

# III CONFERENCIA TÉCNICA SOBRE HURACANES Y METEOROLOGÍA TROPICAL TECHNICAL CONFERENCE ON HURRICANES AND TROPICAL METEOROLOGY

México, D. F., Jun. 6-12, 1963

4a. SESIÓN

4th. SESSION

CONFIGURACIÓN EN GRAN ESCALA DEL FLUJO EN LOS TRÓPICOS (II)  
LARGE SCALE FLOW PATTERN IN THE TROPICS (II)

## TIEMPO SUPERFICIAL Y CONFIGURACIONES DEL FLUJO AEREO SUPERIOR EN MEXICO

P. A. Mosiño \*

### INTRODUCCION

Las condiciones del tiempo en México y las configuraciones del flujo aéreo superior concurrentes han sido objeto de gran discusión en el pasado, principalmente por falta de información sobre la atmósfera superior del territorio mexicano. Sin embargo, en los últimos años una continua mejoría de la red de observación de la atmósfera superior hizo posible el diseño de cartas de la atmósfera superior sobre México.

Cartas de la superficie y atmósfera superior que cubren los EE.UU. México, Centroamérica y aguas adyacentes, son analizadas continuamente en la Oficina Central Meteorológica de Radio Aeronáutica (RAMSA) en la ciudad de México desde su fundación en 1951. Estas cartas incluyen, además de capas del tiempo en la superficie, cartas de los niveles de presión 850, 700, 500, 400 mb.

Aunque en el Servicio Meteorológico Mexicano se han trazado durante mucho tiempo cartas de la superficie y por menos tiempo cartas del aire superior, no estuvieron dichas cartas a disposición del autor, quien por lo tanto tuvo que atenerse a las bien analizadas cartas que la RAMSA amablemente le proporcionó durante el período relativamente corto de 1951 a 1954 inclusive. Las cartas usadas fueron: mapas del tiempo diario de la superficie para 1200 y 2400 TGM, cartas diarias de 700 y 500 mb para 0300 y 1500 TGM.

### LOS DATOS

A—LAS CARTAS DE LA SUPERFICIE. Los mapas del tiempo en la superficie trazados en varios centros de pronosticación en México no son apropiados para el estudio de configuraciones de flujo actual en este país, debido a la topografía que en gran medida hace los análisis del tiempo al nivel del mar de poca utilidad. Si consideramos que un 60% de México está sobre 1000 metros, entendemos por qué no son representativas las isobaras al nivel del mar en territorio mexicano (ver Fig. 1).

\* Instituto de Geofísica, U.N.A.M.

## SURFACE WEATHER AND UPPER-AIR FLOW PATTERNS IN MEXICO

P. A. Mosiño \*

### INTRODUCTION

The weather conditions in Mexico and their related free-air flow patterns have been a matter of considerable conjecture in the past, due mainly to lack, of upper air data for the Mexican region. However, in the last few years, continuous improvement of the upper-air observing network has made possible the drawing of fairly reliable upper air charts over Mexico.

Surface and upper air charts covering the United States, Mexico, Central America and adjacent waters are analyzed currently at the Main Meteorological Office of Radio Aeronáutica Mexicana, S. A. (RAMSA) in Mexico City since its foundation in 1951. These charts include, besides the surface weather maps, charts of the 850, 700, 500, 400 and 300 mb pressure levels.

Although surface charts have been drawn at the Mexican Meteorological Service for a long period, and upper air charts for a shorter period of years, these were not readily available to the author. He had therefore to rely upon the well-analyzed charts which RAMSA kindly made available to him for the relatively shorter period from 1951 to 1954 inclusive. The charts used were: daily surface weather maps of 1200 and 2400 GMT; daily 700 and 500 mb charts for 0300 and 1500 GMT.

### THE DATA

A—THE SURFACE CHARTS. The surface weather maps drawn at several forecasting centers in Mexico are not suitable for the study of actual flow patterns in this country, because of topography which to a large extent renders the sea-level weather analysis of little use. If we consider that about 60% of Mexico lies above 1000 meters, we realize the reason for the non-representativeness of the sea level isobars over the Mexican land area (see Fig. 1).

\* Institute of Geophysics, N.A.U.M.

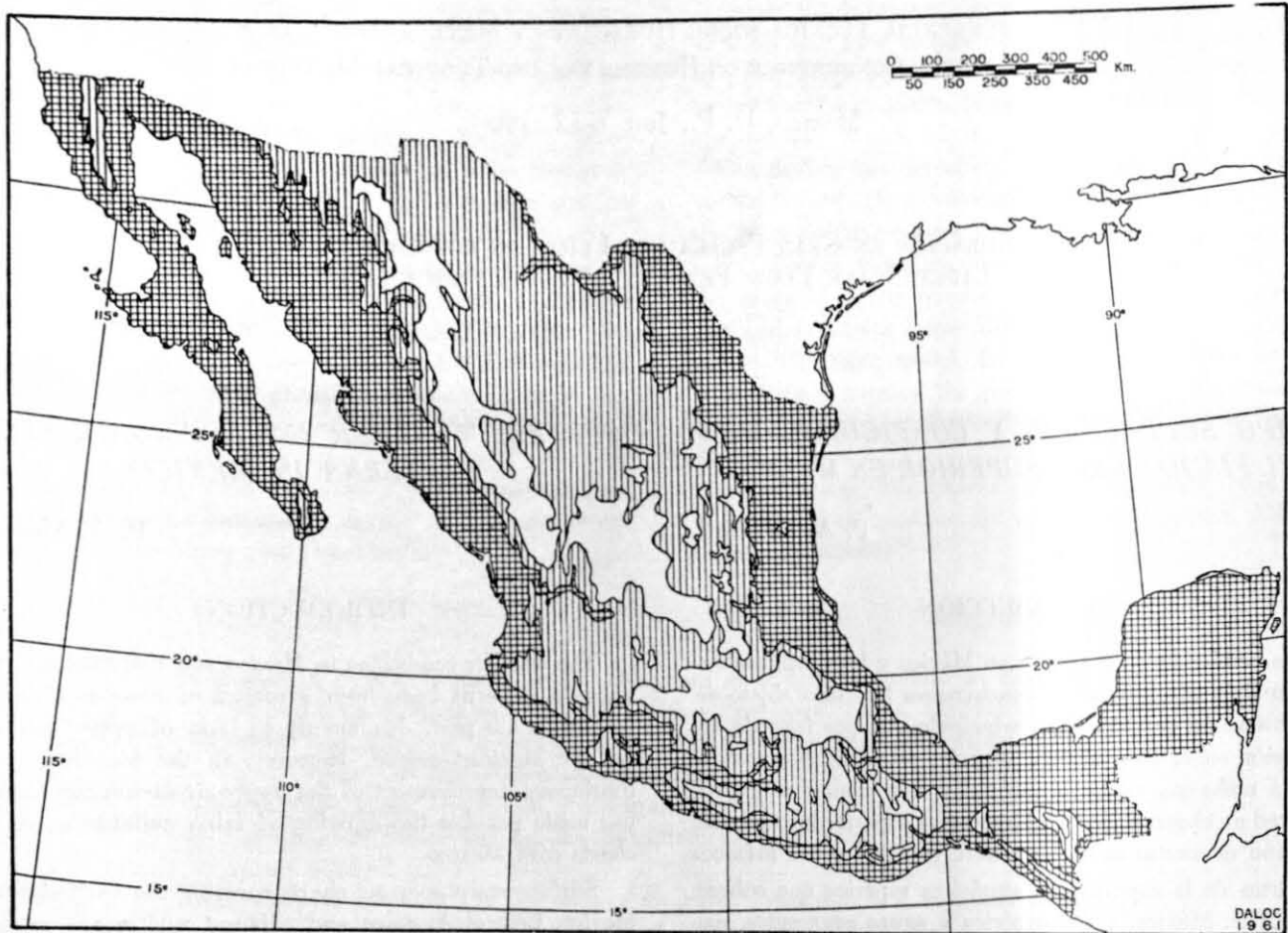


Fig. 1.—Mapa del relieve de México.

Fig. 1.—Contour map of Mexico.

Primero, las lecturas barométricas en estaciones sobre los 1000 metros no pueden reducirse exactamente al nivel del mar y segundo, las "isobaras al nivel del mar" que resultan de estas reducciones no son representativas del flujo aéreo a ningún nivel (Beckwith, W. B., 1946). Sin embargo, la inclusión de configuraciones isobáricas de la superficie en este trabajo se ha considerado necesaria para establecer un lazo de unión entre los aspectos bien conocidos al nivel del mar del tiempo en superficie y los de alturas.

Existen varias descripciones de configuraciones, por ejemplo las de Elpidio López (1922), Ernesto Domínguez (1931) y otros, que dan una buena idea de la sinóptica al nivel del mar en México.

**B—LAS CARTAS DE LA ATMÓSFERA SUPERIOR.** El estudio de las configuraciones del flujo como se representan en las cartas de la atmósfera superior son de considerable y mayor importancia para explicar el tiempo en México, particularmente sobre el área de la Altiplanicie donde los mapas de la superficie son de valor dudoso.

Por lo tanto, en este trabajo se puso mayor atención a las cartas de 700 y 500 mb que a la carta de la superficie, ya que desde los últimos años las primeras se han enriquecido considerablemente por la inclusión de nuevos globos piloto y

Firstly, pressure reading from stations above 1000 meters cannot be accurately reduced to sea level and, secondly, the "sea level isobars" resulting from these reductions are not representative of the air flow at any level whatsoever (Beckwith, W. B., 1946). Nevertheless, the inclusion of surface isobaric patterns in this paper has been considered necessary in order to establish a link between the well-known sea-level aspects of the weather of Mexico and those aloft.

Several descriptions of patterns exist, for instance those by Elpidio López (1922), Ernesto Domínguez (1931), and others which give a good idea of sea-level synoptics of Mexico.

**B—THE UPPER-AIR CHARTS.** Of considerable greater importance in explaining the weather of Mexico, particularly over the plateau area where the surface maps are of a doubtful value, is the study of the flow patterns as depicted by the upper air charts.

Thus, in this paper more attention has been given to 700 and 500 mb charts than the surface chart, since during the last few years the former have been considerably enriched by the inclusion of new pilot balloon and radio-

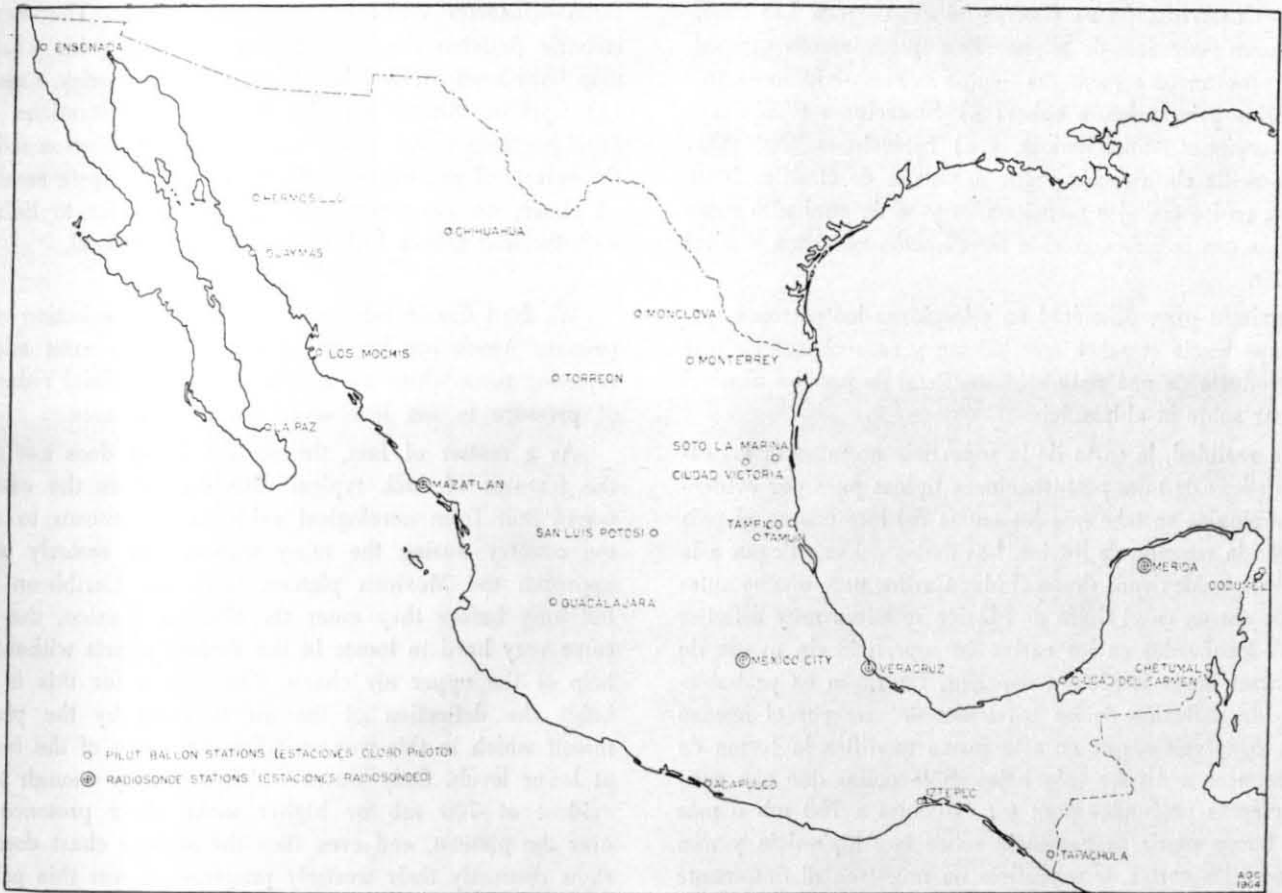


Fig. 2.—Ubicación de los observatorios de la atmósfera superior en México.

Fig. 2.—Location of the upper-air and radio sonde stations in Mexico.

estaciones de radio-sonda que operan actualmente (1963) en este país. La Fig. 2 indica la ubicación de tales estaciones.

sonde data. Fig. 2 shows the location of pilot balloon and radio-sonde stations operating at present (1963) in this country.

La carta de 700 mb, aunque tiene que ver con una capa más cerca de la superficie que la de 500 mb y por lo tanto, mucho más sujeta a la influencia de fricción de picos de las altas montañas, ya muestra configuraciones definitivas de flujo sobre México bastante aceptables. La carta de 500 mb incluye generalmente en este país observaciones de viento, pero donde hay bastantes de radio-sonda se indican aceptablemente las configuraciones del flujo sobre el país y sólo se hacen una vez al día las 0300 TGM.

The 700 mb chart, although dealing with a layer nearer to the surface than the 500 mb, and therefore, much more subject to the influence of friction from the high mountain peaks, shows already definite patterns of flow over Mexico. The 500 mb chart generally includes less wind observations, but whenever there are enough radio-sonde data it gives fairly reliable flow patterns over Mexico. In this country radio-sonde observations are made only once a day, at 0300 GMT.

CLASIFICACION Y FRECUENCIA DE CONFIGURACIONES DE FLUJO

CLASSIFICATION AND FREQUENCY OF FLOW PATTERNS

La clasificación de configuraciones del flujo de la atmósfera superior e isobáricas en superficie que siguen está basada principalmente en la experiencia del autor en pronóstico para el área durante los últimos 9 años. Esta experiencia puede operar en dos maneras: por un lado, el autor puede estar tentado a "probar sus propios puntos de vista" y por otro lado, una clasificación del tipo de tiempo para el área de México se puede basar solamente en una experiencia de tal clase.

The classification of surface isobaric and upper-air flow patterns that follows is based mainly on the experience of the author in forecasting for the area during the last 9 years. This experience may operate in two ways: on the one hand, the author may be tempted "to prove his own views"; on the other hand, a weather type classification for the Mexican area can only be based on experience of this kind.

A—CLASIFICACIÓN DE CARTAS DE SUPERFICIE. Las configuraciones isobáricas de la superficie que aparecen generalmente en el mapa regular del tiempo se han dividido en tres categorías principales, a saber: a) Situaciones Ciclónicas; b) Situaciones Anticiclónicas, y c) Situaciones "Nortes". Esta sencilla clasificación sigue el patrón de clasificaciones previas en los trabajos mencionados y se da aquí sólo como conexión con la bien conocida clasificación isobárica al nivel del mar.

Tuvimos gran dificultad en seleccionar los patrones que por experiencia se saben que existen y en rechazar los que son producto de una reducción artificial de presión al nivel del mar sobre la altiplanicie.

En realidad, la carta de la superficie no muestra las características de tales perturbaciones típicas pues por evidencia aerológica se sabe que las ondas del este cruzan el país durante la estación de lluvias. Las ondas del este llegan a la Altiplanicie Mexicana desde el Mar Caribe, pero mucho antes de que entren en el Golfo de México se hacen muy difíciles de ser localizadas en las cartas de superficie sin ayuda de las cartas de la atmósfera superior. La razón es probablemente la deflexión de las corrientes de aire por el macizo de la Altiplanicie, que en esta forma modifica la forma de las isobaras a niveles más bajos. Sólo ondas que son suficientemente profundas para ser evidentes a 700 mb o más alto, hacen sentir su presencia sobre la Altiplanicie y aún entonces las cartas de superficie no muestran distintamente su progresión occidental sobre esta parte del país debido a los errores introducidos por la reducción de presión al nivel del mar.

El efecto de la reducción de presión al nivel del mar se manifiesta en las cartas de la superficie como una débil baja sobre la Altiplanicie Mexicana. Esta área de baja presión, que adopta la forma de un triángulo isósceles con su base angosta sobre el suroeste de los Estados Unidos es una característica casi permanente del campo isobárico de superficie en esta parte del país. Esta baja sobre la Altiplanicie sólo desaparece en ocasiones, generalmente cuando es borrada por una célula anticiclónica sobre el Golfo de México.

Por ello, en general, los tipos de superficie se han escogido sin tener en cuenta las isobaras al nivel del mar sobre la Altiplanicie. Esto ha hecho necesario seleccionar configuraciones isobáricas con características principales centradas fuera del terreno alto. Las pocas excepciones de esta regla se indicarán después. Las Figs. 3-12 muestran los tipos de superficie isobárica.

#### I—SITUACIONES CICLÓNICAS

Tipo 1. "Depresión superficial sobre la Altiplanicie Mexicana" (ver Fig. 3). Aunque es similar a la depresión superficial que resulta de la reducción de presión al nivel del mar como se describe arriba, este tipo puede distinguirse del anterior por su forma elíptica con eje mayor orientado de NE a SW y existencia simultánea de una depresión cerrada a 700 mb sobre el área.

A—CLASSIFICATION OF SURFACE CHARTS. The surface isobaric patterns currently shown in the regular weather map have been divided into three main categories, namely: (a) Cyclonic Situations; (b) Anticyclonic Situations, and (c) "Northern Situations". This simple classification follows the outline of previous classifications in the papers mentioned above, and is given here merely in order to link up with the well known isobaric patterns at sea level.

We find considerable difficulty here in selecting those patterns which are known by experience to exist and in rejecting those which are product of the artificial reduction of pressure to sea level over the plateau area.

As a matter of fact, the surface chart does not show the features of such typical disturbances as the easterly waves that from aerological evidence are known to cross the country during the rainy season. The easterly waves approach the Mexican plateau from the Caribbean Sea, but long before they enter the Gulf of Mexico, they become very hard to locate in the surface charts without the help of the upper air charts. The reason for this is probably the deflection of the air currents by the plateau massif which in this way modifies the shape of the isobars at lower levels. Only waves which are deep enough to be evident at 700 mb or higher make their presence felt over the plateau, and even then the surface chart does not show distinctly their westerly progression over this part of the country because of the errors introduced by the reduction of pressure to sea level.

The effect of the reduction of pressure to sea level shows up in the surface charts in the shape of a weak low over the Mexican plateau. This low pressure area, which adopts the shape of an isosceles triangle with its narrow base over the southwestern United States, is an almost permanent feature of the surface isobaric field in this part of the country. Only occasionally this low over the plateau disappears; usually when it is overcome by an anticyclonic cell over the Gulf of Mexico.

Thus, in general, the surface types have been chosen disregarding the sea level isobars over the plateau. This has made it necessary to select isobaric patterns with main features centered outside the high terrain. The few exceptions to this rule will be pointed out below. Figs. 3-12 show the surface isobaric types.

#### I—CYCLONIC SITUATIONS

Tipo 1. "Surface low over the Mexican plateau" (see Fig. 3). Although similar to the surface low resulting from the reduction of pressure readings to sea level as described above, this type can be distinguished from the former by its elliptic shape with the major axis oriented from NE to SW and from the simultaneous occurrence of a closed low at 700 mb. over the area.

TABLA I.—FRECUENCIA DE TIPOS SUPERFICIALES

TABLE I.—FREQUENCY OF SURFACE TYPES

SITUACIONES CICLÓNICAS, ANTICICLÓNICAS  
Y DE "NORTE"  
CYCLONIC, ANTICYCLONIC AND "NORTHERN"  
SITUATIONS

TIPOS TYPES	ENE JAN		FEB FEB		MAR MAR		ABR APR		MAY MAY		JUN JUN		JUL JUL		AGO AUG		SEP SEP		OCT OCT		NOV NOV		DIC DEC	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1	2	0.8	0	0	2	0.8	2	0.8	2	0.8	0	0	0	0	0	0	1	0.4	0	0	0	0	1	0.4
2	2	0.8	4	1.7	12	4.9	2	0.8	8	3.3	0	0	5	2.1	2	0.8	0	0	2	0.8	1	0.4	4	1.7
3	3	1.2	9	3.8	9	3.8	0	0	5	2.1	3	1.5	8	3.3	10	4.1	19	8.4	13	5.5	15	6.3	7	2.9
4	34	13.7	32	13.6	48	19.9	35	15.5	79	32.9	24	11.5	2	0.8	2	0.8	0	0	13	5.5	13	5.5	13	5.5
5	98	39.5	95	40.3	112	46.4	136	60.2	106	44.2	74	35.4	35	14.4	64	26.2	40	17.7	104	43.9	110	46.4	108	44.6
6	0	0	0	0	0	0	1	0.4	3	1.2	69	33.1	118	48.8	106	43.3	84	37.2	15	6.3	3	1.3	0	0
7	0	0	0	0	0	0	1	0.4	0	0	28	13.4	74	30.6	61	24.9	66	29.2	13	5.5	0	0	0	0
8	30	12.1	40	16.9	27	11.2	23	10.2	19	7.9	4	2.0	0	0	0	0	7	3.1	17	7.2	34	14.4	41	17.0
9	42	16.9	48	20.3	30	12.5	26	11.5	18	7.5	0	0	0	0	0	0	7	3.1	46	19.5	44	18.6	59	24.4
10	37	14.9	8	3.4	1	0.4	0	0	0	0	7	3.4	0	0	0	0	2	0.8	14	5.9	15	6.3	9	3.7

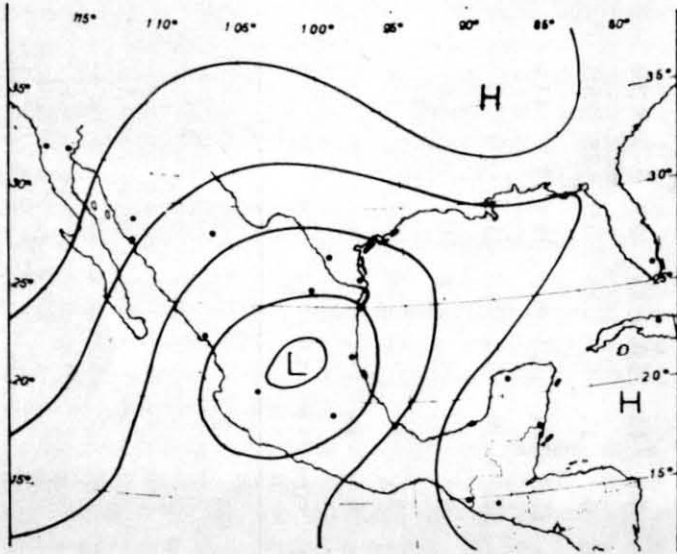


Fig. 3.—Tipo 1. Depresión superficial sobre la Altiplanicie.  
Fig. 3.—Type 1. Surface low over the Plateau.

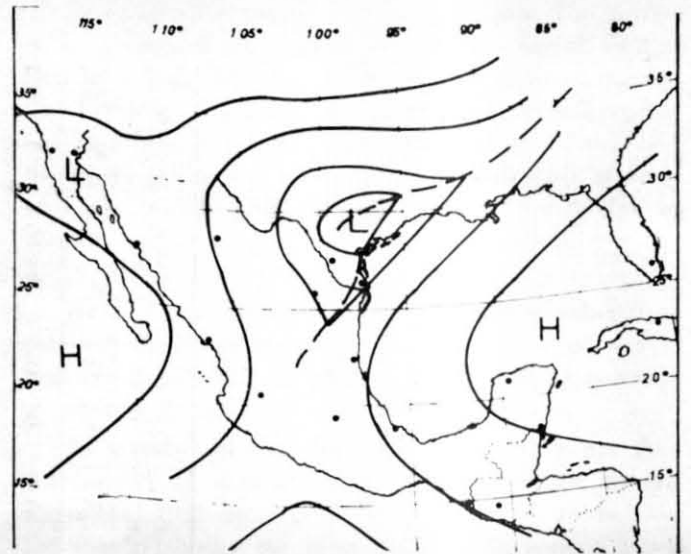


Fig. 4.—Tipo 2. Depresión sobre el NE de México. Puede alojar o no una onda frontal incipiente.  
Fig. 4.—Type 2. Low over the NE part of Mexico. It may or may not contain a young frontal wave.

Tipo 2. El área de baja presión sobre el NE de México y Texas (Fig. 4), puede o no tener una onda frontal.  
Tipo 3. Área de baja presión sobre el Golfo de México (Fig. 5). Esto puede mostrar una onda frontal o corresponder a un ciclón tropical).  
Tipo 4. Depresión “superficial” sobre la altiplanicie oeste de los Estados Unidos (Fig. 6). Este tipo es la bien conocida baja del suroeste, citada en centros de previsión y literatura meteorológica de los Estados Unidos).  
Tipo 5. “Vaguada de sotavento de la montaña” al E de la Sierra Madre Oriental, extendiéndose sobre el sur del Golfo de México (Fig. 7).

Type 2. Low pressure area over northeastern Mexico and Texas (Fig. 4). This may have a frontal wave in it or not.  
Type 3. Low pressure area over the Gulf of Mexico (Fig. 5). This may show a frontal wave in it or may correspond to a tropical cyclone.  
Type 4. “Surface” low over the western plateau of the United States (Fig. 6). This type is the well known southwestern low quoted at forecasting centers and in meteorological literature of the United States.  
Type 5. “Lee of the Mountain trough” E of the Sierra Madre Oriental, extending over the southern Gulf of Mexico (Fig. 7).

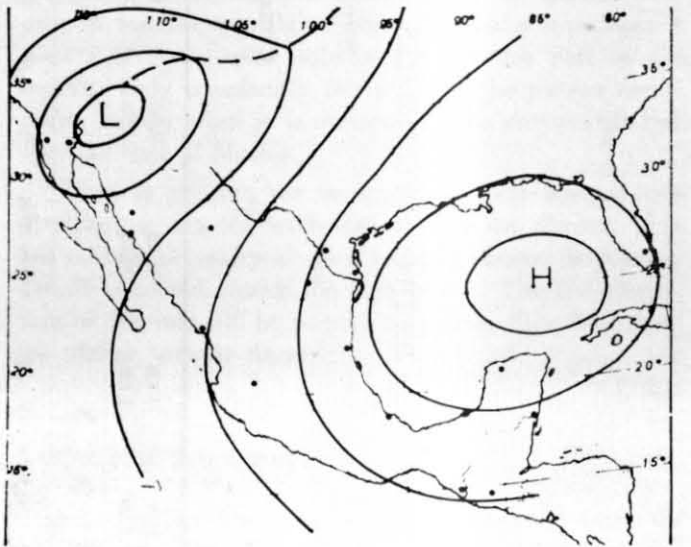
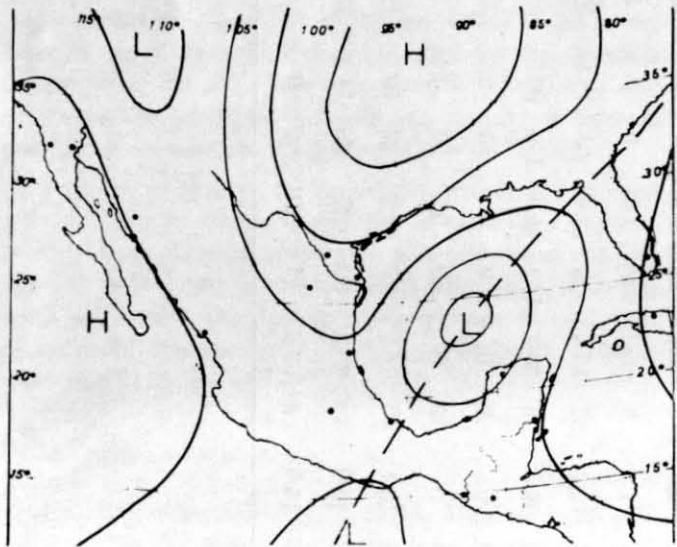


Fig. 5.—Tipo 3. Área depresionaria sobre el Golfo de México. Puede tener una onda frontal en Invierno o corresponder a una depresión tropical en Verano.  
Fig. 5.—Type 3. Low pressure area over the Gulf of Mexico. It may have a frontal wave in winter or belong to a tropical depression in Summer.

Fig. 6.—Tipo 4. Depresión superficial sobre el oeste de EE. UU. (depresión del suroeste).  
Fig. 6.—Type 4. Surface low over the western U. S. (southwestern low).

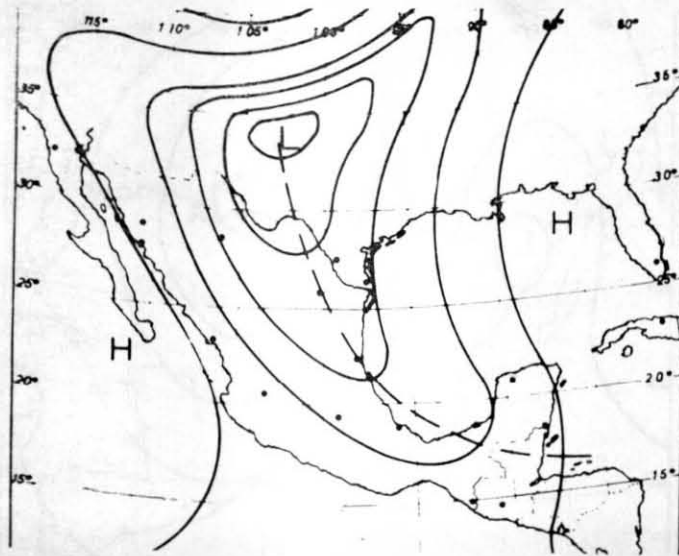


Fig. 7.—Tipo 5. “Vaguada de Sotavento de Montaña”, al este de las Montañas Rocosas y de la Sierra Madre Oriental.

Fig. 7.—Type 5. “Lee of the Mountain Trough” east of the Rocky Mountain and the Sierra Madre Oriental.

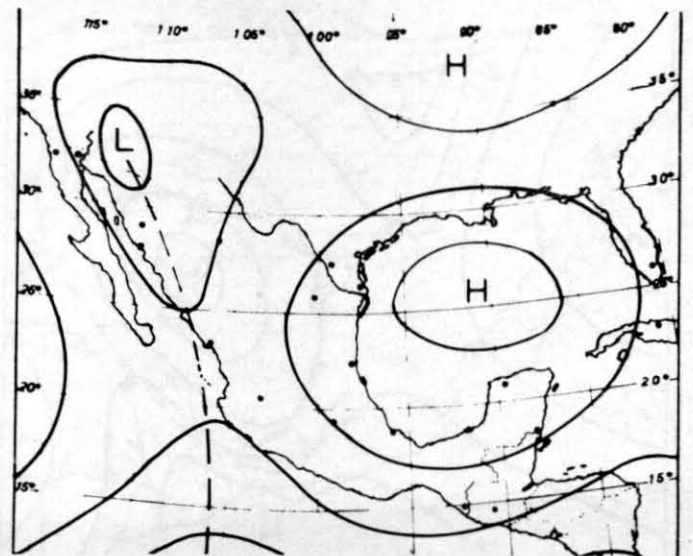


Fig. 8.—Tipo 6. Celda anticiclónica con centro sobre el norte del Golfo de México, separada de la alta de Bermuda-Azores por una vaguada extendida de N a S.

Fig. 8.—Type 6. Anticyclonic cell centered over the northern Gulf of Mexico, separated from the Bermuda-Azores High by a N-S extended trough.

II—SITUACIONES ANTICICLÓNICAS

Tipo 6. Celda anticiclónica centrada sobre el norte del Golfo de México separada de l anticiclón Bermuda-Azores por una vaguada mayor.

Tipo 7. Anticiclón sobre el este de los Estados Unidos con una cresta que se extiende hacia el suroeste de México (Fig. 9).

II—ANTICYCLONIC SITUATIONS

Type 6. Anticyclonic cell centered over the northern Gulf of Mexico separated from the Bermuda-Azores anticyclone by a major trough (Fig. 8).

Type 7. Anticyclone over the eastern United States with a ridge extending southwestward over Mexico (Fig. 9).

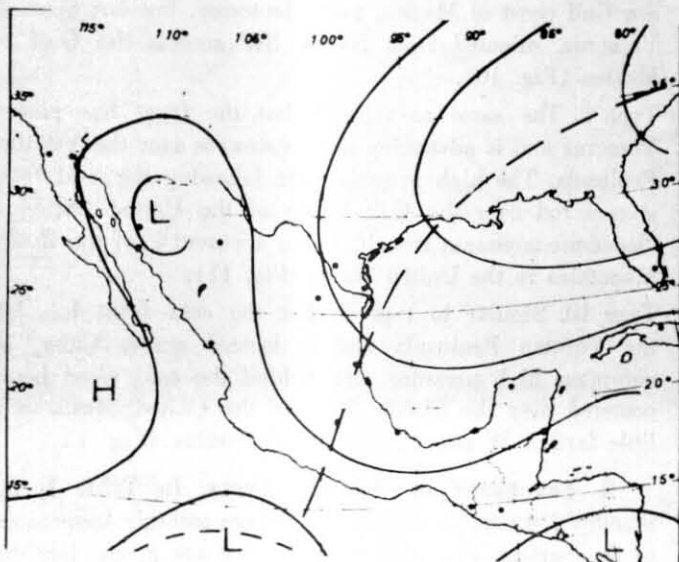


Fig. 9.—Cuña sobre el este de EE. UU. que puede ser la proyección occidental del anticiclón de Bermudas-Azores a México.

Fig. 9.—Type 7. Wedge over the Eastern U. S. which may be the western projection of the Bermuda-Azores anticyclone into Mexico.

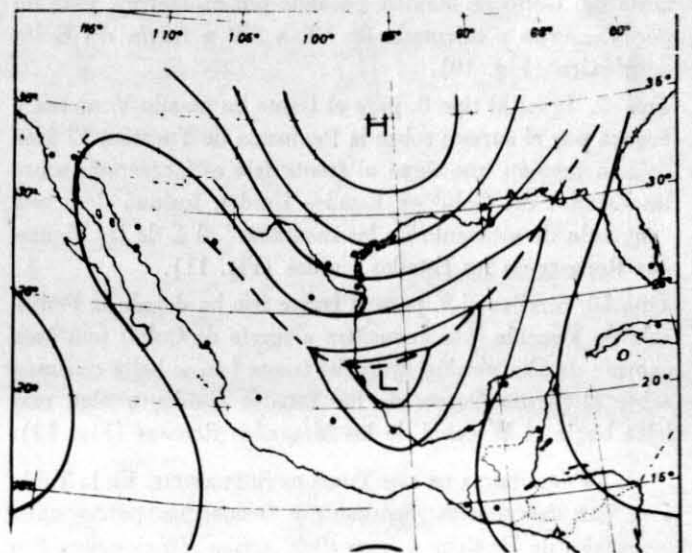


Fig. 10.—Tipo 8. El frente frío que forma el borde de la masa de aire polar avanza hacia el sur y ha pasado por Monterrey pero no ha llegado a Veracruz.

Fig. 10.—Type 8. The cold from that constitutes the edge of the cold air mass is advancing southward past Monterrey but not past Veracruz yet.



Fig. 11.—Tipo 9. Lo mismo que el tipo 8 excepto que el frente ha pasado Veracruz y avanza hacia el sureste sobre la Península de Yucatán. Una "Vaguada de Sotavento de Montaña" aparece al este de las Montañas Rocosas.

Fig. 11.—Type 9. The same as type 8 except that the front is past Veracruz and is advancing southeastward over the Yucatan Peninsula. A "Lee of the Mountain trough" is apparent east of the Rocky Mountains.

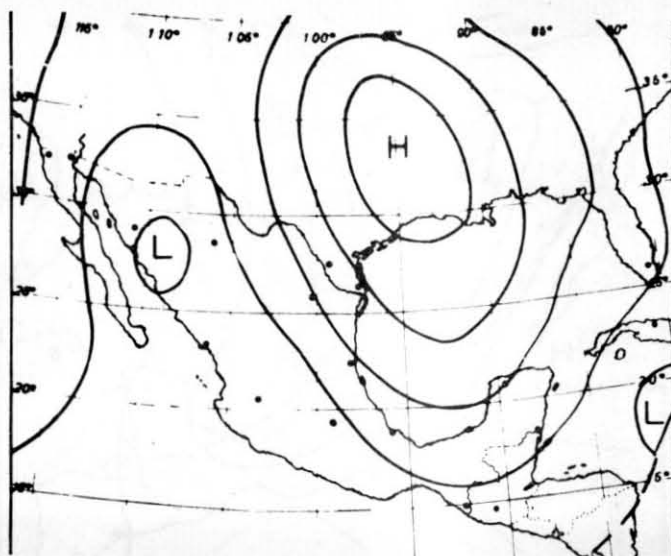


Fig. 12.—Tipo 10. Similar a los tipos 8 y 9, pero el frente abandona Yucatán y atraviesa Cuba. La alta detrás del frente frío tiene su centro sobre la porción del medio oeste de los EE. UU. o un poco al oeste sobre las Montañas Rocosas.

Fig. 12.—Type 10. Similar to Types 8 and 9, but the front is past Yucatan and is across Cuba. The High behind the cold front is centered over the middle west of the U. S. or slightly westward over the Rocky Mountains.

### III—SITUACIONES DE "NORTE"

Estos son los conocidos "Nortes" asociados con una entrada violenta de aire polar continental sobre el Golfo de México.

Tipo 8. Frente frío que avanza hacia el sur por la costa norte del Golfo de México, pasando por Monterrey, pero no por Veracruz y orientado de NE a SW a través del Golfo de México (Fig. 10).

Tipo 9. Igual al tipo 8, pero el frente ha pasado Veracruz y avanza por el sureste sobre la Península de Yucatán. El área de alta presión que sigue al frente frío está centrada sobre los Estados del Golfo en Estados Unidos, insinuándose una "vaguada de sotavento de las montañas" al E de las Montañas Rocosas en los Estados Unidos (Fig. 11).

Tipo 10. Similar al 9, pero el frente frío ha dejado la Península de Yucatán y se encuentra a través de Cuba: una área enorme de alta presión atrás del frente frío se halla centrada sobre el Medio Oeste de los Estados Unidos o algo más lejos hacia el W cerca de las Montañas Rocosas (Fig. 12).

B—FRECUENCIA DE LOS TIPOS DE SUPERFICIE. En la Tabla I se dan frecuencias mensuales y frecuencias porcentuales mensuales de los tipos de superficie arriba mencionados. Sin embargo, se han puesto en forma gráfica para su discusión (Fig. 13). La característica más saliente de esta gráfica es la predominancia del tipo 5 durante todo el año excepto en los meses de Verano. Tiene un mínimo secundario en Invierno. La frecuencia máxima de este tipo tiene lugar en Abril, con un máximo secundario en Noviembre. La pequeña punta

### III—"NORTHERN" SITUATIONS

These are the familiar "Northern" associated with outbreaks of Polar Continental air over the Gulf of Mexico.

Type 8. Cold front advancing southwards along the northern Gulf coast of Mexico, past Monterrey, but not through Veracruz, oriented from NE to SW across the Gulf of Mexico (Fig. 10).

Type 9. The same as type 8, but the front has passed Veracruz and is advancing southeastwards over the Yucatan Peninsula. The high pressure area following the cold front is centered over the Gulf States of the United States, a "lee-of-the-mountain trough" being apparent E of the Rocky Mountains in the United States (Fig. 11).

Type 10. Similar to type 9, but the cold front has left the Yucatan Peninsula and is located across Cuba, an enormous high pressure area behind the cold front being centered over the Middle West of the United States or a little farther W near the Rocky Mountains (Fig. 12).

B—FREQUENCY OF SURFACE TYPES. In Table I, the monthly frequencies and the percentage monthly frequencies of the Surface Types mentioned above are given. For discussion, however, they have been shown in graphical form (Fig. 13). The most outstanding feature of this graph is the predominance of type 5 throughout the year except for the Summer months. It has a secondary minimum in Winter. The maximum frequency of this type occurs around April, with a secondary maximum in November. The small peak



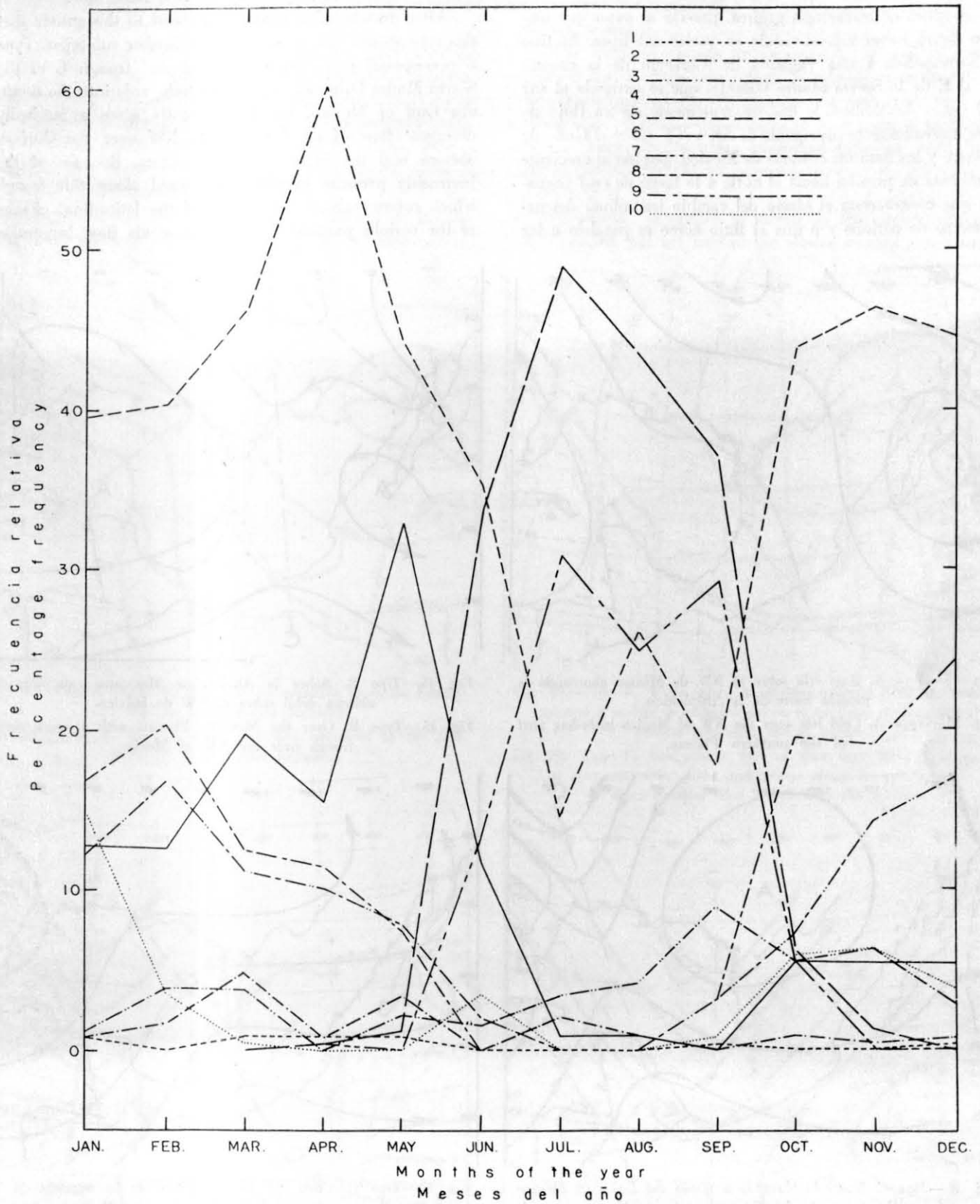


Fig. 13.—Frecuencia de porcentaje de tipos superficiales.

Fig. 13.—Percentage frequency of surface types.

en Agosto no debe pasarse por alto, ya que más años de datos pueden mostrar que es importante.

Después de trazar esta gráfica, pareció al autor que este tipo debió haber sido dividido en varios sub-tipos. El tipo 5 corresponde a una vaguada de sotavento de la montaña al E de la Sierra Madre Oriental que se extiende al sur del Golfo de México, lo que aparentemente da un flujo de aire marcadamente divergente de SE a NW sobre el Golfo de México y las llanuras costeras de México. Debido al creciente gradiente de presión hacia el norte a lo largo de esta vaguada que contrarresta el efecto del cambio latitudinal del parámetro de coriolis y a que el flujo aéreo es paralelo a las

in August seems large enough not to be disregarded, as more years of data may show that it is important.

After drawing this graph, it seemed to the author that this type should have been split into further sub-types. Type 5 corresponds to a "lee-of-the-mountain" trough E of the Sierra Madre Oriental, extending southwards into the southern Gulf of Mexico, which apparently gives a markedly divergent flow of air from SE to NW over the Gulf of Mexico and the Mexican coastal plains. Because of the increasing pressure gradient northward along this trough which counterbalances the effect of the latitudinal change of the coriolis parameter, and because air flow is parallel to the

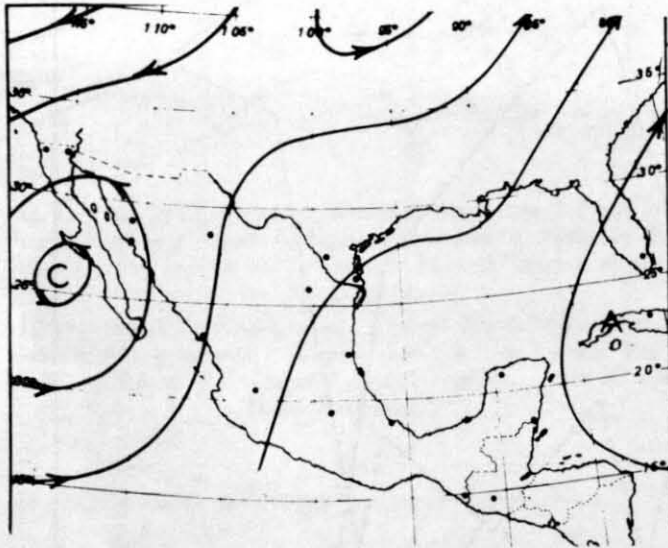


Fig. 14.—Tipo A. Baja fría sobre el NW de México abarcando la porción norte de la Altiplanicie.

Fig. 14.—Type A. Cold low over the NW of Mexico including part of the northern Plateau.

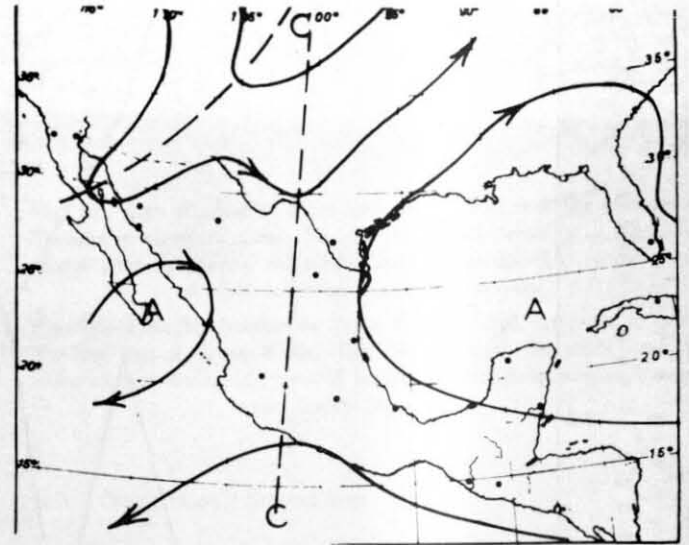


Fig. 15.—Tipo B. Sobre la Altiplanicie Mexicana con vaguada oblicua débil sobre el NW de México.

Fig. 15.—Type B. Over the Mexican Plateau with a weak slant trough over the NW of Mexico.

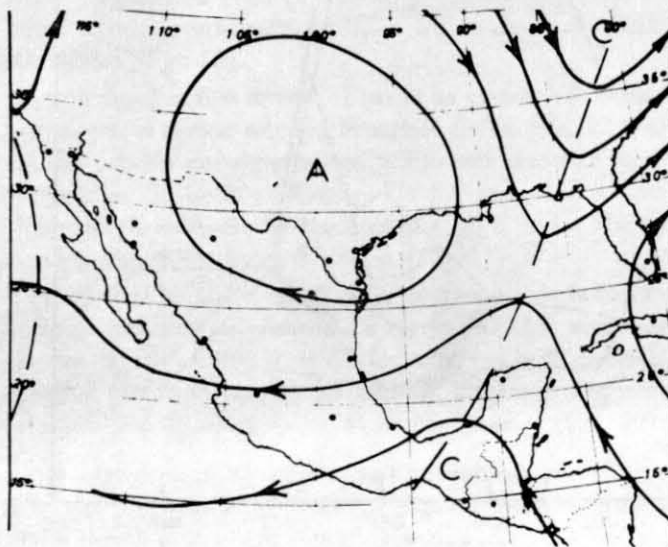


Fig. 16.—Tipo C. Vaguada alargada a través del Golfo de México formando una onda del Este sobre su porción sur.

Fig. 16.—Type C. Extended trough across the Gulf of Mexico giving rise to an Easterly wave over its southern portion.

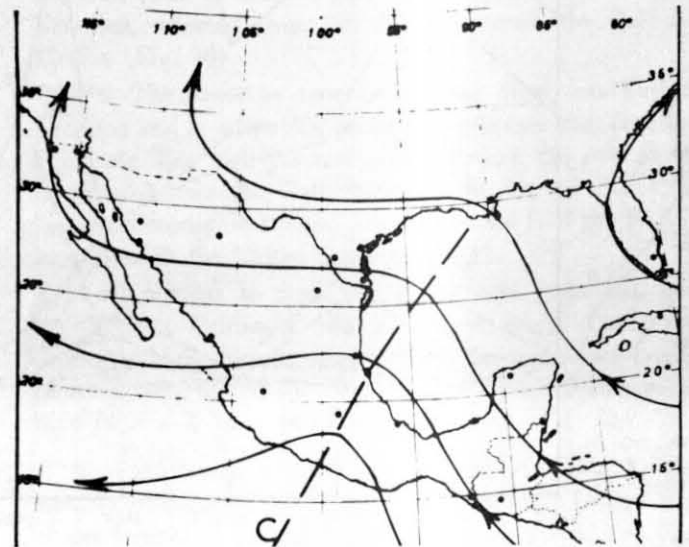


Fig. 17.—Tipo D. Onda del Este separada de la vaguada de la Fig. 16 y que avanza hacia el oeste entre Veracruz y Guadalajara.

Fig. 17.—Type D. Easterly wave that has separated from the trough in Fig. 16, and is advancing westward between Veracruz and Guadalajara.

principales cadenas de montañas, se puede esperar que este tipo ocasione una considerable subsidencia del aire sobre las llanuras costeras.

Los meses de Verano se distinguen por prevalecer los tipos 6 y 7, que son tipos anticiclónicos asociados a la aparición de los vientos alisios sobre el área y tienen trayectorias de aire burdamente perpendiculares a las principales cordilleras. Están, por lo tanto, conectados con un ascenso orográfico del aire húmedo e inestable, particularmente sobre la Sierra Madre Oriental.

Las situaciones de "Norte", como se muestra en las curvas de los tipos 8, 9 y 10, son la regla en los meses de In-

to the main mountain ranges, this type may be expected to account for considerable subsidence of the air over the coastal plains.

The Summer months are marked by a prevalence of types 6 and 7, these are anticyclonic types associated with the appearance of the trades over the area and have air trajectories roughly perpendicular to the principal mountain ranges. They are, therefore, connected with orographic lifting of moist, unstable air, particularly over the Sierra Madre Oriental.

"Northern" situations as shown by the curves of types 8, 9 and 10, are the rule in the winter months and during

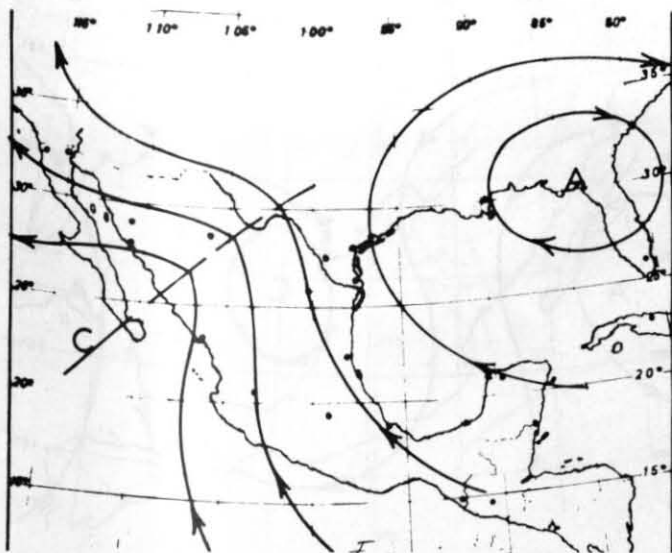


Fig. 18.—Tipo E. Onda del oeste que ha avanzado hasta los Estados del NW de la República Mexicana.

Fig. 18.—Type E. Easterly wave that has advanced to the NW states of the Mexican Republic.

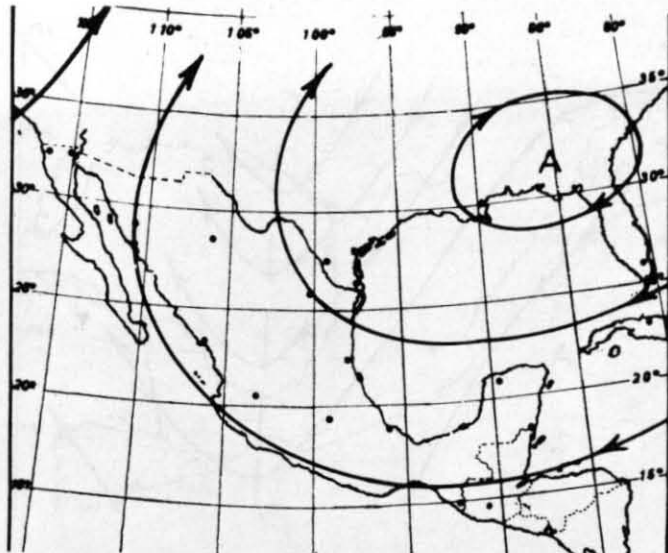


Fig. 19.—Tipo F. Flujo aéreo anticiclónico sobre México. Puede mostrar o no ligeras ondulaciones en su periferia de duración efímera que viaja con el viento.

Fig. 19.—Type F. Anticyclonic type of flow over Mexico. It may or may not show slight undulations along its periphery of short duration that travel with the wind.

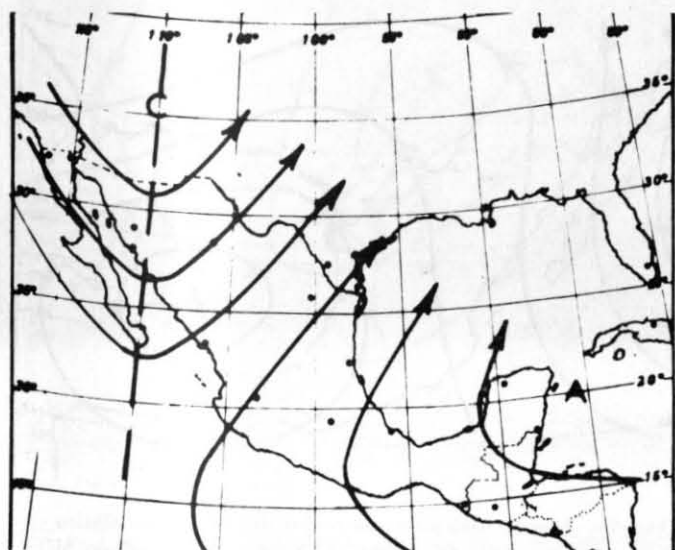


Fig. 20.—Tipo G. Vaguada mayor de N a S sobre el NW de México, con flujo aéreo al SW sobre la Altiplanicie.

Fig. 20.—Type G. N-S Major trough over NW of Mexico with SWrn flow over the Plateau.

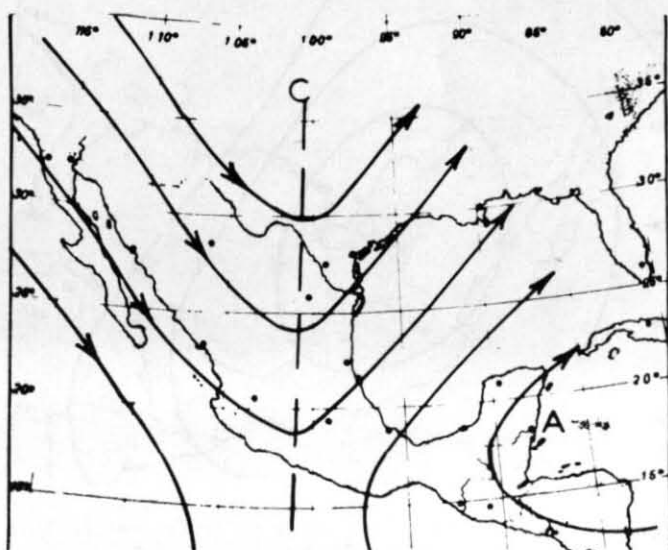


Fig. 21.—Tipo H. Vaguada mayor de N a S sobre el norte de la Altiplanicie.

Fig. 21.—Type H. N-S major trough over the northern Plateau.

vierno y en los cambios de estación. Sin embargo, en Primavera estos tipos ocasionan el tipo 4, una depresión en el suroeste sobre los Estados colindantes de la altiplanicie oeste de los Estados Unidos. Las curvas de los tipos 8 y 9 van casi paralelas una a otra, pero se separan durante el Otoño. Las dos prevalecen sobre el tipo 4 durante esa estación.

Las situaciones de "Norte", como es bien sabido, están asociados con fuertes vientos de superficie sobre todo el Golfo de México. Pueden alcanzar la fuerza de huracán desde Veracruz y hacia el sur al Paso de Tehuantepec. Aunque se

the transition seasons. However, in Spring these types give way to type 4, a southwestern low over the bordering states of the western plateau of the United States. The curves of types 8 and 9 run almost parallel to each other, but separate during the Fall. Both prevail over type 4 during this season.

The "Northern" situations, as is well known, are associated with strong surface winds over the entire Gulf of Mexico. These may reach hurricane force from Veracruz southwards to the Tehuantepec Pass. Although they were

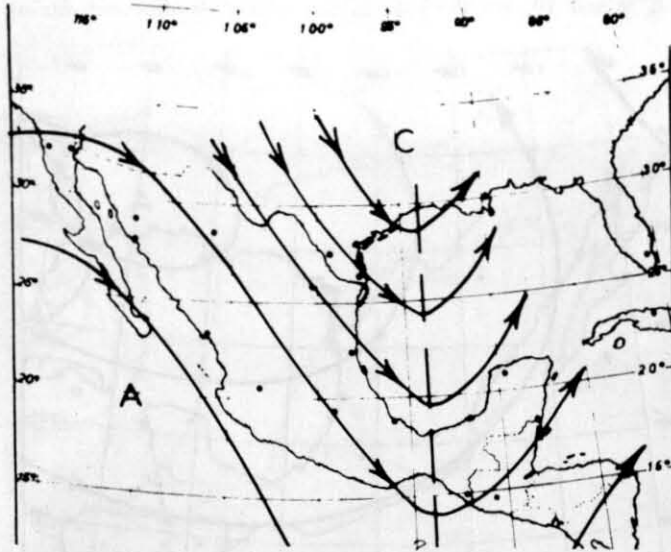


Fig. 22.—Tipo I. Vaguada mayor de N a S sobre la porción occidental del Golfo de México.

Fig. 22.—Type I. N-S major trough over the western part of the Gulf of Mexico.

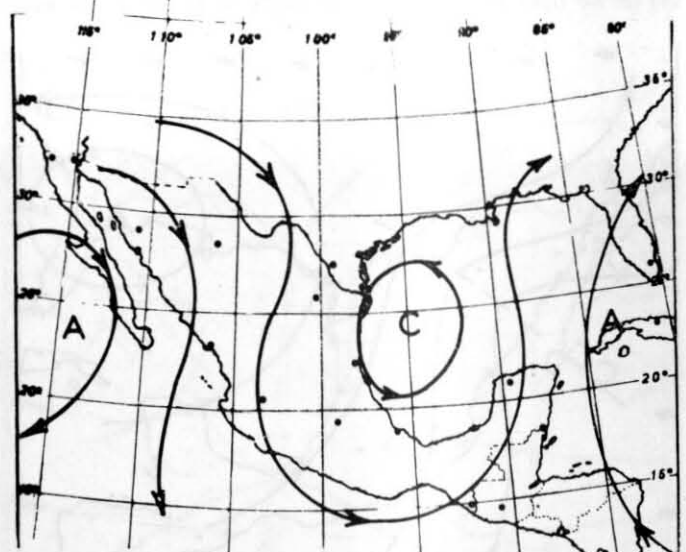


Fig. 23.—Tipo J. Circulación ciclónica cerrada sobre el oeste del Golfo de México.

Fig. 23.—Type J. Closed cyclonic circulation over the western Gulf of Mexico.

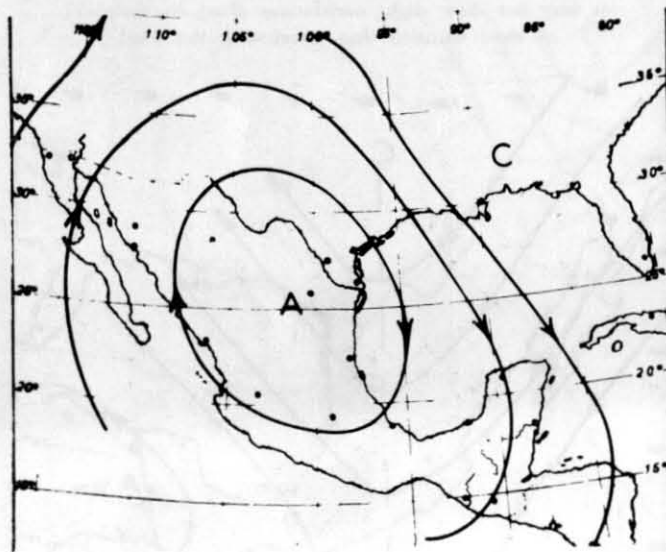


Fig. 24.—Tipo K. Anticiclón o cresta anticiclónica sobre la Altiplanicie Mexicana.

Fig. 24.—Type K. Wedge of anticyclonic circulation over the Mexican Plateau.

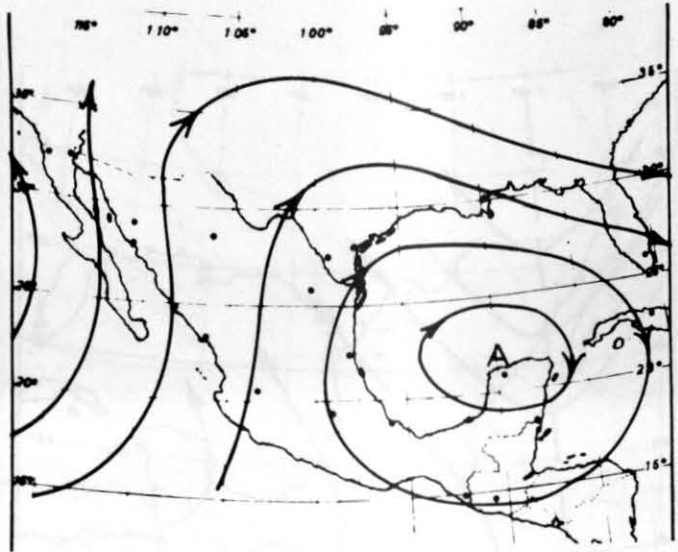


Fig. 25.—Tipo L. Anticiclón con centro en el Golfo de México que, junto con una baja fría fuera de la costa occidental de México origina flujo de aire hacia el sur sobre la Altiplanicie.

Fig. 25.—Type L. Anticyclone centered over the Gulf of Mexico that together with a cold low off the west coast of Mexico gives southerly flow of air over the Plateau.

pensó una vez que estarían conectados con una depresión superficial en el sur del Golfo de México, se ha sugerido que los efectos de represamiento y desviación de la parte alta de la Sierra Madre Oriental sobre el aire polar continental relativamente poco profundo son los responsables de estos vientos. Este aire frío y estable, cuando es sometido a la circulación anticiclónica del área de alta presión detrás del frente frío, pierde su momento al encontrar los declives de la Sierra Madre Oriental y queda imposibilitado para pasar sobre esta barrera siendo absorbido enteramente por el gradiente de presión de norte a sur que ocasiona que sople a casi 90° a las isobaras. Este aire encuentra una salida natural por el Paso de Tehuantepec.

once thought to be connected with a surface low in the southern Gulf of Mexico, it has been suggested that the deflecting and damming effects of the high Sierra Madre Oriental upon the relatively shallow Polar Continental air is responsible for these winds. This cold, stable air, when subjected to the anticyclonic circulation of the high pressure area behind the cold front, loses its momentum in meeting the eastern slopes of the Sierra Madre Oriental and, unable to pass over the mountain barrier, is overtaken entirely by the North-to-South-pressure gradient which causes it to blow at almost 90° to the isobars. This air finds a natural outlet through the Tehuantepec Pass.

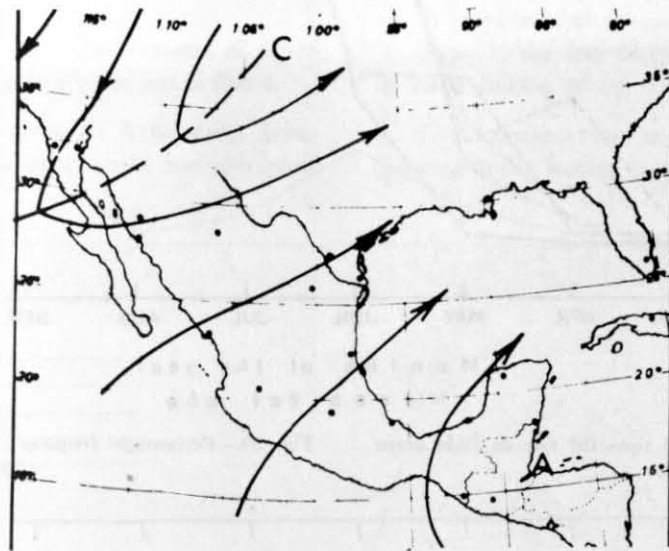


Fig. 26.—Tipo M. Vaguada oblicua sobre la parte noroeste del país con flujo del SW sobre la Altiplanicie.

Fig. 26.—Type M. Slant trough over the northwestern part of the country with SW flow over the Plateau.

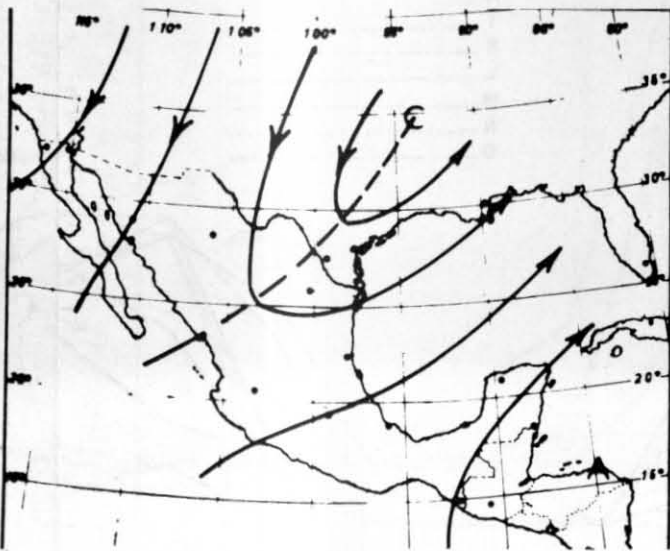


Fig. 27.—Tipo N. Vaguada oblicua sobre la mesa del Norte dando vientos del SW y W sobre la mesa central y vientos del NE sobre la porción NW de México.

Fig. 27.—Type N. Slant trough over the northern plateau area with SW and W winds over the central Plateau and NE winds over the NWrn portion of Mexico.

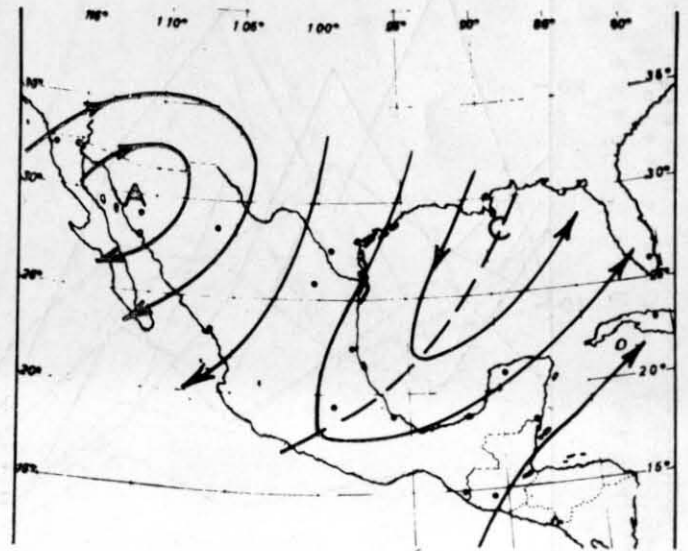


Fig. 28.—Tipo O. Vaguada oblicua sobre la parte sur de la Altiplanicie con celda o cresta anticiclónica sobre la porción NW del país.

Fig. 28.—Type O. Slant trough over the southern plateau with an anticyclonic cell or wedge over the NWrn part of the country.

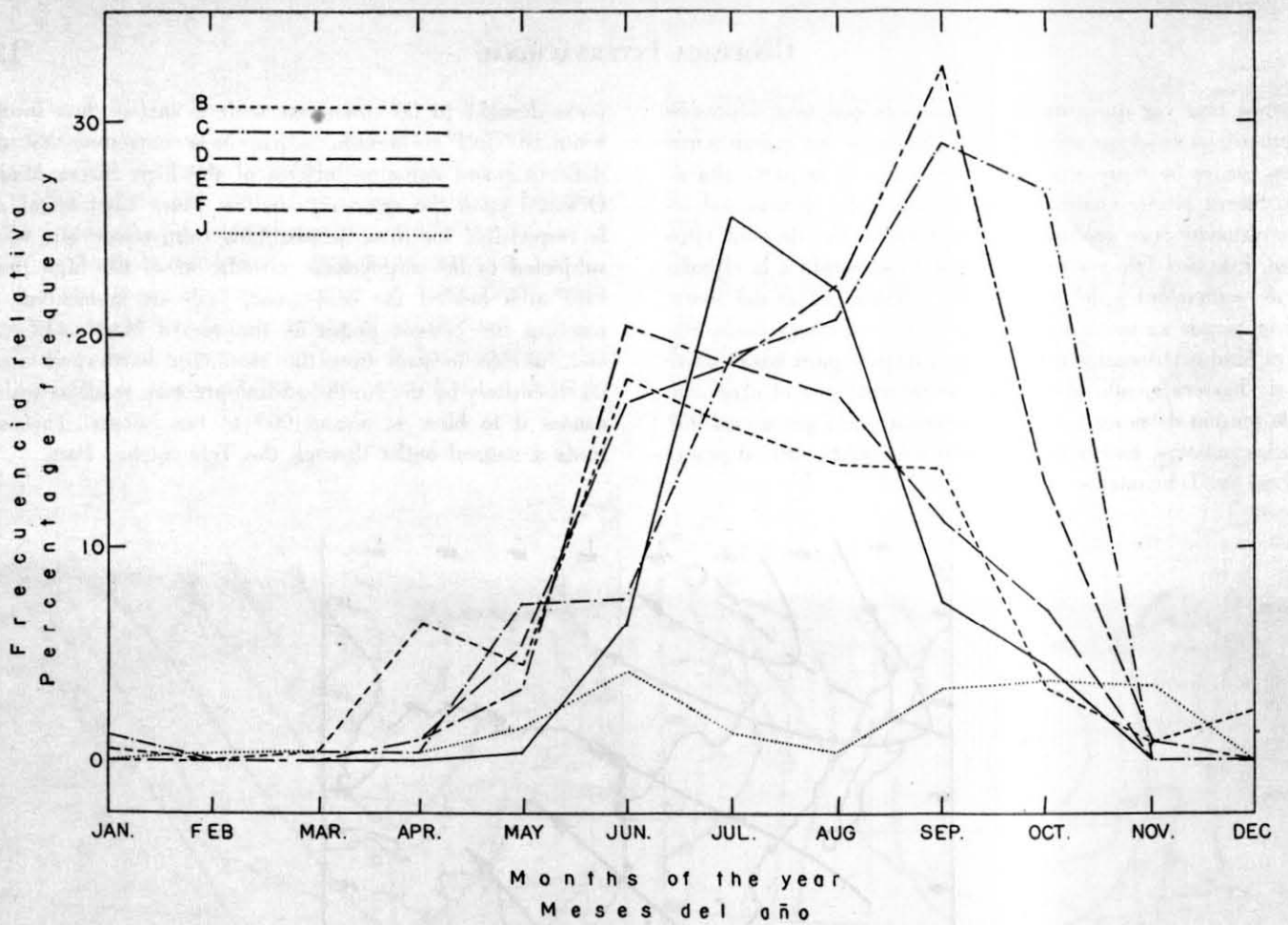


Fig. 29.—Frecuencia de porcentaje de tipos del este de flujo aéreo a 700 mbs.

Fig. 29.—Percentage frequency of Easterly types of air flow at 700 mbs.

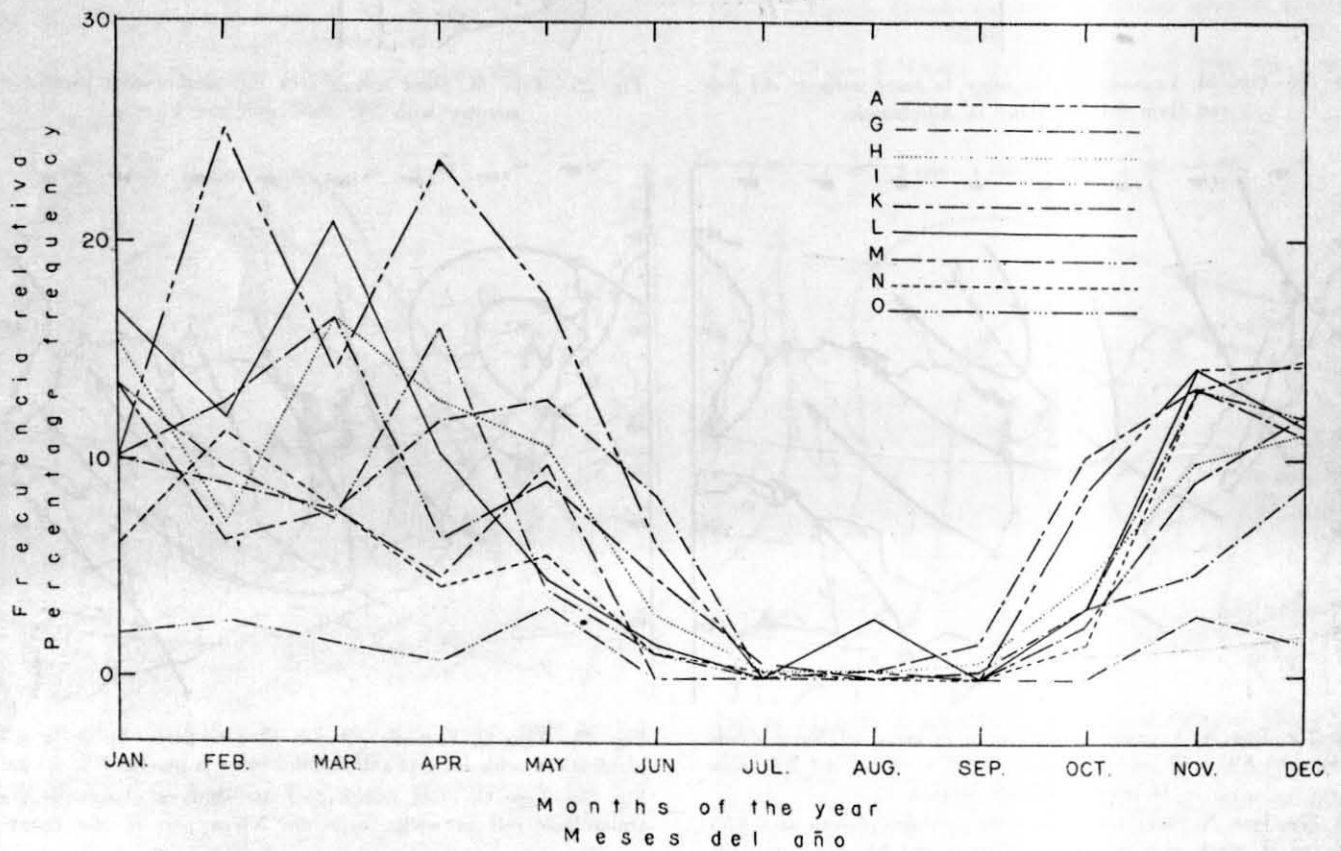


Fig. 30.—Frecuencia de porcentajes de tipos del oeste de flujo aéreo a 700 mbs.

Fig. 30.—Percentage frequency of Westerly types of air flow at 700 mbs.

El tipo 4, con su máximo a comienzos de la Primavera, parece estar asociado con la bien conocida frecuencia máxima de depresiones frías sobre el sudoeste de los Estados Unidos durante esta estación.

El tipo 10, una persistente situación de "Norte", tiene una punta en Enero y una segunda punta en Noviembre. No se cree que la tercera punta en Junio sea significativa, aunque datos posteriores pudieran demostrar lo contrario.

Las curvas para los tipos 2 y 3, que son ciclónicas sobre el NE de México, Texas y el oeste del Golfo de México, corren paralelas una a otra, excepto por una predominancia del tipo 3 durante los últimos meses del Verano y principios del Otoño, lo cual se cree asociado con ciclones tropicales sobre el Golfo de México. El resto son perturbaciones de carácter extra-tropical.

El tipo 1, el menos frecuente de todos, muestra un ligero aumento al comienzo de la Primavera junto con el tipo 4.

C—CLASIFICACIÓN DE CARTAS DE LA ATMÓSFERA SUPERIOR. Aunque situado geográficamente en la franja tropical

Type 4, with its early spring maximum, seems to be associated with the well known frequency maximum of cold lows over the south-western United States during this season of the year.

Type 10, a persistent "Northern" situation, has a peak in January and a secondary peak in November. The third peak in June is not believed to be significant, though further data may show the opposite.

The curves for types 2 and 3, which are cyclonic over NE Mexico, Texas and the western Gulf of Mexico, run fairly parallel to each other, except for a predominance of type 3 during the late summer months and early Fall, which is believed to be associated with tropical cyclones over the Gulf of Mexico. The remainder are disturbances of an extra-tropical character.

Type 1, the less frequent of all, shows slight increase in early Spring, along with type 4.

C—CLASSIFICATION OF UPPER-AIR CHARTS. Although geographically located in the tropical and sub-tropical belts

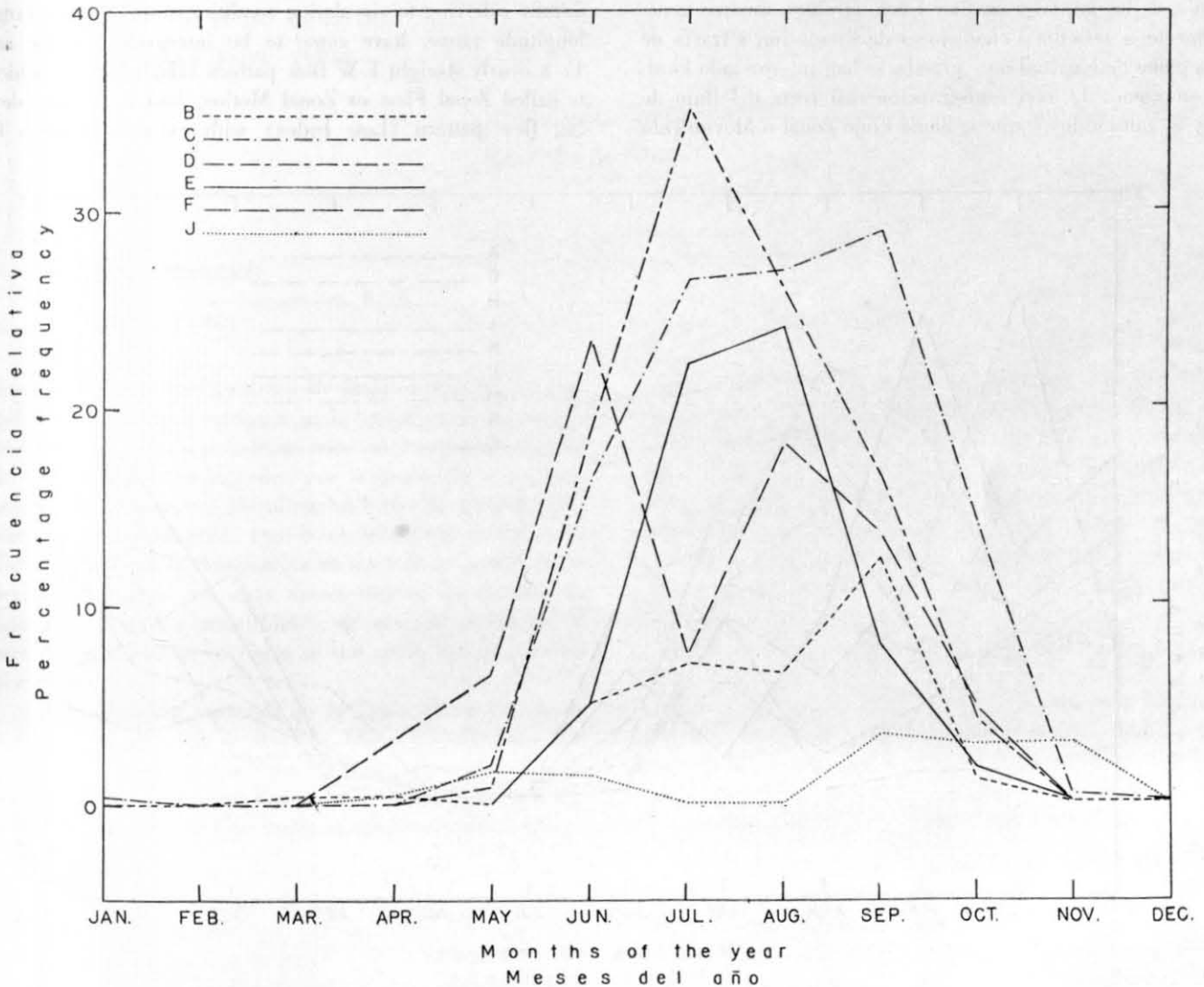


Fig. 31.—Frecuencia de porcentaje de tipos del este de flujo aéreo a 500 mbs.

Fig. 31.—Percentage frequency of Easterly types of air flow at 500 mbs.

y subtropical del Hemisferio Norte, entre los  $14^{\circ}$  y  $33^{\circ}$  lat N, una gran porción de México y particularmente la Altiplanicie está sujeta estacionalmente lo mismo a vientos alisios que a occidentales. Este hecho, que es difícil de deducir por las cartas isobáricas al nivel del mar, está bien demostrado por las cartas de la atmósfera superior.

Durante el Invierno la base de los vientos occidentales baja a la superficie sobre la Altiplanicie Mexicana. En Verano, los vientos occidentales predominan en todo México. Las estaciones de transición son señaladas por una base inclinada de los vientos occidentales que intersecta la superficie en alguna parte entre el extremo sur y la parte norte de la Altiplanicie. Así, en ocasiones, la Altiplanicie Mexicana es dominada, al norte de cierta latitud, por los occidentales y al sur de esa latitud, por los alisios.

Peculiares a ambos, los alisios y los occidentales, son los períodos en que estas corrientes básicas: a) se alinean, siendo sus movimientos principalmente de E a W, y b) se aflojan o serpentean alrededor de su posición latitudinal media. Estos son los llamados períodos de circulación de alto y bajo índice, frecuentemente mencionados en la literatura meteorológica de las latitudes medias. Estos términos, aunque generalmente se refieren a condiciones de circulación a través de una gama de longitud muy grande, se han interpretado localmente como: 1) una configuración casi recta del flujo de E a W (alto índice), que se llama Flujo Zonal o Movimiento

of the Northern Hemisphere, between the  $14^{\circ}$  and  $33^{\circ}$  of latitude N, a large portion of Mexico, particularly the plateau, is subjected seasonally both to the Trades and to the Westerlies. This fact, which is difficult to infer from the sea level isobaric charts, is shown well by the upper-air charts.

During the Winter the base of the Westerlies come down to the surface over the Mexican Plateau. In Summer the deep Easterlies prevail over all Mexico. The transition seasons being marked by a sloping base of the Westerlies that intersects the surface somewhere between the extreme southern and northern most portions of the Plateau. Thus, at times, the Mexican Plateau is dominated, North of certain latitude, by the Westerlies and to the South of this latitude, by the Trade Winds.

Peculiar to both Westerlies and Easterlies are the periods when these basic currents: a) straightened out, their motion being mainly E-W, and b) slacken, or meander around their mean latitudinal position. These are the so-called high and low index circulation periods, frequently quoted in middle-latitude meteorological literature. These terms, although generally referring to circulation conditions throughout a large longitude range, have come to be interpreted locally as: 1) a nearly straight E-W flow pattern (High Index), which is called Zonal Flow or Zonal Motion, and 2) a meandering flow pattern (Low Index) with extreme changes in

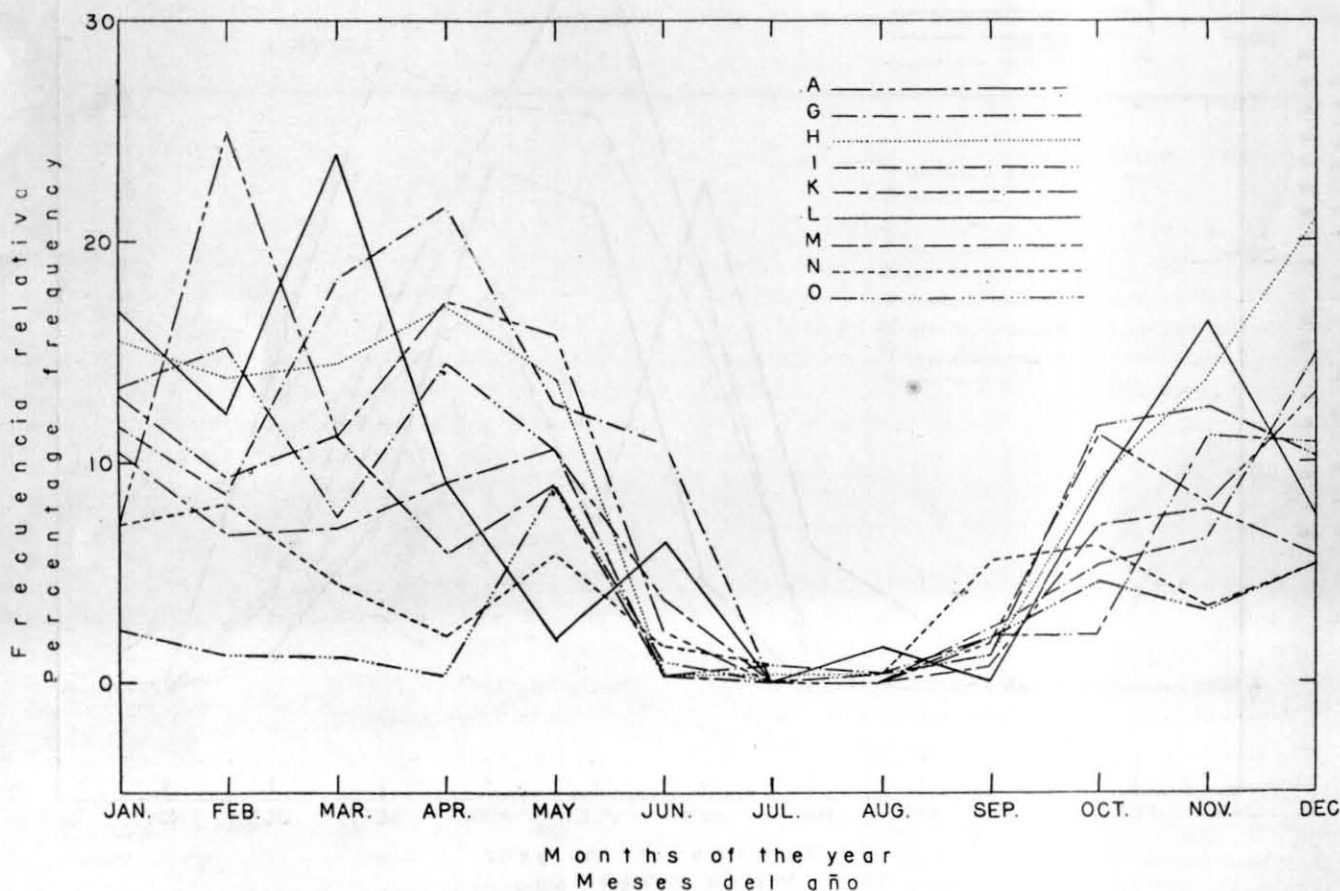


Fig. 32.—Frecuencia de porcentaje de tipos del oeste de flujo aéreo a 500 mbs.

Fig. 32.—Percentage frequency of Westerly types of air flow at 500 mbs.



TABLA II

TABLE II

CLASIFICACION DE TIPOS DE FLUJO DE ALTURA  
 CLASIFICACION OF UPPER-AIR FLOW TYPES

TIPOS DE FLUJO OCCIDENTAL WESTERLY FLOW TYPES	{ FLUJO ZONAL ZONAL FLOW { FLUJO MERIDIONAL MERIDIONAL FLOW	{ CICLONICOS — CYCLONIC G, H, M ANTICICLONICOS — ANTICYCLONIC L
		{ CICLONICOS — CYCLONIC A, I, N ANTICICLONICOS — ANTICYCLONIC K, O
TIPOS DE FLUJO ORIENTAL EASTERLY FLOW TYPES	{ FLUJO ZONAL ZONAL FLOW { FLUJO MERIDIONAL MERIDIONAL FLOW	{ CICLONICOS — CYCLONIC D ANTICICLONICOS — ANTICYCLONIC F
		{ CICLONICO — CYCLONIC E ANTICICLONICOS — ANTICYCLONIC C
TIPOS HIBRIDOS MIXED TYPES	→ B, J	

Zonal, y 2) una configuración de flujo ondulante (de bajo índice) con cambios extremos en la latitud desde las crestas hasta las vaguadas, dando lugar a un intercambio meridional de aire de diferentes latitudes, por lo que se les ha dado el nombre de Movimiento Meridional o Flujo Meridional. Estos términos se han adoptado aquí como referencia posterior. La Tabla II muestra la clasificación de tipos de la atmósfera superior de acuerdo con estas características. La división de tipos en ciclónico y anticiclónico, de acuerdo con la curvatura de las líneas de corriente es tan obvia que no necesita discutirse.

La clasificación mostrada en la Tabla II ha sido usada para la configuración de flujo de 700 y 500 mb (Fig. 14-28), considerando que la línea divisoria entre los occidentales y los alisios a 500 mb siempre está al sur de su posición a 700 mb debido a la base inclinada de los occidentales.

D—FRECUENCIA DE LOS TIPOS DE ALTURA. Las Tablas III y IV dan el porcentaje de frecuencia del tipo de flujo superior para cada mes del período 1951-1954 inclusive. Como referencia, las figuras basadas en los valores dados en las Tablas III y IV se han trazado. Estas muestran el porcentaje de frecuencia de las configuraciones del flujo de 700

latitude from crests to troughs, giving rise to a meridional exchange or air from different latitudes, for which the name Meridional Motion or Meridional Flow has been coined. These terms have been adopted here for further reference. Table II shows the classification of upper-air types according to these characteristics. The division of types into cyclonic and anticyclonic, according to the curvature of the streamlines is so obvious that hardly needs qualification.

The classification shown in Table II has been used both for the 700 and 500 mb flow patterns (Fig. 14-28), considering that the dividing line between Westerlies and Trades at 500 mb is always S of its position at 700 mbs on account of the sloping base of the Westerlies.

D—FREQUENCY OF UPPER-AIR TYPES. Tables III and IV give the frequency and the percentage frequency of the upper-air flow types ofr each month of the period 1951-1954 inclusive. For ready reference, figures based on the values given in Tables II and IV have been drawn. These show the percentage frequency of the 700 and 500 mb flow

TABLA III.—FRECUENCIA DE LOS TIPOS DE ALTURA

TABLE III.—FREQUENCY OF UPPER-AIR TYPES

700 mb

TIPOS TYPES	ENE JAN		FEB FEB		MAR MAR		ABR APR		MAY MAY		JUN JUN		JUL JUL		AGO AUG		SEP SEP		OCT OCT		NOV NOV		DIC DEC	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
A	25	10.1	59	25.2	35	14.1	56	23.7	43	17.5	15	6.3	0	0	1	0.4	0	0	20	8.6	33	14.2	36	14.4
B	1	0.5	0	0	1	0.4	15	6.4	11	4.5	42	17.8	37	15.6	34	13.8	33	13.6	8	3.3	2	0.8	6	2.4
C	3	1.2	0	0	0	0	1	0.4	18	7.4	18	7.6	45	19.0	51	20.7	70	28.9	65	26.7	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	2	0.8	8	3.3	48	20.3	44	18.6	55	22.3	78	32.3	31	12.8	2	0.8	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4	15	6.4	60	25.4	54	22.0	18	7.4	11	4.5	0	0	0	0
F	1	0.5	0	0	0	0	2	0.8	13	5.3	40	16.9	44	18.7	42	17.1	27	11.2	17	7.0	0	0	0	0
G	25	10.2	21	8.8	19	7.7	38	11.8	31	12.8	20	8.5	0	0	0	0	1	0.4	8	3.3	11	4.7	22	8.8
H	38	15.5	17	7.1	41	16.6	30	12.7	26	10.6	7	3.0	1	0.4	1	0.4	2	0.8	11	4.5	23	9.9	28	11.2
I	33	13.5	23	9.6	18	7.3	38	16.1	10	4.1	3	1.3	0	0	0	0	1	0.4	8	3.3	31	13.4	30	12.0
J	0	0	1	0.4	0	0	1	0.4	4	1.6	10	4.2	3	1.3	1	0.4	8	3.3	9	3.7	8	3.5	0	0
K	33	13.5	15	6.3	19	7.7	11	4.6	24	9.8	0	0	0	0	1	0.4	4	1.6	25	10.3	31	13.4	28	11.2
L	41	16.8	28	11.8	51	20.9	25	10.3	11	4.5	4	1.6	0	0	7	2.8	0	0	20	8.2	33	14.2	29	11.6
M	25	10.2	30	12.6	41	16.6	15	6.4	22	9.0	11	4.7	2	0.8	0	0	0	0	6	2.5	21	9.1	30	12.0
N	15	6.1	27	11.4	19	7.7	10	4.2	14	5.7	3	1.2	1	0.4	0	0	0	0	4	1.6	31	13.4	36	14.5
O	5	2.0	6	2.6	4	1.6	2	0.8	8	3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2.9	4	1.6

TABLA IV.—FRECUENCIA DE LOS TIPOS DE ALTURA

TABLE IV.—FREQUENCY OF UPPER AIR TYPES

500 mb

TIPOS TYPES	ENE JAN		FEB FEB		MAR MAR		ABR APR		MAY MAY		JUN JUN		JUL JUL		AGO AUG		SEP SEP		OCT OCT		NOV NOV		DIC DEC	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
A	17	7.1	56	25.0	27	11.2	42	17.4	39	15.9	8	2.3	0	0	0	0	4	1.7	27	11.3	19	8.1	32	12.2
B	0	0	0	0	1	0.4	1	0.4	0	0	12	5.0	17	7.0	16	6.6	29	12.3	3	1.2	0	0	0	0
C	1	0.4	0	0	0	0	0	0	5	2.0	39	16.4	64	26.4	53	21.9	68	28.8	34	14.2	1	0.4	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.8	45	18.9	84	34.8	62	25.6	39	16.5	10	4.2	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	5.0	54	22.3	58	24.0	19	8.0	4	1.7	0	0	0	0
F	1	0.4	0	0	0	0	8	3.3	16	6.5	56	23.4	18	7.4	44	18.2	32	13.6	11	4.6	0	0	0	0
G	30	12.6	19	8.5	44	18.3	52	21.5	31	12.6	26	10.9	0	0	0	0	6	2.5	13	5.4	15	6.5	36	14.9
H	37	15.5	31	13.8	35	14.5	41	17.0	34	13.8	1	0.4	1	0.4	1	0.4	3	1.3	22	9.2	32	13.8	51	21.0
I	32	13.4	34	15.2	18	7.5	35	14.5	26	10.6	1	0.4	2	0.8	1	0.4	3	1.3	28	11.7	29	12.5	25	10.4
J	1	0.4	0	0	0	0	1	0.4	4	1.6	3	1.3	0	0	0	0	8	3.4	7	2.9	7	3.0	0	0
K	25	10.5	15	6.7	17	7.0	22	9.1	26	10.6	9	3.8	0	0	0	0	2	0.8	29	12.1	30	12.9	26	10.8
L	40	16.8	27	12.1	58	24.0	22	9.1	5	2.0	15	6.3	0	0	4	1.6	0	0	21	8.7	38	16.4	18	7.5
M	31	13.0	21	9.4	27	11.2	14	5.8	22	9.0	5	2.1	0	0	1	0.4	5	2.1	5	2.1	26	11.2	26	10.8
N	17	7.1	16	7.6	11	4.5	5	2.1	14	5.7														
O	6	2.4	3	1.3	3	1.2	1	0.4	22	9.0	2	0.8	0	0	0	0	5	2.1	11	4.6	8	3.4	13	5.4

y 500 mb para cada mes del año. Las Figs. 29 y 30 contienen las curvas de frecuencia para los tipos orientales y los occidentales a 700 mb respectivamente y las Figs. 31 y 32 las de 500 mb.

I—FRECUENCIAS DE 700 mb

La característica más sobresaliente de las gráficas de 700 mb es la frecuencia máxima de los tipos C y D durante el Verano y fines del Otoño. El tipo C, una vaguada extendida a través del Golfo de México, sigue de cerca al tipo D, que corresponde a una onda del Este sobre la planicie central entre Veracruz y Guadalajara. Estos dos tipos están estrechamente conectados ya que, como se mostrará en otra sección, las ondas del Este que atraviesan la Altiplanicie Mexicana parecen originarse en una vaguada mayor a través del Golfo de México. Esto podría explicar el curso paralelo de las curvas de frecuencia en la Fig. 29, descontando la ligera diferencia en frecuencias durante el período de principios del otoño. Esto se debe a la interferencia de los ciclones tropicales que, cuando no eran suficientemente bien definidos arriba, se clasificaron como pertenecientes al tipo C.

Los tipos E y F muestran frecuencias altas durante el final de la primavera y el verano con sus direcciones casi paralelas. El tipo E corresponde a una onda occidental que

patterns for each month of the year. Figs. 29 and 30 contain the curves of frequency for the Easterly and Westerly Types at 700 mb respectively and Figs. 31 and 32 those for the 500 mb.

I—700 mb FREQUENCIES

The most striking feature of the 700 mb graphs is the maximum frequency of types C and D during the Summer and late Fall seasons. Type C, an extended trough across the Gulf of Mexico, follows closely type D, which corresponds to an Easterly wave over the central plateau between Veracruz and Guadalajara. These two types are closely connected because, as will be shown in another section. Easterly waves that cross the Mexican Plateau seem to originate in a major trough across the Gulf of Mexico. This could account for the parallel course of the frequency curves in Fig. 29, disregarding the slight difference in frequencies during the early Fall period. This is due to the interference of tropical cyclones which, when not sufficiently well-defined aloft, were classified as belonging to type C.

Types E and F show high frequencies during late Spring and Summer with their trends almost parallel to each other. Type E corresponds to an easterly wave which has crossed

TABLA V.—ESTABILIDAD DE LOS TIPOS

TABLE V.—STABILITY OF THE TYPES

TIPOS DE SUPERFICIE  
SURFACE TYPES

N		%		N		%		N		%		N		%	
1→1	1	14.3	2→1	0	0	3→1	0	0	4→1	2	1.0	5→1	4	0.8	
1→2	2	28.6	2→2	7	30.5	3→2	1	2.1	4→2	3	1.5	5→2	8	1.5	
1→3	0	0	2→3	7	30.5	3→3	20	42.6	4→3	1	0.5	5→3	4	0.8	
1→4	2	28.6	2→4	2	8.7	3→4	3	6.4	4→4	123	62.3	5→4	71	13.6	
1→5	1	14.3	2→5	4	17.4	3→5	3	17.0	4→5	61	31.0	5→5	347	66.7	
1→6	0	0	2→6	0	0	3→6	3	6.4	4→6	2	1.0	5→6	7	1.3	
1→7	1	14.3	2→7	0	0	3→7	6	12.8	4→7	0	0	5→7	14	2.7	
1→8	0	0	2→8	3	13.0	3→8	1	2.1	4→8	3	1.5	5→8	59	11.3	
1→9	0	0	2→9	0	0	3→9	5	10.6	4→9	1	0.5	5→9	7	1.3	
1→10	0	0	2→10	0	0	3→10	0	0	4→10	0	0	5→10	0	0	
N		%		N		%		N		%		N		%	
6→1	0	0	7→1	0	0	8→1	0	0	9→1	0	0	10→1	0	0	
6→2	0	0	7→2	0	0	8→2	2	1.8	9→2	0	0	10→2	0	0	
6→3	1	0.7	7→3	7	3.3	8→3	3	2.8	9→3	3	2.2	10→3	0	0	
6→4	2	1.4	7→4	0	0	8→4	8	7.4	9→4	14	10.2	10→4	4	11.4	
6→5	10	7.4	7→5	15	7.1	8→5	5	4.6	9→5	32	23.4	10→5	7	20.0	
6→6	107	79.3	7→6	13	6.2	8→6	0	0	9→6	3	2.2	10→6	0	0	
6→7	14	10.4	7→7	175	83.3	8→7	1	0.9	9→7	0	0	10→7	0	0	
6→8	0	0	7→8	0	0	8→8	40	37.0	9→8	1	0.7	10→8	0	0	
6→9	1	0.7	7→9	0	0	8→9	49	45.4	9→9	71	51.9	10→9	2	5.7	
6→10	0	0	7→10	0	0	8→10	0	0	9→10	13	9.5	10→10	22	62.8	

(Continuación)

700 mb

(Continuation)

N		%		N		%		N		%		N		%	
A→A	182	71.0	B→A	2	2.5	C→A	0	0	D→A	1	0.4	E→A	0	0	
A→B	2	0.8	B→B	35	43.7	C→B	3	1.1	D→B	13	5.6	E→B	9	6.1	
A→C	0	0	B→C	11	13.8	C→C	175	46.2	D→C	23	9.9	E→C	10	6.8	
A→D	0	0	B→D	8	10.0	C→D	41	15.2	D→D	131	56.6	E→D	32	21.6	
A→E	0	0	B→E	8	10.0	C→E	12	4.6	D→E	38	16.4	E→E	71	48.0	
A→F	2	0.8	B→F	10	12.5	C→F	16	6.1	D→F	20	8.6	E→F	18	12.1	
A→G	1	0.4	B→G	1	1.2	C→G	0	0	D→G	3	1.3	E→G	1	0.7	
A→H	16	6.2	B→H	1	1.2	C→H	1	0.4	D→H	0	0	E→H	1	0.7	
A→I	4	1.5	B→I	1	1.2	C→I	3	1.1	D→I	0	0	E→I	1	0.7	
A→J	0	0	B→J	0	0	C→J	2	0.8	D→J	0	0	E→J	0	0	
A→K	2	0.8	B→K	1	1.2	C→K	5	1.9	D→K	0	0	E→K	1	0.7	
A→L	28	3.1	B→L	0	0	C→L	1	0.4	D→L	1	0.4	E→L	2	1.4	
A→M	28	10.9	B→M	0	0	C→M	1	0.4	D→M	0	0	E→M	2	1.4	
A→N	10	3.9	B→N	2	2.5	C→N	2	0.8	D→N	1	0.4	E→N	0	0	
A→O	1	0.4	B→O	0	0	C→O	2	0.8	D→O	1	0.4	E→O	0	0	
N		%		N		%		N		%		N		%	
F→A	6	3.3	G→A	17	6.7	H→A	12	4.1	I→A	13	5.6	J→A	1	3.6	
F→B	10	5.6	G→B	2	0.8	H→B	1	0.3	I→B	0	0	J→B	0	0	
F→C	19	10.6	G→C	2	0.8	H→C	3	1.0	I→C	6	2.6	J→C	2	7.1	
F→D	24	13.4	G→D	2	0.8	H→D	0	0	I→D	0	0	J→D	2	7.1	
F→E	9	5.0	G→E	0	0	H→E	1	0.3	I→E	0	0	J→E	0	0	
F→F	96	53.7	G→F	3	1.2	H→F	0	0	I→F	1	0.4	J→F	0	0	
F→G	3	1.7	G→G	112	44.0	H→G	25	8.6	I→G	14	6.0	J→G	0	0	
F→H	2	1.1	G→H	61	23.9	H→H	118	40.5	I→H	12	5.2	J→H	1	3.6	
F→I	0	0	G→I	4	1.6	H→I	62	21.3	I→I	104	44.8	J→I	1	3.6	
F→J	1	0.6	G→J	1	0.4	H→J	0	0	I→J	1	0.4	J→J	19	67.9	
F→K	3	1.7	G→K	2	0.8	H→K	9	3.1	I→K	34	14.6	J→K	1	3.6	
F→L	6	3.3	G→L	11	4.3	H→L	14	4.1	I→L	18	7.7	J→L	0	0	
F→M	0	0	G→M	30	11.8	H→M	27	9.3	I→M	10	4.3	J→M	0	0	
F→N	0	0	G→N	5	2.0	H→N	19	6.5	I→N	8	3.4	J→N	0	0	
F→O	0	0	G→O	3	1.2	H→O	0	0	I→O	12	5.1	J→O	1	3.6	
N		%		N		%		N		%		N		%	
K→A	4	2.1	L→A	24	9.7	M→A	19	10.3	N→A	6	4.6	O→A	2	2.5	
K→B	1	0.5	L→B	0	0	M→B	0	0	N→B	3	2.3	O→B	1	1.2	
K→C	5	2.6	L→C	0	0	M→C	2	1.1	N→C	1	0.8	O→C	1	1.2	
K→D	0	0	L→D	0	0	M→D	0	0	N→D	0	0	O→D	1	1.2	
K→E	1	0.5	L→E	1	0.4	M→E	0	0	N→E	1	0.8	O→E	0	0	
K→F	3	1.5	L→F	9	3.6	M→F	0	0	N→F	0	0	O→F	1	1.2	
K→G	19	9.8	L→G	31	12.6	M→G	11	6.0	N→G	5	3.8	O→G	7	8.7	
K→H	8	4.1	L→H	13	5.3	M→H	33	17.8	N→H	13	10.0	O→H	9	11.3	
K→I	9	4.6	L→I	3	1.2	M→I	10	5.4	N→I	19	14.6	O→I	7	8.7	
K→J	0	0	L→J	0	0	M→J	0	0	N→J	3	2.3	O→J	1	1.2	
K→K	100	51.4	L→K	13	5.3	M→K	3	1.6	N→K	7	5.4	O→K	13	16.2	
K→L	24	12.3	L→L	141	57.2	M→L	10	5.4	N→L	3	2.3	O→L	5	6.2	
K→M	3	1.5	L→M	10	4.0	M→M	66	35.7	N→M	8	6.2	O→M	2	2.5	
K→N	11	5.7	L→N	2	0.8	M→N	29	15.7	N→N	42	32.3	O→N	1	2.1	
K→O	7	3.6			M→O	2	1.1	N→O	19	14.6	O→O	29	36.2		

(Continuación)

(Continuation)

500 mb

N		%		N		%		N		%		N		%		
A→A	182	65.0	B→A	2	2.5	C→A	0	0	D→A	1	0.4	E→A	0	0		
A→B	2	0.7	B→B	35	43.8	C→B	3	1.1	D→B	13	5.6	E→B	9	6.1		
A→C	0	0	B→C	11	13.7	C→C	175	66.3	D→C	23	9.9	E→C	10	6.8		
A→D	0	0	B→D	8	10.0	C→D	41	15.5	D→D	131	56.3	E→D	32	21.6		
A→E	0	0	B→E	8	10.0	C→E	12	4.5	D→E	38	16.3	E→E	71	48.0		
A→F	2	0.7	B→F	10	12.5	C→F	16	6.0	D→F	20	8.6	E→F	18	12.1		
A→G	25	8.9	B→G	1	1.2	C→G	0	0	D→G	3	1.3	E→G	1	0.7		
A→H	16	5.7	B→H	1	1.2	C→H	1	0.4	D→H	0	0	E→H	1	0.7		
A→I	4	1.4	B→I	1	1.2	C→I	3	1.1	D→I	0	0	E→I	1	0.7		
A→J	0	0	B→J	0	0	C→J	2	0.8	D→J	1	0.4	E→J	0	0		
A→K	2	0.7	B→K	1	1.2	C→K	5	1.9	D→K	0	0	E→K	1	0.7		
A→L	8	2.9	B→L	0	0	C→L	1	0.4	D→L	1	0.4	E→L	2	1.4		
A→M	28	10.0	B→M	0	0	C→M	1	0.4	D→M	0	0	E→M	2	1.4		
A→N	10	3.6	B→N	2	2.5	C→N	2	0.8	D→N	1	0.4	E→N	0	0		
A→O	1	0.4	B→O	0	0	C→O	2	0.8	D→O	1	0.4	E→O	0	0		
N		%		N		%		N		%		N		%		
F→A	6	3.4	G→A	17	6.7	H→A	12	4.1	I→A	13	5.6	J→A	1	3.6		
F→B	10	5.6	G→B	2	0.8	H→B	1	0.3	I→B	0	0	J→B	0	0		
F→C	19	10.6	G→C	2	0.8	H→C	3	1.0	I→C	6	2.6	J→C	2	7.1		
F→D	24	13.4	G→D	2	0.8	H→D	0	0	I→D	0	0	J→D	2	7.1		
F→E	9	5.0	G→E	0	0	H→E	1	0.3	I→E	0	0	J→E	0	0		
F→F	96	53.7	G→F	3	1.2	H→F	0	0	I→F	1	0.4	J→F	0	0		
F→G	3	1.7	G→G	112	44.0	H→G	25	8.6	I→G	14	6.1	J→G	0	0		
F→H	2	1.1	G→H	61	23.9	H→H	118	40.5	I→H	12	5.2	J→H	1	3.6		
F→I	0	0	G→I	4	1.6	H→I	62	21.3	I→I	104	45.1	J→I	1	3.6		
F→J	1	0.6	G→J	1	0.4	H→J	0	0	I→J	1	0.4	J→J	19	67.8		
F→K	3	1.7	G→K	2	0.8	H→K	9	3.1	I→K	32	13.9	J→K	1	3.6		
F→L	6	3.4	G→L	11	4.3	H→L	14	4.8	I→L	18	7.8	J→L	0	0		
F→M	0	0	G→M	30	11.8	H→M	27	9.3	I→M	10	4.3	J→M	0	0		
F→N	0	0	G→N	5	2.0	H→N	19	6.5	I→N	8	3.5	J→N	0	0		
F→O	0	0	G→O	3	1.2	H→O	0	0	I→O	12	5.2	J→O	1	3.6		
N		%		N		%		N		%		N		%		
K→A	2	1.1	L→A	24	9.7	M→A	19	10.3	N→A	6	4.5	O→A	2	2.5		
K→B	1	0.5	L→B	0	0	M→B	0	0	N→B	3	2.3	O→B	1	1.2		
K→C	5	2.6	L→C	0	0	M→C	2	1.1	N→C	1	0.8	O→C	1	1.2		
K→D	0	0	L→D	0	0	M→D	0	0	N→D	0	0	O→D	1	1.2		
K→E	1	0.5	L→E	1	0.4	M→E	0	0	N→E	1	0.8	O→E	0	0		
K→F	3	1.6	L→F	9	3.6	M→F	0	0	N→F	0	0	O→F	1	1.2		
K→G	19	9.8	L→G	31	12.6	M→G	11	6.0	N→G	5	3.8	O→G	7	8.7		
K→H	8	4.2	L→H	13	5.3	M→H	33	17.8	N→H	13	9.8	O→H	9	11.2		
K→I	9	4.7	L→I	3	1.2	M→I	10	5.4	N→I	19	14.3	O→I	7	8.7		
K→J	0	0	L→J	0	0	M→J	0	0	N→J	3	2.3	O→J	1	1.2		
K→K	100	52.0	L→K	13	5.3	M→K	3	1.6	N→K	7	5.3	O→K	13	16.2		
K→L	24	12.5	L→L	141	57.2	M→L	10	5.4	N→L	3	2.3	O→L	5	6.2		
K→M	3	1.6	L→M	10	4.9	M→M	66	35.7	N→M	8	6.0	O→M	2	2.5		
K→N	11	5.7	L→N	2	0.8	M→N	29	15.7	N→N	45	33.8	O→N	1	1.2		
			L→O	0	0	M→O	2	1.1	N→O	19	14.3	O→O	29	36.2		

ha cruzado la planicie central y continuado hacia el noroeste alrededor de una celda anticiclónica situada sobre los Estados orientales del sur de los EE. UU. Este tipo muestra un máximo en Verano y su curva de frecuencia tiene más o menos el mismo eje de simetría del tipo D, pero con una frecuencia general menor durante el año.

El tipo F, un tipo de flujo anticiclónico, es muy frecuente durante los meses del Verano. Esto apoya la idea de que la circulación de principios del Verano sobre México es más bien anticiclónica, pero responsable de los chubascos y tronadas convectivas características de esa parte de la temporada de lluvias en el país. Por otro lado, los tipos ciclónicos asociados con perturbaciones tropicales, más frecuentes a fines de Verano y principios de Otoño (ver curva C y D, Fig. 29) se sabe que son responsables de las lluvias más generalizadas de esta parte de la temporada de lluvias.

El tipo B, con un máximo a principios del verano se encuentra casi durante todo el año. Este es un collado sobre la Altiplanicie, que produce un flujo boreal cuesta abajo sobre la Sierra Madre Occidental y un flujo meridional a lo largo de la Sierra Madre Oriental. Las ramas situadas más al norte y más al sur de esta circulación sobre la Altiplanicie son orientales y occidentales, respectivamente.

Las curvas de tipos M, H y L (Fig. 30) se siguen una a la otra durante la mayor parte del año, excepto por la pequeña punta del tipo L en Agosto. Estos tipos, una vaguada oblicua a través de la parte noroeste del país, una vaguada de norte a sur sobre la parte noreste de la Altiplanicie y una celda anticiclónica centrada sobre el sur del Golfo de México, respectivamente, tienen su frecuencia máxima al final del invierno, con un máximo secundario al final del Otoño. Durante el período más caliente del año estos tipos casi nunca aparecen, explicándose que los tipos occidentales tomen su lugar.

Otro tipo cuya curva sigue de cerca las de los tipos anteriores, por lo menos durante la primera parte del Invierno, es el tipo I, una vaguada orientada de Norte a Sur en el Golfo de México. La curva de este tipo muestra, sin embargo, una dirección opuesta a fines del invierno, teniendo un máximo de frecuencia al principio de la primavera. Esta alta vaguada extendida se asocia a menudo con los tipos 8, 9 y 10 de la clasificación de superficie, que pertenece a incursiones de aire polar en el Golfo de México. Su temprano establecimiento en el Otoño es digno de mención, así como su ausencia durante la primera parte del Verano.

La curva del tipo A (Fig. 30), un vórtice de ciclón frío sobre el NW de México incluyendo el área norte de la Altiplanicie, no está bien definido en su dirección durante la estación fría como los otros tipos que se han discutido, pero tiene dos máximos a fines del Invierno y principios de Primavera con un máximo secundario a fines del otoño. La existencia de este tipo puede ser causa de la mayoría de las lluvias de Invierno o las nevadas ocasionales sobre las cordilleras altas de la Sierra Madre Occidental y en los Estados de Sonora, Chihuahua y Durango.

Los tipos restantes de la clasificación de 700 mb son casi insignificantes en sus frecuencias anuales, aunque llegan a

the central Plateau and has continued northwestward around the anticyclonic cell located over the Eastern Gulf States of the U. S. This type shows a maximum in Summer and its frequency curve has about the same axis of symmetry as that of type D, but with a lesser overall frequency through the year.

Type F, an anticyclonic flow type, is very frequent during the Summer months. This supports the idea that the early Summer circulation over Mexico is mostly anticyclonic, but responsible nevertheless for the scattered convective thunder-showers which are characteristic of that part of the rainy season in this country. On the other hand, the cyclonic types associated with tropical disturbances, most frequent in late Summer and early Fall (see curve C and D, Fig. 29) are known to be responsible for the more widespread rains of this part of the rainy season.

Type B, with a maximum in early Summer is found almost throughout the year. This is a col over the Plateau that produces a northerly down-slope flow over the Sierra Madre Occidental and a southerly flow along the Sierra Madre Oriental. The northernmost and the southernmost branches of this circulation over the plateau are respectively westerly and easterly.

The curves of types M, H and L (Fig. 30) follow each other during most of the year, except for a small peak of Type L in August. These types, a tilted trough across the northwestern part of the country, a North-to-South trough over the northeastern part of the Plateau and an anticyclonic cell centered over the southern Gulf of Mexico, respectively, have their maximum frequency late in the Winter season, with a secondary maximum in late Autumn. During the warmer period of the year these types are almost absent, this being the reason when the easterly types take over.

Another type whose curve follows fairly close those of the above types, at least during the first part of the Winter, is type I, a North-to-South westerly trough in the Gulf of Mexico. The curve of this type shows however, an opposite trend in late Winter, having a maximum of frequency in early Spring. This extended trough aloft is often associated with types 8, 9 and 10 of the surface classification, which belong to polar outbreaks into the Gulf of Mexico. Its early inception in Fall is worth noticing, as well as its absence during the first part of the Summer season.

The curve of type A (Fig. 30), a cold cyclonic vortex over NW Mexico including the northern plateau area, is not so well defined in its trend through the cold season as the other types already discussed, but it has two maxima in late Winter and early Spring with a secondary maximum in late Autumn. The occurrence of this type may account for most of the Winter rainfall and the occasional snowfalls over the high ranges of the Sierra Madre Occidental in the States of Sonora, Chihuahua and Durango.

The remaining types of the 700 mb classification are almost insignificant in their annual frequencies, although

ser prominentes en una parte u otra del año. Otra característica más de las curvas en las Figs. 29 y 30 está en la presencia de prácticamente todos los tipos durante mayo y junio, una característica que enfatiza el carácter transitorio de estos meses. Algo similar ocurre en Octubre.

## II—FRECUENCIAS DE 500 mb

Las Figuras 31 y 32 muestran las curvas de frecuencia para los tipos a nivel de 500 mb. El cuadro general de este nivel se asemeja al de los 700 mb, excepto por un curso menos definitivo de las curvas de frecuencia, cuyas puntas alternan una con otra en un modo más errático. Sin embargo, es notable que la importancia de los tipos C y D (Fig. 31) durante la parte más caliente del año, no disminuya mientras que el tipo E disminuye ligeramente, con una punta definitiva en Agosto. Por otro lado, los tipos F y B muestran una ligera disminución en sus frecuencias máximas y con la misma amplitud estacional que en el nivel de 700 mb ya discutido.

Las curvas de los tipos G, L y M (Fig. 32) se siguen de cerca a este nivel durante el año, guardando la misma relación con el tipo I que a nivel de 700 mb durante fines del Invierno. La frecuencia aumentada del tipo H durante la primera parte de esta estación al nivel de los 500 mb no tiene igual en el nivel de 700 mb. Esto se debe aparentemente a la intensificación con la altura de la vaguada oriental que representa el tipo H.

El tipo A aún guarda su curso general casi sin cambio durante el año, como en el nivel de 700 mb. Al nivel de 500 mb los meses de Mayo y Octubre todavía son los períodos de transición entre los tipos que caracterizan las partes más frías y más calientes del año.

### ESTABILIDAD DE LOS TIPOS DE FLUJO SUPERFICIALES Y DEL AIRE SUPERIOR

El número de veces que un tipo particular cambió en otro, o no cambia durante el curso de 24 horas, es un índice de la estabilidad de ese tipo. La siguiente información se ha analizado teniendo eso en cuenta, en un intento por establecer cuál es la secuencia normal de los eventos.

La Tabla IV contiene los resultados de esta investigación. Esta tabla se ha dividido en tres partes: superficie, 700 y 500 mb. Hay grupos de tres columnas cada uno correspondientes a cada tipo. La primera columna muestra todos los cambios posibles del tipo en otros o en sí mismo. La segunda columna muestra el número de cambios observado y la tercera columna, el porcentaje del total de ocasiones de ese tipo en que ocurre cada cambio particular.

Es claro por esta tabla que la mayoría de los tipos a todos los niveles muestran una alta persistencia, o como se dijo antes, un alto grado de estabilidad.

Consideremos los tipos de superficie. El tipo 7 es notable con 83.3 por ciento de casos sin cambio. Este tipo es seguido de cerca por el tipo 6 con 79.3%. Estos tipos son los más frecuentes durante el Verano y por lo tanto, se deduce

they become prominent at one time or other of the year. One further feature of the curves in Figs. 29 and 30 is the occurrence of practically all types during May and June, a feature which emphasises the transitional character of these months. Something similar happens in October.

## II—500 mb FREQUENCIES

Figures 31 and 32 show the frequency curves for the types at the 500 mb level. The overall picture at this level resembles that for the 700 mb, except for a less definite course of the frequency curves, whose peaks alternate each other in a more erratic way. However, it is remarkable that the importance of types C and D (Fig. 31) during the warmer part of the year is not diminished, while type E is slightly decreased, with a definite peak in August. On the other hand, types F and B show a slight decrease in their peak frequencies and about the same seasonal range as at the 700 mb level previously discussed.

Curves of types G, L and M (Fig. 32) follow each other closely at this level throughout the year, keeping the same relation with type I as at the 700 mb level during the later part of the Winter. The increased frequency of type H during the first part of this season at the 500 mb level has no counterpart in the 700 mb level. This is apparently due to the intensification with height of the westerly trough which type H represents.

Type A still keeps its general course almost unchanged through the year, as at the 700 mb level. At the 500 mb level the months of May and October are still the periods of transition between the types which characterise the colder and the warmer parts of the year.

### STABILITY OF THE SURFACE AND UPPER-AIR FLOW TYPES

The number of times which a particular type changes into another, or does not change during the course of 24 hours, is an index of the stability of that type. The present data have been analysed with this in mind, in an attempt to establish what is the normal sequence of events.

Table IV contains the results of this investigation. This table has been divided into three parts: surface, 700 and 500 mb. Corresponding to each type there are groups of three columns each. The first column shows all the possible changes of the type into others or into itself. The second column shows the number of changes observed and the third the percentages of the total occasions of that type on which each particular change occurred.

It is apparent from this table that most of the types at all levels show a high persistence, or, as was said before, a high degree of stability.

Let us consider the surface types. A remarkable one is type 7 with 83.3 percent of the cases without change. This type is followed closely by type 6 with 79.3 percent. These types are the most frequent during the Summer and, there-



que la estabilidad de las configuraciones de presión es muy alta durante esa parte del año. Las configuraciones de Invierno, sin embargo, son mucho más variables. Desechando el siempre presente alto grado de estabilidad de los tipos en todas las estaciones del año, puede uno decir qué tipo sigue más frecuentemente a cualquiera buscando el siguiente al más alto porcentaje de casos de este tipo. Luego es claro que el tipo 4, por ejemplo, cambia muy a menudo al tipo 5 y viceversa. También que a menudo el tipo 5 cambia al tipo 8, teniendo este tipo el más bajo porcentaje de casos o cambio en sí mismo. A menudo es seguido por el tipo 9, el cual a su vez cambia ya sea en el tipo 4 o el 5 de nuevo.

En los niveles superiores es notable la estabilidad de los tipos. Aunque sus correspondientes porcentajes son menores en general que los de los de la superficie, hay varios más altos que un 50%, lo que demuestra que aún en las alturas, la persistencia de las configuraciones del flujo es muy alta.

Algunas secuencias claramente definidas son aparentes también en los niveles superiores. Por ejemplo, el tipo G cambia al tipo H, el tipo H en el I, el cual cambia al K, que a su vez cambia al L; L entonces cambia al G de nuevo. Los meteorólogos mexicanos están familiarizados con este ciclo de Invierno. En Verano se observa otra secuencia de repetición así: el tipo B es sucedido ya sea por C o por F; si es seguido por C, éste cambia al D; D a su vez se torna en E y entonces alguno de ellos torna de nuevo a D o a F, lo que representa la otra alternativa. Si B es seguido por F, éste cambia a D. Lo que muestra claramente la tendencia a una vaguada mayor que yace de N a S a través del Golfo de México para romperse en latitudes más altas en: A) una vaguada occidental y B) en latitudes inferiores en una onda oriental que viaja hacia el oeste de México. Esta onda es a veces capaz de penetrar hasta la costa del Pacífico o aún más lejos en Sonora y Baja California. Este notable ciclo de eventos ocurre en ambos niveles de 700 y 500 mb.

#### DISTRIBUCION DE PRECIPITACION ASOCIADA CON LA CONFIGURACION SUPERFICIAL Y SUPERIOR

A—GENERALIDADES. Por mucho tiempo los previsores del tiempo experimentados de México han sostenido que el factor principal que determina la distribución de las lluvias sobre el país es la topografía. Por otro lado, es obvio que el paso de las características principales de las configuraciones de flujo (frentes, vaguadas, ondas, etc.) sobre localidades particulares deben explicar al menos en parte, la distribución de las lluvias en las vecindades. Luego, se pensó que sería interesante probar la relación de estos dos factores separando el efecto de la topografía en la distribución de lluvias de la situación sinóptica, como se ilustra en función de los tipos discutidos en la primera parte de este trabajo.

Para hacer esto, se construyó una serie de cartas (que no se incluyen en este trabajo) mostrando el promedio de la cantidad de precipitación por día que da cada tipo, sobre las áreas de México. Estas cartas resultaron inadecuadas para el propósito de separar el efecto de la topografía del

fore, it must be concluded that the stability of the pressure patterns is very high during that part of the year. The Winter patterns, however, are much more variable. Disregarding the ever-present high degree of stability of the types in all seasons of the year, one can tell which type follows most frequently a particular one by looking the next-to-the-highest percentage of cases for this type. Thus, it is clear that type 4, for instance, changes very often into type 5 and viceversa. Also, that not unfrequently type 5 changes into type 8, this being the type with the lowest percentages of cases or changes into itself. It is followed more often by type 9, which in turn changes into either type 4 or 5 again.

At the upper levels the stability of the types is remarkable. Although their corresponding percentages are lower in general than the surface ones, there are several higher than 50%, showing that even aloft the persistence of the flow patterns is very high.

Some clear-cut sequences are also apparent at the upper levels. For instance, type G changes into type H, type H into I; this changes into K, which in turn changes into L; L then changes into G again. Mexican meteorologists are familiar with this Winter cycle. In Summer another repeating sequence is observed as follows: type B is succeeded either by C or F; if it is followed by C, this changes into D; D in turn shifts to E and then either back again to D, or to F, which represents the other alternative. For if B is followed by F, this changes into D. This shows clearly the tendency for a major trough lying N-to-S across the Gulf of Mexico to break off at higher latitudes into: A) a westerly trough and B) at lower latitudes into an easterly wave that travels westward into Mexico. This wave is sometimes able to penetrate as far as the Pacific Coast or even further into Sonora and Lower California. This remarkable cycle of events occurs at both the 700 and 500 mb levels.

#### PRECIPITACION DISTRIBUCION ASOCIADA WITH THE SURFACE AND THE UPPER-AIR PATTERNS

A—GENERAL. For a long time it has been the contention of experienced forecasters in Mexico that the main factor that determines the rainfall distribution over the country is the topography. On the other hand, it is obvious that the passage of the main features of the flow patterns (fronts, troughs, waves, etc.) over particular localities must account at least in part of the rainfall distribution in their neighborhood. Thus it was thought interesting to test the relation of these two factors by separating the effect of topography on the rainfall distribution from that due to the synoptic situation as depicted in terms of the types discussed in the first part of this paper.

In order to do this, a series of charts (not included in this paper) were constructed showing the average precipitation amount per day given by each type, over the Mexican land areas. These charts proved inadequate for the purpose of separating the effect of topography from that of

de la situación sinóptica. Sin embargo, mostraron claramente la importancia de la primera sobre la distribución de las lluvias. Se decidió, por lo tanto, trazar otro juego de cartas mostrando esta vez la distribución geográfica del *Porcentaje del Promedio Anual de Lluvias* lo que se podría atribuir a cada tipo —esperando eliminar así el efecto de la topografía, en alguna medida. Se hizo esto asociando las cantidades diarias de lluvias registradas en una estación con los tipos corrientes de flujo, tanto en la superficie como arriba, durante el periodo de cuatro años, Añadiendo la cantidad diaria adscrita a cada tipo, se obtuvieron cantidades anuales en cada estación. Estas cantidades divididas por el promedio Anual de Lluvias de la estación, expresadas como un porcentaje, son las cifras cuyos isolíneas aparecen en los siguientes mapas.

Se consideró que si el efecto de la topografía jugaba un papel tan importante en la distribución de las lluvias, la Lluvia Media Anual proporcionaría principalmente la medida de ese efecto. Por lo tanto, la división de las cantidades anuales, dadas por cada tipo en una estación, por la Lluvia Media Anual para la misma estación, quitaría o al menos reduciría el efecto de la topografía, dejando sólo, como única variable, el efecto de la situación sinóptica.

De este modo, las configuraciones formadas por las isolíneas de porcentaje de lluvia media anual en los siguientes mapas se puede interpretar como establecer cuánto de la lluvia media anual explica cada tipo particular, en un lugar o área especial. En otras palabras, los mapas que siguen muestran dónde se espera que la situación sinóptica afecte la distribución normal de lluvia para la estación y dónde es probable que este efecto se note, además de la topografía.

**B—RELACIÓN ENTRE LAS CONFIGURACIONES DE LLUVIA Y LOS TIPOS DE SUPERFICIE.** Los más notables de estos son los correspondientes a los tipos 4, 5, 6, 7 y 9. El tipo 4, una área de baja presión sobre el suroeste de los Estados Unidos, es responsable en gran proporción de la precipitación anual sobre el norte de Baja California y el NE de México (Fig. 36).

La Figura 37 muestra el porcentaje de la lluvia media anual atribuido al tipo 5, con un máximo cerca de la frontera de los Estados Unidos y otra sobre el centro de la Altiplanicie; mientras que sobre el Golfo de México y las costas del Pacífico, un mínimo es aparente, particularmente sobre una gran parte del Golfo de California. Esta distribución de la lluvia parece estar relacionada con una convergencia horizontal del flujo del aire sobre la Altiplanicie y divergencia sobre las planicies costeras.

Las configuraciones de lluvias correspondientes a los tipos 6 y 7 (ver Figs. 38 y 39), son muy similares entre sí, con un máximo sobre la Sierra Madre Occidental y un máximo secundario sobre el sur de la costa sur del Pacífico de México, relacionados ambos aparentemente con la posición de una "lengua" de aire húmedo asociada con los tipos 6 y 7 en Verano, cuando estos tipos alcanzan máximo de frecuencia.

El tipo 9 (Fig. 41) muestra varios máximos más o menos a lo largo del parteaguas continental y resulta, junto

the synoptic situation. However, they showed clearly the importance of the former on the rainfall distribution. It was decided, therefore, to draw another set of charts showing this time the geographical distribution of the *Percentage of the Mean Annual Rainfall* which could be attributed to each type —hoping thus to eliminate the effect of topography, in some measure. This was done by associating the daily rainfall amounts recorded at a station with the current flow types, both at the surface and aloft, during the four-year period. By adding the daily amounts ascribed to each type, yearly amounts were obtained at each station. These amounts divided by the Mean Annual Rainfall for the station, expressed as a percentage, are the figures whose isolines appear in the following maps.

It was considered that, if the effect of topography played such an important role in the distribution of rainfall, the Mean Annual Rainfall would mainly provide a measure of that effect. Therefore division of the yearly amounts, given by each type at a station, by the Mean Annual Rainfall for the same station would remove or at least reduce the effect of topography, leaving alone the only variable the effect of the synoptic situation.

In this way, the patterns formed by the isolines of Percentage of Mean Annual Rainfall in the following maps can be interpreted as telling how much of the mean annual rainfall each particular type accounts for at a particular place or area. In other words, the maps that follow show where the synoptic situation is expected to affect the normal rainfall distribution for the season and where this effect is likely to be noticed, regardless of topography.

**B—RELATION BETWEEN RAINFALL PATTERNS AND THE SURFACE TYPES.** Of these the more remarkable are those corresponding to types 4, 5, 6, 7 and 9. Type 4, a low pressure area over the southwestern United States, is apparently responsible for a large proportion of the annual precipitation over northern Baja California and NE Mexico (Fig. 36).

Figure 37 shows the percentage of the Mean Annual Rainfall attributed to type 5, with a maximum near the United States border and another over the central Plateau: while a minimum is apparent over both the Gulf of Mexico and the Pacific coasts, particularly over a large part of the Gulf of California. This rainfall distribution seems to be related to horizontal convergence of the air flow over the Plateau and to divergence over the coastal plains.

The rainfall patterns corresponding to types 6 and 7 (see Figs. 38 and 39), are very similar to each other, with a maximum over the Sierra Madre Occidental and a secondary maximum over the southern Pacific coast of Mexico, both seemingly related to the position of a moist tongue frequently associated with types 6 and 7 in Summer, when these types have their frequency peak.

Type 9 (Fig. 41) shows several maxima roughly along the continental divide and is, together with type 8, ap-

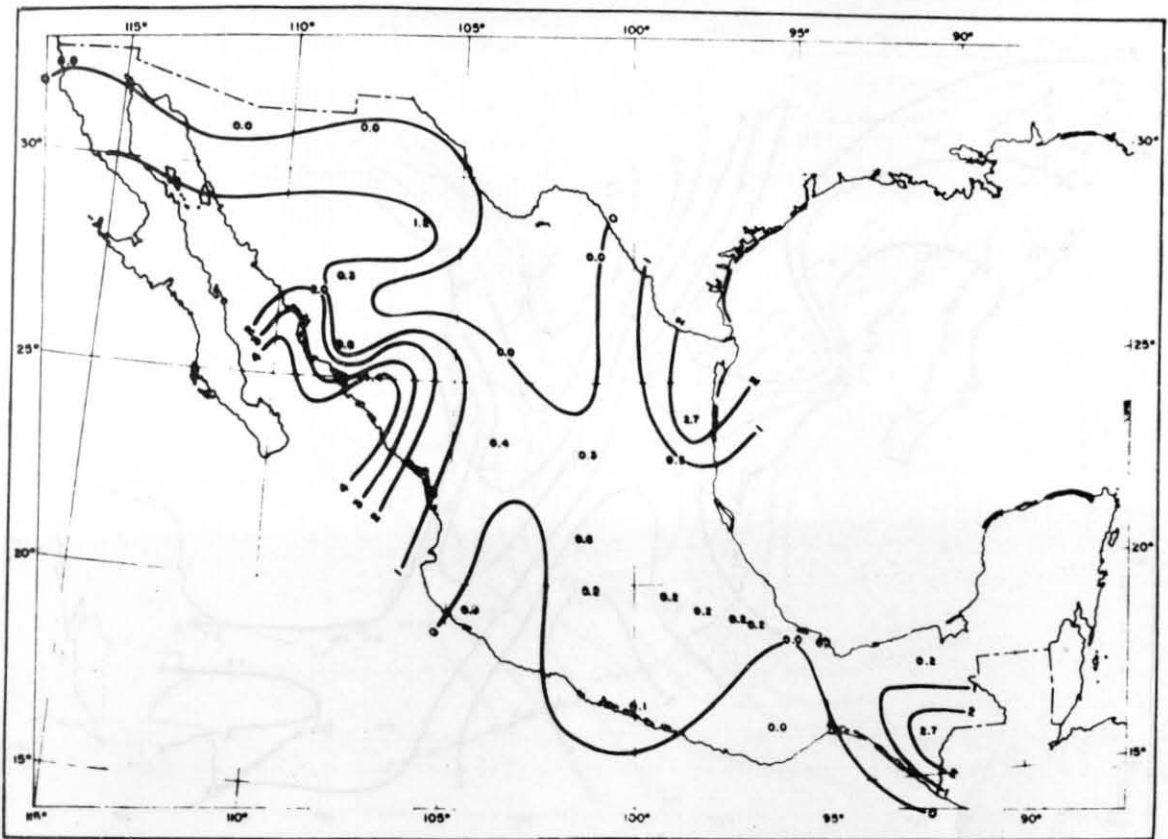


Fig. 33

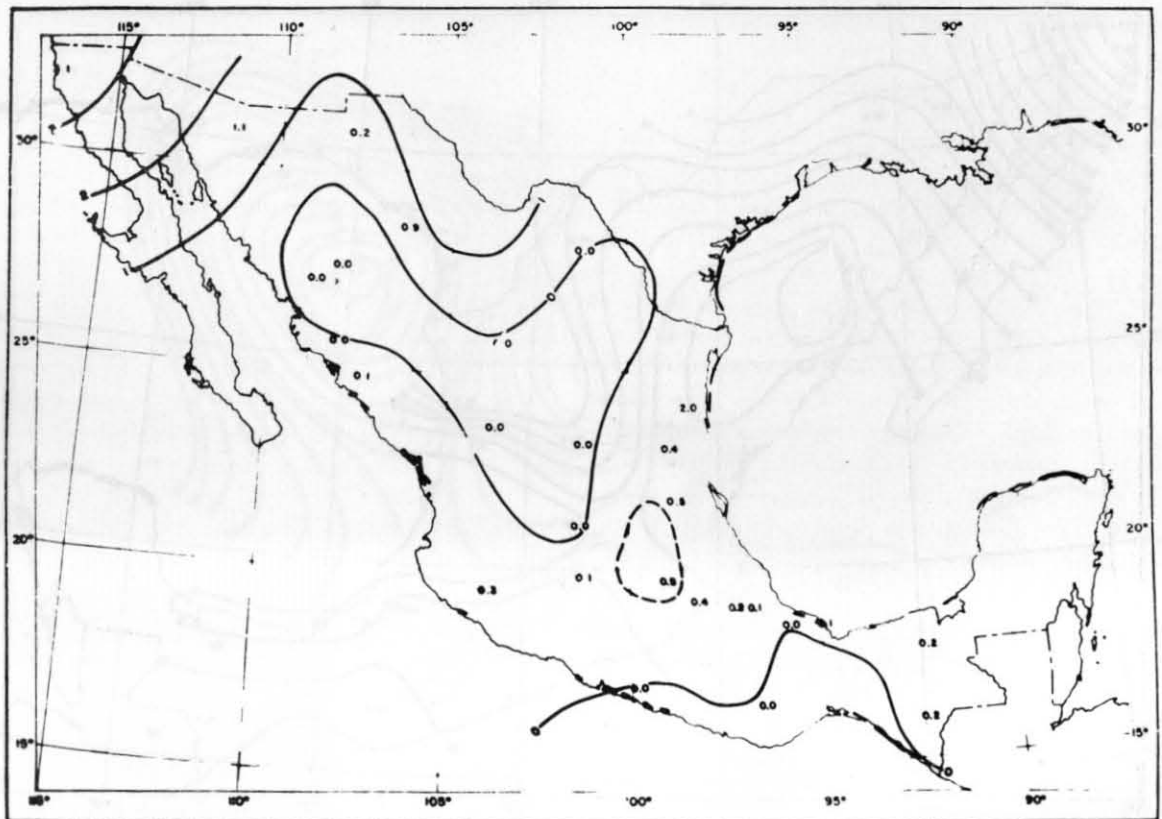


Fig. 34

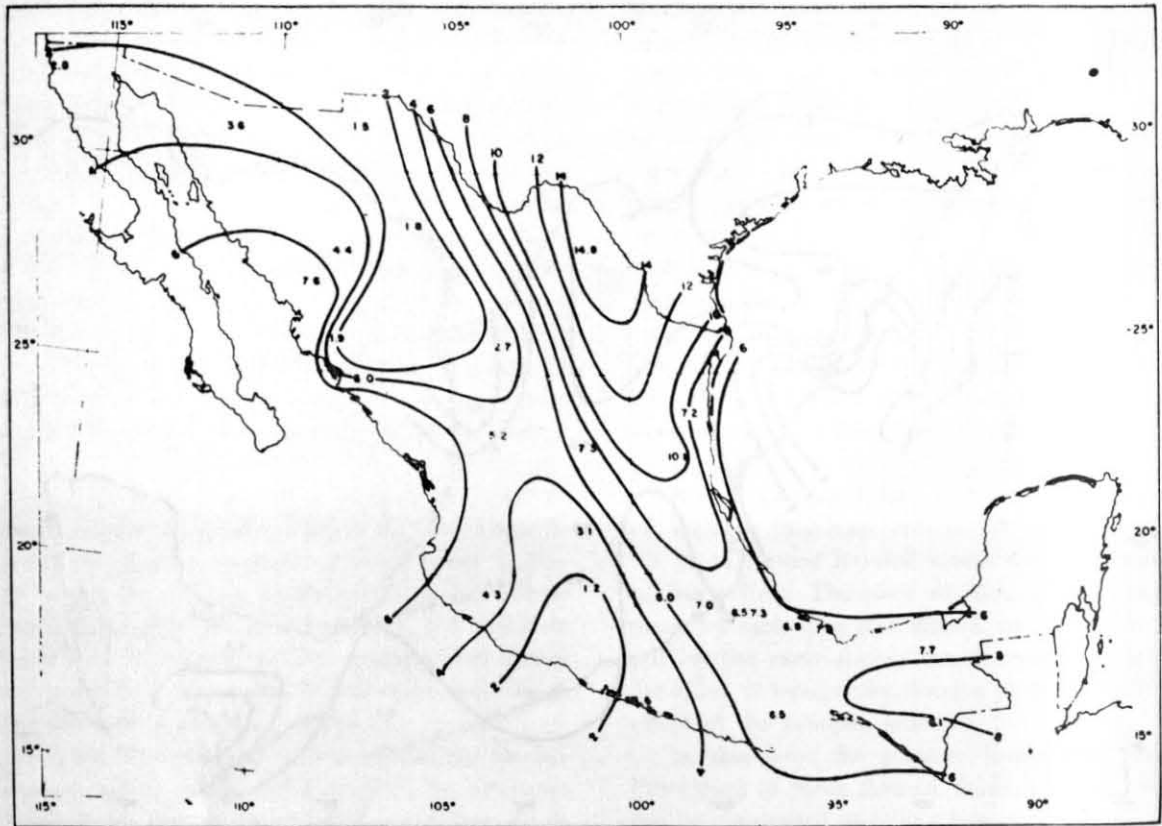


Fig. 35

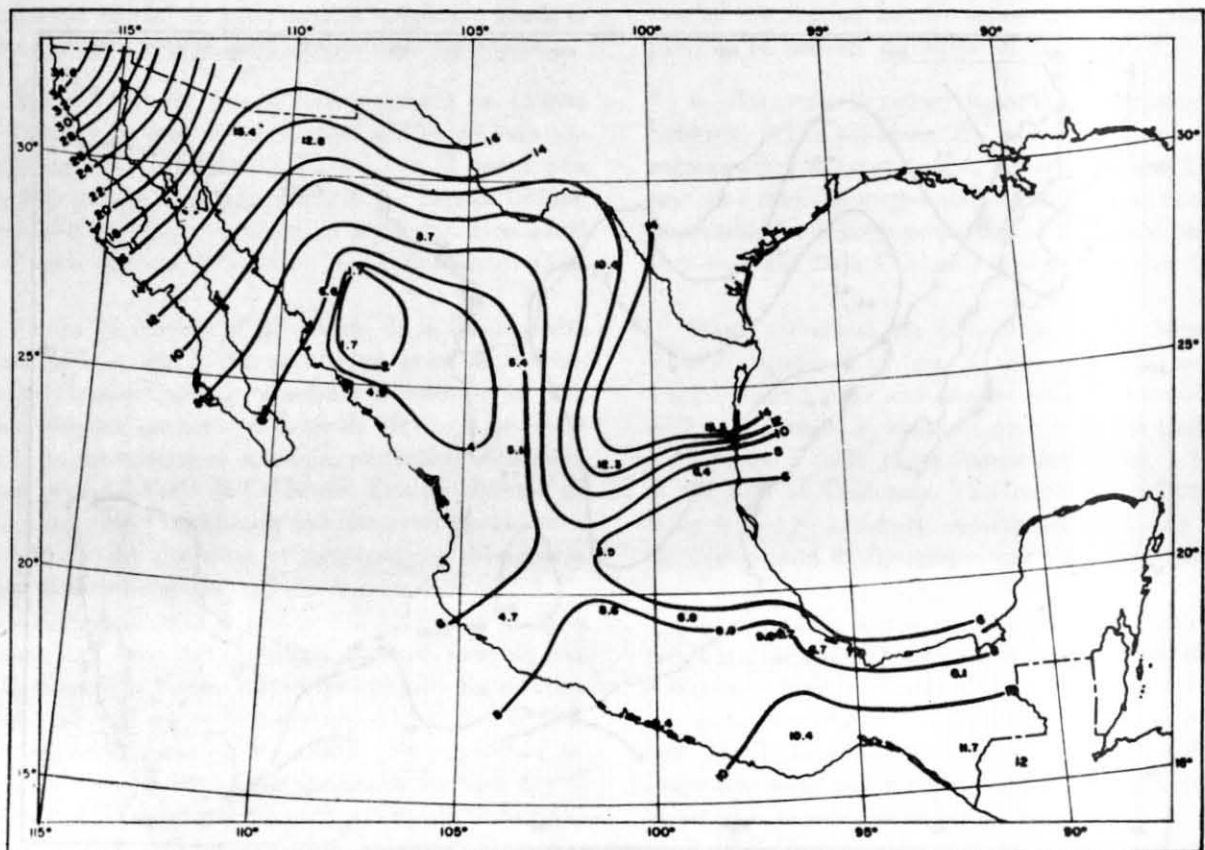


Fig. 36

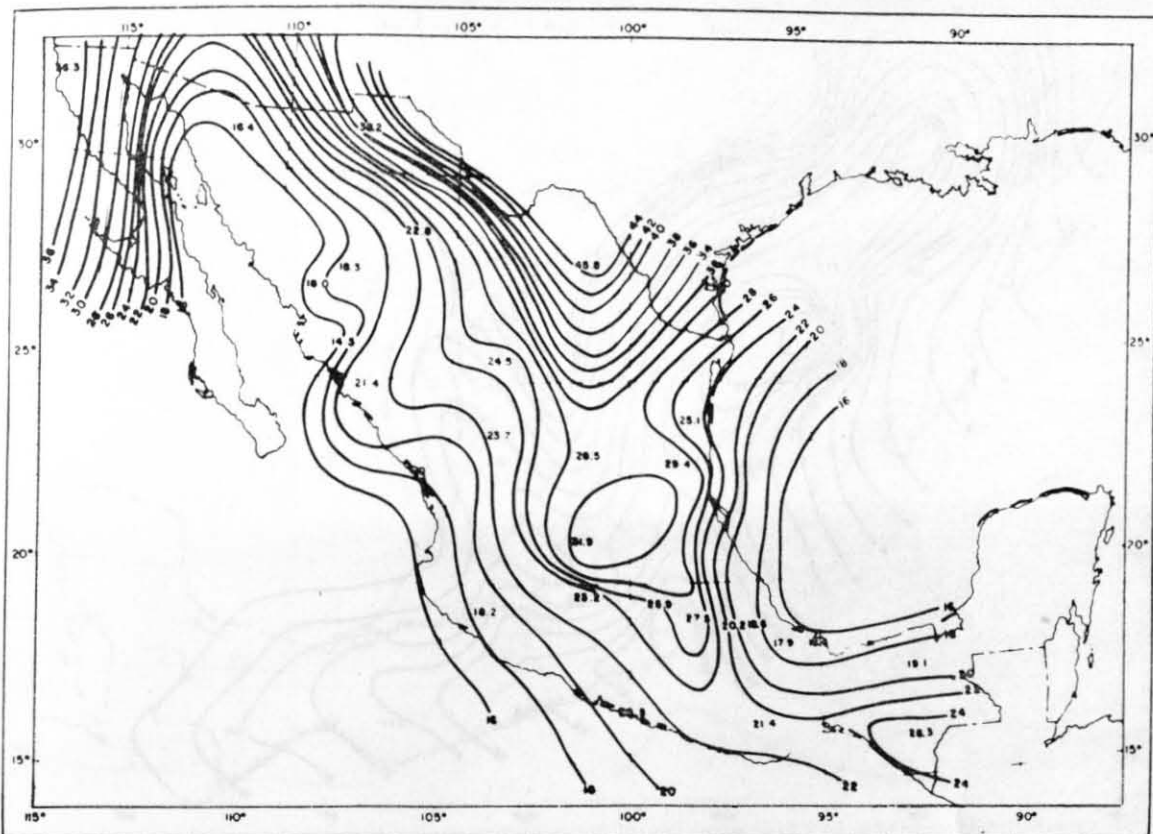


Fig. 37

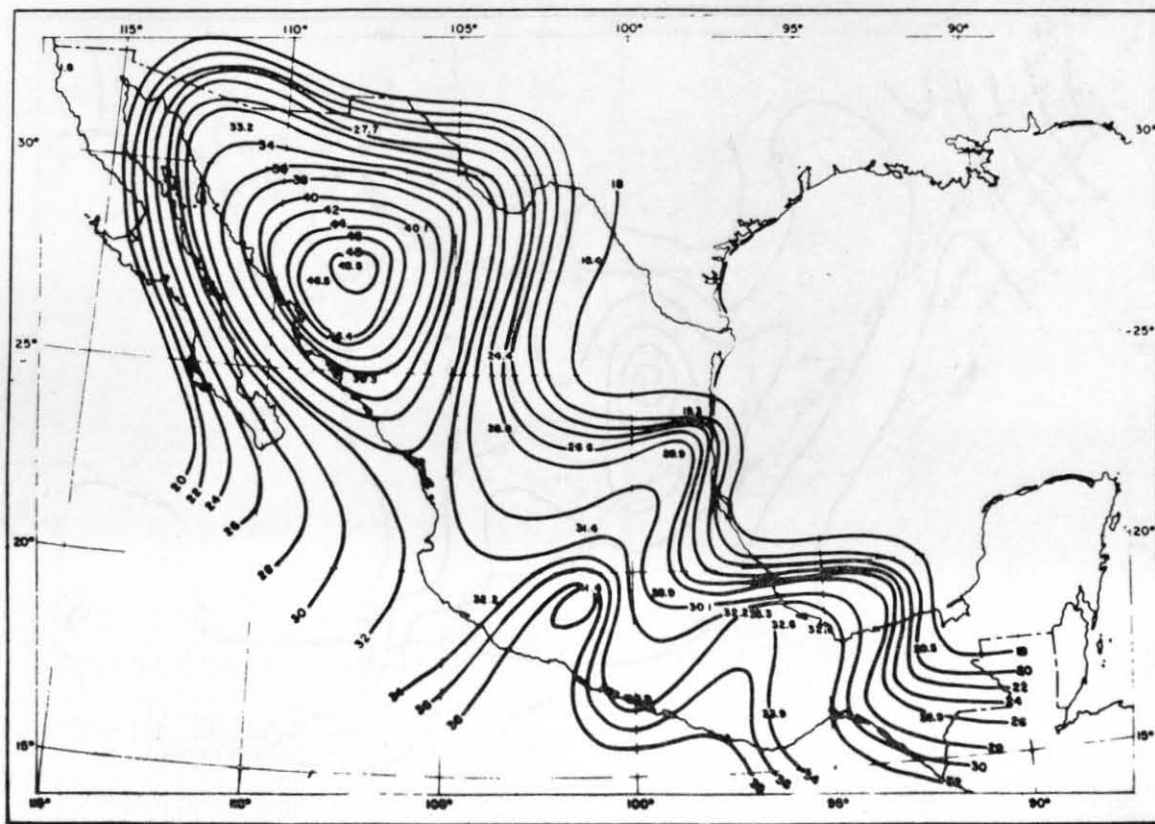


Fig. 38

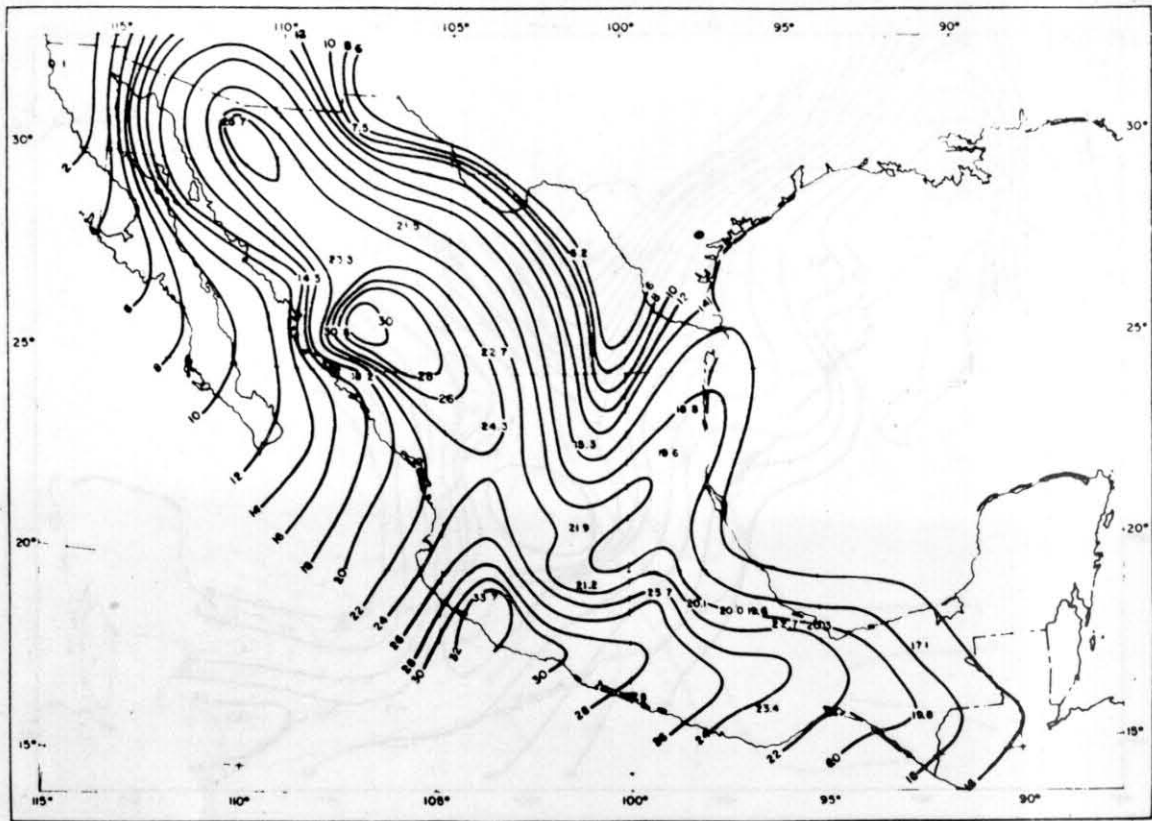


Fig. 39

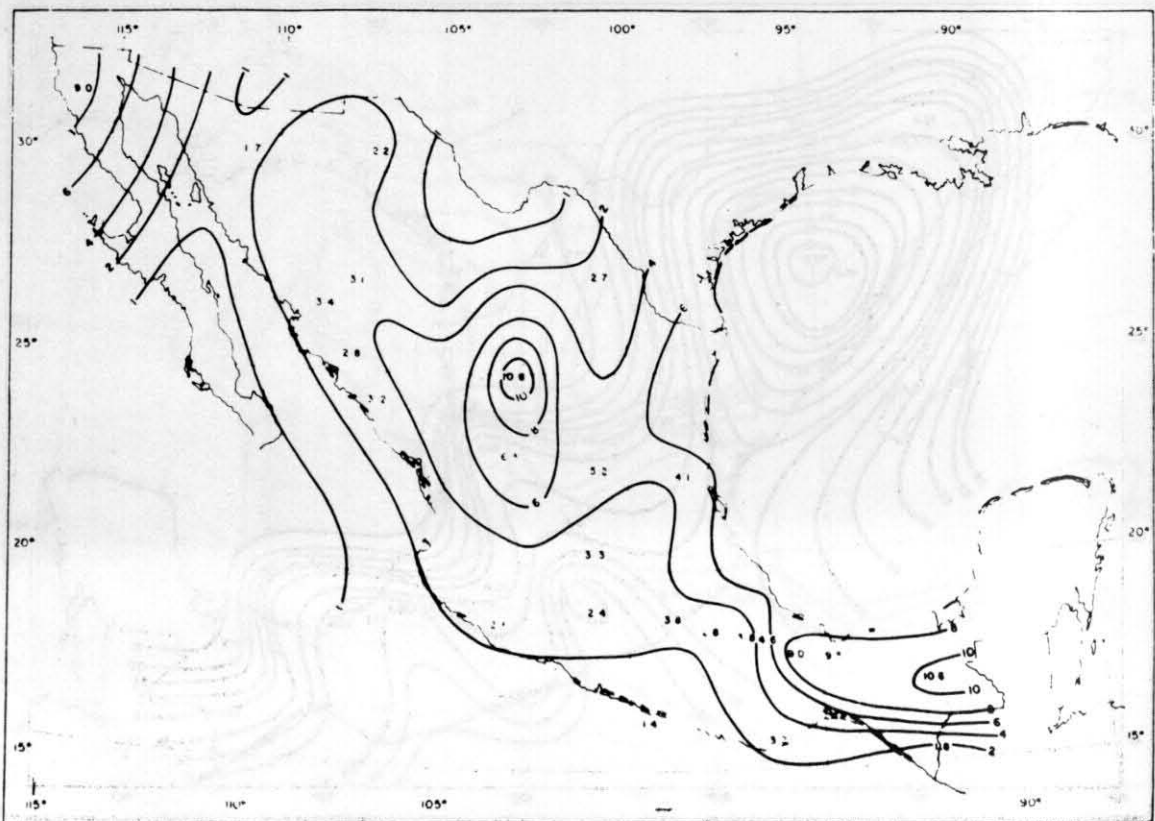


Fig. 40

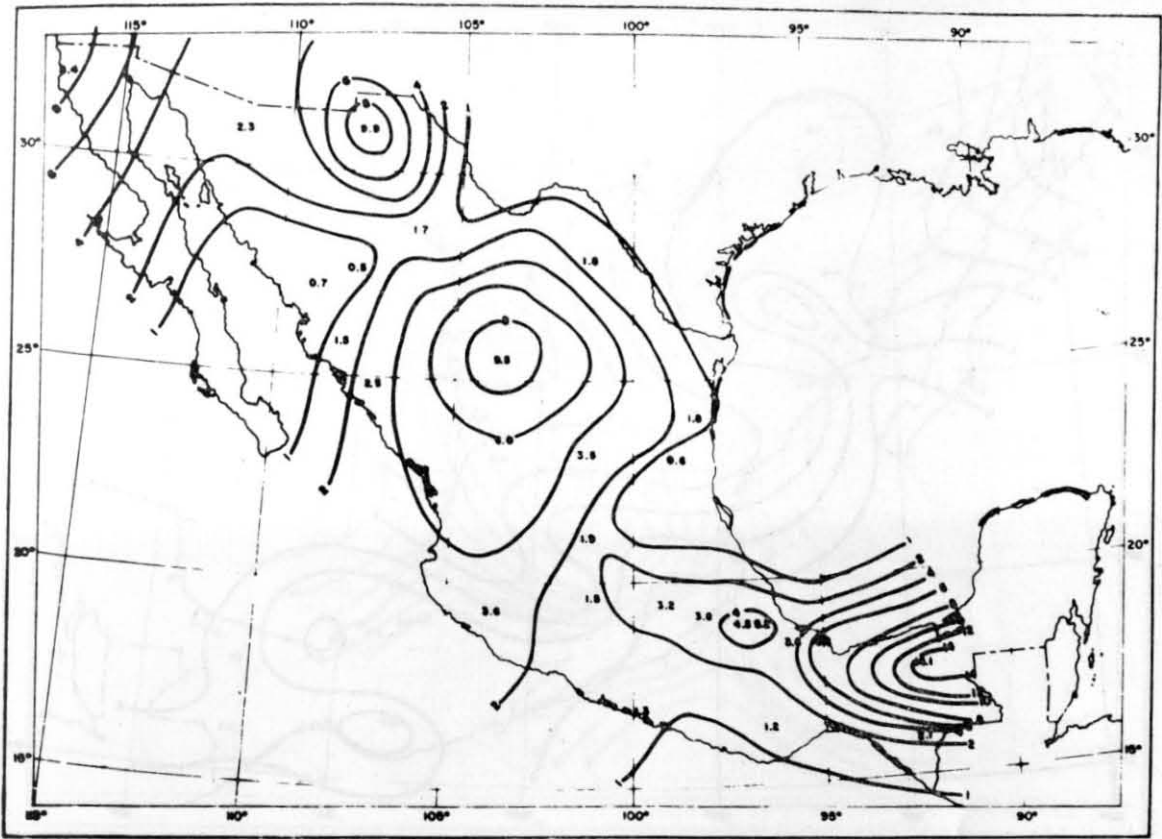


Fig. 41

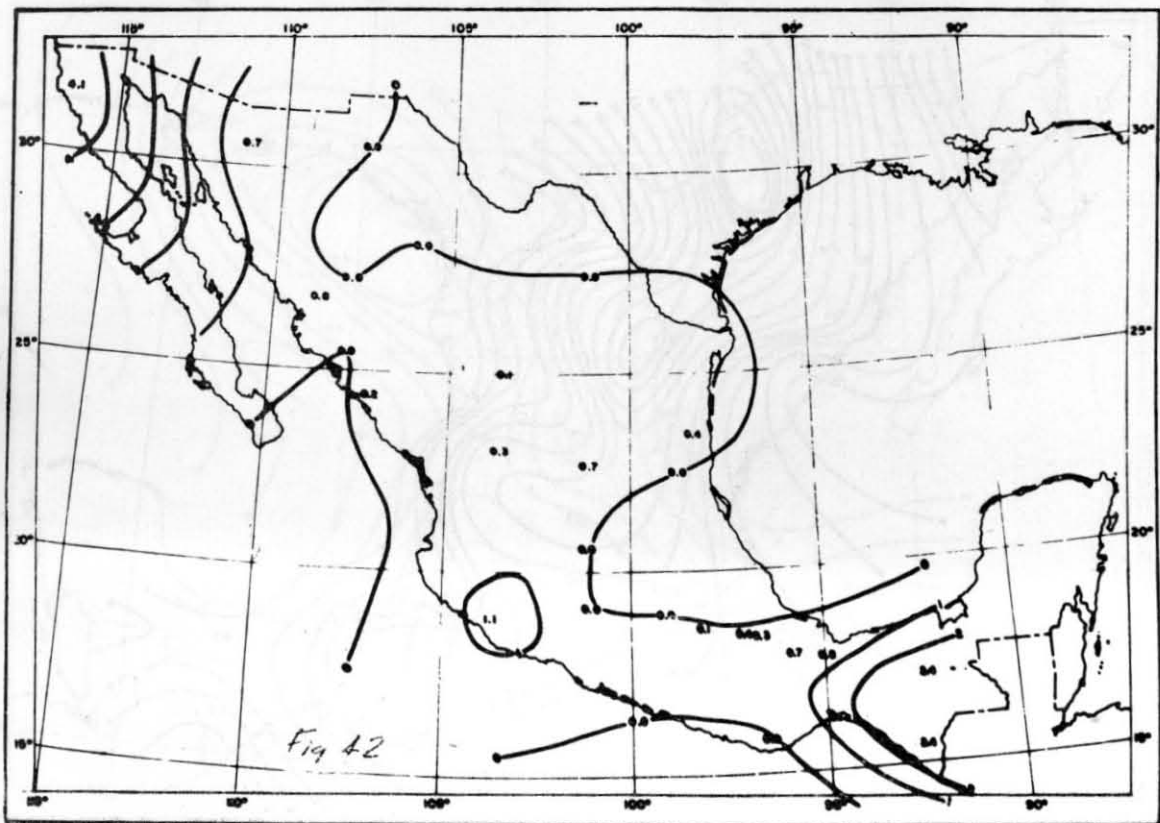


Fig. 42

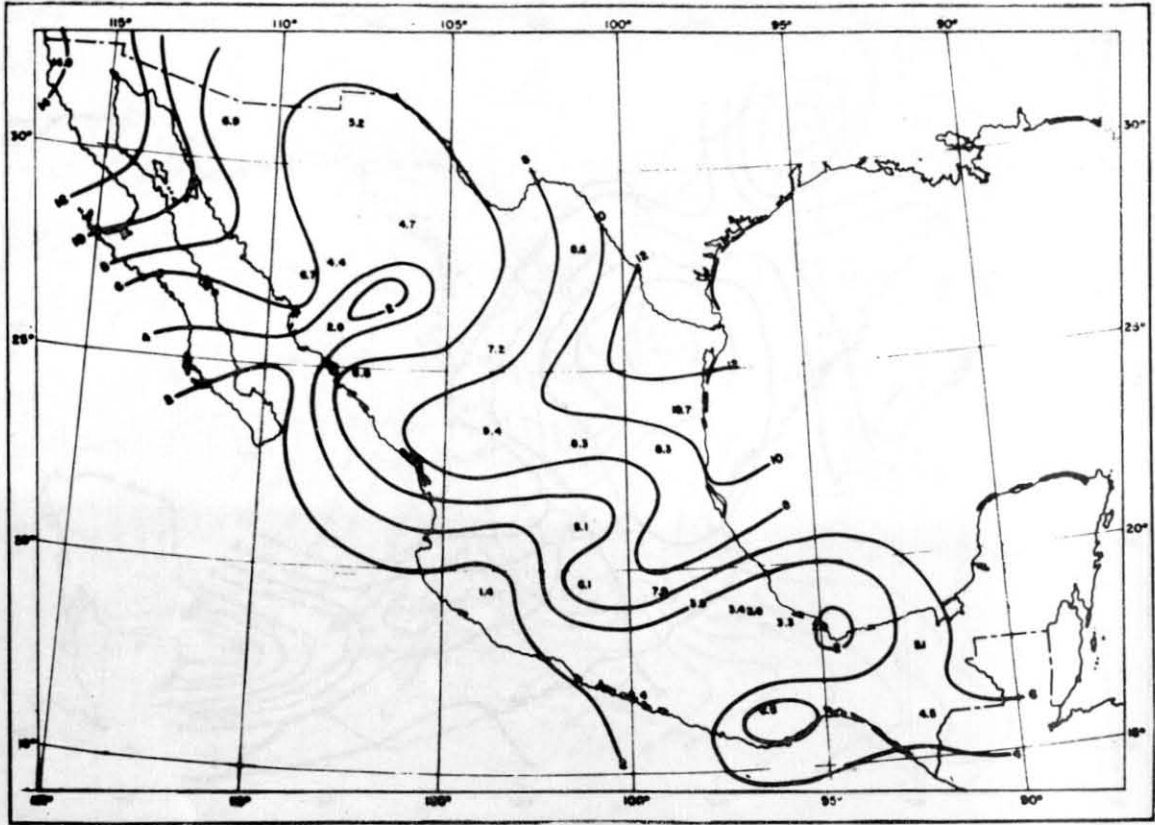


Fig. 43

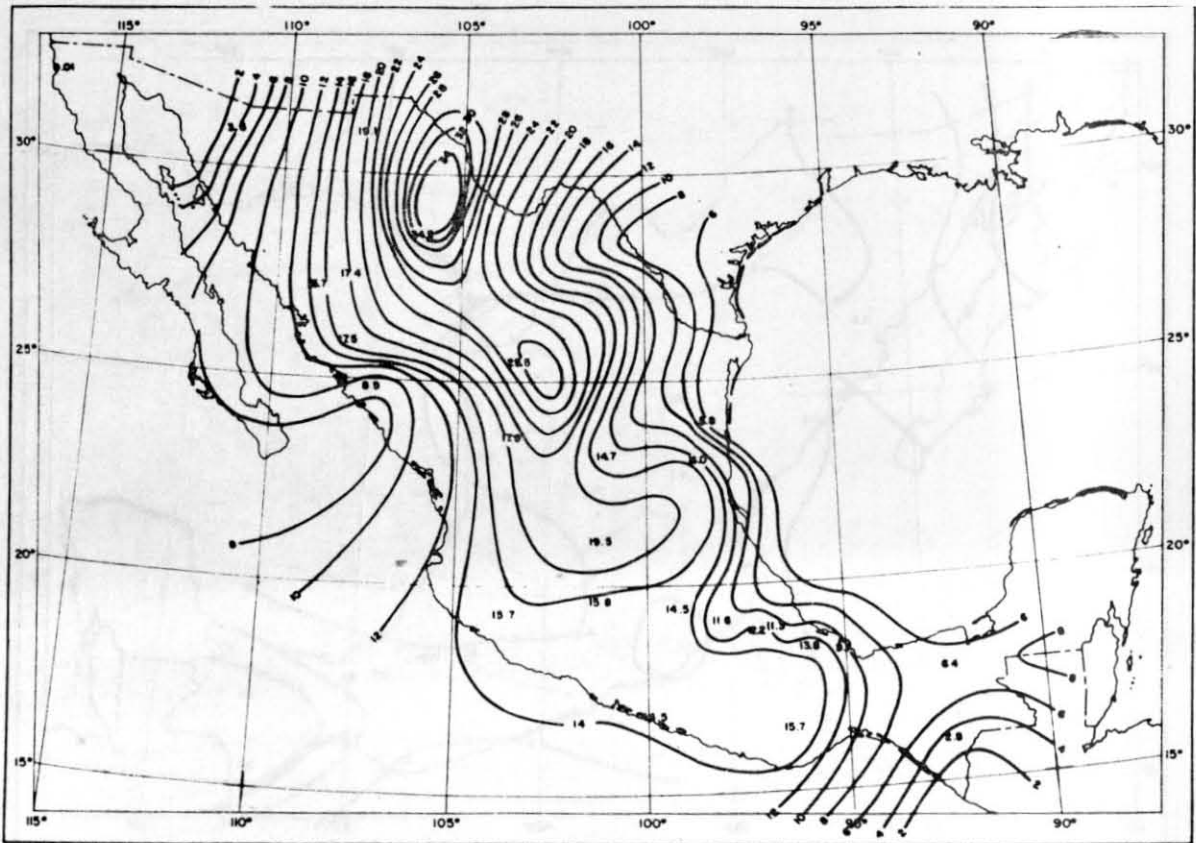


Fig. 44



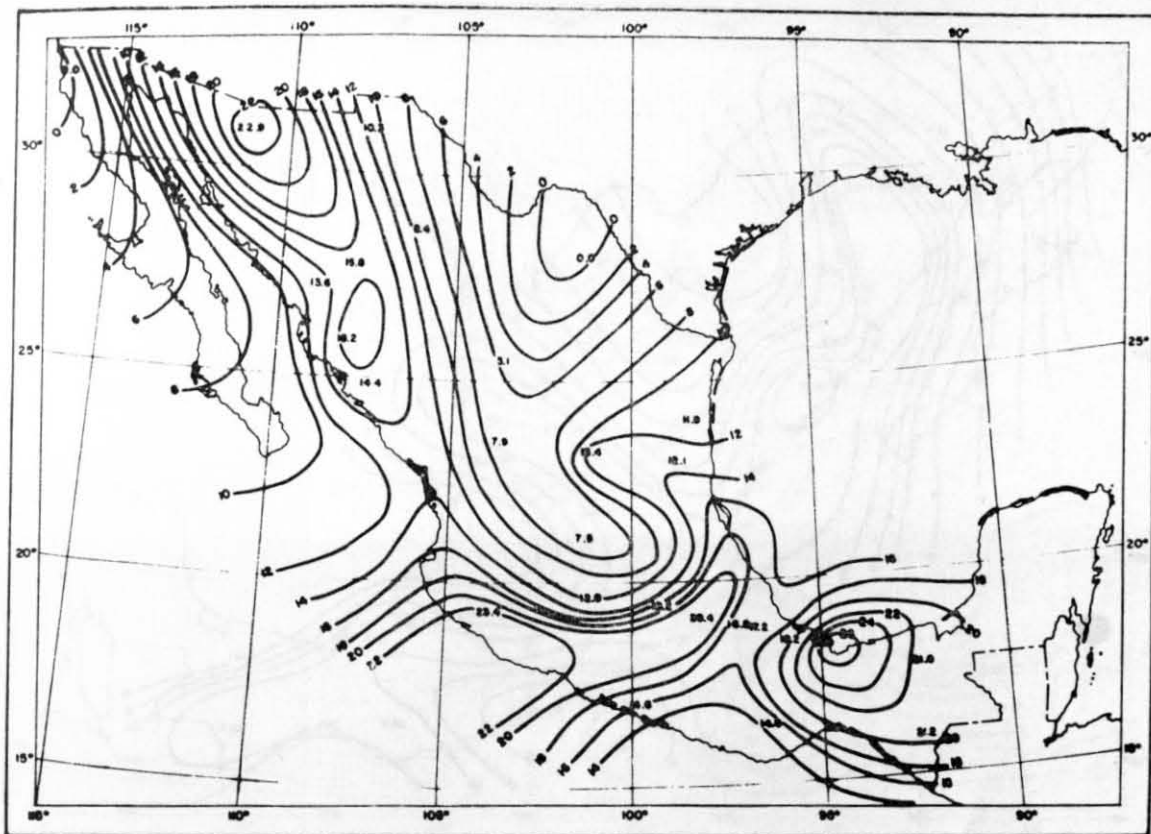


Fig. 45

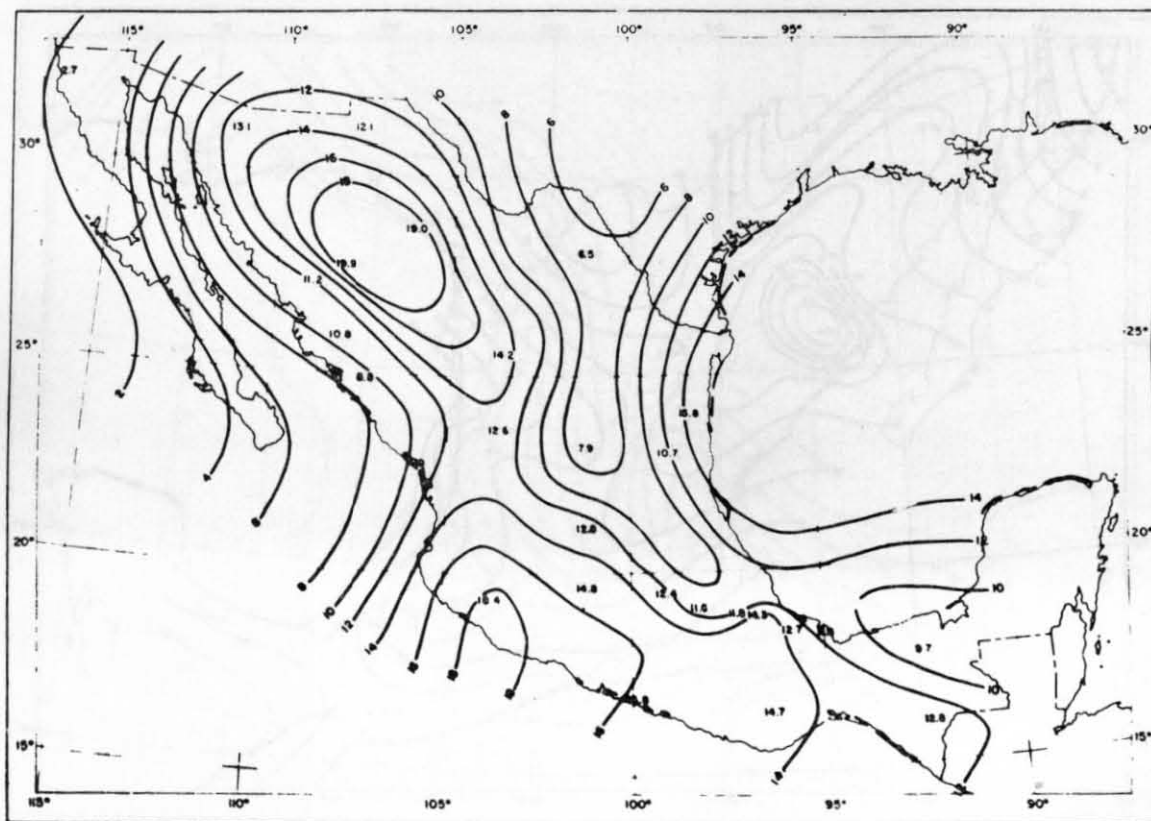


Fig. 46

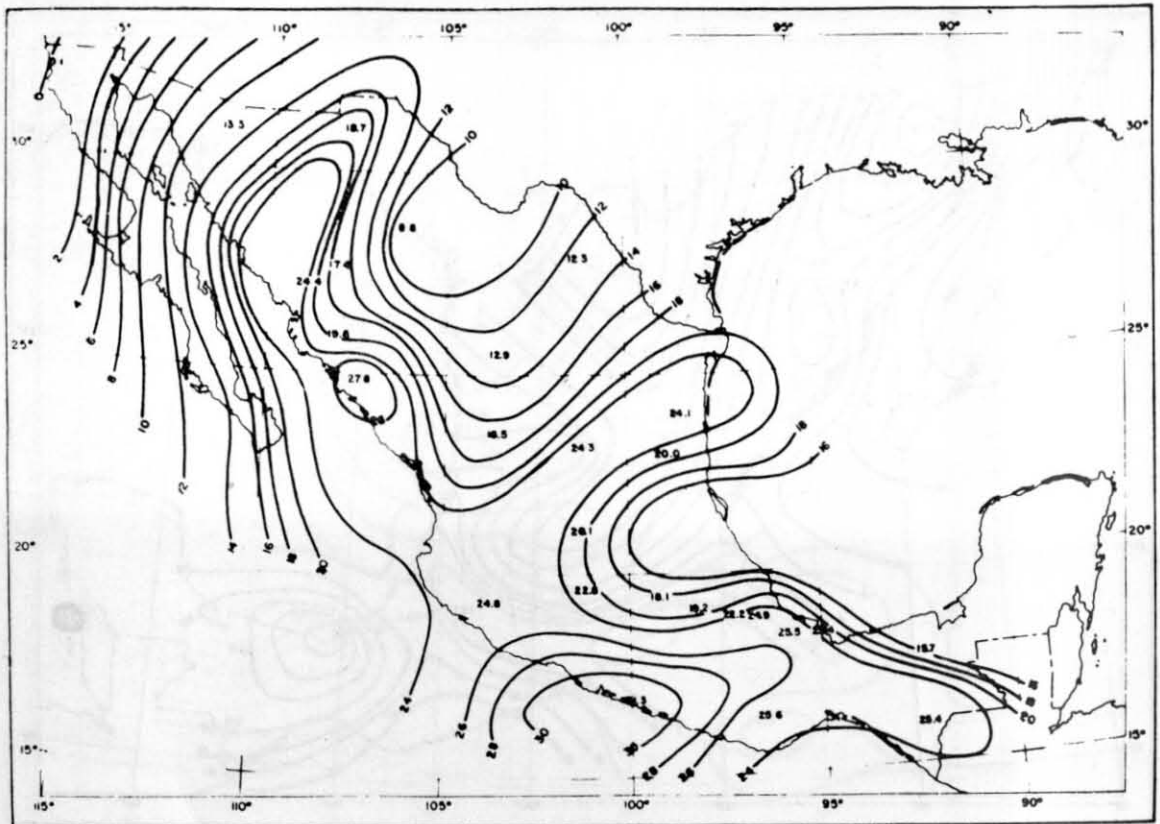


Fig. 47

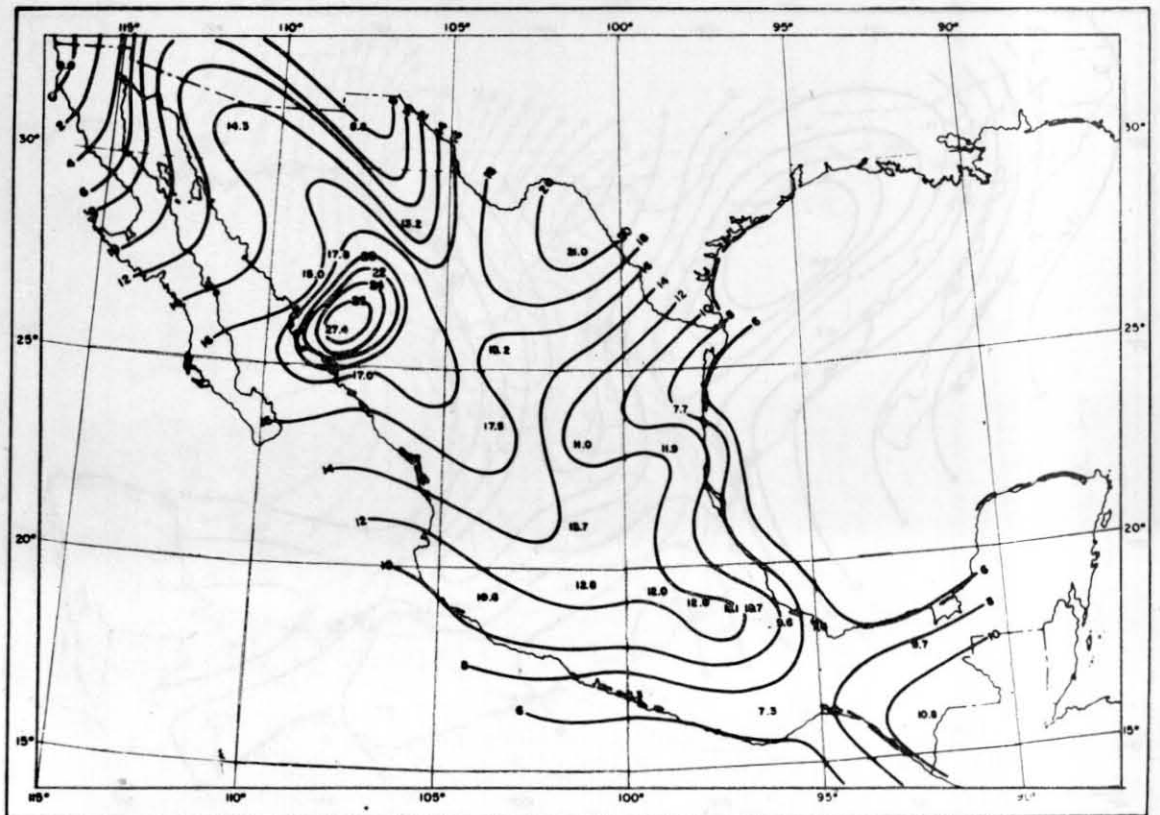


Fig. 48

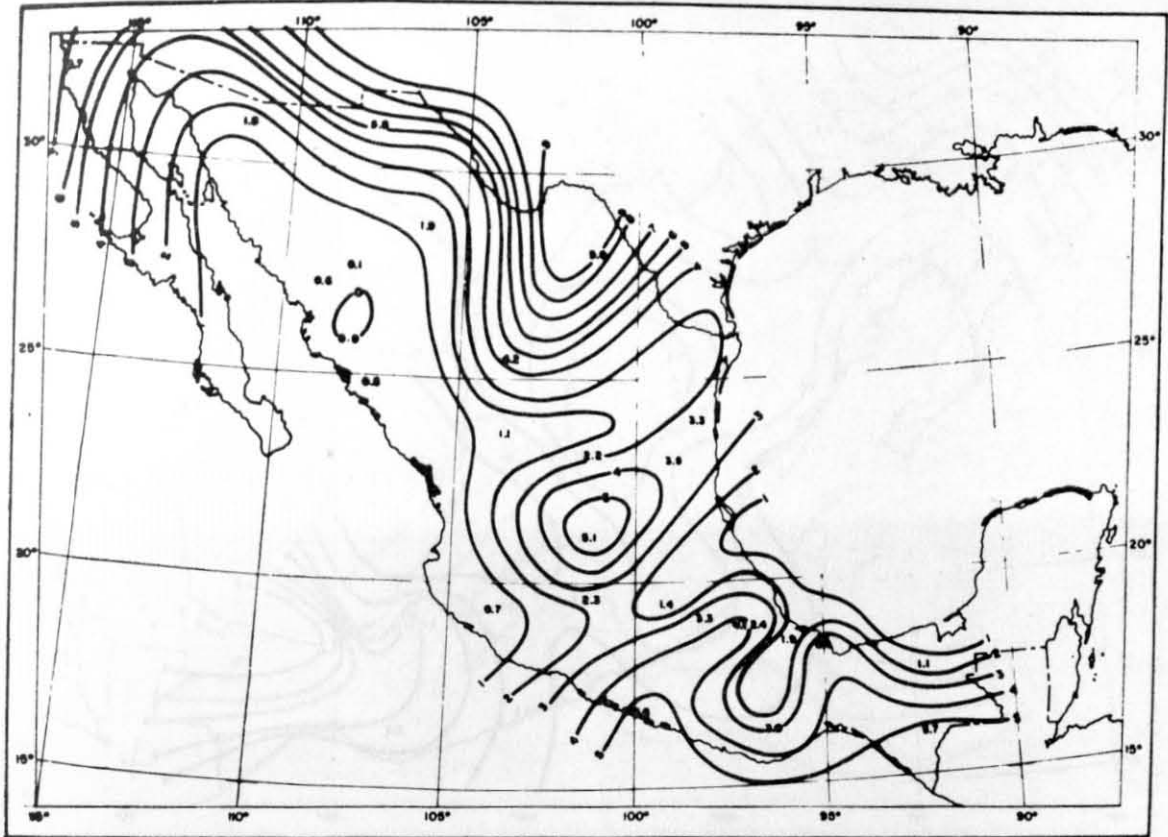


Fig. 49

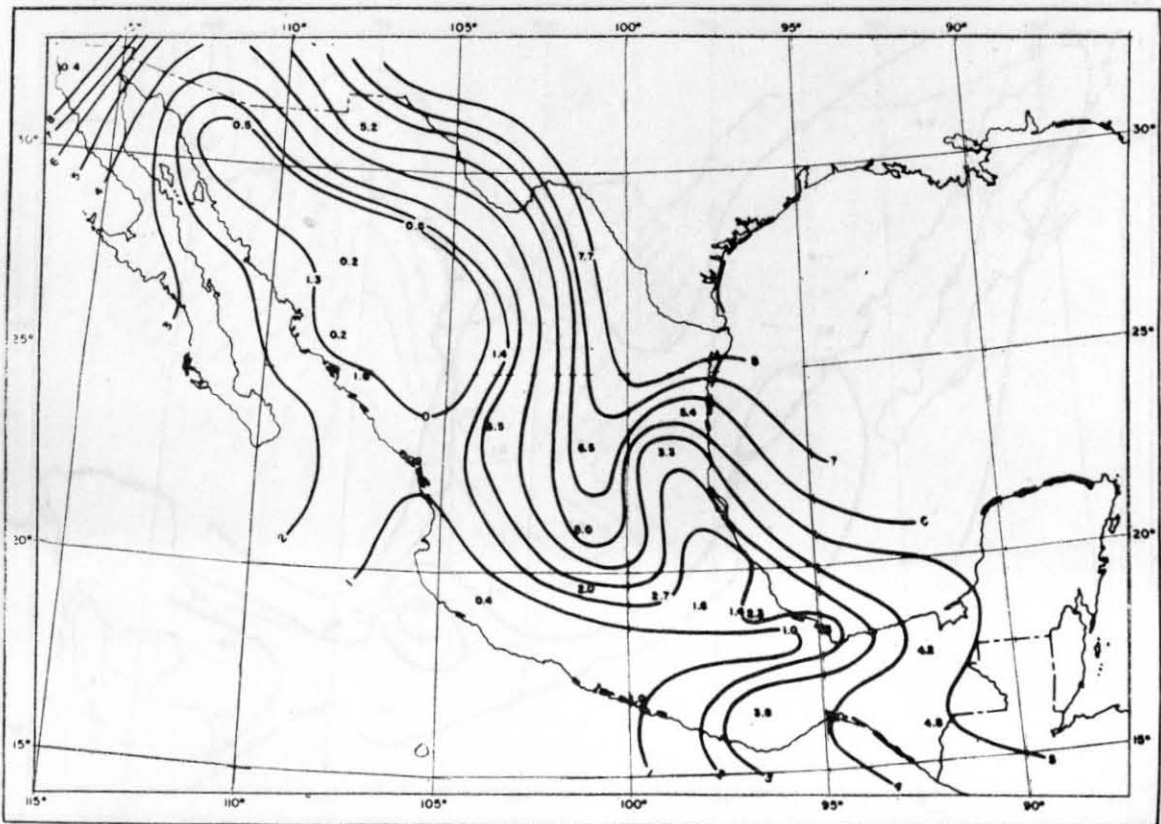


Fig. 50

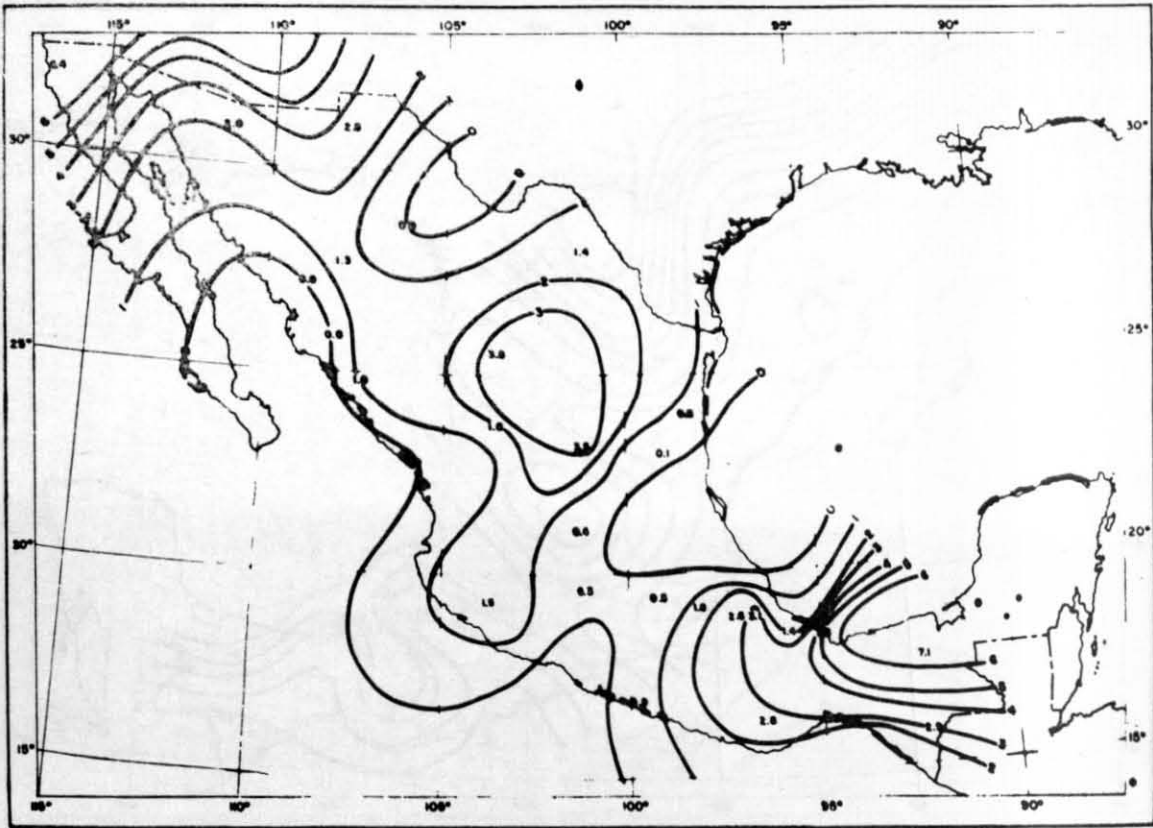


Fig. 51

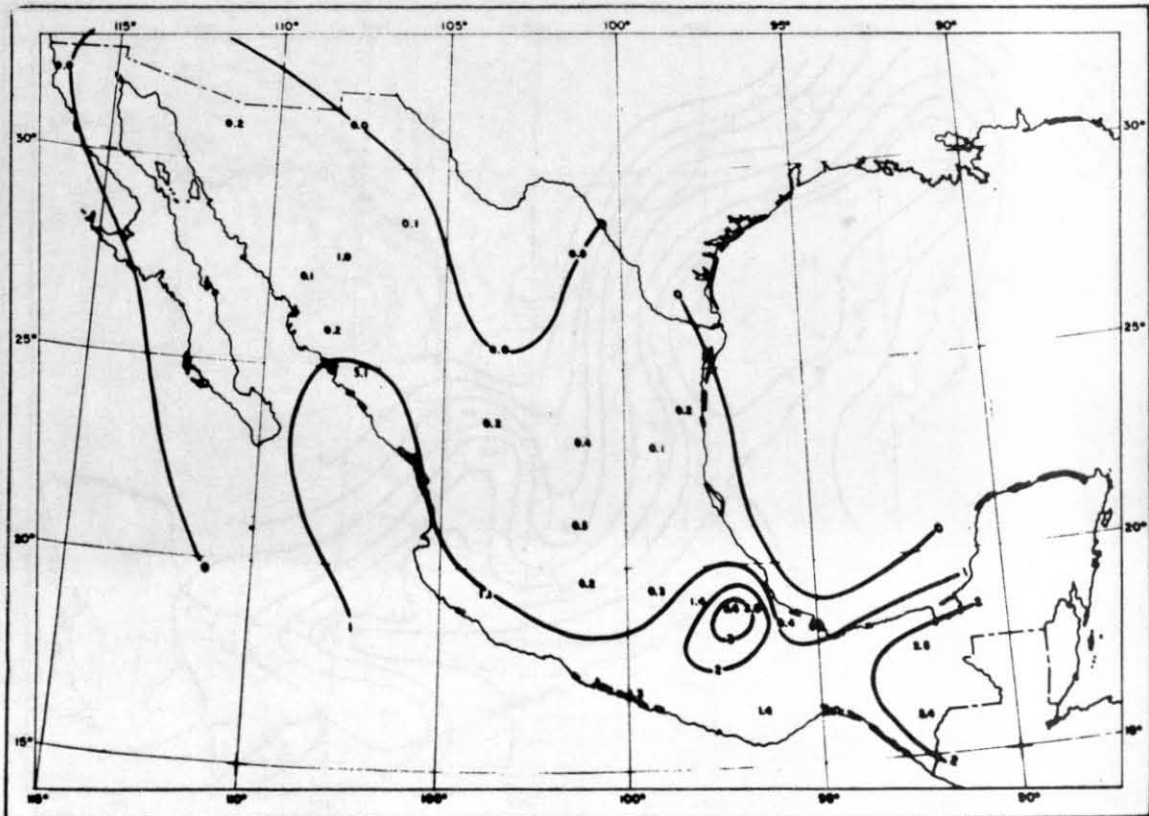


Fig. 52

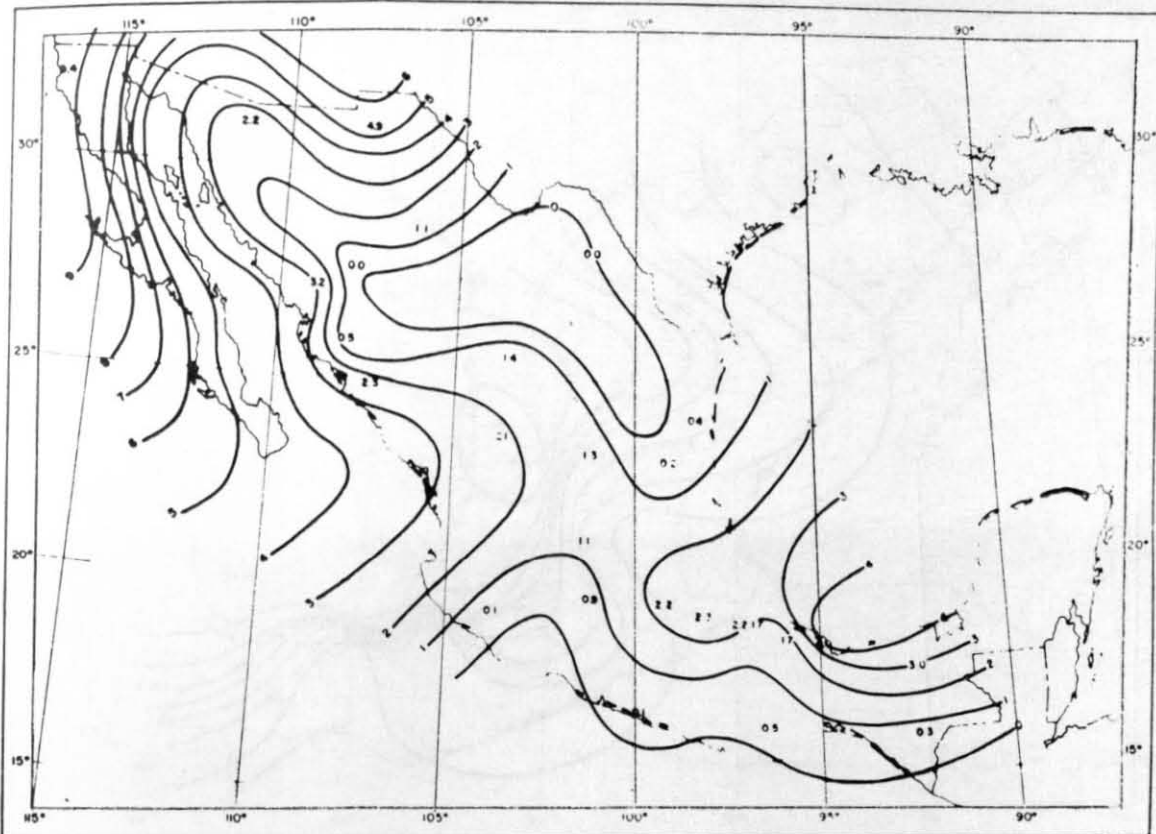


Fig. 53

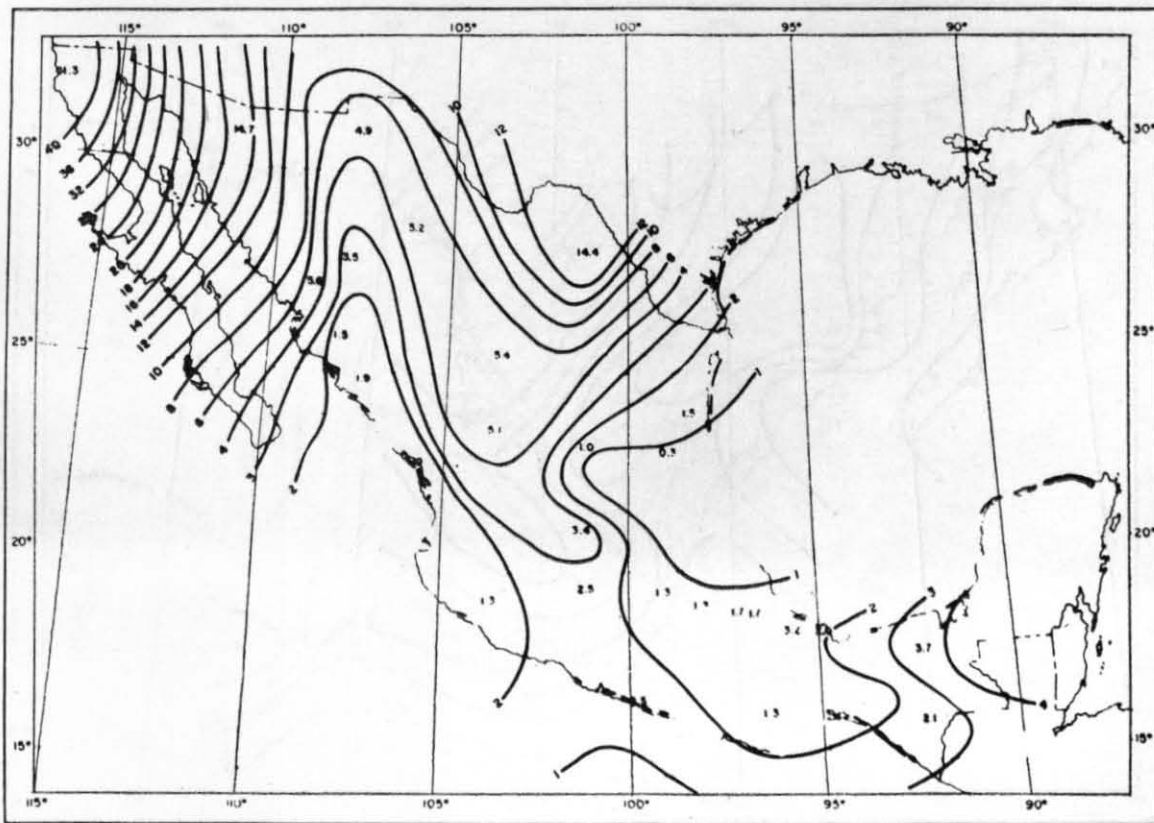


Fig. 54

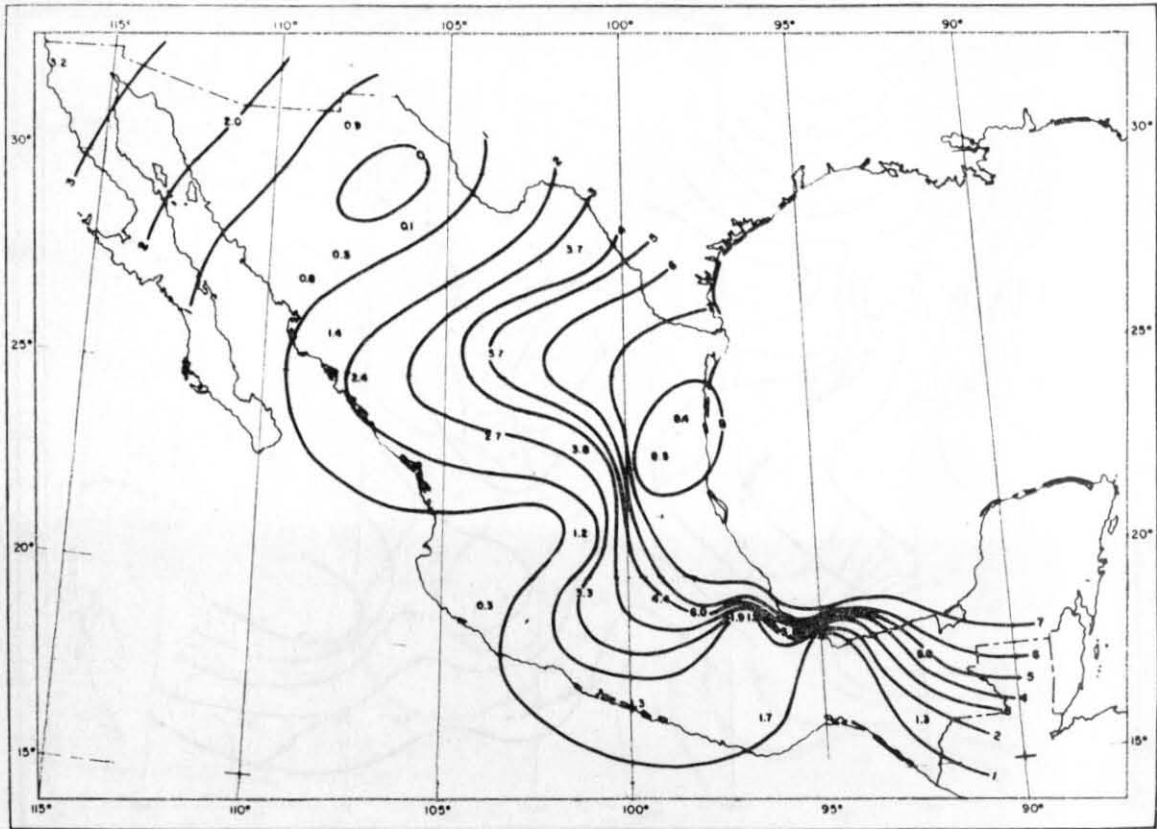


Fig. 55

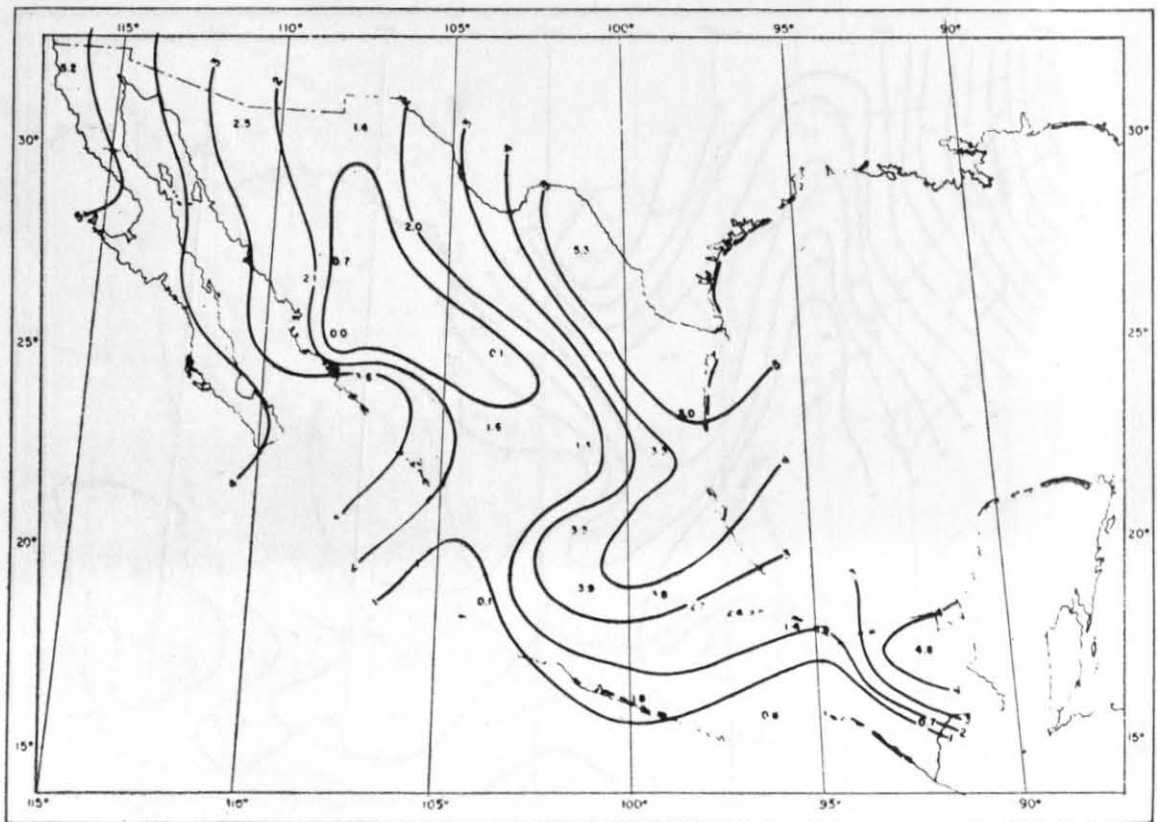


Fig. 56

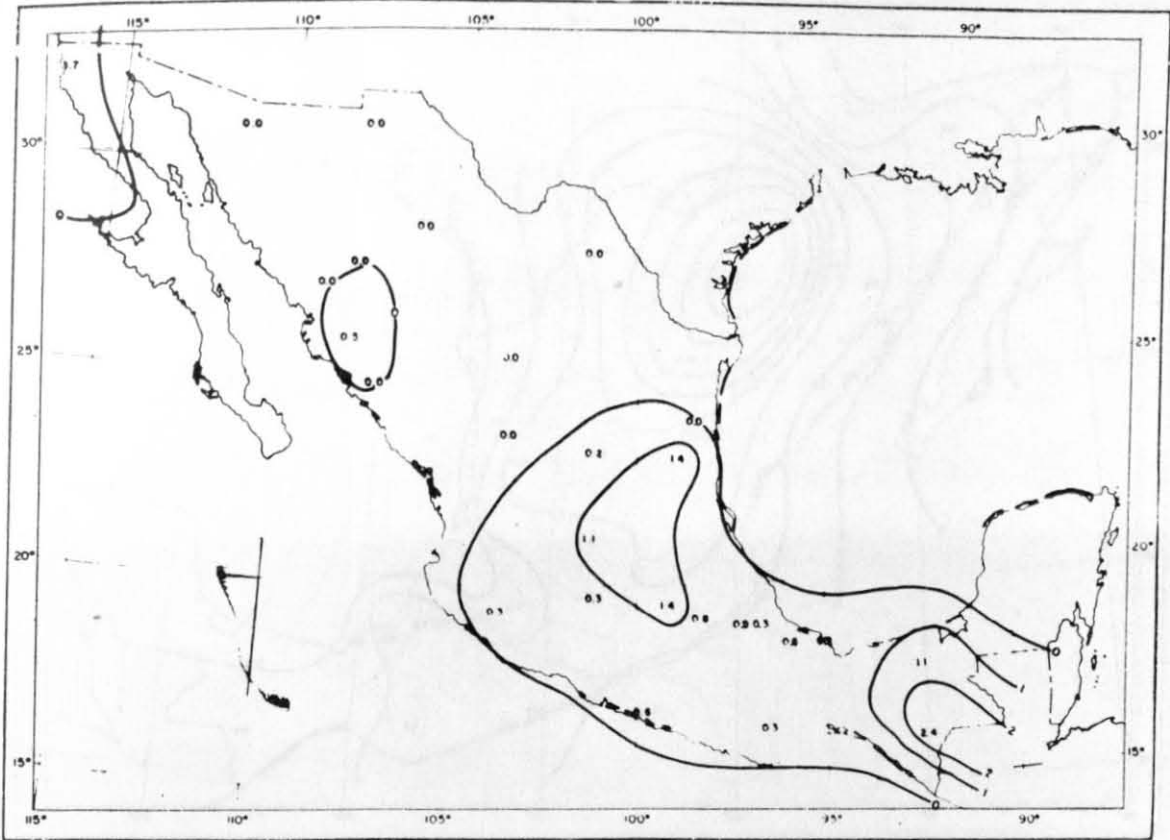


Fig. 57

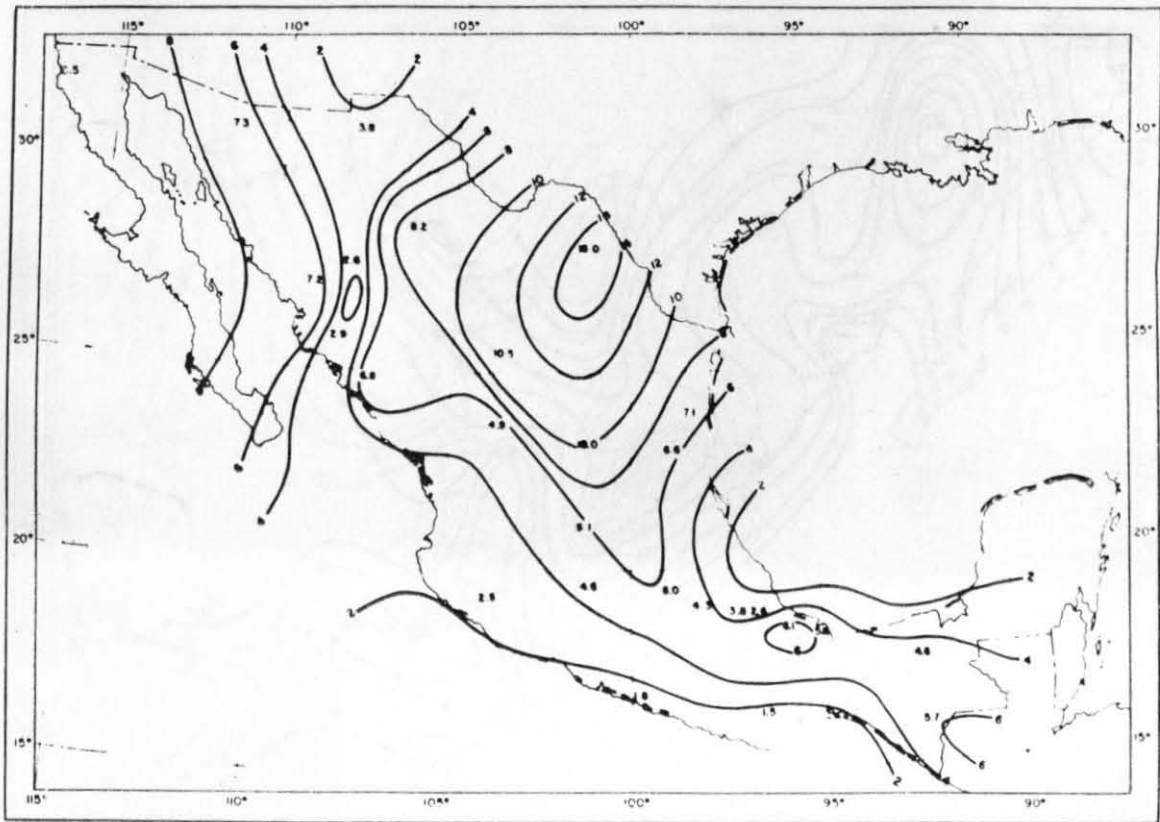


Fig. 58

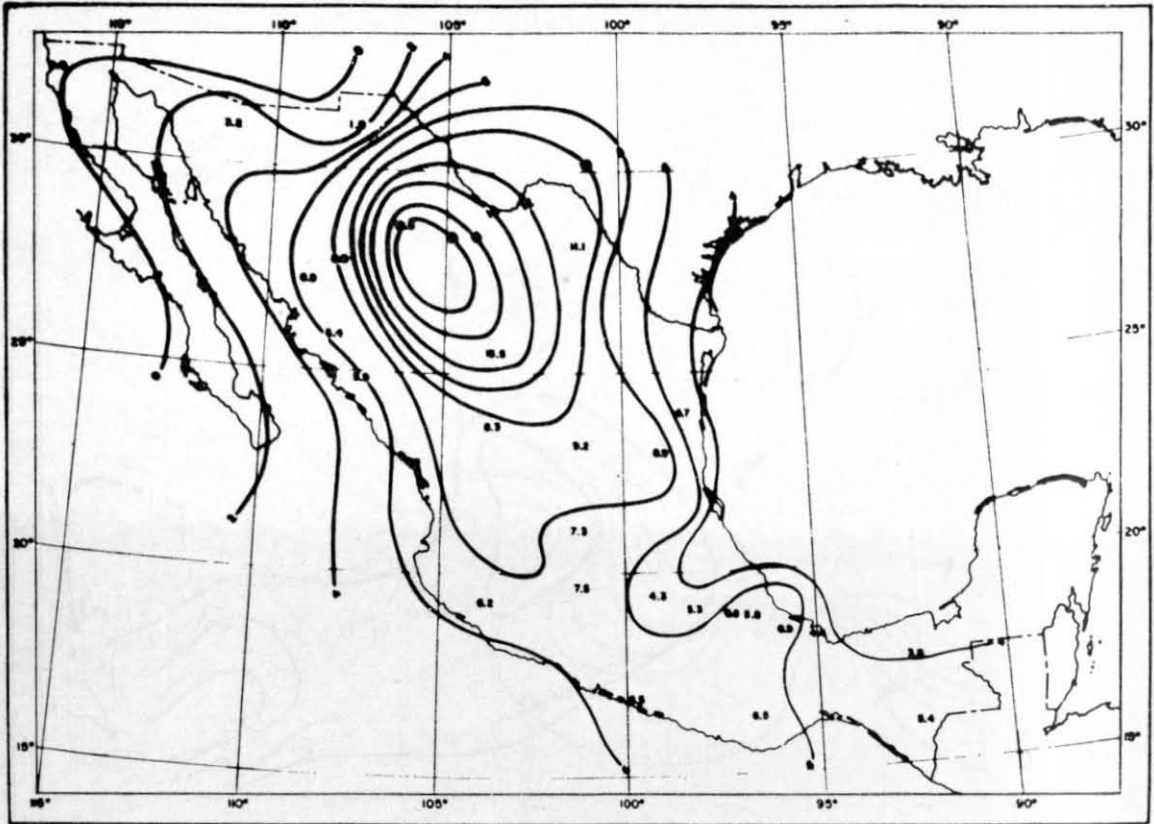


Fig. 59

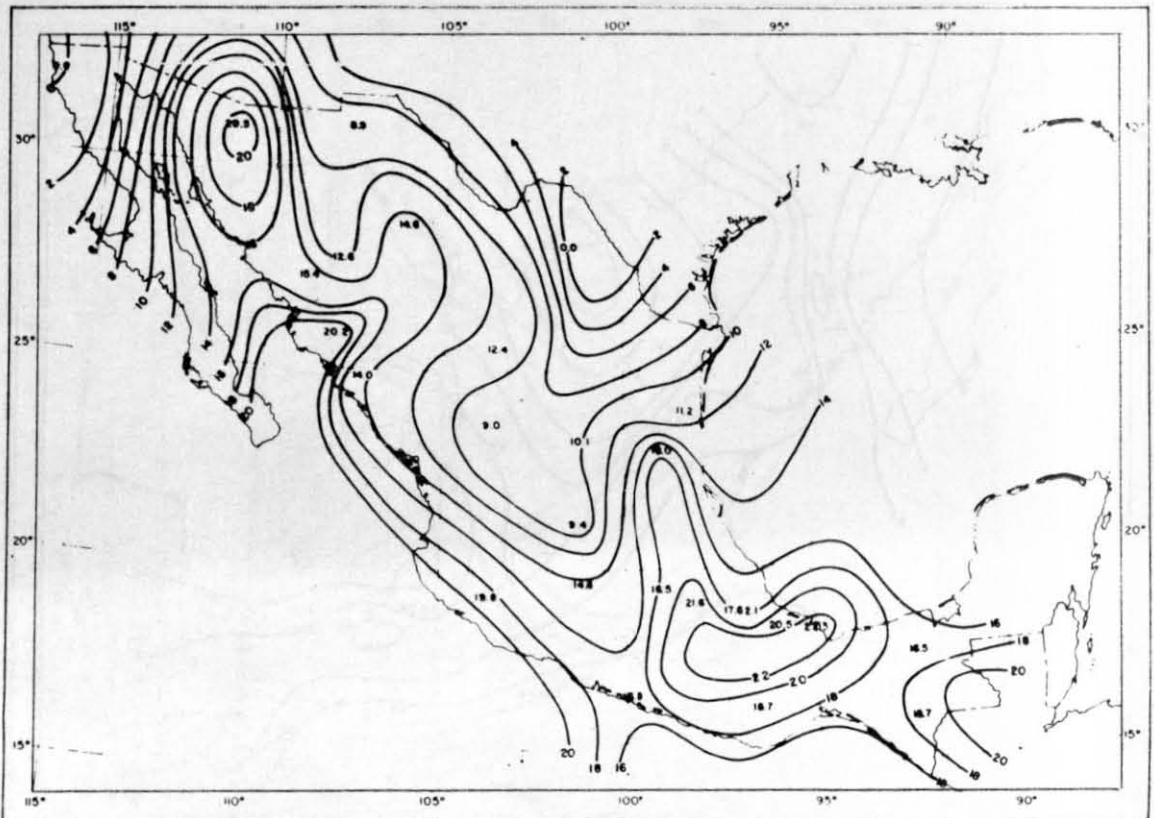


Fig. 60



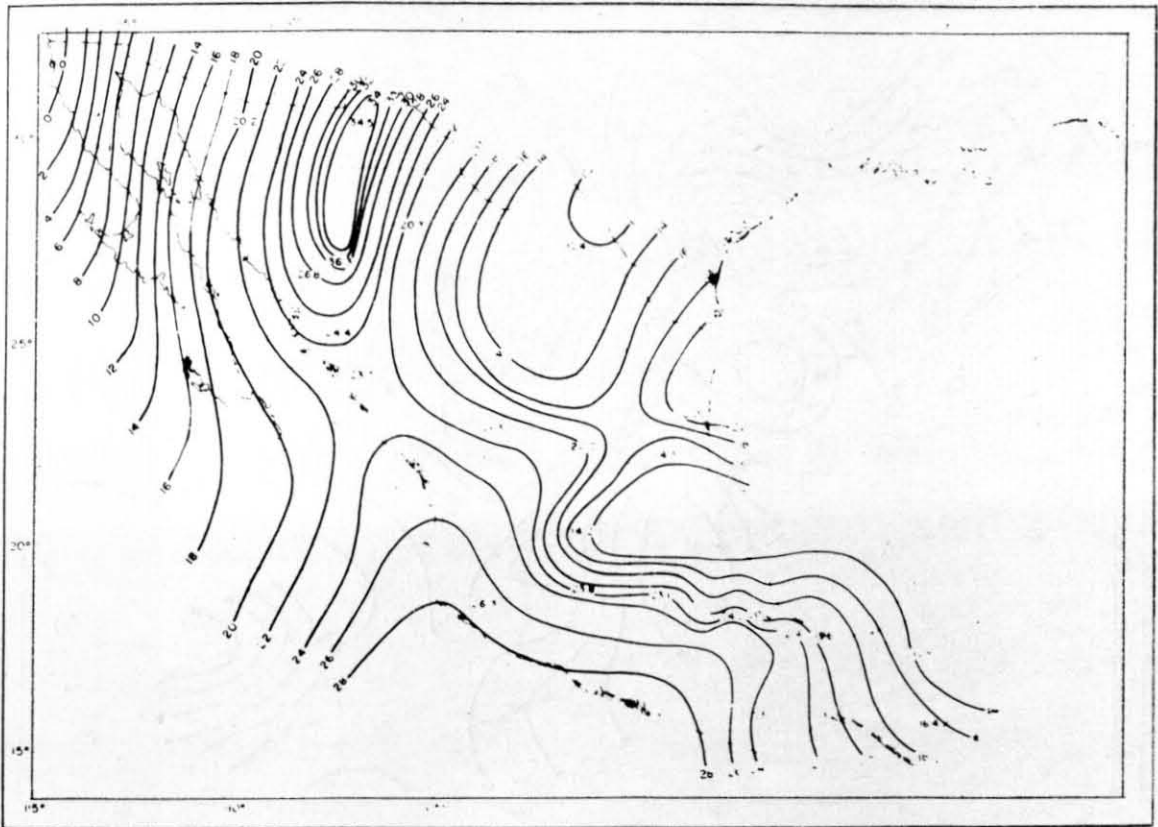


Fig. 61

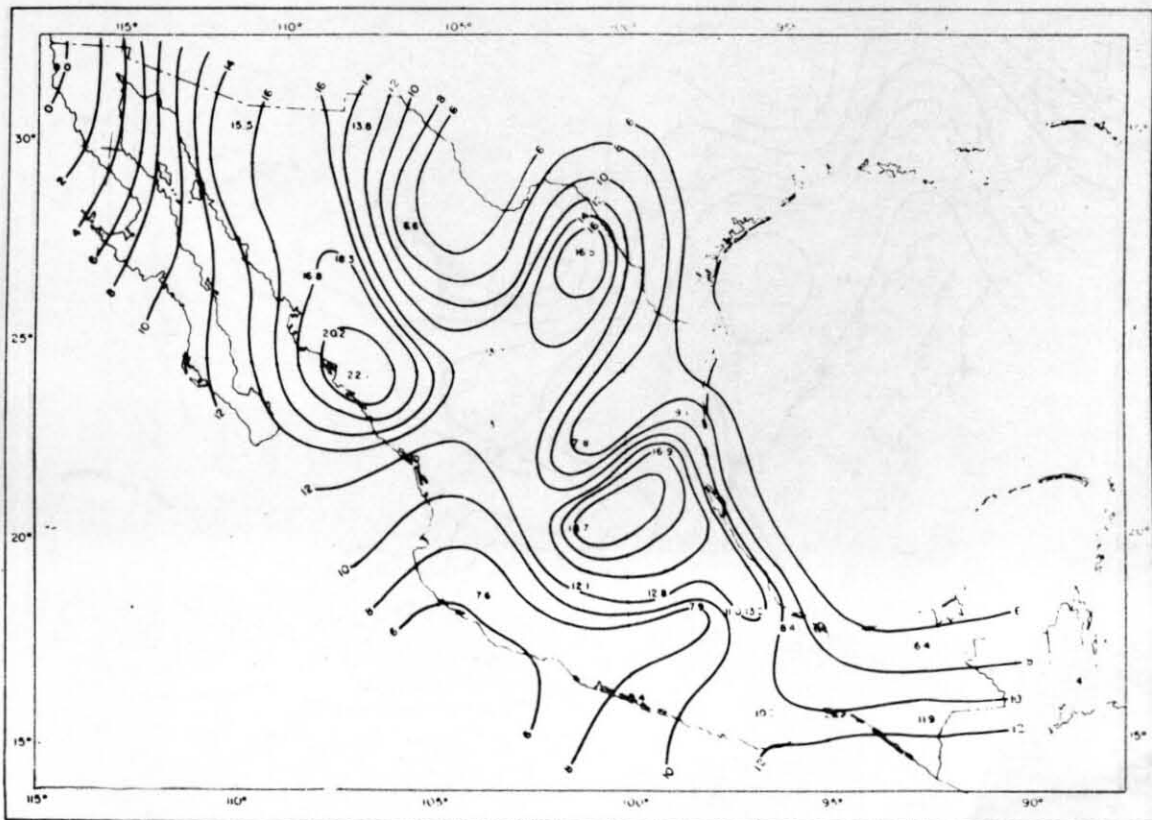


Fig. 62

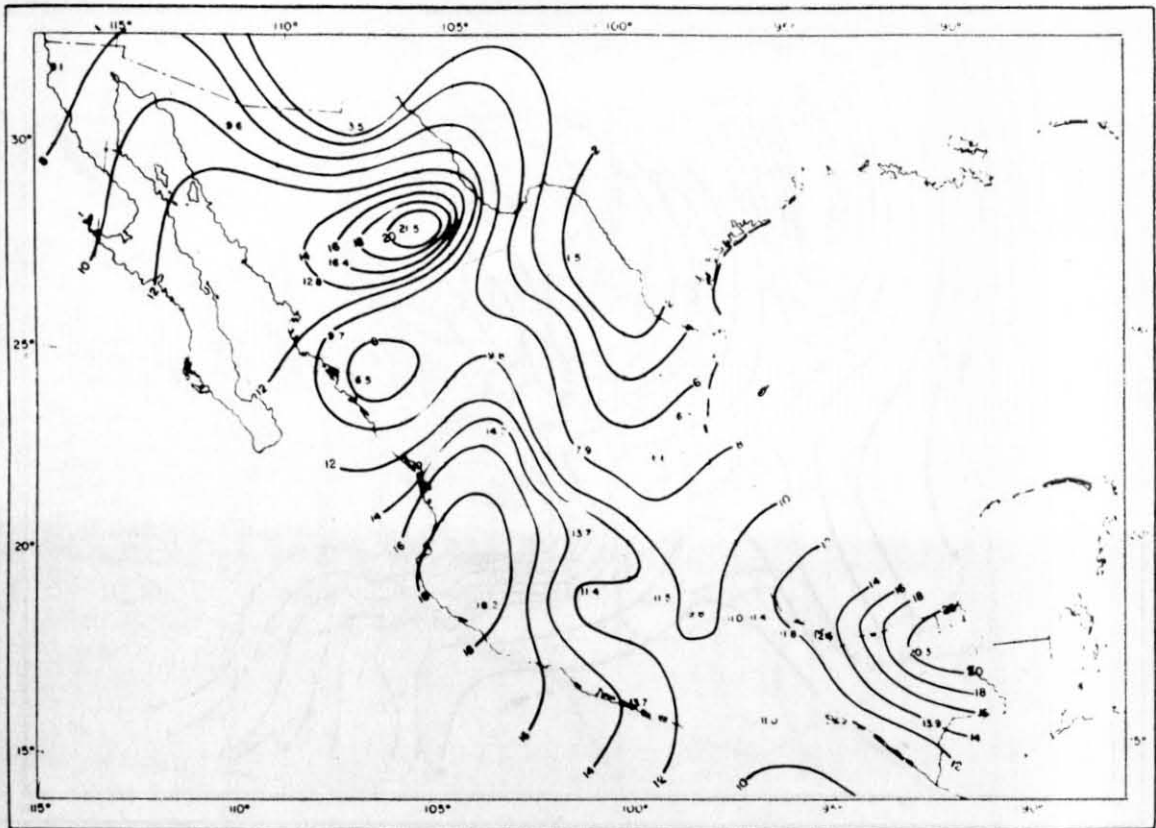


Fig. 63

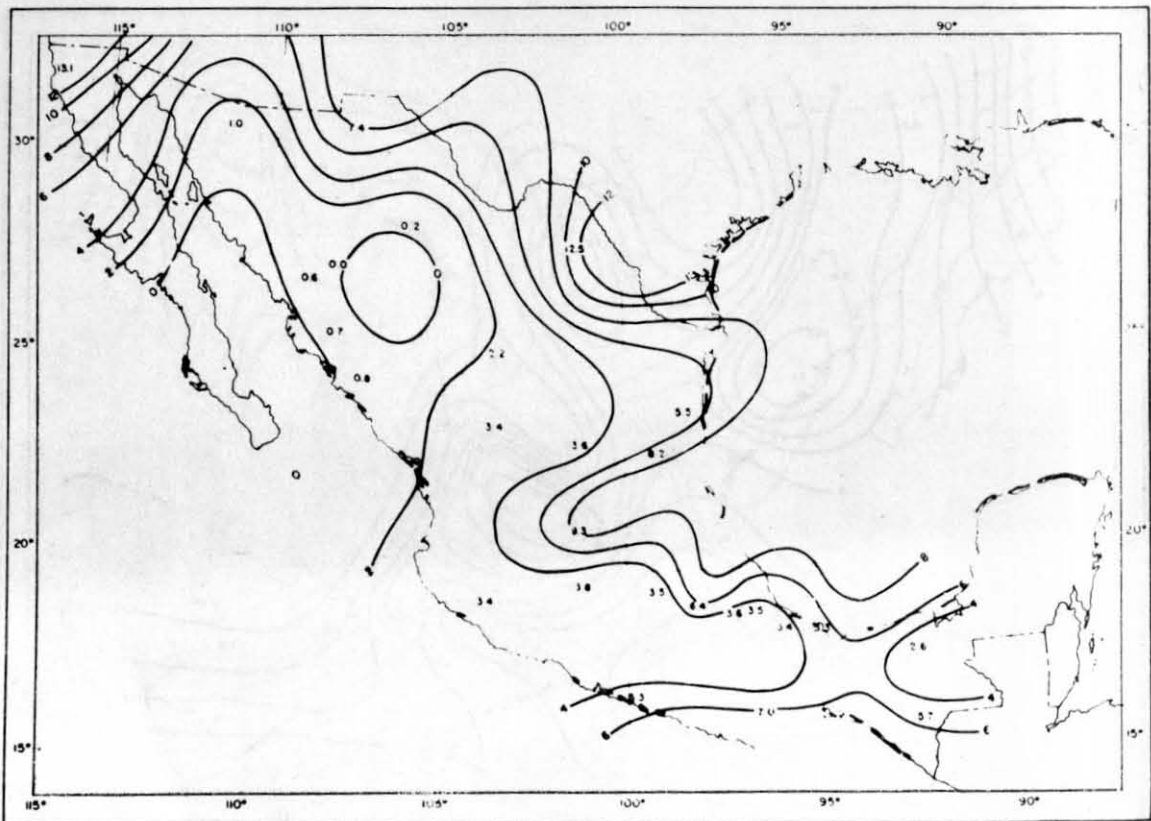


Fig. 64

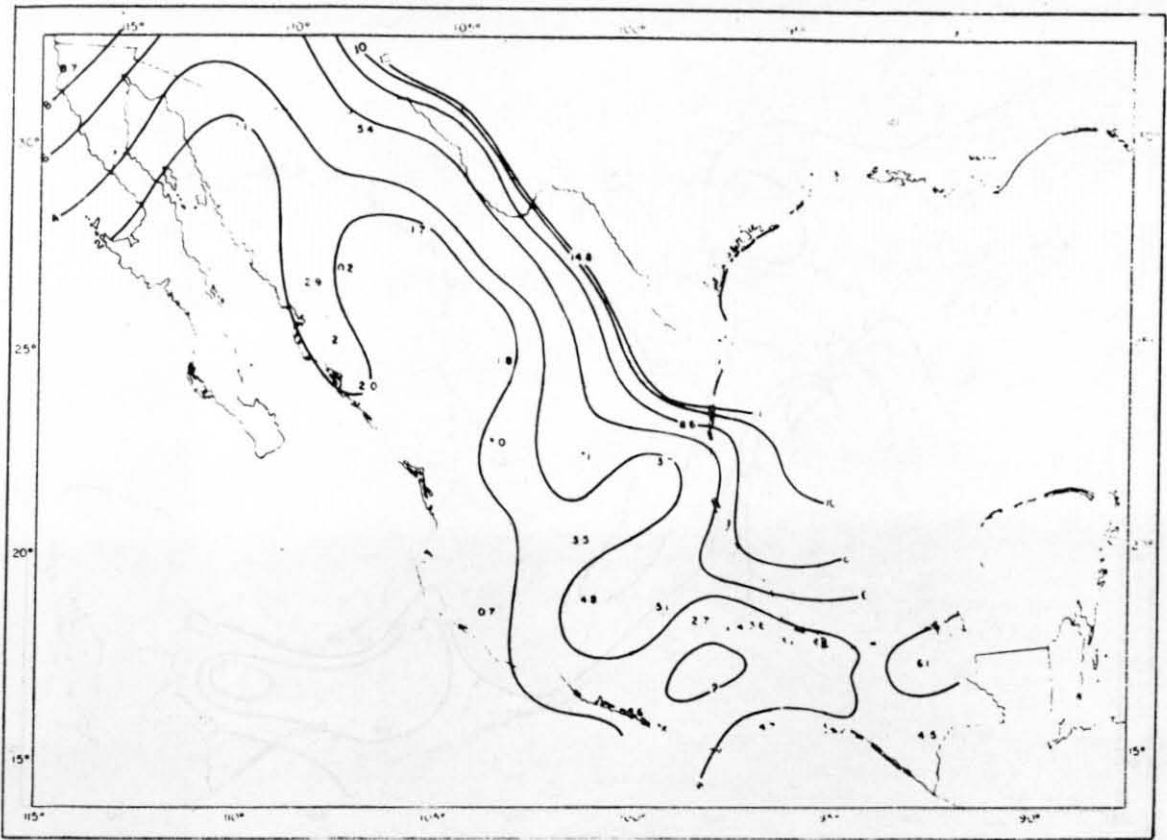


Fig. 65

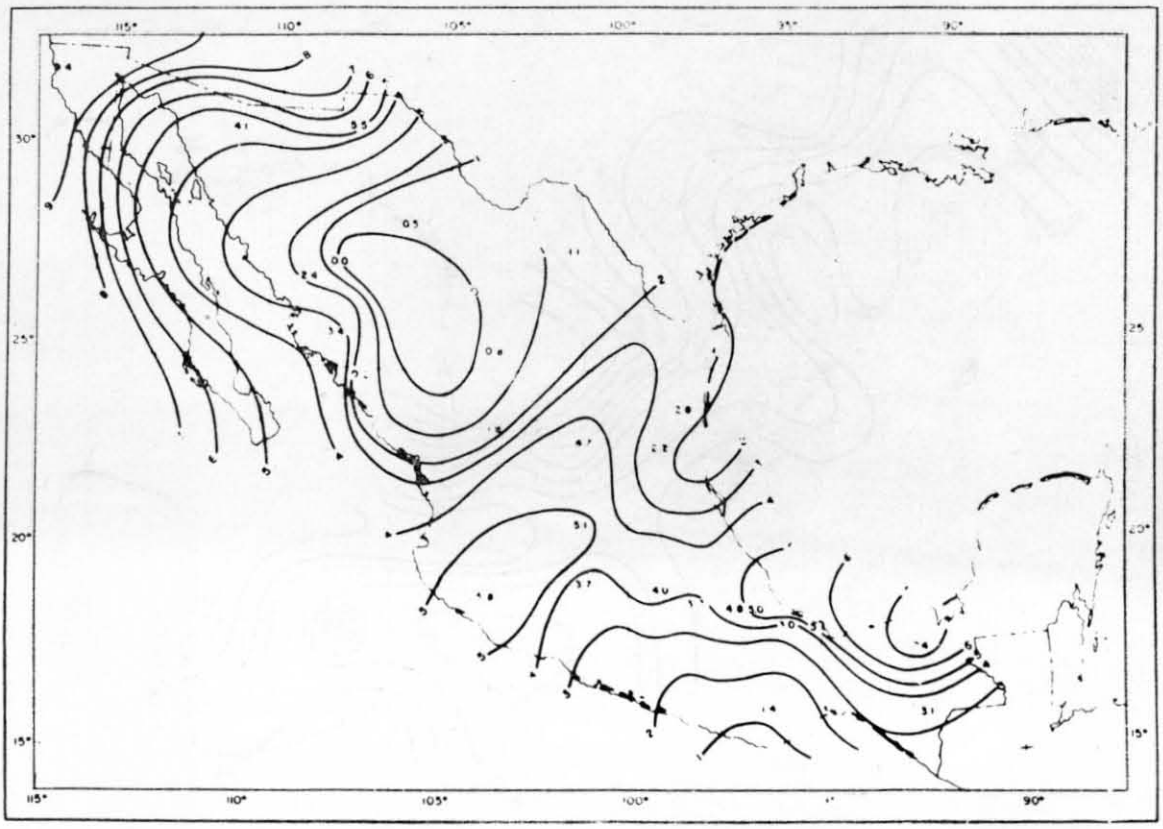


Fig. 66

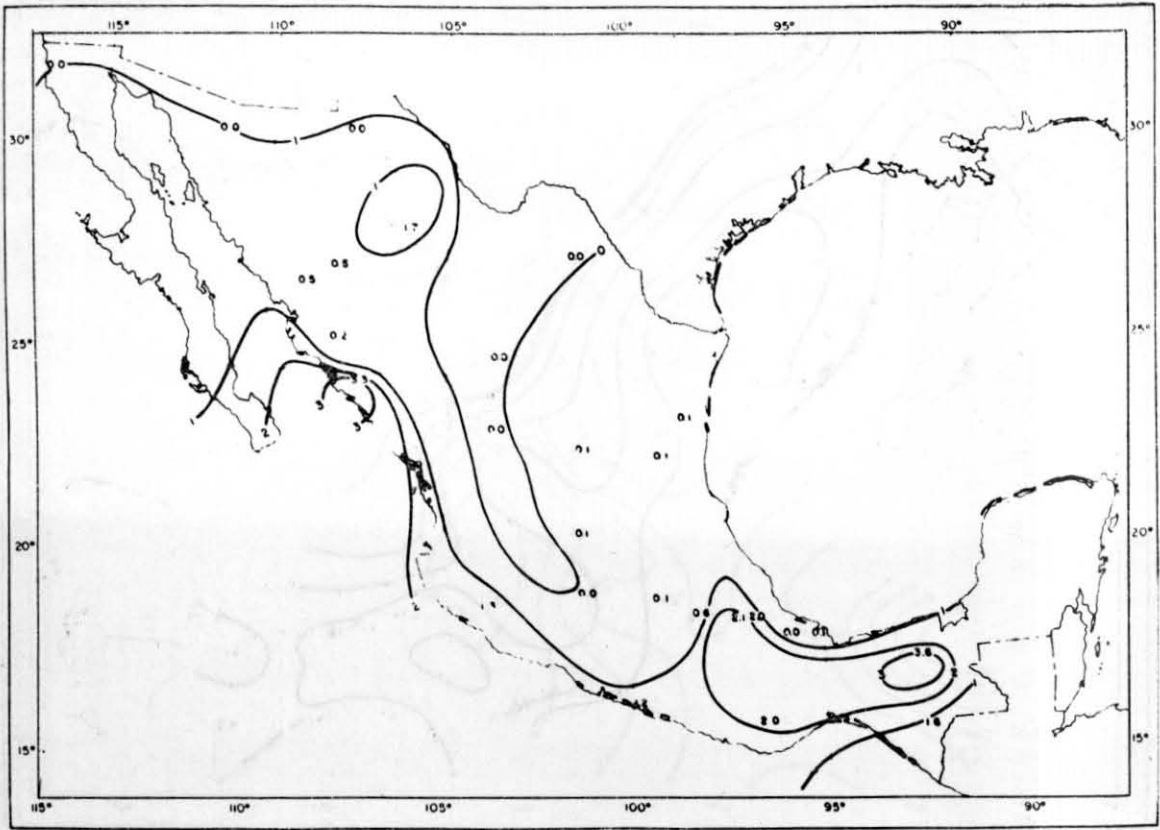


Fig. 67

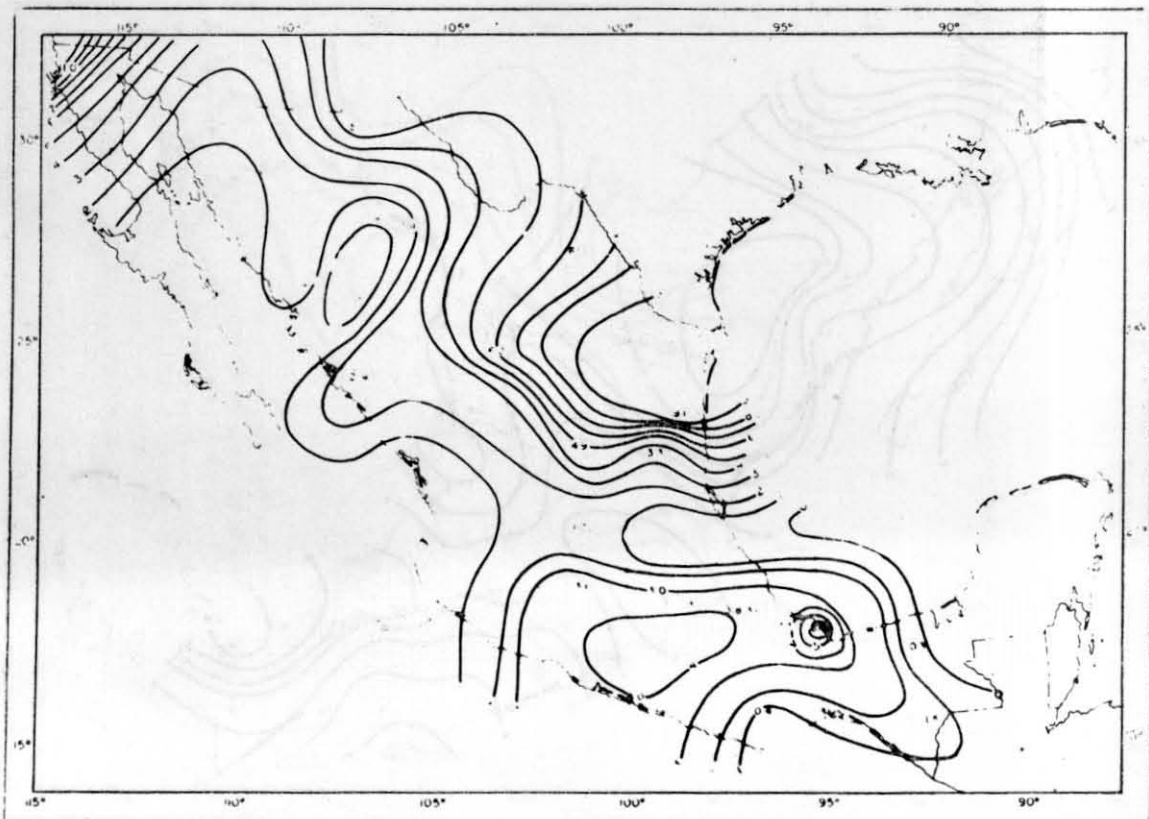


Fig. 68

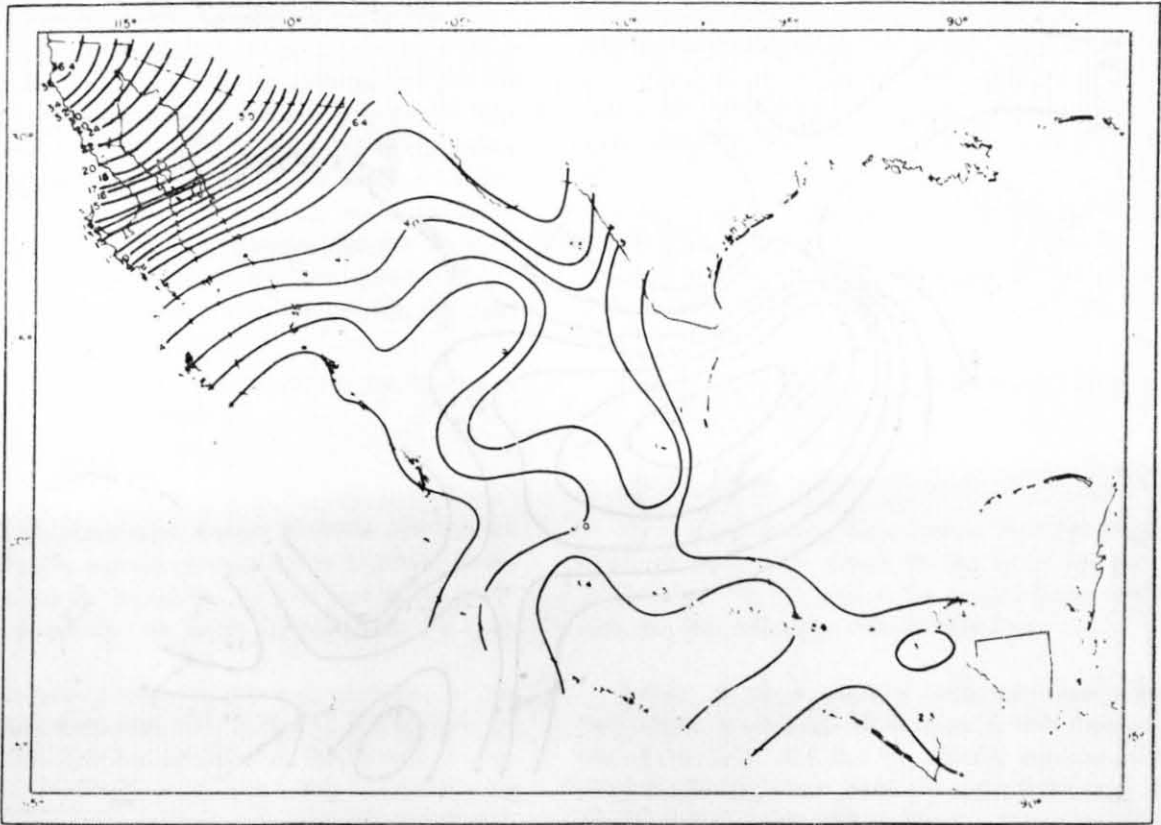


Fig. 69

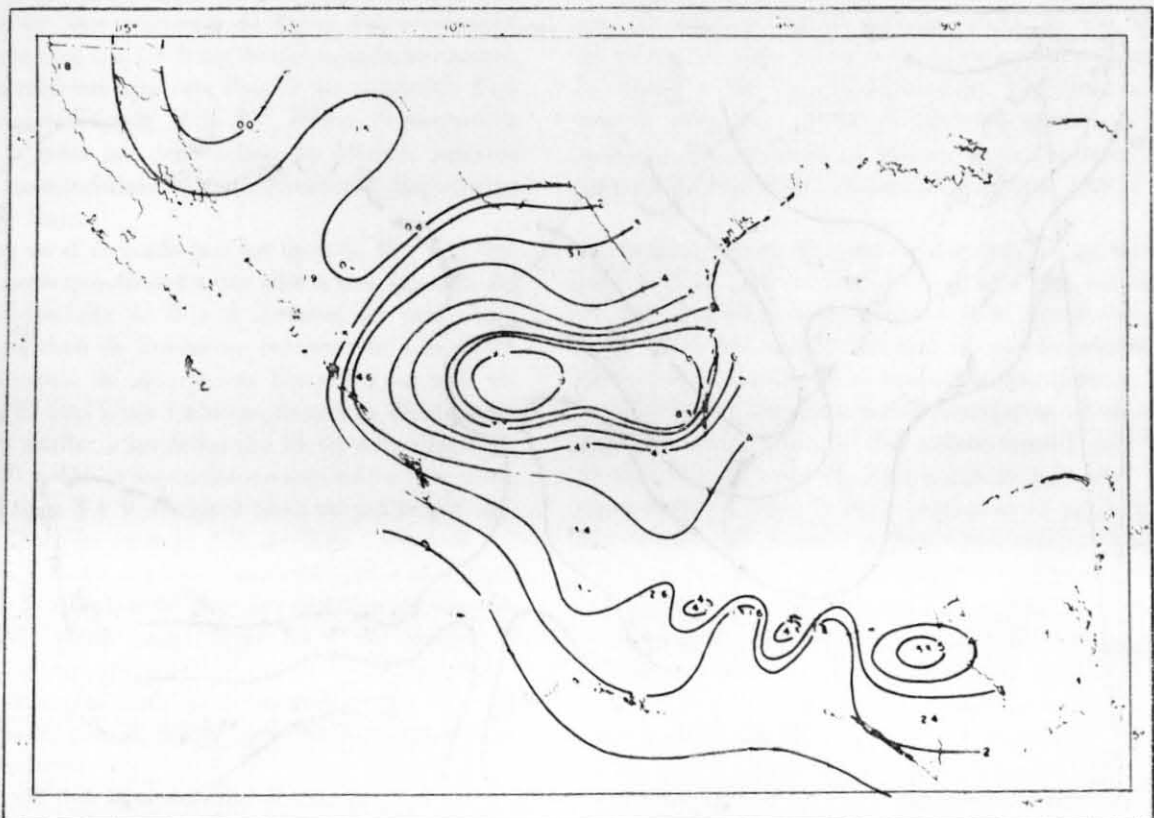


Fig. 70

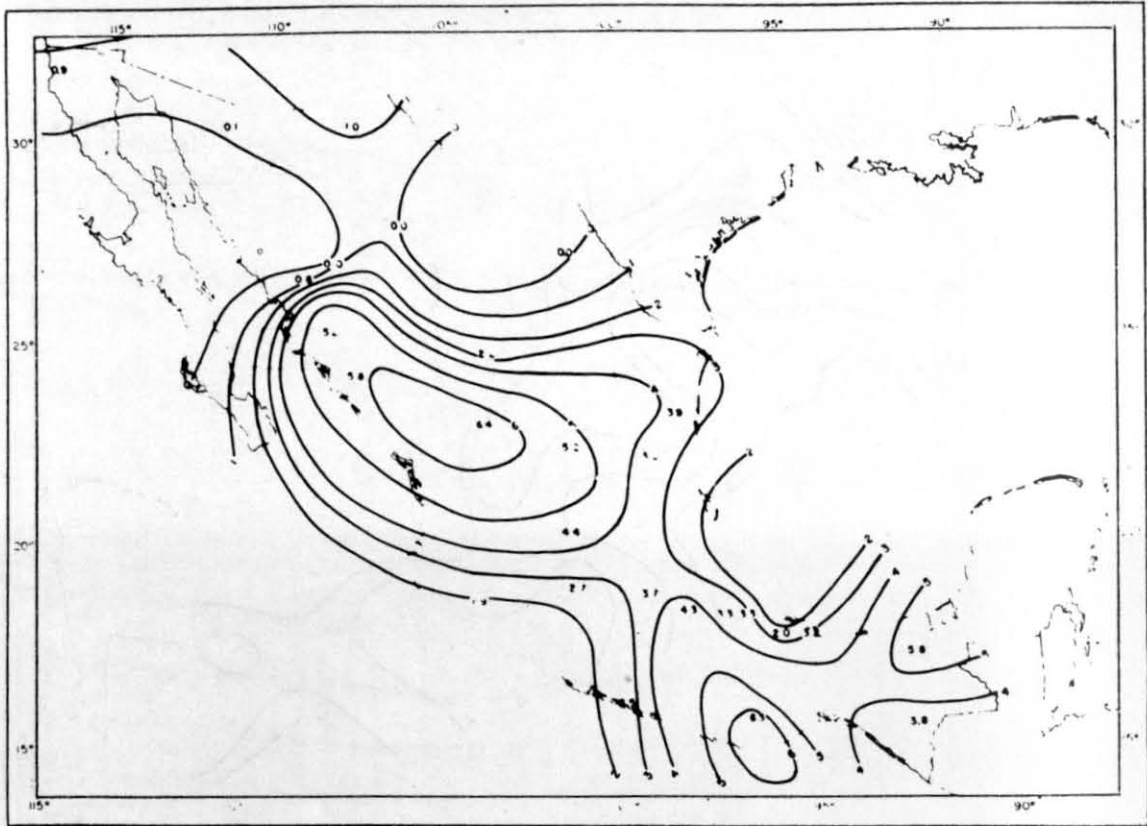


Fig. 71

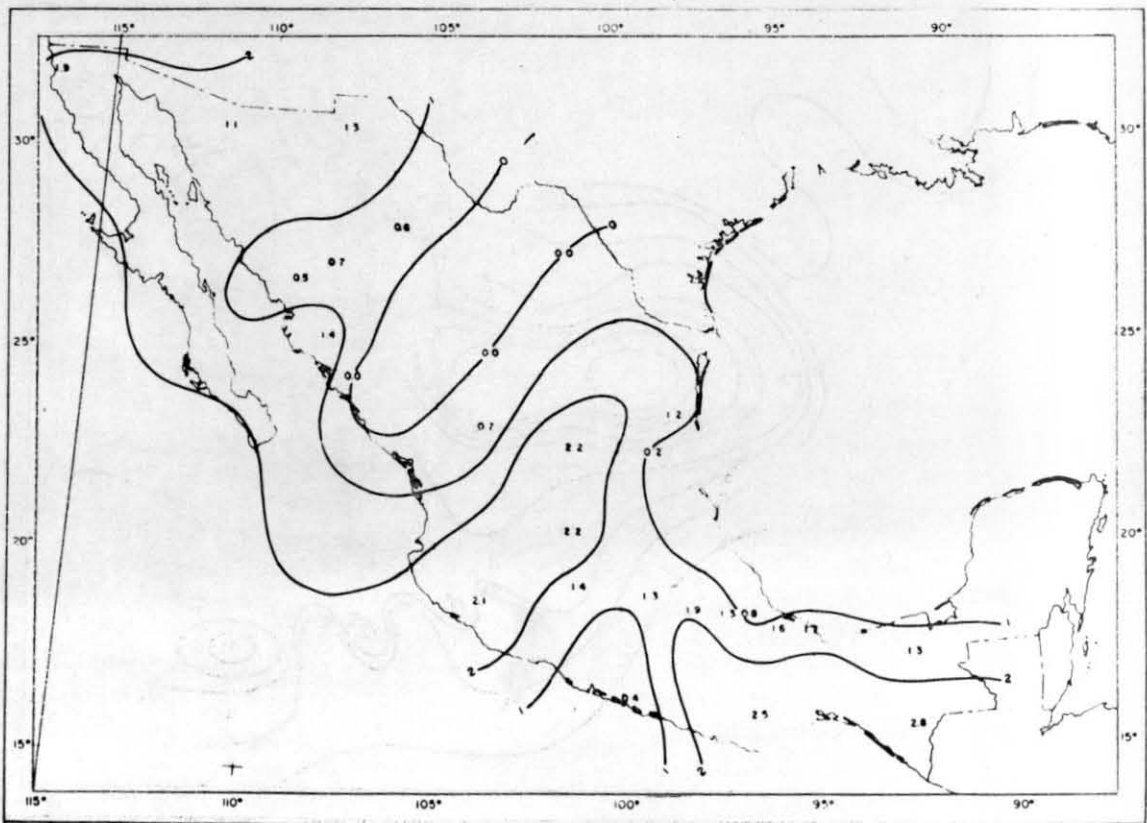


Fig. 72

con el tipo 8, aparentemente responsable de la escasez de precipitación en Invierno sobre la altiplanicie norte y de la gran precipitación sobre las llanuras costeras del sur del Golfo de México en los Estados de Tabasco y Veracruz. Una peculiaridad de estos tipos (Figs. 40, 41 y 42) es el máximo de lluvia sobre la porción del extremo NW de Baja California, que está en cierto modo relacionado con el hecho de que las condiciones de "Norte" representadas por los tipos 8, 9 y en su caso 10, están asociadas generalmente con la presencia de depresiones frías sobre esa porción del país.

#### C—RELACIÓN ENTRE LAS CONFIGURACIONES DE LLUVIA Y LOS TIPOS DEL AIRE SUPERIOR

##### I—TIPOS DE 700 mb

Los mapas de porcentajes medios de lluvia anual dados por los tipos de aire superior se trazaron en la misma forma que para los tipos de superficie. En esta sección se discutirán las configuraciones de lluvia asociadas con los tipos de 700 mb.

Entre todas estas configuraciones hay algunas que son particularmente interesantes. Con el tipo C, por ejemplo, es notable (Fig. 45) que los máximos de lluvias caigan a lo largo de la costa del Pacífico mientras que las características principales del tipo están situadas sobre el Golfo de México. Sin embargo, hay un área de altos valores de porcentaje que se extiende desde el Pacífico hacia el Golfo, además del máximo sobre el Estado de Tabasco.

El tipo D (Fig. 46), una onda occidental a través del sur de la Altiplanicie tiene máximos de lluvia que no parecen estar correlacionados con las áreas de divergencia horizontal, asociadas generalmente con este tipo de perturbación. Esto mismo sucede con el tipo E (Fig. 47). Nótese el máximo de lluvias sobre la costa sur del Pacífico en México, bastante lejos de las características convencionalmente importantes de este tipo de flujo.

Otro grupo es el formado por los tipos G, H e I (Figs. 49, 50 y 51) correspondientes todos ellos a una vaguada del aire superior orientada de N a S a través del país. Aquí de nuevo, el máximo de lluvias no corresponde a la distribución convencional de divergencia horizontal en una vaguada mayor. El tipo I, sin embargo, tiene una distribución de lluvias muy similar a las dadas por los tipos de superficie 8 y 9 (Figs. 40 y 41), a los cuales corresponde a este nivel. Como con los tipos 8 y 9, el tipo I tiene un porcentaje máximo sobre la porción extrema NW de Baja California.

Los tipos K y L con dos anticiclones centrados aproximadamente sobre la Altiplanicie, dan una distribución de porcentaje de lluvia media anual (Figs. 53 y 54) similar al tipo I. Las configuraciones del flujo, siendo diferentes del tipo I, lo siguen a menudo, como se vio en una sección anterior y por lo tanto, se pueden tratar como parte de la misma secuencia de eventos.

En el caso del tipo L, el máximo de lluvias sobre la porción NW de Baja California es notable, siendo este tipo responsable de la mayoría de las lluvias de invierno sobre esa

parently responsible for the scanty Winter precipitation over the northern plateau and for the heavy precipitation over the coastal plains of the southern Gulf of Mexico in the States of Tabasco and Veracruz. A peculiarity of these types (Fig. 40, 41 and 42) is the rainfall maximum over the extreme NW portion of Baja California, which is in some way related to the fact that the "northern" conditions, represented by types 8, 9 and, for that matter, type 10, are usually associated with the presence of cold lows over that portion of the country.

#### C—RELATION BETWEEN RAINFALL PATTERNS AND THE UPPER-AIR TYPES.

##### I—700 mb TYPES

Maps of percentage Mean Annual Rainfall given by the upper-air types were drawn in the same way as for the surface types. In this section the rainfall patterns associated with the 700 mb types will be discussed.

Among all these patterns there are some which are particularly interesting. With type C, for instance, it is remarkable (Fig. 45) that the rainfall maxima should fall along the Pacific Coast while the main features of the type are located over the Gulf of Mexico. However, there is an area of high values of percentage stretching from the former into the latter, besides the maximum over the State of Tabasco.

Type D (Fig. 46), an easterly wave across the southern plateau has rainfall maxima which do not appear to be correlated with the areas of horizontal divergence usually related to this type of disturbance. The same is true for type E (Fig. 47). Notice the rainfall maximum over the southern Pacific Coast of Mexico quite far from the conventionally important features of this flow type.

Another group of types is that formed by types G, H and I (Figs. 49, 50 and 51) all of them corresponding to an upper-air trough oriented N-S across the country. Here again the rainfall maxima do not correspond to the conventional distribution of horizontal divergence in a major trough. Type I, however, has a distribution of rainfall very similar to those given by the surface types 8 and 9 (Figs. 40 and 41), to which it corresponds at this level. As with types 8 and 9, type I has a maximum of percentage over the extreme NW portion of Baja California.

Types K and L with two anticyclones centered approximately over the Plateau, give a distribution of percentage of mean annual rainfall (Figs. 53 and 54) similar to type I. Different as the flow patterns are from type I, they follow it very often, as was seen in a previous section, and so they may be regarded as part of the same sequence of events.

In case of type L, the rainfall maximum over the NW portion of Baja California is remarkable, this type being responsible of the majority of the Winter rainfall over that

parte del país. Es este un tipo anticiclónico, pero unas cuantas líneas de flujo encorvadas ciclónicamente, indican la existencia de un vórtice frío de baja latitud fuera de la costa de California.

Los tipos M, N, y O (Figs. 55, 56 y 57) correspondientes a vaguadas del aire superior orientadas de NE a SW a través del país, constituyen otro grupo interesante. De éstos, el más importante es el tipo M que da una configuración de lluvias muy definida sobre todo México, con un máximo centrado cerca de Ciudad Victoria, en el Estado de Tamaulipas. Este centro está bastante adelante de la línea de vaguada situada sobre el área Chihuahua-Sonora donde existe en cambio un mínimo de lluvia. Esto indica de nuevo una distribución de lluvias en desacuerdo con el campo de divergencia horizontal asociado convencionalmente con este tipo de flujo, que se ejemplifica particularmente por el tipo N, aunque en este caso hay aún una faja de altos valores de porcentaje de lluvia media anual adelante y cerca de la línea de vaguada, parte del área de altos valores de porcentaje está bien detrás de la línea de vaguada. El tipo O (Fig. 57) siendo un tipo seco, es menos definido en su distribución de lluvias. La distribución de lluvias de los tipos A y B, se discutirá en relación con la distribución para el nivel de 500 mb.

## II—TIPOS DE 500 mb

Señalaremos la diferencia entre las configuraciones de lluvias asociadas con los tipos de 700 mb y los de 500 mb con objeto de resaltar la influencia de los tipos de flujo del último nivel en la distribución de lluvias sobre México.

Las configuraciones de lluvia para los tipos de 500 mb son algo distintos de sus correspondientes a 700 mb. Esto no debe sorprendernos, pues si los tipos de flujo para ambos niveles son los mismos, su existencia en esos niveles no es simultánea debido al desplazamiento de los rasgos significativos de las isohipsas con la altura. Esto es más notable en Invierno cuando los gradientes de temperaturas horizontales hacen que los ejes de las vaguadas y de las crestas se corran hacia el oeste con altura, introduciendo un atraso en el tiempo de llegada sobre un lugar en particular de las características superiores con respecto a las inferiores.

Empezando con el tipo A a 500 mb (Fig. 58) nótese el máximo porcentaje sobre la porción NE de México. Sus valores centrales son casi los mismos que para el tipo de 700 mb que muestra el mismo máximo en más o menos el mismo lugar. Excepto por los valores inferiores sobre la porción norte de Baja California, es notable que a este nivel encontremos las mismas características en general que en el nivel anterior de 700 mb.

Otra similitud notable se encuentra entre los mapas de lluvias para el tipo B a ambos niveles; el perteneciente al tipo B a 500 mb (Fig. 59) es ligeramente similar a la correspondiente a 700 mb (Fig. 44). Aquí el máximo elongado a 700 mb se vuelve un solo centro a 500 mb, pero su posición central sobre el área de la Altiplanicie es la misma, aunque su intensidad a 500 mb está muy disminuida.

part of the country. This is an anticyclonic type, but a few cyclonically curved streamlines indicate the existence of a low-latitude cold vortex off the coast of California.

Types M, N and O (Figs. 55, 56 and 57), corresponding to upper air troughs slanting from NE to SW across the country, constitute another interesting group. Of these the most important is type M, which gives a very definite rainfall pattern over all Mexico, with a maximum centered near Ciudad Victoria in the State of Tamaulipas. This center is well in advance of the trough line which is located over the Chihuahua-Sonora area where there is instead a rainfall minimum. This again points to a rainfall distribution at variance with the field of horizontal divergence conventionally associated with this flow type. This is particularly exemplified by type N for, though in this case there is still a belt of high values of percentage of mean annual rainfall in advance of and near the trough line, part of the area of high values of percentage is well behind the trough line. Type O (Fig. 57) being a dry type, is less definite in its rainfall distribution. The rainfall distribution of types A and B, will be discussed in connection with the distribution for the 500 mb level.

## II—500 mb TYPES

We will point out the difference between the rainfall patterns associated with the 700 mb types and those at 500 mb in order to bring out the influence of the flow types at the latter level on the rainfall distribution over Mexico.

The rainfall patterns for the 500 mb types are somewhat distinct from their corresponding at 700 mb. This must not surprise anyone, because even if the flow types for both levels are the same; their occurrence at those levels is not simultaneous on account of the displacement of the contour features with height. This is most noticeable in Winter when the horizontal temperature gradients make the axis of troughs and wedges shift westward with height, introducing a lag in the time of arrival over a particular place of the upper features with respect to the lower ones.

Beginning with type A at 500 mb (Fig. 58) notice the maximum percentage over the NE portion of Mexico. Its center values are almost the same as for the 700 mb type which shows the same maximum at about the same place. Except for the lower values over the northern, end of Baja California, it is remarkable that at this level we find the same features in general as at the former 700 mb level.

Another striking similarity is found between the rainfall maps for type B at both levels. That belonging to type B at 500 mb (Fig. 59) is fairly similar to the corresponding one at 700 mb (Fig. 44). Here the split maximum at 700 mb becomes a single center at 500 mb, but their central position over the northern plateau area is the same, though its intensity at 500 mb is much diminished.



Los mapas de distribución de lluvias para los tipos C y D son también algo similares a ambos niveles, como se hubiera podido esperar de estos tipos de Verano, ya que es esta la estación en que los gradientes horizontales de temperatura alcanzan un mínimo sobre México.

Las configuraciones de lluvias para los tipos E y F a los 500 mb (Figs. 62 y 63) y a los 700 mb son, sin embargo, ligeramente diferentes, hecho que en general es explicado por un corrimiento de los centros de máxima y mínima presión con altura. Esta diferencia en la posición de los centros para estos tipos de verano es difícil de explicar, pero señala un remanente del efecto topográfico, en los niveles inferiores.

Por otro lado, la similitud entre los mapas de lluvias a los dos niveles de 500 y 700 mb para los tipos G y H (Figs. 64 y 65) es sorprendente puesto que salvo por una faja de valores inferiores a 700 mb sobre el Estado de Oaxaca y que la configuración de 500 mb muestra en general valores más altos de las isolíneas que a 700 mb; estas líneas siguen paralelas entre sí a ambos niveles y muy de cerca.

Respecto a la distribución de las lluvias para los tipos I (Fig. 66) encontramos de nuevo aquí que no es obvia la correlación entre las configuraciones en ambos niveles en cuestión, excepto por el asomo de una máxima sobre las porciones del extremo NW y SE de México. Aparentemente el tipo J (Fig. 67) es de tan poca importancia para las lluvias del país que apenas puede uno mencionar la diferencia entre las configuraciones.

El tipo K, que aparentemente tiene una relación directa sobre la distribución de las lluvias sobre la porción NE de México, como se ilustra por la configuración a 500 mb (Fig. 68) no muestra la misma configuración a 700 mb para el cual falta el centro de máximo porcentaje sobre esa sección del país. Los máximos de lluvia en otras partes del país que aparece en la carta de los 500 mb son desplazados, o más bien sustituidos por un mínimo en la carta de los 700 mb. Sin embargo, hay un asomo de un máximo del porcentaje sobre el extremo de la porción NW de México en relación con este tipo a ambos niveles.

Pero, donde el máximo porcentaje sobre esa porción del país llega a su mayor importancia es en los mapas de lluvias para el tipo L (Fig. 69). Este es un tipo anticiclónico con signos de curvatura ciclónica en su borde oriental. Así, la coincidencia de ambos máximos sobre el mismo lugar a ambos niveles demuestra la naturaleza de los vórtices fríos que causa esa configuración de precipitación. Sobre el resto del país las isolíneas de porcentaje muestran configuraciones similares en ambos niveles, de acuerdo con las estructuras verticales de la atmósfera típicas de la presencia de depresiones frías sobre California.

La desemejanza entre las configuraciones de lluvias es la regla para el resto de los tipos a este nivel, como se ejemplificó en las Figs. 70, 71 y 72, correspondientes a los tipos M, N y O a 500 mb en comparación con los de 700 mb.

The maps of rainfall distribution for types C and D are also fairly similar at both levels, as any one could have expected from these Summer types, since this is the season when the horizontal temperature gradients reach a minimum over Mexico.

The rainfall patterns for types E and F at the 500 mb (Figs. 62 and 63) and at the 700 mb levels are, however, slightly different, a fact which in general is accounted for by a shift of the centers of the maximum and minimum pressure with height. This difference in position of the centers for these Summer types is hard to explain, but points out to a remanent of the topographic effect at the lower levels.

On the other hand, the similarity between the rainfall maps at both the 500 and 700 mb levels for types G and H (Fig. 64 and 65) is startling. Since, except for a band of lower values at 700 mb over the State of Oaxaca and that the 500 mb pattern shows in general higher values of the isolines than at 700 mb, these lines parallel each other at both levels very closely.

Regarding the rainfall distribution for type I (Fig. 66) here again we find no obvious correlation between the patterns at both levels in question, except for a hint of a maxima over the extreme NW and SE portions of Mexico. Apparently type J (Fig. 67) is of so little importance for the rainfall of the country that one can hardly mention the difference between the patterns.

Type K, which apparently has a direct bearing upon the rainfall distribution over the NE portion of Mexico, as depicted by the pattern at 500 mb (Fig. 68) does not show the same pattern at 700 mb for which the center of maximum percentage is lacking over that section of the country. The rainfall maxima in other parts of the country which appear at the 500 mb chart are displaced, or rather substituted by minima on the 700 mb chart. Nevertheless, there is a hint to a maximum of percentage over the extreme NW portion of Mexico in connection with this type at both the 500 mb and 700 mb levels.

But where the maximum percentage over that portion of the country becomes of outmost importance is in the rainfall maps for type L (Fig. 69). This is an anticyclonic type with signs of cyclonic curvature on its western border. Thus, the coincidence of both maxima over the same place at both level demonstrate the nature of the cold vortices that cause that precipitation pattern. Over the rest of the country the isolines of percentage show similar configurations at both levels, in accordance with the vertical structures of the atmosphere typical of the presence of cold lows over California.

The dissimilarity between the patterns of rainfall is the rule for the remainder of the types at this level as exemplified by Figs. 70, 71 and 72, corresponding to the types M, N and O at 500 mb, in comparison with those at 700 mb.

## NOTAS SOBRE LA DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION EN MEXICO

Antes de llegar a alguna conclusión, son necesarias unas cuantas notas sobre los fenómenos de la Altiplanicie Mexicana.

Es una característica sobresaliente del tiempo sobre la Altiplanicie Mexicana que la inestabilidad del aire a menudo parece ser liberada muy bruscamente —algunas veces sin el menor aviso de su origen, si sólo se atiende a la carta de superficie. Aquí las cartas de atmósfera superior son muy útiles para señalar un comienzo de desarrollo de la convección sobre la Altiplanicie.

Ya que si no se revelan signos de inestabilidad en la carta de superficie sobre las planicies costeras y los mares que rodean México, la experiencia ha demostrado que tales eventos meteorológicos están asociados con la existencia superior de ampliar corrientes de aire que traen consigo aire potencialmente inestable sobre la altiplanicie. Este aire, que no libera su inestabilidad potencial sobre el terreno bajo, puede hacerlo cuando es sujeto a levantamiento mecánico sobre la Altiplanicie o a calentamiento por debajo producido por la fuente de alto nivel proporcionada por el terreno alto.

La dirección y posición de esas corrientes son claramente dependientes de las configuraciones del flujo de aire superior y no de las configuraciones superficiales. Estas configuraciones, siendo de una escala mucho mayor y de un período mayor que las configuraciones superficiales, están íntimamente relacionadas con —si no idénticas— las grandes ondas planetarias. Luego, no es de sorprender que el ritmo de los cambios del tiempo sobre la altiplanicie mexicana sea establecido por la lenta progresión de vaguadas y crestas de aire superior más bien que por el paso de frentes o de otras características que alcanzan su más alta intensidad en la superficie. Este es el caso en invierno, mientras que en verano las ramas ecuatoriales de la circulación y la interrupción de los alisios son responsables de los cambios del tiempo sobre la Altiplanicie. Se ha observado que el paso de una vaguada oriental, por ejemplo, sobre la Altiplanicie Mexicana, toma cerca de una semana mientras que los frentes fríos sólo toman unas cuantas horas en cruzar el Golfo de México en la superficie durante la estación fría del año. En Verano, la evolución de las ondas y vaguadas del este sobre la Altiplanicie es más lenta que en la superficie sobre el Mar Caribe. Todo esto indica la diferente escala de tiempo y espacio a la que pertenecen estas características. Sin embargo, debemos señalar una excepción a estas reglas: los ciclones tropicales, que siendo rasgos muy definidos en la superficie, aparecen también a niveles más altos sin perder su forma y características. Estas son estructuras de eje vertical embebidas en corrientes de aire profundas.

## REMARKS ON THE DISTRIBUTION OF PRECIPITATION IN MEXICO

Before we come to any conclusion, a few remarks about the characteristic weather phenomena of the Mexican Plateau would seem in order.

It is a striking feature of the weather over the Mexican Plateau that the instability of the air often seems to be released very suddenly — sometimes without the slightest warning or clue as to the source of instability, if attention is paid only to the surface chart. Here the upper-air charts are very useful in providing a hint to the development of convection over the Plateau.

For, even if no signs of instability are revealed by the surface chart over the coastal plains and the seas that surround Mexico, experience has shown that such meteorological events are associated with the existence aloft of broad air currents which bring moist, potentially unstable air over the Plateau. This air, which does not release its potential instability over lower ground becomes ready to do so when subject to mechanical lifting over the Plateau or to heating from below produced by the high level source provided by the higher ground.

The direction and position of those currents are clearly dependent upon the configurations of the air-flow aloft and not upon the surface patterns. These configurations, being of a much larger scale and of longer period than the surface patterns, are intimately related to —if not identical with— the long planetary waves. Thus, it is not surprising that the rhythm of the weather changes over the Mexican Plateau be set by the slow progression of upper-air troughs and ridges rather than by the passage of fronts or other features which attain their highest intensity at the surface. This is the case in Winter, while in Summer the Equatorial branches of the circulation and the interruption of the trades are responsible for the weather changes over the Plateau. It has been observed that the passage of a westerly trough, for instance, over the Mexican Plateau takes about a week whereas cold fronts take only a few hours to cross the Gulf of Mexico at the surface during the colder season of the year. In Summer the evolution of the easterly waves and troughs over the Plateau is slower than at the surface over the Caribbean. All this points to the different time and space scale to which these different features belong. However we must point out an exception to these rules: the tropical cyclones, which being very definite features at the surface are still apparent at higher levels without losing their shape and characteristics. These are deep structures imbedded in deep air currents.

## CONCLUSIONES

La clasificación de las cartas de flujo de superficie y superior propuesta en este trabajo parece ser un instrumento útil para describir los cambios estacionales de la circulación atmosférica sobre México. La gran variación de la circulación durante la parte fría del año se refleja en el mayor número de tipos de casi igual frecuencia necesarios para describirlo.

Las curvas de frecuencia en las Figs. 29, 30, 31 y 32 muestran claramente el predominio de los tipos orientales durante la parte más caliente del año a todos los niveles y viceversa, la de los tipos occidentales durante la parte más fría del año. Los meses de transición entre las configuraciones orientales y occidentales parecen ser Mayo y Octubre.

El grado de persistencia de las situaciones del tiempo sobre México es notable. Algunas secuencias entre los tipos se muestran también por la tendencia a permanecer los mismos tipos de flujo sobre las áreas del territorio mexicano por largo tiempo, viniendo en apoyo de la experiencia en asignar un lento desenvolvimiento a esas latitudes a los rasgos sinópticos. Hubiera sido interesante ciertamente, hacer un estudio de la duración de las situaciones meteorológicas individuales.

Respecto a la segunda parte del trabajo, es notable que los tipos occidentales son siempre secos y los orientales son húmedos, a pesar de la curvatura del flujo y no obstante el hecho de que la mayoría de las corrientes occidentales han tenido una larga trayectoria sobre el Océano Pacífico. Es interesante notar que hay tipos anticiclónicos en Verano e Invierno, y por lo tanto durante todo el año, lo que da cantidades de lluvia relativamente grandes sobre el área del territorio mexicano. La razón de esto es la topografía que por levantamiento, represamiento y desviación del flujo del aire así como proporcionando una fuente de calor de alto nivel hace que las corrientes de aire liberen su humedad por levantamiento forzado y convergencia horizontal. Así, la topografía altera la distribución de la lluvia que de otro modo se esperaría que sucediera con los modelos convencionales en los trópicos.

Una excepción importante son las tormentas tropicales giratorias, que debido a su baja frecuencia no se han considerado aquí, pero que sin embargo, se sabe que causan grandes anomalías en la distribución estacional de las lluvias sobre la Altiplanicie Mexicana. Se necesita urgentemente hacer investigaciones posteriores a este respecto.

## AGRADECIMIENTOS.

El autor desea expresar su apreciación al Dr. C. C. Wallen, Director Auxiliar del Servicio Meteorológico de Suecia, en una misión de la UNESCO en la Universidad de México, quien fundó el Instituto de Ciencias Aplicadas, por su apoyo y por sus fructíferas discusiones. Está también en deuda con el Dr. E. M. Fournier d'Albe, antiguo jefe de la Sección de Meteorología del Instituto, por su interés y finan-

## CONCLUSIONS

The classification of the surface and upper-air flow charts proposed in this paper appears to be a useful tool in describing the seasonal changes of the atmospheric circulation over Mexico. The greater variation of the circulation during the colder part of the year is reflected in the larger number of types of about equal frequency necessary to describe it.

The frequency curves in Figs. 29, 30, 31 and 32 show clearly the prevalence of the easterly types during the warmer part of the year at all levels and viceversa, that of the westerly types during the colder part. The months of transition between the westerly and easterly configurations seem to be May and October.

The degree of persistence of the weather situations over Mexico is remarkable. Some definite sequences among the types are also shown by the tendency to remain the same types of flow over the Mexican land areas for long times, coming this in support of experience in attaching to the synoptic features a slow development at these latitudes. It certainly would have been interesting to make a study of the duration of the particular weather situations.

As to the second part of the paper, it is remarkable that the westerly types are as a rule dry and the easterly wet, regardless of the curvature of the flow and in spite of the fact that most westerly currents have had a long trajectory over the Pacific Ocean. It is interesting to notice that there are anticyclonic types in both Summer and Winter, and for that matter throughout the year, which give relatively large amounts of rain over the Mexican land areas. The reason for this being the topography which through lifting, damming and deflecting of the air flow as well as providing a high level heat source, causes the air currents to release their moisture by forced lifting and horizontal convergence. Thus, topography alters the rainfall distribution that otherwise would be expected to occur with the conventional models of disturbances in the tropics.

An important exception to this is the tropical revolving storms which because of their low frequency have not been considered here, but which, nevertheless, are known to cause large anomalies in the seasonal rainfall distribution over the Mexican Plateau. Further research in this connection is badly needed.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express his appreciation to Dr. C. C. Wallen, Assistant Director of the Swedish Meteorological Service, who on a mission of behalf of UNESCO at the University of Mexico, founded the Institute of Applied Science, for his encouragement and enlightening discussions. He is also indebted to Dr. E. M. Fournier d'Albe, former head of the Institute's Meteorological Section, for his in-

ciamiento en esta investigación. El Sr. Jorge de la Peña, miembro del Instituto, ayudó en la compilación y reducción de los datos de precipitación y el Sr. Lauro Ramírez dibujó las ilustraciones.

terest and support of this investigation. Mr. Jorge de la Peña of the Institute staff helped in the compilation and reduction of the precipitation data and Mr. Lauro Ramírez drew the illustrations.

#### BIBLIOGRAFIA

- BECKWITH, W. B. 1946. Why Subterranean Isobars? *Bull. American Met. Soc.*, 27(8): 438-443, Lancaster, Pa.
- DOMÍNGUEZ, E. 1931. Los Tipos de Tiempo, *Geografía Física de la República Mexicana* (por Pedro C. Sánchez), Tacubaya, D. F., p. 52-54.
- LÓPEZ, E. 1922. Climatología de la República Mexicana, *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate*, 40:109-144.

#### BIBLIOGRAPHY