correlación de registros microsísmicos con fenómenos meteorológicos, requiere largo tiempo y todavía un trabajo más grande para conocer los resultados, ya que han de tomarse en consideración los fenómenos físicos que ocurrieron durante el transcurso de este evento internacional.

MEDIDAS SISMOMETRICAS

Hasta donde fue posible nos ajustamos al plan de trabajo que para el A.G.I. debería seguirse en la ejecución, publicación y transmisión de las medidas sismométricas.

Haciendo uso de la clave sismológica propuesta, transmitimos datos cablegráficos (234 reportes) de los más notables movimientos y mensualmente enviamos la forma 7.6.57 a los centros:

- A: Washington,
- B: Moscú,
- C: Strasbourg,
- D: México y al Centro Coordinador en Uccle.

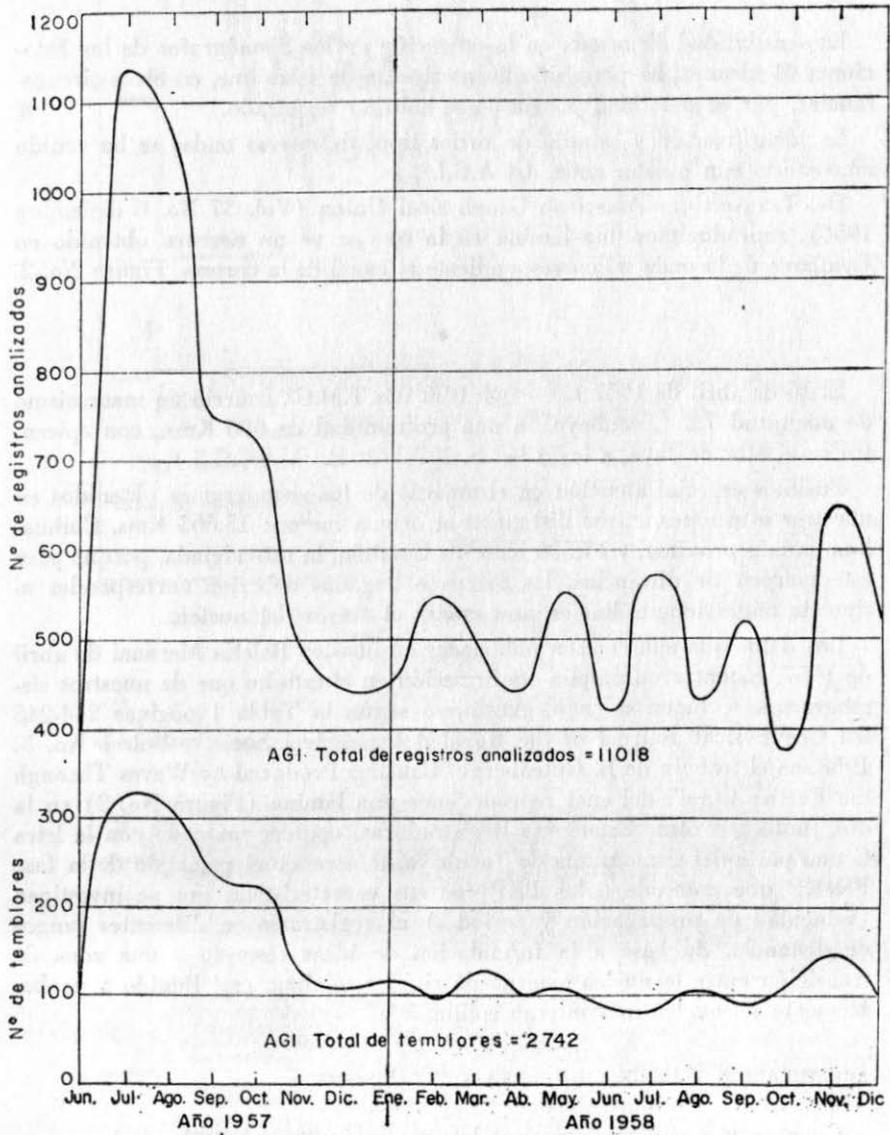
Circunscribiéndonos al A.G.I., las diez Estaciones Mexicanas registraron de junio de 1957 a diciembre de 1958, la siguiente actividad:

PERIODO DE TIEMPO	MOVIMIENTOS REGISTRADOS	SISMOGRAMAS LEIDOS <i>Comp.: NS-EW Y Z</i>
Junio a diciembre 1957	1,457	5,021
Enero " " 1958	1,285	5,997
SUMAS	2,742	11,018
	(Movimientos)	(Registros analizados)

En este capítulo de medidas sismométricas, el acontecimiento más notable para nosotros fue el Macrosismo del 28 de julio de 1957, acerca del cual presentamos un informe preliminar en la XI Asamblea General de la U.G.G.I., efectuada en Toronto del 3 al 14 de septiembre de 1957 y dimos una conferencia en la VIII Reunión Panamericana de Consulta sobre Cartografía efectuada en La Habana del 12 al 22 de febrero de 1958.

Posteriormente, estudios más amplios sobre este macrosismo han sido publicados en el Vol. 3 de los Anales del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M.

FIG. 1



La sensibilidad alcanzada en la operación de los Sismógrafos de las Estaciones Mexicanas, ha permitido la inscripción de fases que, en otras circunstancias, por su debilidad propia no se habrían registrado.

La identificación y estudio de varios tipos de nuevas ondas se ha venido efectuando aún mucho antes del A.G.I.

Del Transactions American Geophysical Union (Vol. 37 No. 6 diciembre 1956), reproducimos una lámina en la que se ve un registro obtenido en Tacubaya de la onda π_g correspondiente al canal de la corteza. Figura No. 2.

•

El 16 de abril de 1957 H = 04h 04m 08s T.M.G., ocurrió un macrosismo de magnitud 7.2 (Tacubaya) a una profundidad de 680 Kms., con epicentro en el Mar de Java, a los $4\frac{1}{2}^\circ$ S. $107\frac{1}{2}^\circ$ E. (U.S.C.G.S.).

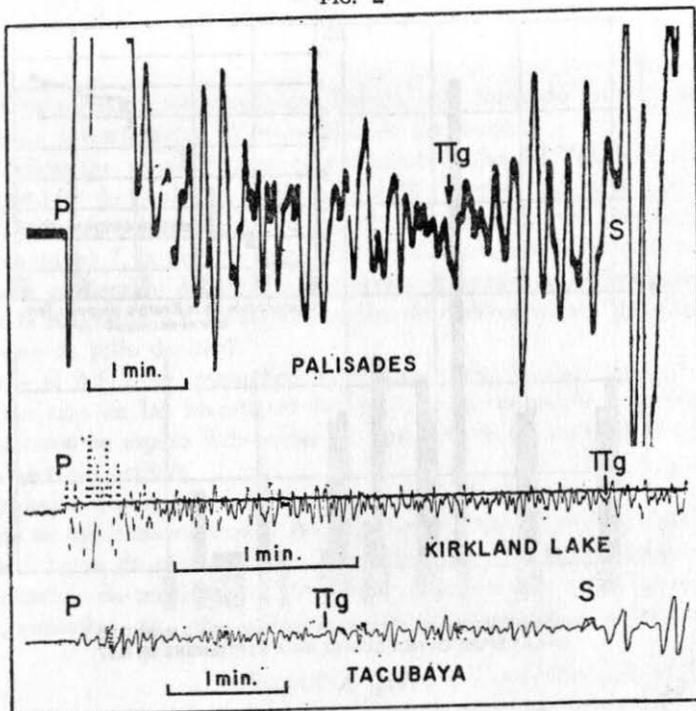
Pusimos especial atención en el análisis de los sismogramas obtenidos en nuestras estaciones, cuyas distancias al origen fueron: 15,665 Kms. Chihuahua, la más próxima, y 17,500 Kms. de Comitán, la más alejada, porque para este margen de distancias, las primeras llegadas deberían corresponder al tipo de ondas longitudinales propagadas al través del núcleo.

Los datos que aparecieron publicados en nuestro Boletín Mensual de abril de 1957, encontraron amplia confirmación en el estudio que de nuestros sismogramas se hicieron en el extranjero según la Tabla 1 páginas 244-245 del Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, Vol. 1 No. 3, 1958, en el trabajo de B. Gutenberg: "Caustics Produced by Waves Through the Earth's Core", del cual reproducimos una lámina (Figura No. 3) en la que junto con otras Estaciones Registradoras, aparece marcado con la letra G una parte del sismograma de Tacubaya, mostrando el principio de la fase PKIKP que antecede a las PKP con sus características que se investigan (velocidad de propagación y períodos) al registrarse en diferentes rangos de distancia, da base a la formulación de ideas respecto a una zona de transición entre el núcleo externo de rigidez mínima, casi líquido y probablemente un núcleo más interno sólido.

ACUMULACION Y LIBERACION DE LA ENERGIA SISMICA

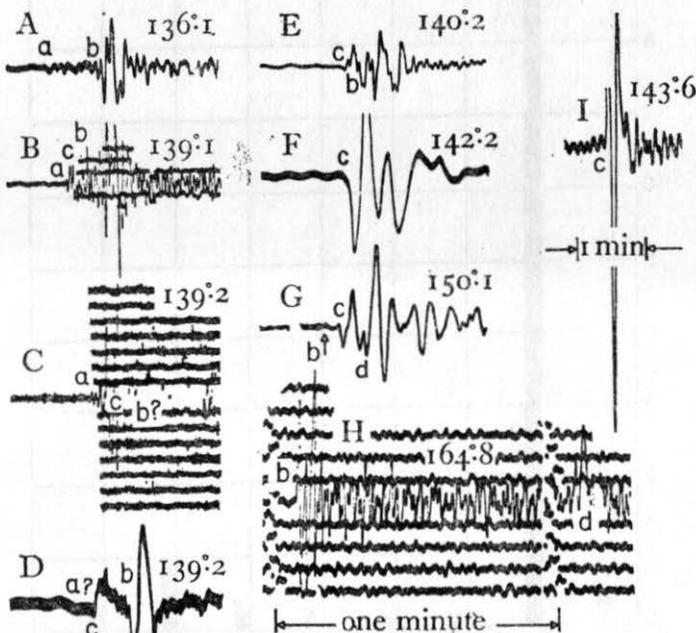
Conocer el comportamiento de las zonas sísmicas, no sólo en lo que se refiere a la frecuencia con que ocurren los movimientos, sino a su capacidad para acumular y liberar energía dentro de cierta periodicidad, es quizá el

FIG. 2



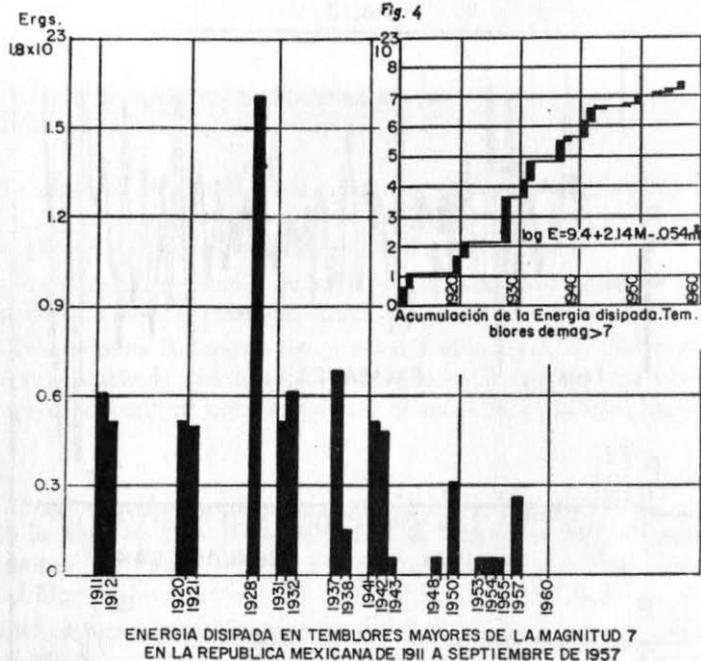
Ejemplo de la fase Πg obtenidas en el temblor de Kern de 1952, registrados en Palisadas, Kirkland Lake y Tacubaya.

FIG. 3

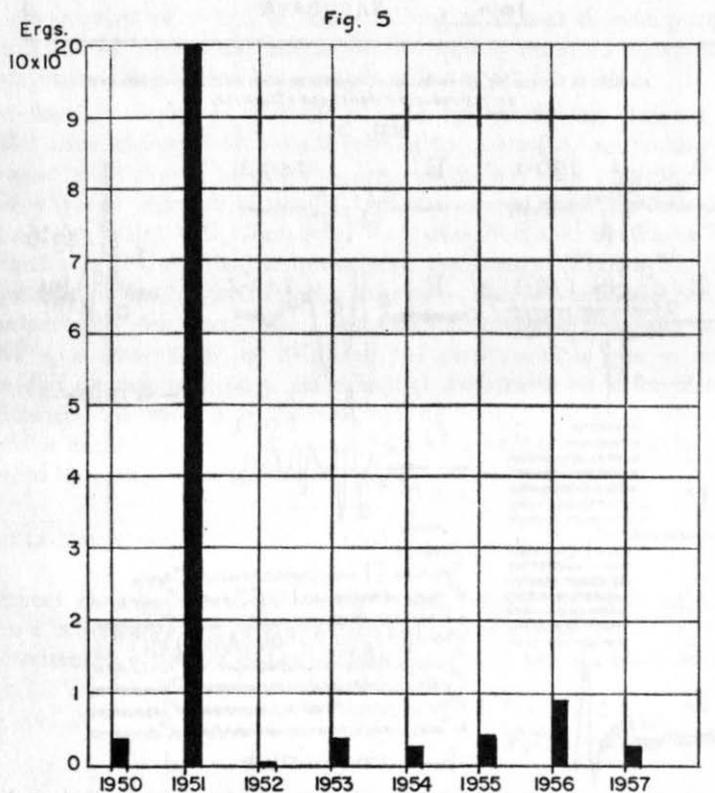


Parte inicial de los registros verticales del impacto del 16 de Abril de 1957 (Tabla I) A. en Kirkland Lake; B. en Montreal; C. y D. en Ottawa, C. de aparato de periodo corto, D. de aparato de periodo largo; E. en Lubbock; F. en Florissant; G. en Tacubaya; H. en San Juan; I. de un aparato de periodo extra-largo en Palisade.

a. indica periodo corto PKIKP; b. periodo largo PKIKP; c. PKP₁; d. PKP₂.



ENERGÍA DISIPADA EN TEMBLORES MAYORES DE LA MAGNITUD 7 EN LA REPUBLICA MEXICANA DE 1911 A SEPTIEMBRE DE 1957



ENERGÍA DISIPADA EN TEMBLORES MAYORES DE LA MAGNITUD 4.8 EN LOS EPICENTROS 1,16,17,61,77,85,122,175,338 CUYAS DISTANCIAS AL 16 NO SON MAYORES DE 60 Km DE 1950 AL 30 DE MAYO DE 1957

camino que según varios sismólogos llevará, aún tomando muchos años de concienzuda investigación, al pronóstico de los sismos.

Las gráficas que en adelante se reproducen tomadas del Vol. 3 de los Anales del Instituto de Geofísica, páginas 79 y 83 (Figuras Núms. 4 y 5) muestran una primera tentativa nuestra que abarca: para los movimientos mayores de magnitud 7, la energía acumulada y disipada en la República desde 1911 hasta septiembre de 1957 y la energía disipada en movimientos mayores de la magnitud 4.8 en las vecindades del epicentro No. 16, origen del macrosismo de julio de 1957.

Durante el A.G.I. se intensificó nuestra cooperación con varias Estaciones Extranjeras en las investigaciones respecto al mecanismo de fallas, de cuyo resultado se espera determinar el tipo que de ellas predomine en los diversos sectores activos.

Los trabajos que anteriormente se han señalado, son aquellos que exclusivamente se relacionaron con el Año Geofísico Internacional, ya que todas las otras labores de rutina: intercambio de datos, investigación de explosiones, estudios de movimientos vecinos y de la Cuenca de México, Carta Sísmica, consultas, etc., etc., continuaron desarrollándose en forma normal.

Tacubaya, D. F., a 12 de enero de 1959.

Esta monografía

SE TERMINO DE IMPRIMIR
EL DIA 25 DE SEPTIEMBRE DE 1963

EN LOS

TALLERES GRAFICOS DE
LIBRERIA MADERO, S. A.,

ESTUVO AL CUIDADO DE JOSE L. LORENZO

UNAM

FECHA DE DEVOLUCIÓN

El lector se obliga a devolver este libro antes
del vencimiento de préstamo señalado por el
último sello



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

