

## LA VARIABILIDAD DE LA LLUVIA Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL ESTADO DE VERACRUZ

### RESUMEN

La variabilidad de la lluvia es elevada en los climas semiáridos, y pequeña en las regiones más húmedas. En el presente trabajo se examina esta variación de la precipitación en el Estado de Veracruz donde caen abundantes lluvias.

Se seleccionaron 98 estaciones climatológicas con un periodo mínimo de 15 años de observación.

El coeficiente de variación (C. V.) resulta en general mayor de 35% para gran parte de la entidad exceptuando las porciones del sur y poniente del Estado. Se examina también la relación entre la productividad agrícola y variabilidad pluviométrica. En general las zonas con valores elevados de variabilidad acusan menor actividad agrícola, mientras que aquellas con un C. V. reducido resaltan ser las áreas más densamente cultivadas.

### SUMMARY

It is well *known* that rainfall variability is high in arid and semiarid areas *whereas* in humid lands it decreases considerably.

Annual rainfall variability is examined in this study for the state of Veracruz and the Gulf Coast ninety eight climatological stations having more than 15 years of record were used. Even though rainfall is abundant in the area variability values are rather high due to abnormal precipitations originated by hurricanes or other tropical disturbances.

The relations between rainfall variability and land productivity is also examined.

## LA VARIABILIDAD DE LA LLUVIA Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL ESTADO DE VERACRUZ

Por Ramón Sierra Morales

### I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objeto realizar un análisis de la variabilidad de la lluvia en el Estado de Veracruz, en relación con las actividades agrícolas.

La variabilidad anual de la lluvia se define como la fluctuación que se registra en los valores de la precipitación de un año a otro.

Diversos estudios (Wallén, 1955; Conrad, 1950) revelan que en las regiones de escasa precipitación, la variabilidad es generalmente fuerte y, este fenómeno afecta seriamente la productividad agrícola.

En aquellas zonas donde la lluvia es suficiente para las actividades agrícolas, la lluvia varía poco de un año a otro y en consecuencia la producción del campo es más sostenida por periodos más largos.

El climatólogo sueco Wallén (1955) hizo un estudio sobre las características de la precipitación en todo el país; este investigador encontró que las zonas áridas y semiáridas del Noroeste de México acusan una elevada variabilidad en la precipitación (hasta 50% en Baja California), en tanto que en aquellas zonas del centro y sur del país donde la lluvia es abundante, la variabilidad de ésta es baja (de un 15 a 20%). Sin embargo, Wallén localizó un área (en la cuenca del Río Papaloapan) en el Estado de Veracruz donde, a pesar de la elevada precipitación la variabilidad es también alta. En la actualidad se cuenta con ma-

yor información y uno de los objetivos del presente trabajo es examinar con más detalle esta zona.

En un estudio sobre la región Puebla-Tlaxcala, Jáuregui (1968) hace un análisis sobre la variabilidad de la lluvia anual en esa región y encuentra también que los valores más altos de variabilidad de la lluvia se localizan en las zonas secas; concluye diciendo que la región más confiable para la agricultura de temporal es el área que tiene un coeficiente de variación (la región del valle de Puebla hacia el norte hasta Mazapa); ahí la fluctuación es menos acentuada (un 18%) que en las zonas áridas y semiáridas del norte y noroeste de la región Puebla-Tlaxcala, donde la variación de la lluvia asciende hasta 35%.

García y Mosiño (1968) en un trabajo sobre los climas de Baja California, también tratan en forma general el problema de la variabilidad para la Península de Baja California. Al analizar la distribución del coeficiente de variabilidad encuentran que, la porción central de la Península resulta ser la región con más alta variabilidad (más del 60%), mientras que los extremos noroeste y sureste de la Baja California tienen un coeficiente de variación menor. En el extremo noroeste la variabilidad de la precipitación anual es más baja con un coeficiente de variación menor del 50%, y continúan diciendo textualmente: "... sin embargo, en el extremo sureste, no obstante tener una precipitación anual re-

lativamente abundante, dicho coeficiente es sólo ligeramente inferior en la parte central de la Península, poniendo esto de manifiesto la influencia del carácter errático de las trayectorias de los ciclones tropicales en esta área".

En otro trabajo realizado por el autor (Sierra, 1969), se analizó la variabilidad de la lluvia al sur del paralelo 20°N en el Estado de Veracruz. Se encontró que en general, los rendimientos de cultivos como el maíz, el frijol, la caña de azúcar y el café, son menores cuando el coeficiente de variación es elevado, empero, hay estaciones en que esto no sucede (Tierra Blanca, Misantala, Rinconada), lo cual pone de manifiesto que los rendimientos agrícolas de un lugar no sólo dependen de la variabilidad, sino de otros factores físicos como son: relieve, clima, suelo; prácticas agrícolas y tipo de semilla para citar algunos.

## II. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y FISIOGRAFICA DEL ESTADO DE VERACRUZ

Veracruz se localiza en los litorales del Golfo de México. La configuración del estado es una faja de terreno curva y alargada que sigue el litoral con una dirección aproximada de N.N.W. a S.S.E. delimitada por los paralelos 17°08' y 22°28' de latitud norte y por los meridianos 93°35' y 98°38' de longitud oeste.

Su superficie es de 72 815 km<sup>2</sup> que representan el 3.69% de nuestro país. Su anchura varía desde 156 km en su parte media, hasta 47 km en los límites con Tamaulipas.

Relieve. El estado se encuentra comprendido casi en su totalidad, entre la Sierra Madre Oriental y el Golfo de México.

Esta situación determina un marcado declive desde las cimas de la Sierra hasta el mar. Cerca del litoral y a lo largo de toda la entidad se extiende una faja de terrenos bajos y planos que forman parte de la Llanura Costera del Golfo. En la parte media, la Sierra Madre Oriental se introduce desde este punto hasta los límites con Chiapas y Oaxaca por lo que el terreno es muy quebrado y fragoso. Las derivaciones de la Sierra Madre llegan hasta el sur de los municipios de Acayucan y Cosamaloapan. Parte del Sistema Volcánico Transversal atraviesa su territorio entre los pa-

ralelos 19° y 19°30' norte hasta terminar en el Pico de Orizaba (5 747 m. sobre el nivel del mar), que es la cima más alta del país. En sus laderas este está situada la ciudad de Orizaba. El Cofre de Perote o Naucampatépetl se sitúa al oeste del Estado (4 282 m sobre el nivel del mar) y en su falda norte se localiza la Ciudad de Perote. Las Cumbres de Acultzingo, Vigía Alta y las de Huayacolta, son alturas de la Sierra Madre Oriental que reciben nombres locales según el tramo considerado: Sierra de Zongolica, de Acultzingo, de Consautlán y de Huayacocotla. En la parte media de la llanura de sotavento, se levanta la Sierra de los Tuxtlas con elevaciones que no llegan a los 2 000 m. El volcán de San Martín Tuxtla, situado en esta Sierra, tiene 1 700 m de elevación.

*Suelos.* Según el mapa de F. Esparza (1965), prevalecen suelos amarillos en las llanuras costeras; en los declives de las sierras, se encuentran suelos chernozem (negros). En las áreas pantanosas del sureste, suelos de gley y, en la Huasteca predominan las rendzinas.

La selva alta siempre verde domina en el sureste de la entidad; el bosque tropical se extiende en los declives de la Sierra, se transforma en bosque mixto y de coníferas a medida que aumenta la altitud y disminuye la temperatura; en las llanuras costeras hay áreas cubiertas por sabana tropical y selva baja caducifolia.

*Hidrografía.* Por la planicie costera del Estado escurren numerosas corrientes, algunas de importancia; la mayoría tiene su origen en la Sierra Madre Oriental.

*Clima.* Los climas característicos en el Estado, de acuerdo con la clasificación de Köppen son: Af, tropical lluvioso con lluvias todo el año, en el sureste; mientras que en las llanuras y valles, el clima es Aw, es decir, tropical, con lluvias en verano; el Cf, templado húmedo con lluvias todo el año, con temperatura media del mes más frío entre 0° y 18°, se localiza en las regiones montañosas de la Sierra Madre Oriental.

Durante los meses de mayo a octubre, la corriente húmeda de los alisios invade el área determinando la estación lluviosa.

Es en esta época cuando se presentan también las perturbaciones tropicales (ciclones tropicales y ondas del Este) que pueden producir

precipitaciones excepcionalmente importantes, que, como se verá más adelante dan origen a una variabilidad mayor de las lluvias. Durante el resto del año, las masas de aire de origen polar continental cruzan la entidad de norte a sur, produciendo en algunos casos precipitaciones de no escaso valor.

En el seno de la corriente húmeda de los alisios se originan las perturbaciones llamadas ondas del Este, las cuales producen lluvias generalizadas, que tienen una duración de varios días.

Cuando algunas de estas ondas se vuelven muy inestables sobre el mar, pueden dar origen a los vórtices ciclónicos. Algunas de estas perturbaciones han llegado a afectar la entidad como, por ejemplo, en los años de 1932, 1935, 1936, 1944, 1960 y 1966 (ver figuras 16, 17, 18, 20, 24 y 25) y que se examinarán después con más detalle.

El área en estudio se encuentra dentro de la región afectada por los ciclones tropicales; estas perturbaciones atmosféricas se originan en las tibias aguas del Atlántico tropical, incluyendo el Mar Caribe y el Golfo de México. El aire marítimo tropical se carga de humedad en su recorrido por estos mares, de suerte que al aproximarse al litoral veracruzano las nubes convectivas se descargan en la planicie costera. Hacia la parte montañosa del Estado, a la inestabilidad convectiva del aire, se agrega el efecto del levantamiento orográfico por lo que la precipitación ahí es aún más intensa.

Los ciclones tropicales toman su energía del agua del mar, esta energía calórica es liberada al condensarse el vapor de agua contenido en el aire que asciende desde la superficie del mar en un área muy extensa.

El 10 de octubre de 1950, un ciclón azotó las costas de Veracruz causando incalculables daños. El meteoro tocó la costa entre Veracruz y Alvarado (fig. 21). Las lluvias fueron torrenciales, en un área de más de 150 km a lo largo de la costa y de 80 a 100 km hacia el interior del continente; se estimó que la velocidad máxima del viento, fue de más de 40 m/seg en un círculo de más de 130 km de diámetro. El meteoro se propagó aproximadamente a 9 km/h.

Variabilidad de la lluvia. En su estudio pluviométrico Wallén (1955) utilizó 53 estaciones distribuidas en el país (fig. 1). Para

el presente trabajo se han seleccionado 81 estaciones en el Estado de Veracruz (fig. 2) con un periodo máximo de 15 años de observación, además de 17 estaciones aledañas correspondientes a los Estados de Oaxaca, Puebla, Hidalgo y San Luis Potosí.

En la selección de las estaciones se encontró que en algunas ocasiones los periodos continuos de observación se interrumpían hasta por 5 ó 6 años, para después volver a reanudarse; tal es el caso de Coatzacoalcos, Minatitlán, Perote, Tantoyuca, etcétera.

### III. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES

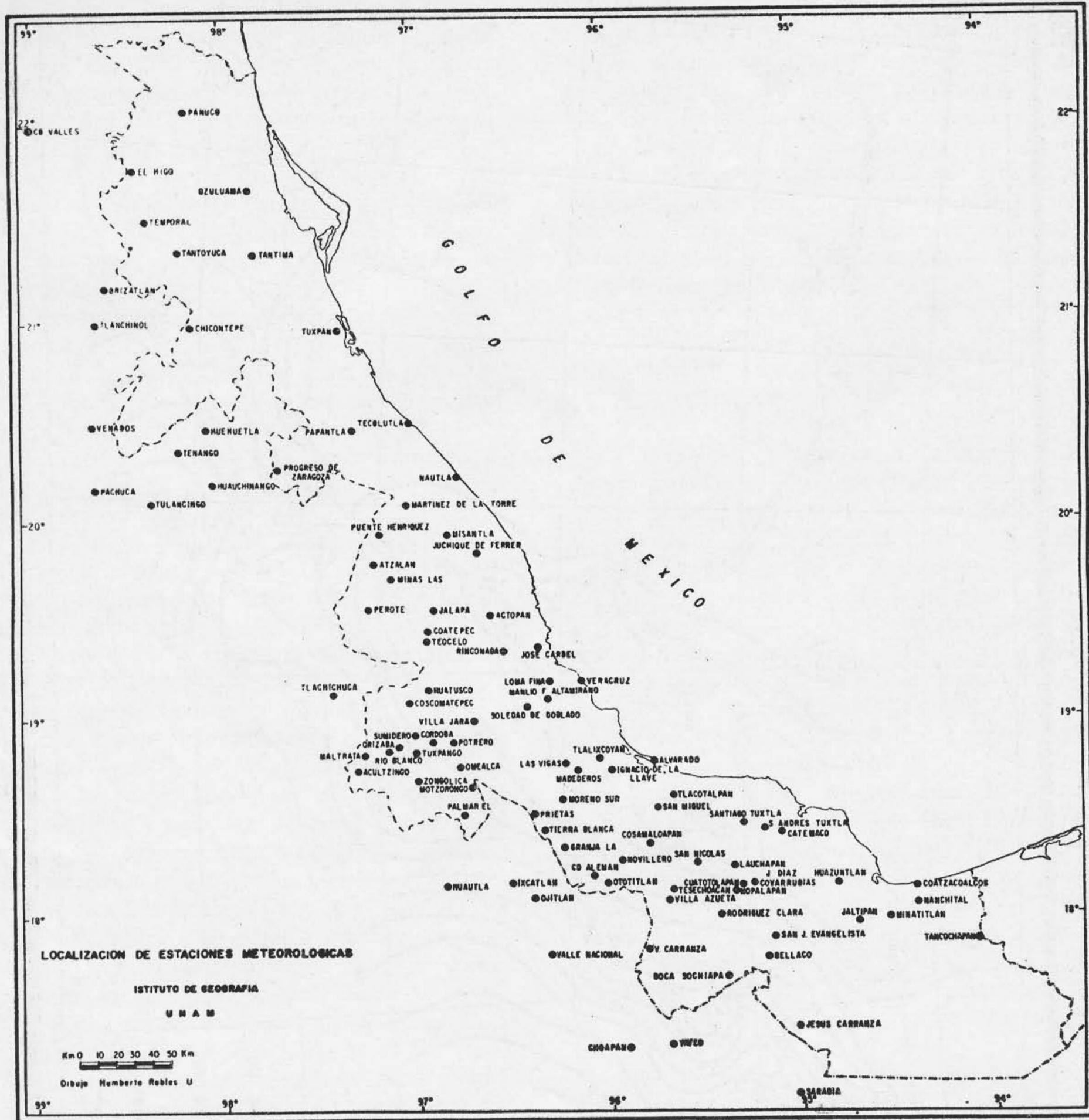
En la figura 2 se muestra la distribución de las estaciones utilizadas. Puede observarse que en general, se encuentran convenientemente distribuidas, excepto en el extremo sur del Estado y en algunas áreas de la porción norte. En la figura 3 aparecen las áreas sobresalientes del relieve. Si se hace una comparación con la figura anterior, se podrá advertir que el área montañosa del centro del Estado, cuenta con una densidad de estaciones bastante aceptable, lo mismo sucede en la región montañosa de los Tuxtlas.

Distribución de la precipitación. El mapa de isoyetas anuales (fig. 4) se trazó empleando los datos de las 98 estaciones. La precipitación disminuye hacia sotavento de las montañas como en Perote y la región de Venados debido a que las masas de aire, al descender, se calientan por compresión adiabática, esto origina que la humedad relativa disminuya y, en consecuencia, las nubes se disipen por evaporación.

Como puede verse, el Estado de Veracruz recibe precipitaciones abundantes en general superiores a los 1 200 mm. Las regiones más lluviosas corresponden a las zonas montañosas de la Sierra Madre Oriental con precipitaciones superiores a 1 500 mm. En este mismo mapa, se observan las siguientes zonas con precipitaciones que sobrepasan los 2 000 mm: *a*) la región noroccidental donde se localizan las Sierras de Huayacocotla y Otontepec, Huechutla y Tlanchinal, Hidalgo que tiene lluvias mayores que 2 400 mm; *b*) la zona suroccidental, que comprende el sistema montañoso



FIG. 2



Poblano-Oaxaqueño, precisamente donde se localizan las estaciones de Ixcatlán, Ojitlán y Valle Nacional, Oaxaca (la más lluviosa), con precipitaciones mayores que 2 800 mm; c) la parte que corresponde a la Sierra de los Tuxtlas donde están situados Santiago Tuxtla y Catemaco, Veracruz, con lluvias que sobrepasan los 2 000 mm; d) por último, la región sur, orientada hacia el Golfo de México ya en los límites con Tabasco; Coatzacoalcos, Nan-

chital, Minatitlán y Tancochapan, Veracruz tienen precipitaciones superiores a 2 300 mm.

Factores que influyen en la precipitación. Los principales factores que influyen en las condiciones de precipitación en la República Mexicana mencionados por Wallén (1955), son: 1. El desplazamiento hacia el norte o hacia el sur de la zona intertropical de convergencia (Z I C ), que introduce variaciones anuales de la precipitación; en invierno,

cuando esta zona se desplaza hacia el sur, los alisios actúan únicamente en la región meridional del país, prevaleciendo hacia el norte la influencia de los vientos del oeste de las latitudes medias. En la estación lluviosa la zona de convergencia se desplaza al norte, la que ocasiona una mayor actividad convectiva en la mitad sur del país.

2. La localización, extensión e intensidad de los centros de alta presión, tanto del Atlán-

tico como del Pacífico, de las que dependen los alisios en el área terrestre mexicana.

3. Las perturbaciones en verano que ocasionan los alisios sobre México, en concordancia con la posición de la zona de convergencia.

4. La influencia de los ciclones tropicales que se origina en las ondas del Este o en la (ZIC), y que producen gran parte de la precipitación.

FIG.3

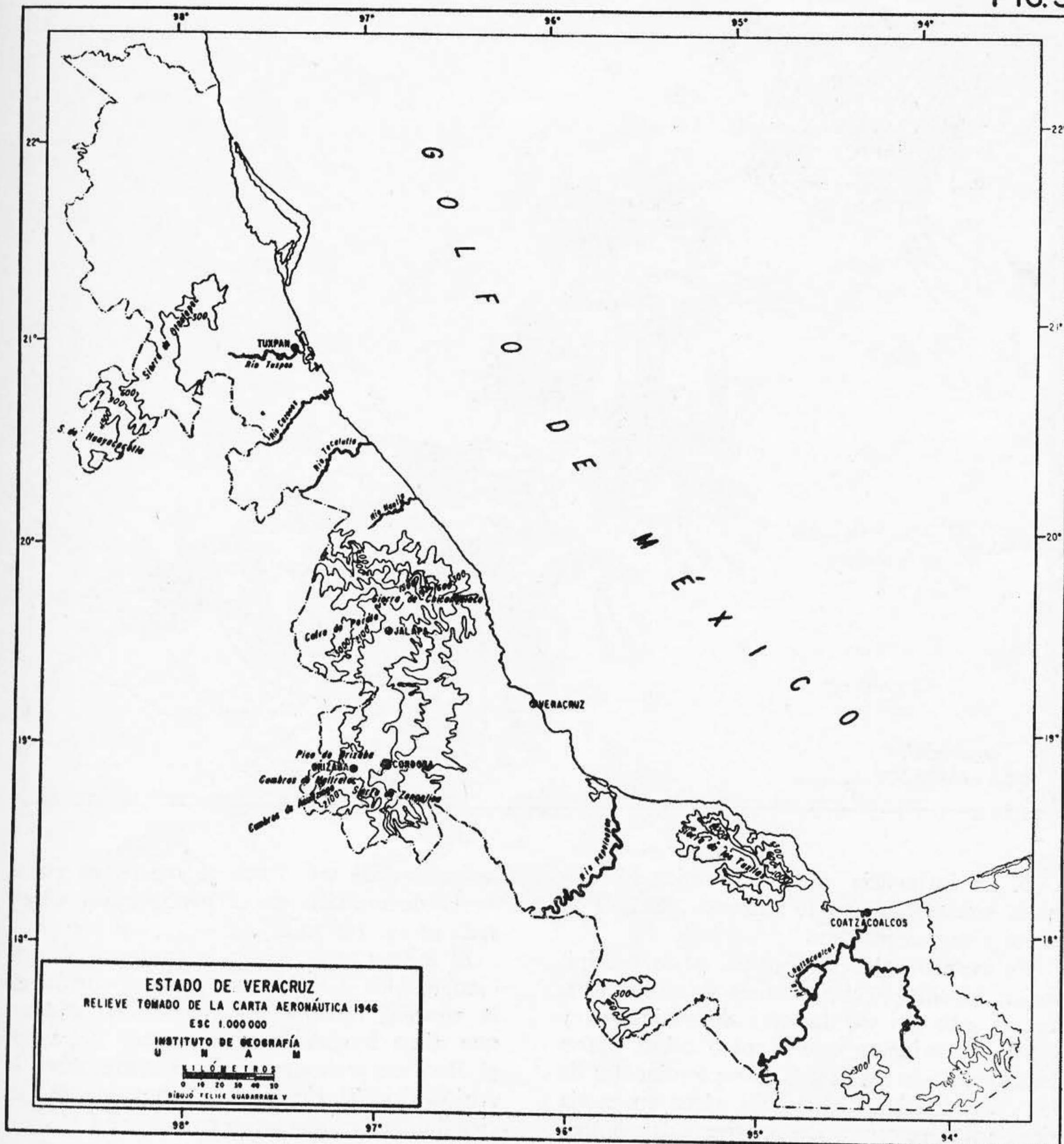
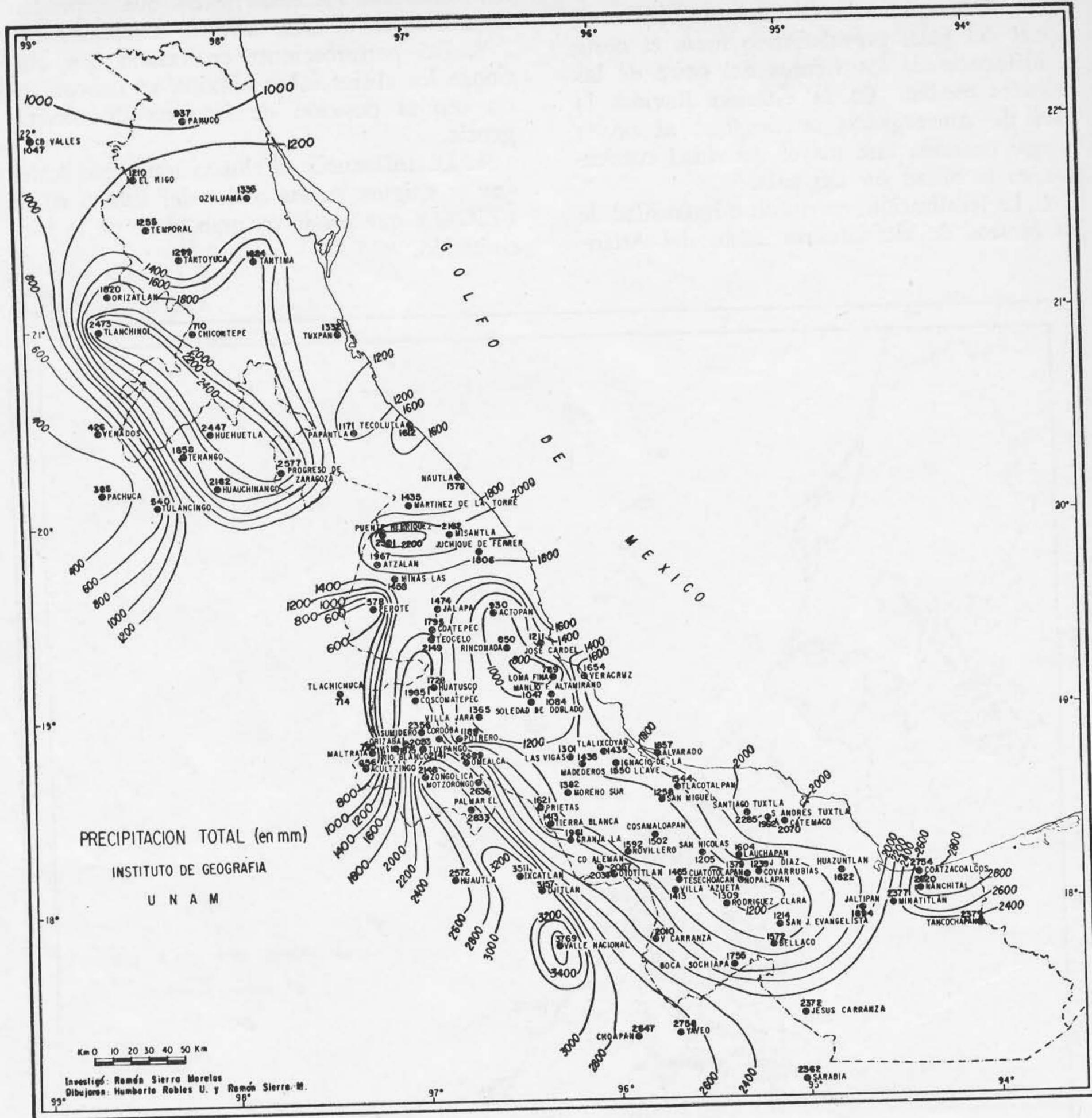


FIG. 4



5. La influencia de las depresiones ciclónicas extratropicales que atraviesan el país de norte a sur en invierno.

En cuanto a la distribución de la precipitación Mosiño (1959), señala que la orografía es uno de los factores determinantes y dice: "es evidente que el paso sobre ciertas localidades, de los rasgos más prominentes de las configuraciones del flujo aéreo en escala sinóptica tales como, frentes, vaguadas, ondas,

etcétera, debe ser causa, al menos en parte, de la distribución de la precipitación observada en sus cercanías".

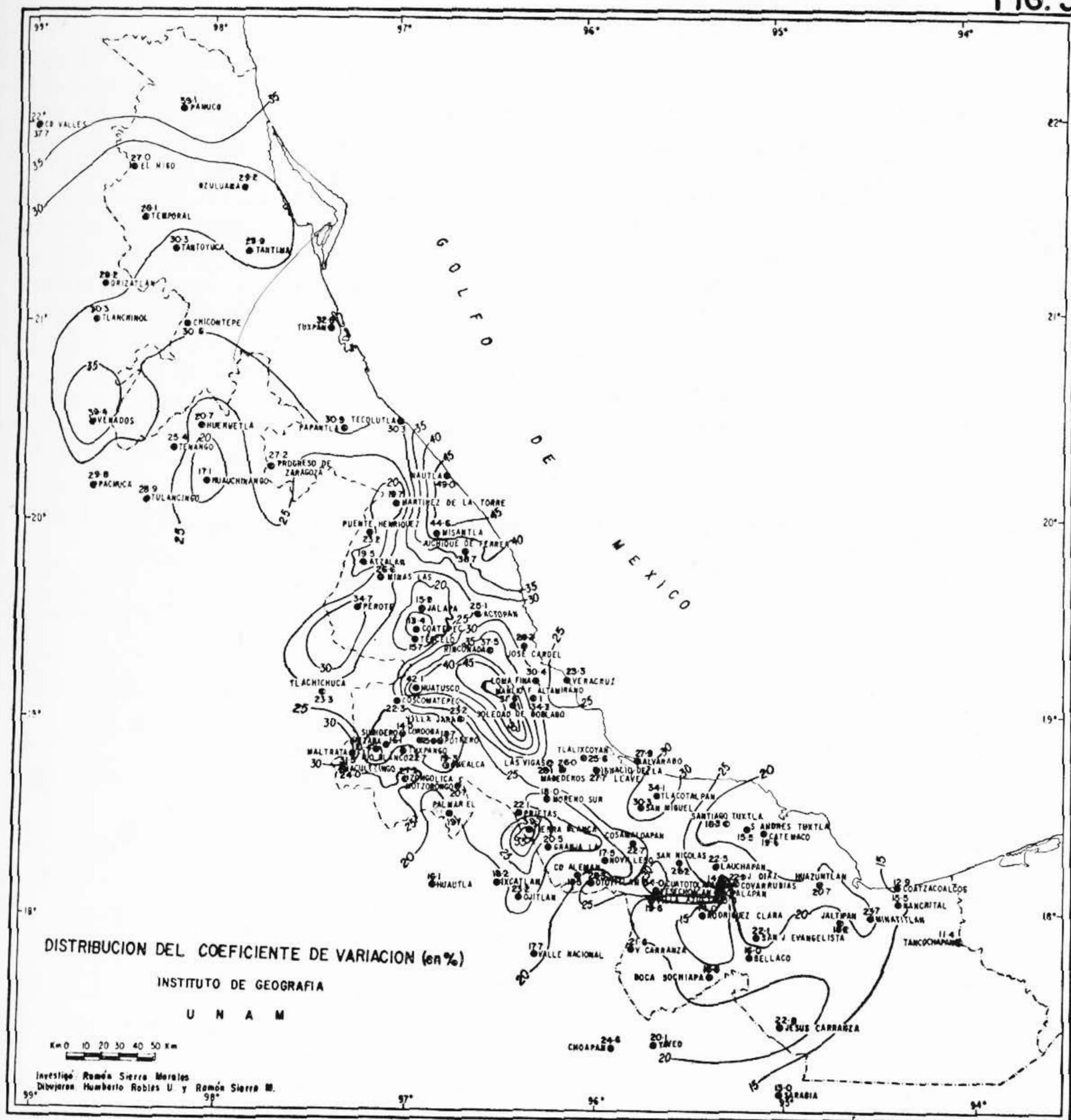
El mismo autor, añade la existencia de una "lengua" de aire húmedo que es común en la estación lluviosa. Sands (1960), sostiene que dicha lengua de aire húmedo entra por el Pacífico y avanza hacia el norte sobre la Altiplanicie Mexicana y la Sierra Madre Occidental hasta internarse en los EE.UU.

La variabilidad y su distribución en el Estado. En la (fig. 5) se muestra la distribución del coeficiente de variación (C.V.) en el área en estudio. Se observa que la variabilidad más alta se encuentra en la porción centro-sur del Estado, al poniente del puerto de Veracruz, en Soledad de Doblado donde el coeficiente de variación asciende a (52%). Los valores elevados se extienden aquí hacia el oeste alcanzando en Huatusco un 42%. Ninguna de las tres estaciones que dan este máximo fue

utilizado por Wallén, quien localizó una zona de valores altos de (C.V), hacia el sur del área mencionada, en la cuenca alta del Papaloapan, cerca del límite con Oaxaca.

En la citada zona se encuentra en nuestro mapa (figura 5), otro máximo del (CV) 39% en los alrededores de Tierra Blanca; el segundo máximo del (CV) que está ubicado en la zona de Nautla a Misantla, donde se observan valores del (CV) de 49 y 45% respectivamente.

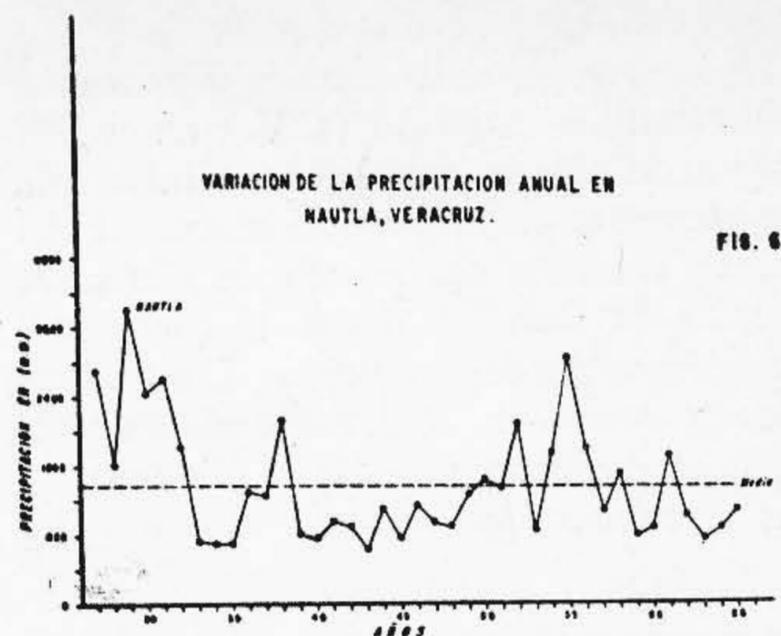
FIG. 5



Las áreas de valores más bajos del (CV) se encuentran en el extremo sur del Estado (15 a 20%). En el tercio norte de la entidad, al norte de Tecolutla el (CV) tiene valores intermedios de (26 a 39%). Si se compara esta figura con el mapa de isoyetas anuales (fig. 4), encontramos que en las tres zonas mencionadas la precipitación anual es abundante (1000-2000 mm). Esto hace ver que con ser lugares lluviosos las fluctuaciones alrededor del promedio se mantienen elevadas debido quizá, por una parte, a las lluvias extraordinarias producidas por los ciclones tropicales u otras perturbaciones y a su carácter errático.

Con objeto de ilustrar la suposición anterior, se graficaron las series de precipitación para las estaciones de Nautla, Misantla, Huatusco y Soledad de Doblado. Nautla, está representada en la (fig. 6), con un periodo de 39 años de observación ininterrumpida, de 1927-1965, destacan tres picos 1929, 1931, 1955. Al investigar la causa de esa anomalía, se revisaron las trayectorias de los ciclones tropicales que tocaron las costas de Veracruz a partir de 1932.

En el cuadro (I), se incluyen los ciclones y tormentas tropicales que tocaron las costas



de Veracruz, para el periodo 1932-1966. La información se tomó del Servicio Meteorológico Mexicano y de la publicación Monthly Weather Review. En el mismo cuadro, aparecen clasificadas las tormentas tropicales (TT), así como los ciclones (CT). Las primeras se caracterizan porque la intensidad de sus vientos, oscila entre 65 y 120 km/h, es decir, es una perturbación que no logró desarrollarse completamente, en cambio, el ciclón adquiere velocidades superiores a 120 km/h y puede causar una verdadera catástrofe a su paso.

Los números romanos del cuadro, indican el orden cronológico de aparición durante la

Cuadro I

CICLONES (C) Y TORMENTAS TROPICALES (T. T.) IMPORTANTES QUE AFECTARON LAS COSTAS DE VERACRUZ DURANTE EL PERIODO 1932-1966 (Monthly Wea. Rev y Servicio Meteorológico)

Número de orden cronológico	Nombre del Ciclón	Clasificación	Fecha y Año
VII	-----	C.	Septiembre 25 Octubre 3 de 1932
IV	-----	C.	19-26 de Octubre de 1935
IX	-----	C.	31 de Agosto 4 de Septiembre de 1935
X	-----	T. T.	28-30 de Agosto de 1936
II	-----	C.	3-5 de Agosto de 1942
IV	-----	C.	16-23 de Agosto de 1944
XIII	-----	C.	19-22 de Septiembre de 1944
IX	Item	C.	8-10 de Octubre de 1950
VII	Gladys	C.	4-6 de Septiembre de 1955
X	Janet	C.	21-29 de Septiembre de 1955
XI	-----	T. T.	10-14 de Octubre de 1955
II	Anna	C.	25-26 de Julio de 1956
V	Dora	T. T.	10-12 de Septiembre de 1956
II	Abby	C.	9-16 de Julio de 1960
VIII	Hallie	C.	20-25 de Septiembre de 1966

temporada, de modo que la primera perturbación (sin nombre) con el número VII, se localizó el 25 de septiembre de 1932 y, la última, fue la tormenta tropical, Hallie, el 20 de septiembre de 1966.

En total 15 perturbaciones ciclónicas tocaron las costas de Veracruz en 34 años.

En septiembre de 1955, una perturbación ciclónica invadió la región; lo anterior indica que en este caso, las excesivas precipitaciones en Nautla (2 835 mm anuales) se debieron a los efectos que produjeron los ciclones Gladys, Hilda y Janet que pasaron cerca de la región (fig. 22). El Janet, fue uno de los huracanes más destructores de la década 1950-1960. Después de un largo recorrido desde su formación al este de la isla de Barbados, el Janet llegó por el Golfo de Campeche y entró entre Veracruz y Nautla. Según información de las oficinas de Weather Bureau, en Nueva Orleans, las inundaciones en el área de Tampico, ocasionaron uno de los más grandes desastres de la naturaleza en lo que va del siglo. La gráfica de la fig. 6 presenta varios máximos de precipitación, además del correspondiente al año de 1955, por ejemplo, 1927, 1929, 1931, 1938 y 1952 que a pesar de haberse registrado más de 2 000 mm no se debieron a la cercanía de ciclones tropicales; es posible, que en estos años se hayan presentado un mayor número de ondas del Este que no aparecen en los registros. En el periodo de 1939-1949 la precipitación en Nautla se mantuvo debajo del promedio. En general se advierte de la gráfica, que las precipitaciones excepcionales originan la alta variabilidad de la lluvia en Nautla.

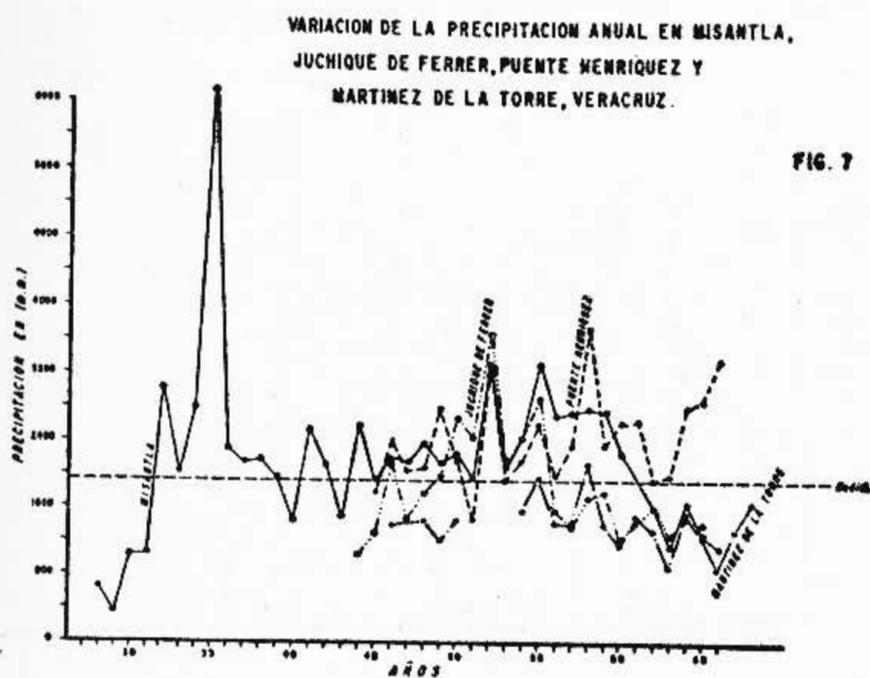


FIG. 7

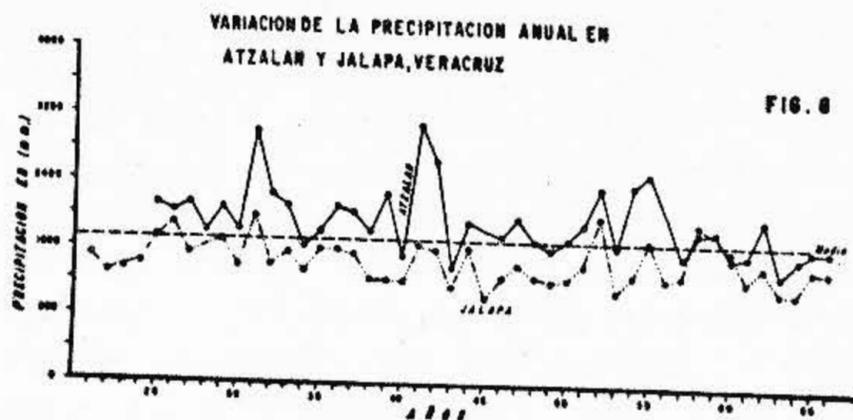


FIG. 8

En la fig. 7 aparece la variación de la lluvia anual en Misantla y otras estaciones cercanas para el periodo 1928 a 1966. La variación anual es muy irregular con respecto a la media; primero las lluvias son de poca monta, pero éstas ascienden alcanzando un máximo en el año de 1935, con 6 568 mm, que representan más de 3 veces del promedio de la lluvia ahí. Para investigar esta anomalía se examinaron algunas estaciones. Sólo se pudieron obtener datos de: Atzacán y Jalapa (figura 8), pero en ambas se observa que en 1935, la altura de la lluvia aumentó sólo ligeramente con relación al año anterior, con lo cual, no pudo averiguarse en esta forma la veracidad del dato de lluvia excepcional en Misantla. Sin embargo, al recurrir a los datos de precipitación diaria de Misantla para el mes de septiembre, en que se presentó un ciclón tropical en las cercanías (tabla I), se encontró (fig. 9) que la lluvia excepcional del 10 de septiembre se pudo atribuir al efecto de la perturbación; no así las lluvias abundantes de los días 21 y 29 que ascendieron también a más de 120 mm.

VARIACION DE LA PRECIPITACION DIARIA DEL MES DE SEPTIEMBRE DE 1935, MISANTLA, VER.

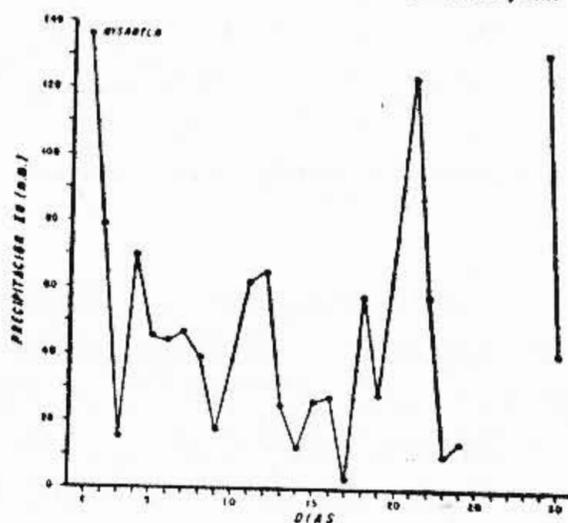
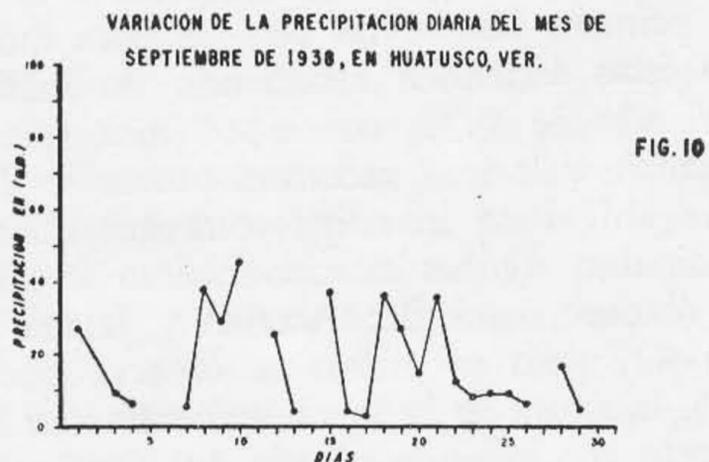


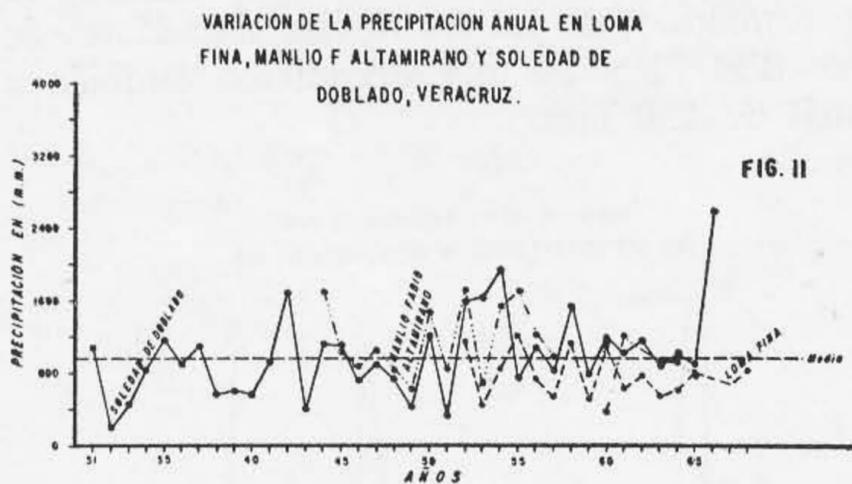
FIG. 9

Huatusco es otra de las estaciones que acusa un (CV) elevado. Por esta razón se intentó buscar el origen de esta anomalía en las llu-

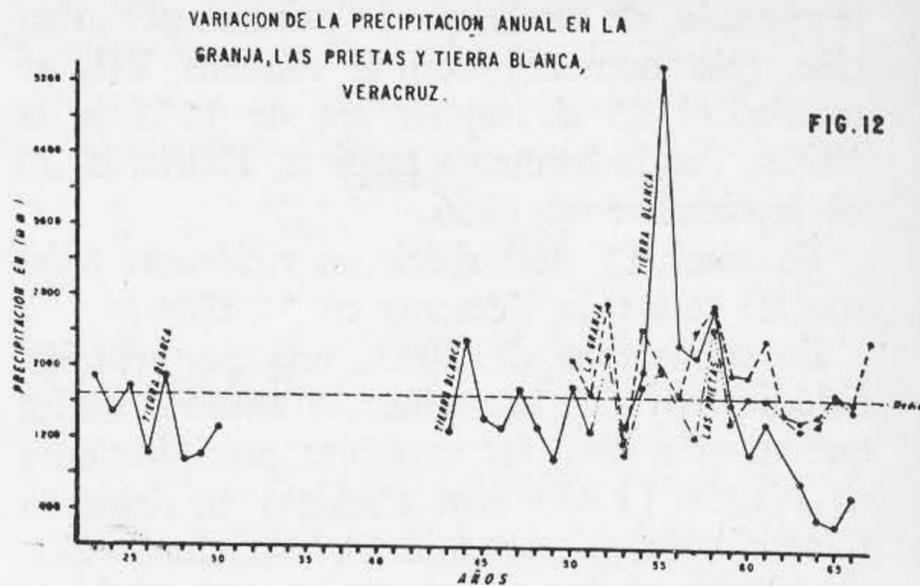
vias excepcionales producidas por alguna perturbación. En efecto al examinar los datos diarios (fig. 10), se comprueba que la estación experimentó los efectos de la perturbación ciclónica del 10 al 13 de septiembre, registrando una precipitación de 436 mm en dicho mes; sin embargo, mayo fue el mes más lluvioso, registró 794 mm. Como no se encontrara la razón que justificara la lluvia en ese mes, se optó por eliminar los datos de 1938, pues 4 175 mm, pareció ser una cantidad muy exagerada.



La estación de Soledad de Doblado acusa también un (CV) elevado (52%). La (figura 11), muestra la variación de la lluvia anual en la estación y otras cercanas; aquí mismo se observa un máximo (1 600 mm en 1966) y un mínimo (191 mm en 1932).

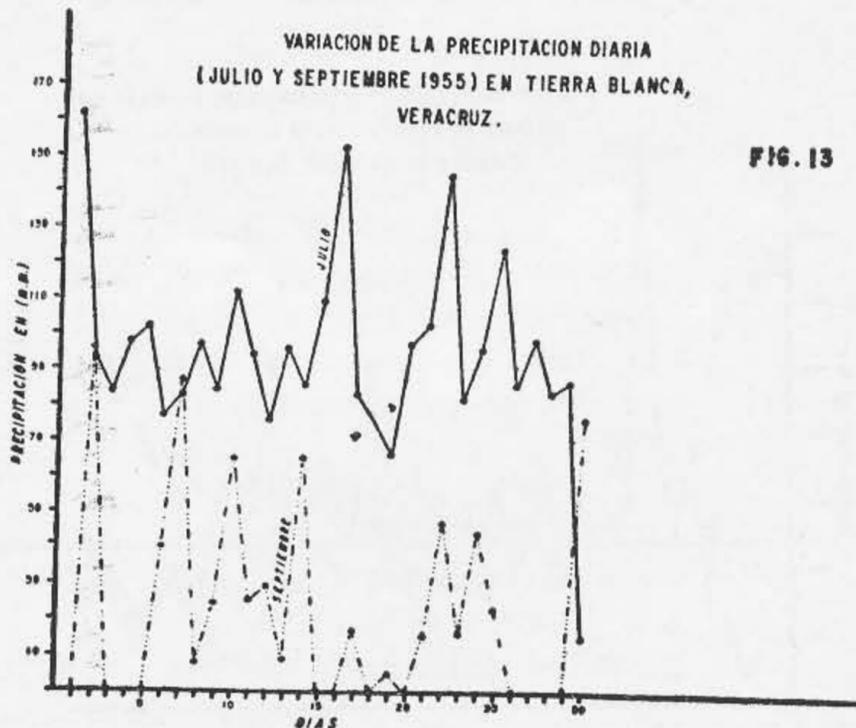


Al examinar la frecuencia de ciclones en esa área se encontró que, sólo un ciclón tocó las costas de Veracruz en (1966), el Hallie, del 20 al 21 de septiembre, al que se atribuye la alta precipitación en ese año; en 1932 otra perturbación ciclónica azotó las costas del estado; empero el dato de lluvia anual revela que la estación no fue afectada por el meteoro durante esa temporada.



Tierra Blanca es otra estación con un (CV) alto (40%). Al examinar la variación de la lluvia anual en esta estación y otras cercanas (fig. 12), se observa que hay bastante similitud en los datos de lluvia anual, excepto para los años 1955 y 1965 que muestran anomalías demasiado exageradas. Para explicar las abundantes precipitaciones registradas en 1955, se elaboraron gráficas con datos de lluvia diaria del mes más lluvioso (julio) y el mes en que se presentó el ciclón tropical (septiembre, fig. 13). Aquí se observa que mientras en julio la precipitación fue muy abundante sin que se pudiera atribuir a algún ciclón tropical, la lluvia que acarrearón los ciclones de septiembre de ese año fue, contradictoriamente mucho muy inferior en esta región. Sin embargo, las mismas perturbaciones ocasionaron lluvias excepcionales en septiembre con respecto a las de julio.

En el (cuadro II), se observa que el mes más lluvioso es septiembre y no julio, lo cual



señala que Tierra Blanca, quedó quizá fuera de la influencia de dichas perturbaciones. Por otra parte se decidió probar si una elevada precipitación, corresponde un (CV) relativamente bajo (cuadro III). Los resultados indican que las lluvias invernales (nortes) son mucho más variables, que las de la estación húmeda. Esto era de esperarse puesto que las precipitaciones invernales son menos copiosas. Por otra parte se advierte también, en el mismo cuadro III que en las lluvias de junio-noviembre el (CV) es comparativamente bajo cuando la lluvia es alta, excepto en estaciones como Tierra Blanca, Misantla, Soledad de Doblado y Pánuco que aunque tienen un promedio de lluvia alto, aparecen con un (CV) grande.

Cuadro II  
PRECIPITACIÓN MENSUAL DE JULIO  
Y SEPTIEMBRE (en 1955),  
PARA LAS ESTACIONES DE TANTIMA,  
TANTOYUCA Y MISANTLA

<i>Estación</i>	<i>Mes</i>	<i>Luvia en mm</i>
Tantima	Julio	422.5
	Septiembre	1 558.5
Tantoyuca	Julio	416.5
	Septiembre	1 557.5
Misantla	Julio	534.0
	Septiembre	900.0

Cuadro III

DESVIACIÓN STANDARD, COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y PRECIPITACIÓN  
PARA INVIERNO (Dic. a Mayo) Y VERANO (Junio a Nov.)

<i>Estación</i>	<i>Invierno</i>			<i>Verano</i>		
	<i>Desviación Standard (mm)</i>	<i>Coficiente de Variación (C. V. en %)</i>	<i>Precipitación (en mm)</i>	<i>Desviación Standard (mm)</i>	<i>Coficiente de Variación (C. V. en %)</i>	<i>Precipitación (en mm)</i>
1. Alvarado (Ver.)	130.6	44.9	290.4	514.7	32.8	1 568.7
2. Coatzacoalcos (Ver.)	248.1	31.7	783.3	346.0	17.8	1 943.6
3. Córdoba (Ver.)	87.4	29.0	301.3	338.9	18.1	1 867.6
4. Choapan (Oax.)	206.3	43.7	471.8	514.0	23.2	2 220.0
5. Jalapa (Ver.)	76.4	24.2	315.6	205.7	17.7	1 162.7
6. Jesús Carranza (Ver.)	205.8	51.1	402.6	468.7	23.6	1 983.7
7. Juan Días Covarrubias (Ver.)	112.9	60.0	188.3	231.7	22.1	1 049.6
8. Minatitlán (Ver.)	314.8	51.9	607.0	471.9	26.5	1 779.6
9. Misantla (Ver.)	364.3	44.9	811.6	681.3	49.8	1 369.5
10. Orizaba (Ver.)	93.6	34.3	273.3	347.4	19.3	1 083.8
11. Orizatlán (Ver.)	166.7	37.9	439.7	507.8	39.4	1 289.2
12. Ozulúama (Ver.)	115.8	49.1	235.8	384.3	35.5	1 081.5
13. Otatitlán (Ver.)	110.2	39.3	280.0	519.0	29.4	1 766.9
14. Pachuca (Hgo.)	42.4	57.0	74.3	96.7	31.7	305.5
15. Pánuco (Ver.)	61.9	42.9	144.3	365.6	47.6	767.9
16. Papantla (Ver.)	109.7	34.5	318.5	342.1	40.5	845.5
17. San Andrés Tuxtla (Ver.)	151.7	44.9	337.4	319.7	19.4	1 644.4
18. Soledad de Doblado (Ver.)	50.6	61.0	82.9	359.3	41.7	861.7
19. Tierra Blanca (Ver.)	95.2	66.2	143.8	573.4	43.2	1 328.5
20. Tlacotalpan (Ver.)	101.5	36.9	275.0	469.5	38.5	1 220.0
21. Tuxpan	166.6	58.0	287.1	406.6	39.2	1 036.2
22. Valle Nacional (Oax.)	190.3	28.7	663.6	641.1	20.4	3 142.3
23. Venustiano Carranza (Ver.)	92.2	31.2	296.1	464.2	27.3	1 703.0
24. Veracruz (Ver.)	94.0	55.4	169.8	393.2	26.3	1 493.6

Durante el periodo 1901-1959 Jáuregui (1967) señala que de 96 ciclones que afectaron las costas del Golfo de México, sólo un 16% es decir, 15 ciclones tocaron las costas de Veracruz. Este porcentaje es bajo relativamente comparado con la Península de Yucatán y el Estado de Tamaulipas, 46 y 34% respectivamente.

En las figuras 14 y 15 se muestra la distribución del (CV) para la estación invernal

y la lluviosa; esta no varía fundamentalmente de la que tiene el (CV) de la lluvia anual lo que indica que la estación lluviosa determina la variabilidad de todo el año. Los valores altos de variabilidad invernal se localizan en distintas regiones. Díaz Covarrubias, Soledad de Doblado, Tierra Blanca y Tuxpan (con más de 55%). En general, las cuatro estaciones mencionadas, son lugares que por localizarse en llanura costera del Golfo de México,

FIG.14

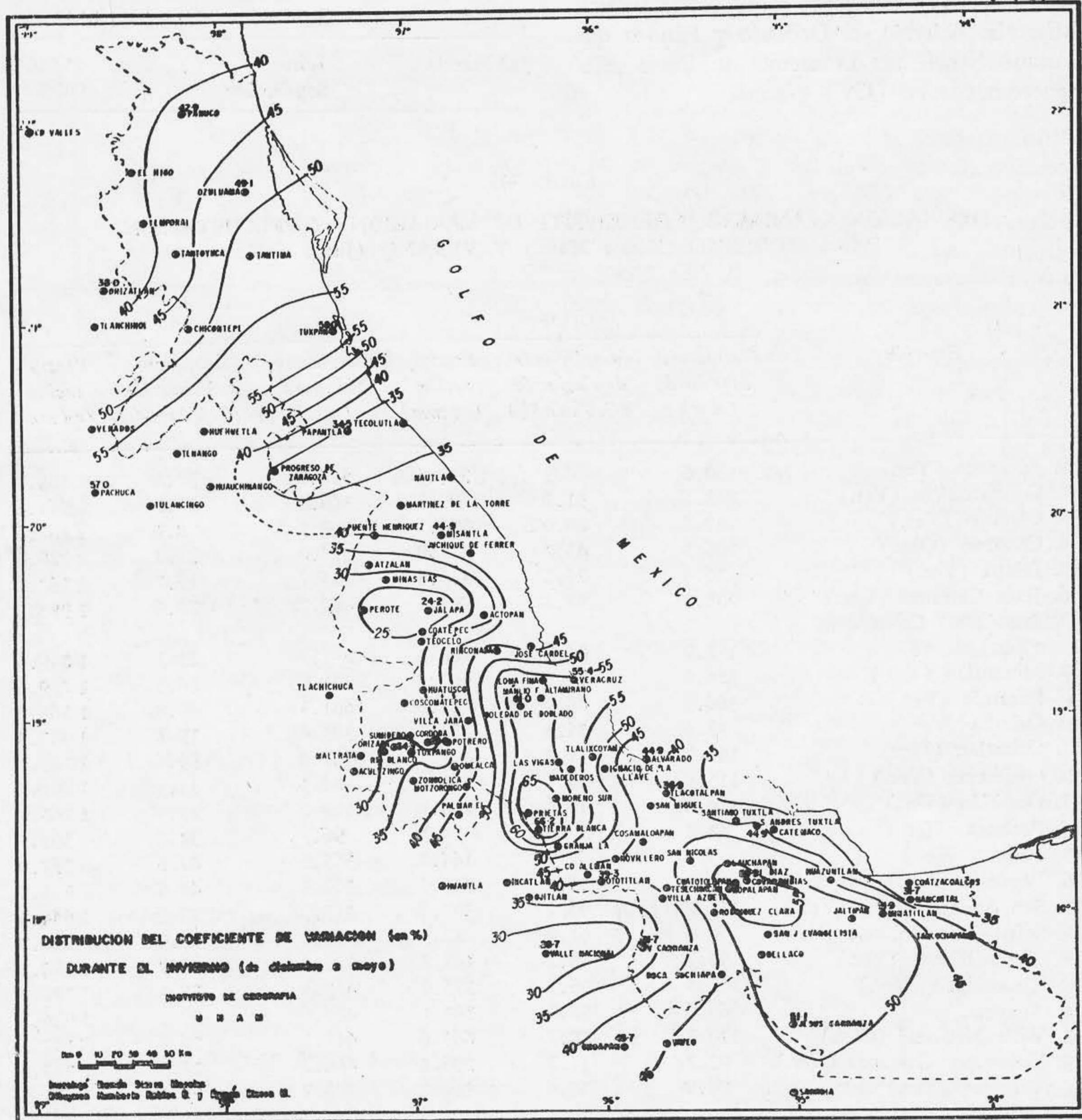
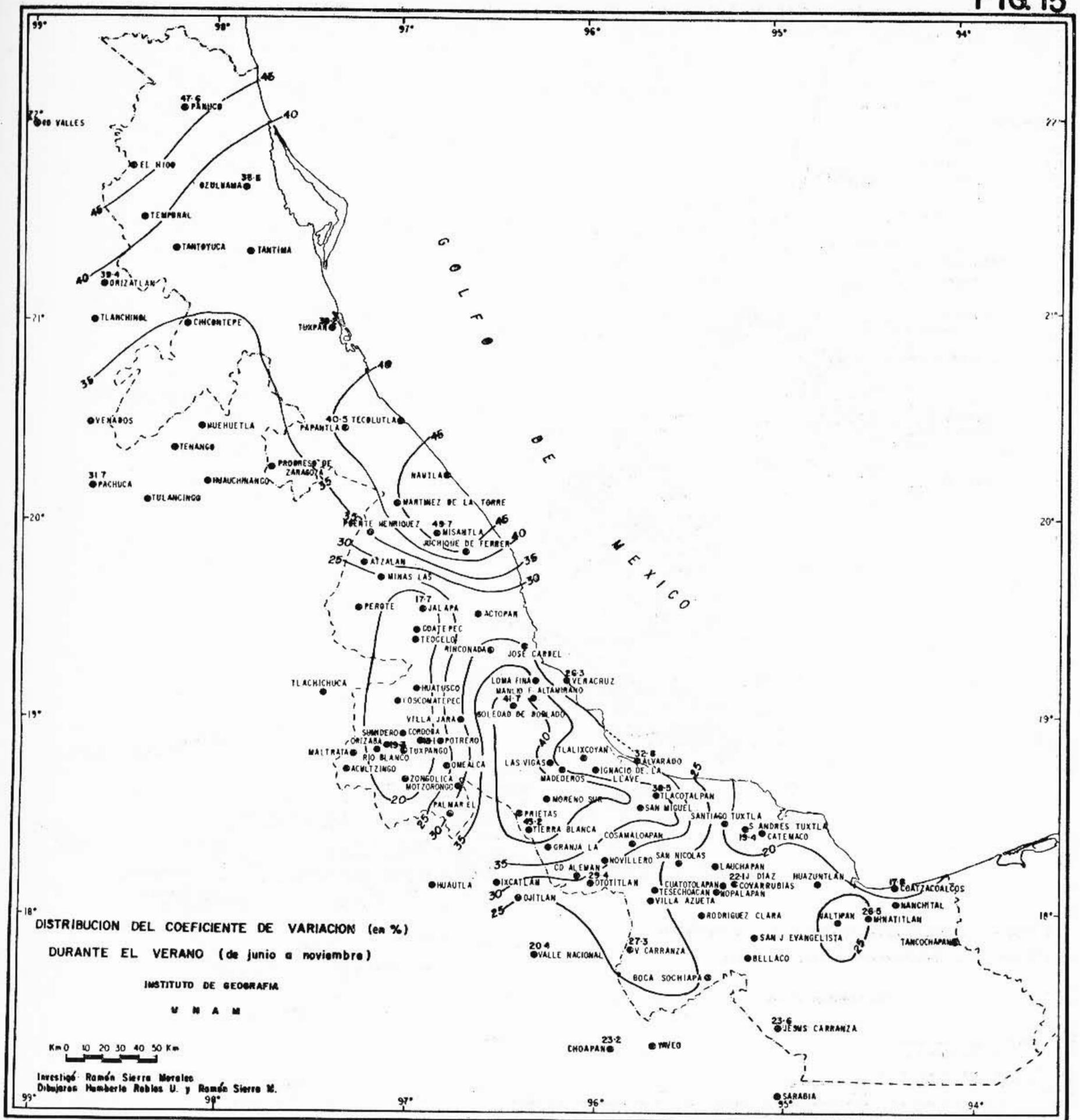


FIG. 15



quedan expuestas a las influencias de los nortes que afectan las costas de Veracruz durante la temporada.

El mapa de la figura 15 representa la distribución geográfica del coeficiente de variación en verano. Las zonas de alta variabilidad de norte a sur, son: Pánuco, Misantla, Soledad de Doblado y Tierra Blanca. Estas últimas estaciones aparecen con valores altos de variabilidad en invierno.

En la figura 17 se muestra un área de anomalías positivas a barlovento de la Sierra de Chicoquiaco. Esto pone de manifiesto que las abundantes precipitaciones de la región fueron ocasionadas por el paso de la perturbación ciclónica de agosto 31 a septiembre 4 de 1935.

La figura 19 muestra una amplia zona con anomalías positivas cuyo máximo valor aparece en Ototitlán con 1 813 mm de lluvia. En general se observa que para 1942, la mayor

FIG.16



parte del Estado registró abundantes lluvias que se atribuyen al ciclón acaecido en agosto del mismo año, excepto pequeñas áreas aisladas que tienen escasa precipitación debido quizá, a que la perturbación mencionada no las afectó.

El mapa de la figura 23, tiene varias zonas de anomalías positivas en contraste con áreas de anomalías negativas, esto obedece a la abun-

dancia o escasez de las lluvias respectivamente, éstas a su vez dependen de la frecuencia e intensidad de las perturbaciones atmosféricas para un año determinado.

En la misma figura se señala aproximadamente la trayectoria de los ciclones Anna y Dora que tocaron la parte norte de Veracruz en julio y septiembre de 1956 respectivamente. En general se observa, que los más altos

valores positivos se localizan al norte del Estado debido probablemente a la influencia de los mencionados ciclones.

En las figuras de la 16 a la 25 aparecen las anomalías de la precipitación y trayectorias aproximadas de las perturbaciones ciclónicas en años en que afectaron el área en estudio. En general, los mapas de anomalías anuales de precipitación muestran que las áreas que aparecen con lluvias excedentes coinciden con el paso de una perturbación ciclónica. Esto pone de manifiesto que las precipitaciones elevadas registradas en la zona fueron producto

de los efectos ocasionados por la mencionada perturbación tropical. Estudios más detallados de ese fenómeno, serían de valiosa utilidad.

#### IV. COMPARACIONES Y RELACIONES DE LA VARIABILIDAD

En el cuadro IV, se incluyen las estaciones que Wallén (1925), seleccionó en su estudio para el Estado de Veracruz; utilizó nueve estaciones pluviométricas que coinciden con algunas de las que se incluyen en el presente trabajo. Al comparar con las calculadas por el

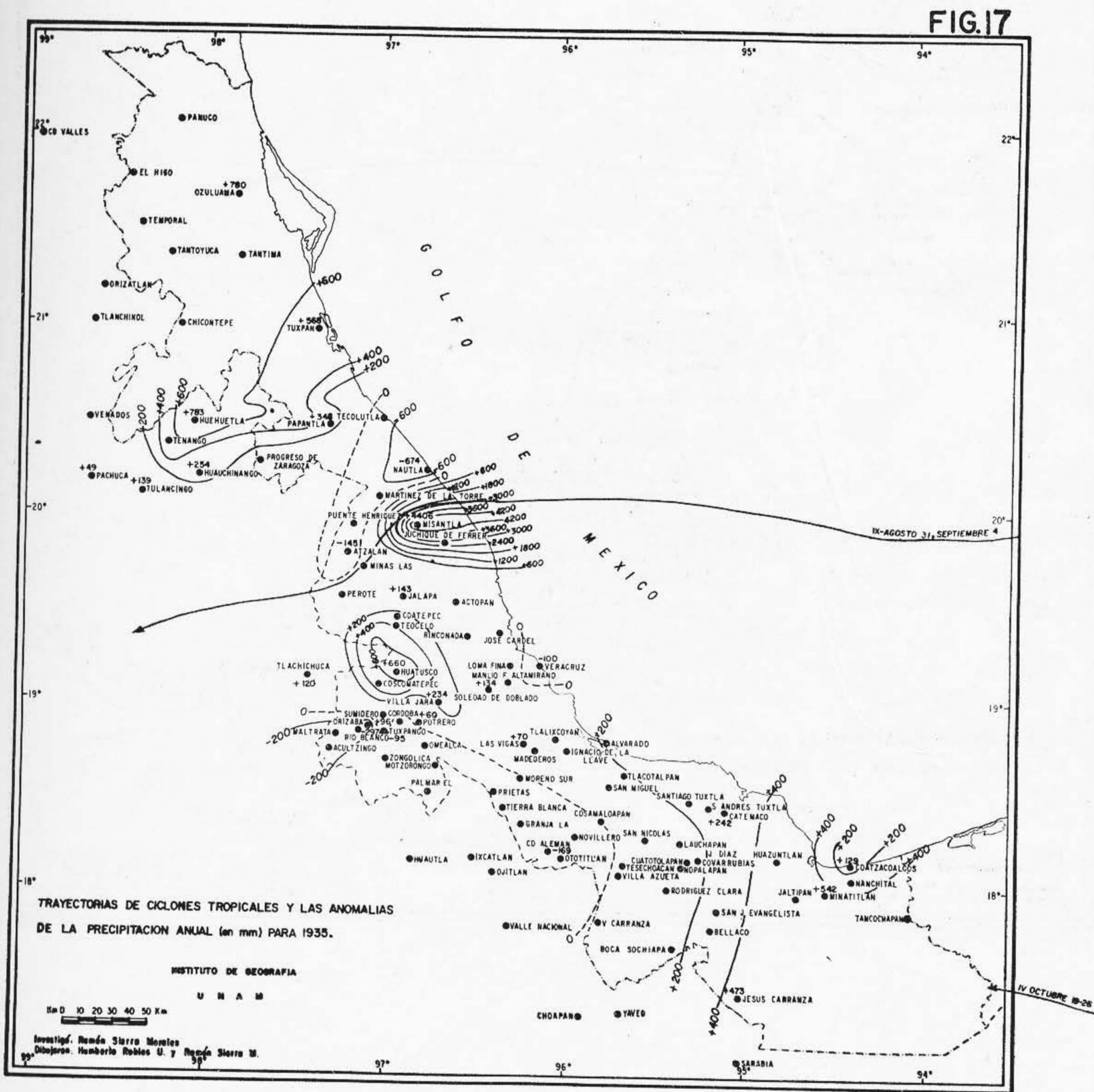


FIG. 18

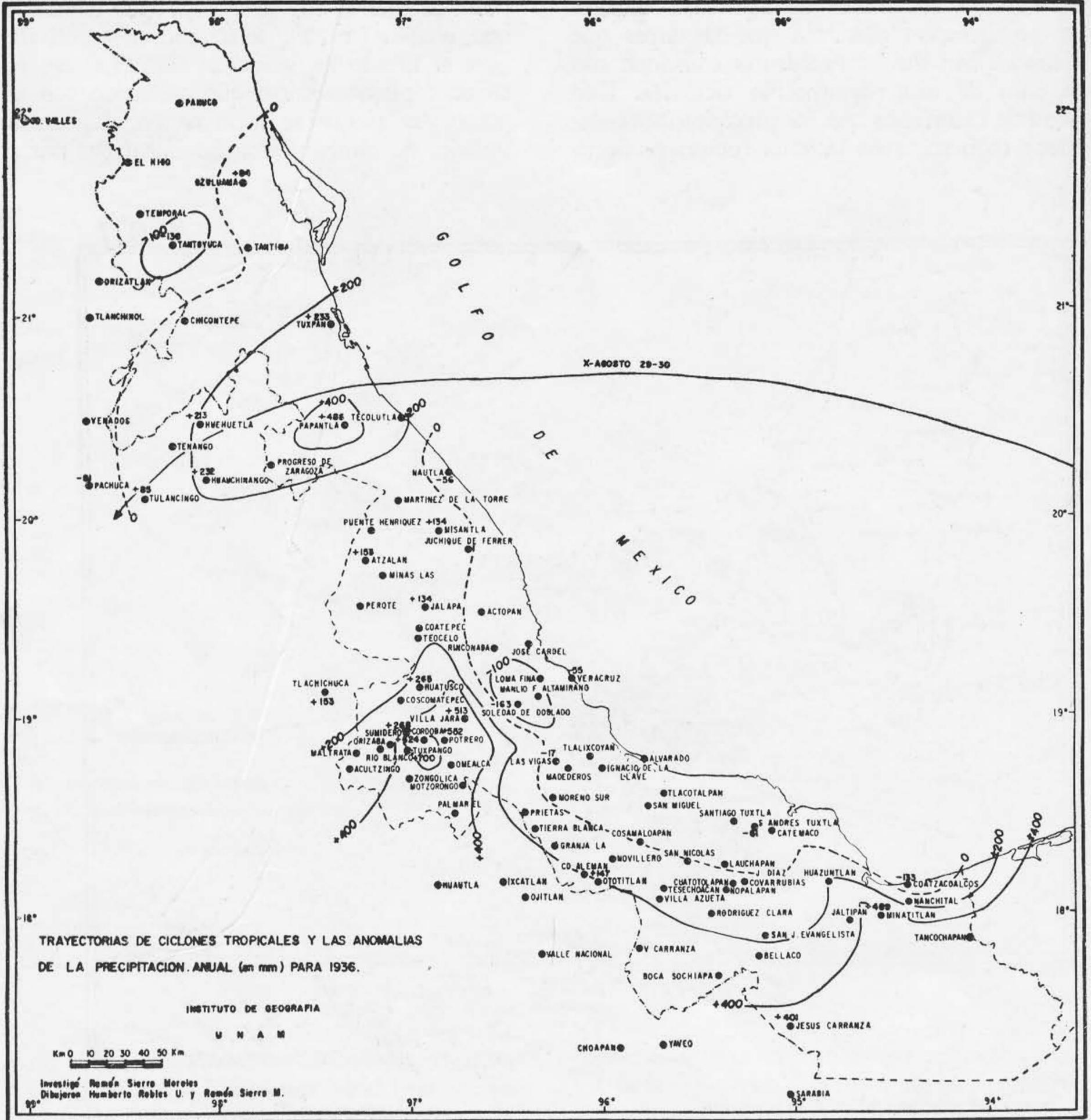


FIG.19

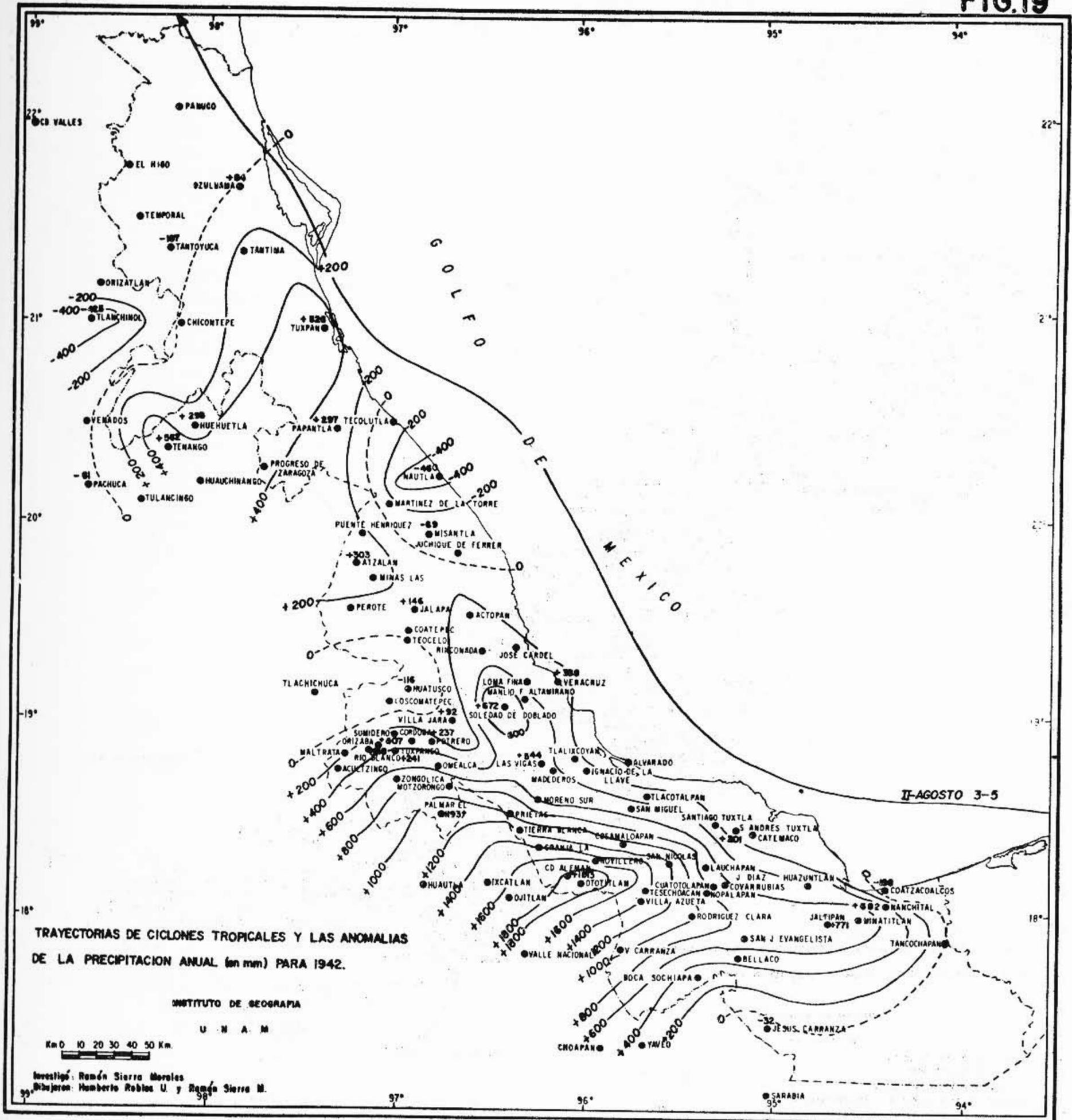


FIG. 20

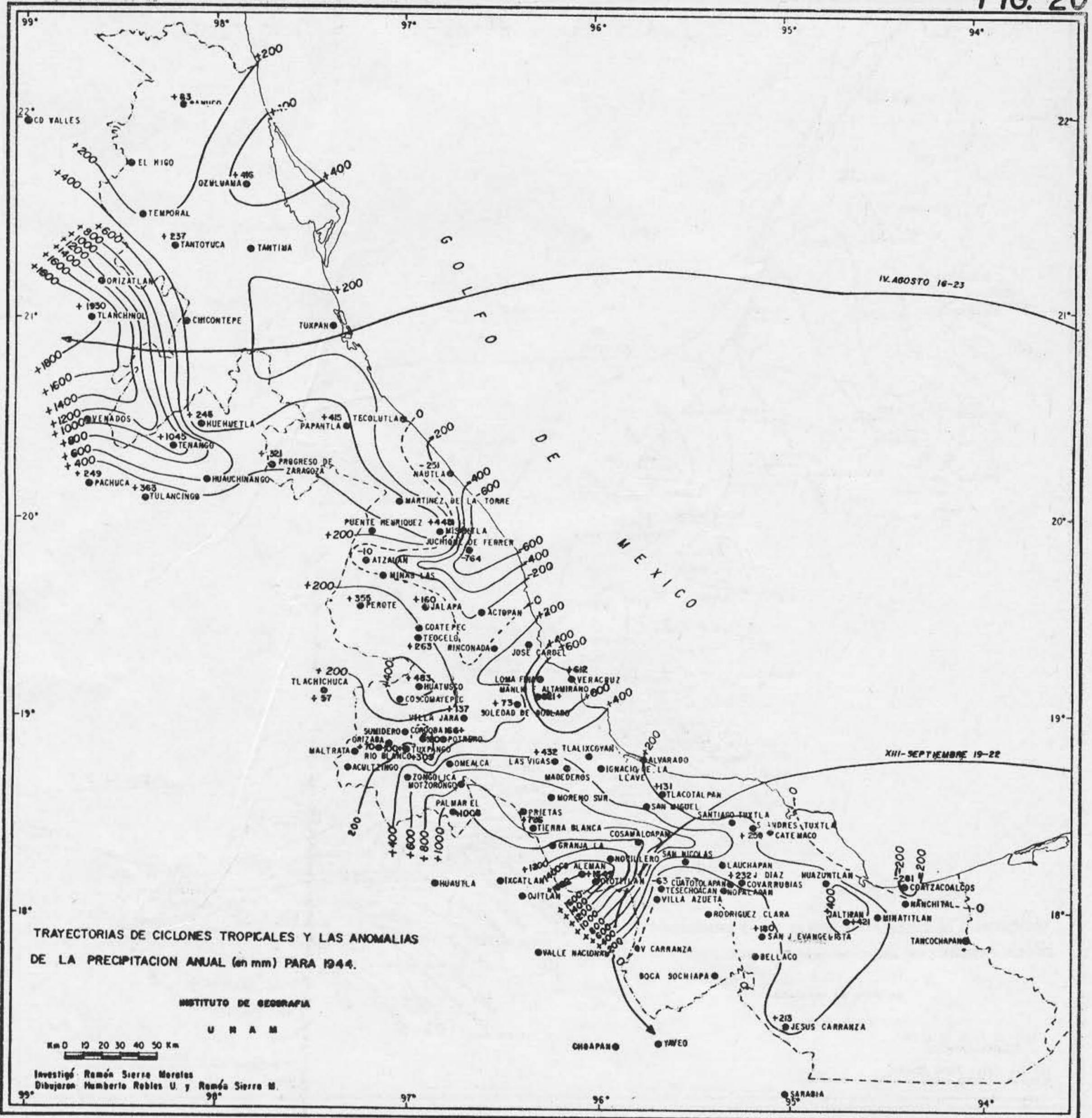


FIG. 21

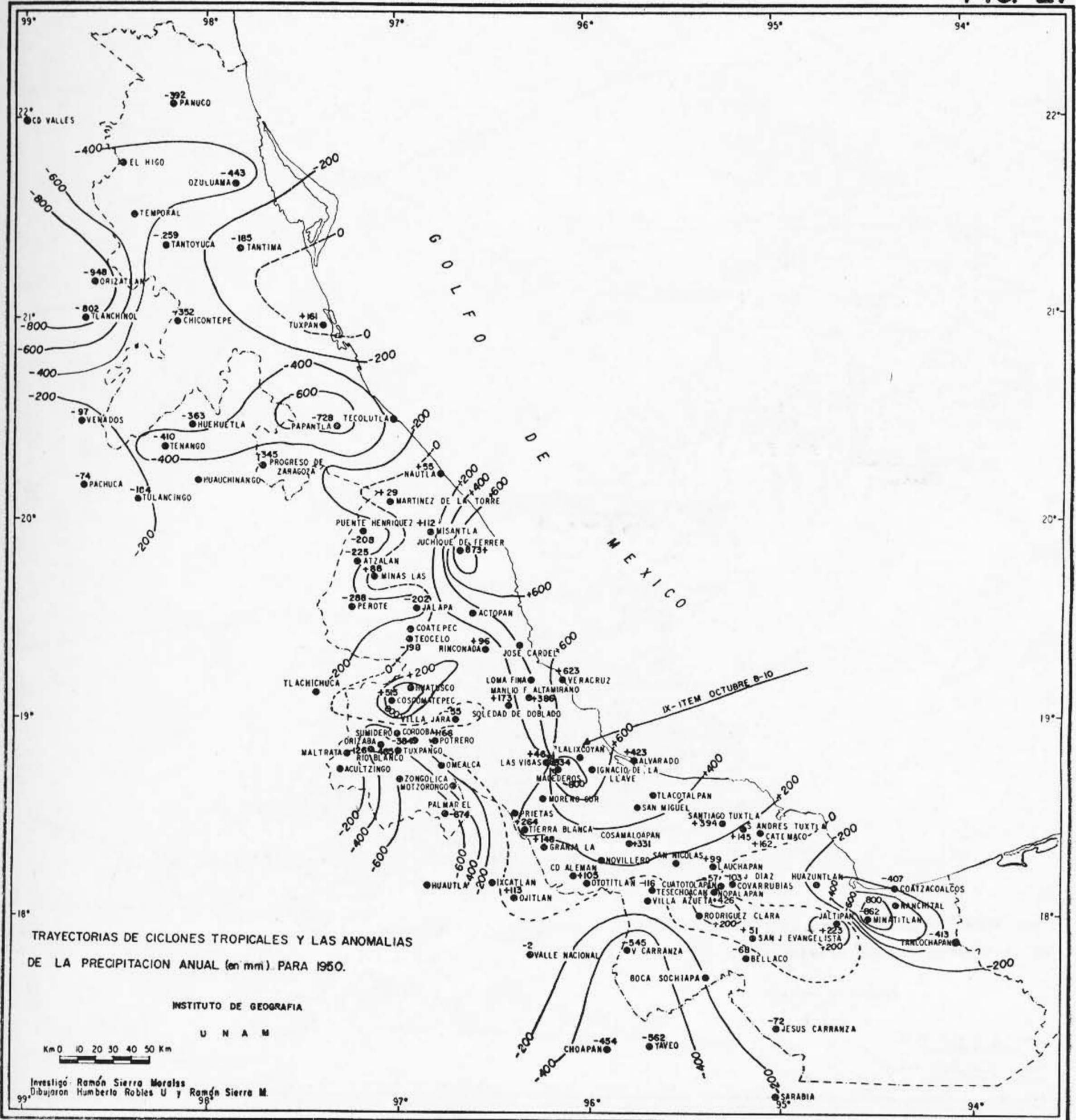


FIG. 22



FIG. 23

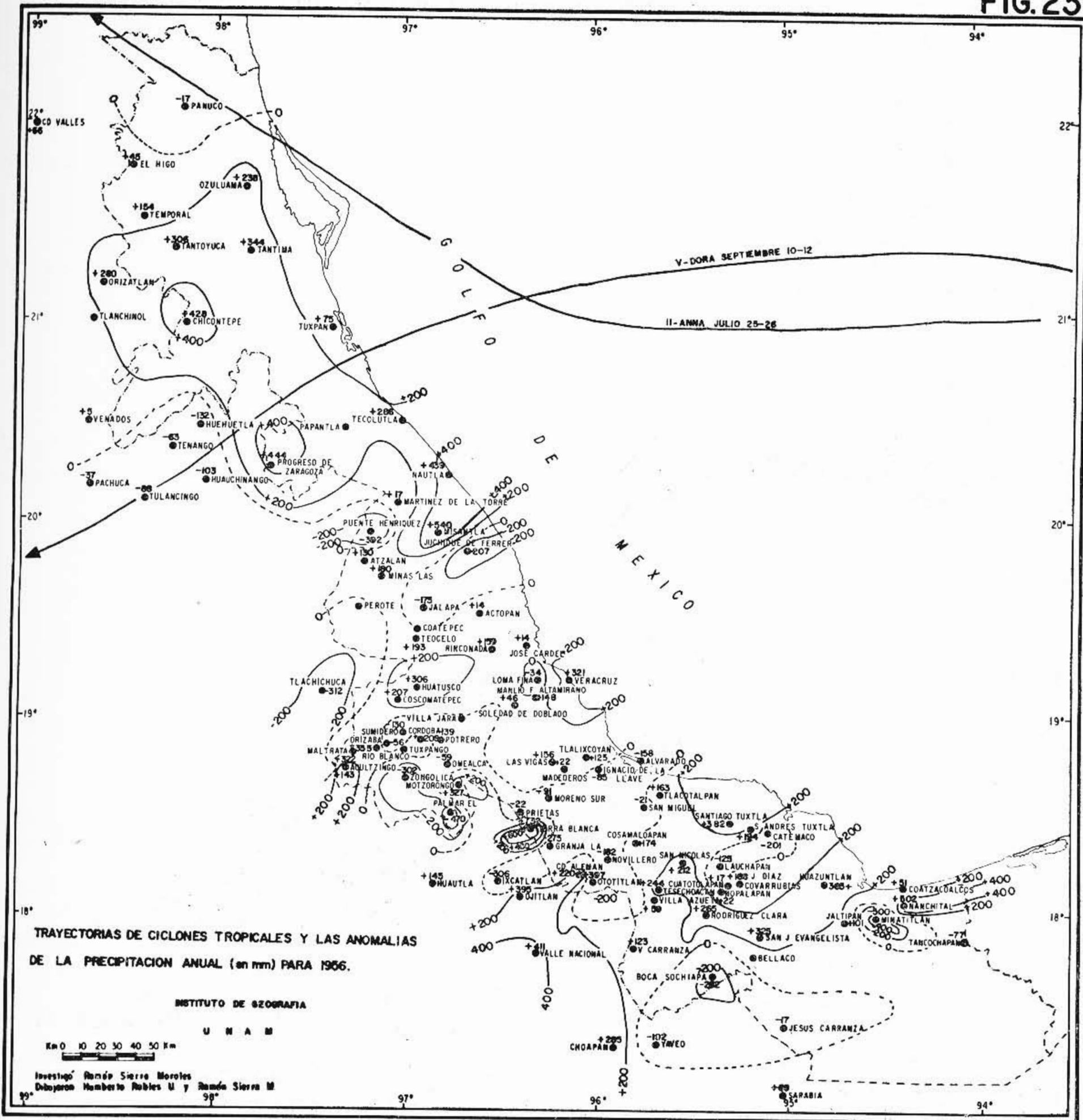


FIG. 24

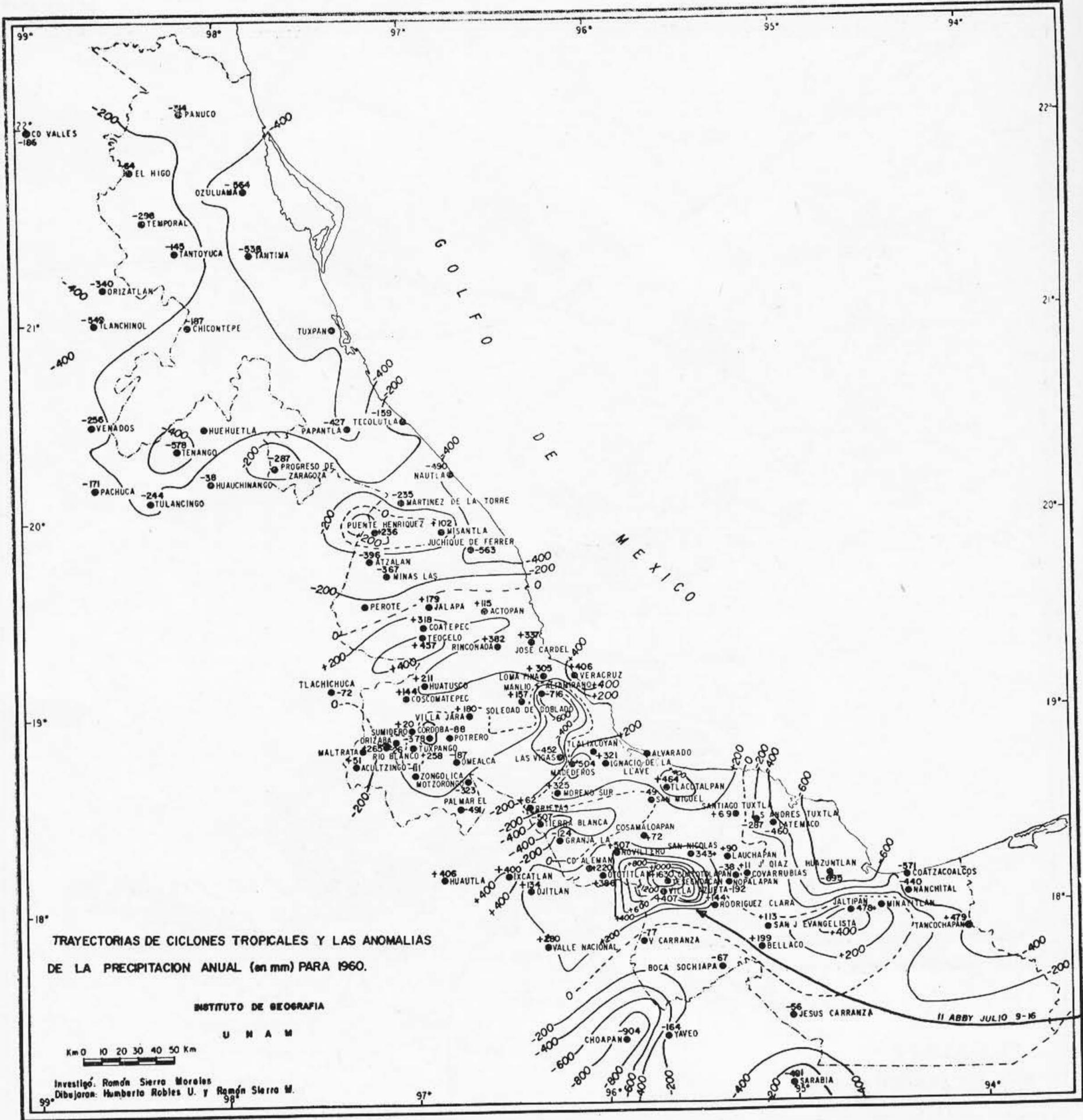
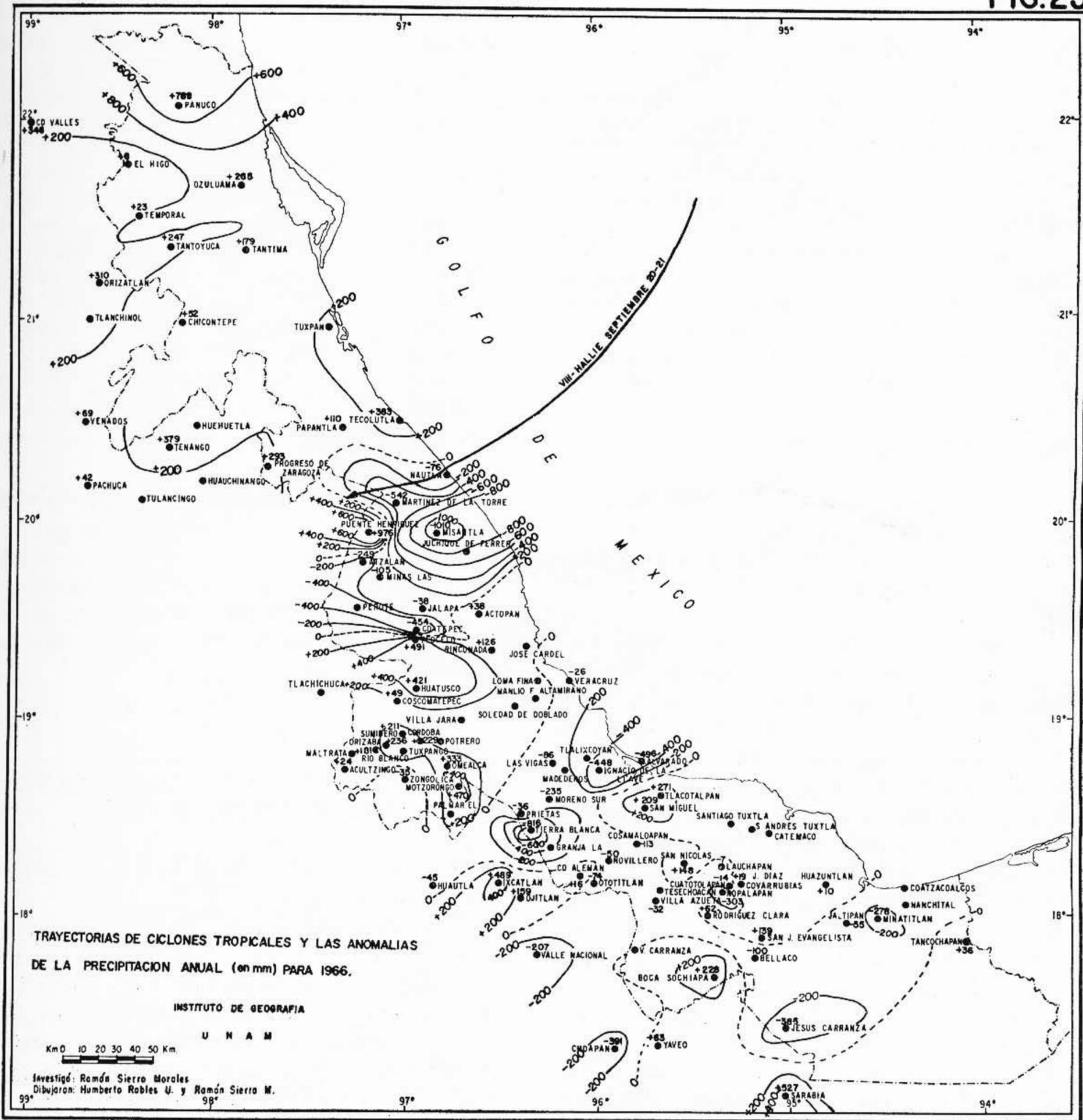


FIG.25



ESTADO DE VERACRUZ COMPARACIÓN CON EL C. V. OBTENIDO  
POR Wallén (1955) Y EL CALCULADO POR EL AUTOR

Estaciones	Periodo de años de observación Wallén 1955	Periodo de años de observación	Precipitación	Precipitación	C. V.	C. V.
			media anual en mm Wallén 1955	media anual en mm	Coeficiente de Variación en % 1955 Wallén	Coeficiente de Variación en % Variación
Alvarado	1924-32	1924-32 1946-68	2 321.9	1 856.9	19.5	27.9
Córdoba	1919-53	1921-1968	2 199.7	2 180.3	17.2	15.8
Cosamaloapan	1940-53	1950-1968	1 445.6	1 501.5	26.5	22.1
Jalapa	1919-53	1921-1968	1 519.1	1 473.6	17.4	15.9
Orizaba	1919-53	1921-1968	2 022.7	2 083.4	13.3	16.1
Otatitlán	1934-53	1934-1966	1 996.6	2 066.9	29.9	28.3
San Andrés Tuxtla	1926-53	1926-1960	2 011.2	1 991.9	14.2	15.5
Venustiano Carranza	1926-53	1926-1960	2 017.9	2 010.1	19.4	21.6
Veracruz	1919-53		1 589.8	1 654.1	24.3	23.3

autor, se observa que la diferencia de los datos obtenidos es muy pequeña (excepto en Alvarado) a pesar de que, Wallén en su estudio, consideró un periodo más corto de años de observación.

La distribución del (CV) en Veracruz es como puede verse, muy complejo. En algunas partes la variabilidad es baja y la lluvia suficiente para la agricultura. En otros lugares, la alta variabilidad se relaciona con precipitaciones abundantes, es decir, que en ciertos casos, la precipitación es suficiente para compensar una alta variabilidad, en consecuencia, los cultivos no son perjudicados, no obstante, pueden con frecuencia ser afectados por inundaciones en años excesivamente lluviosos.

Al intentar una correlación entre la precipitación anual y el (CV) de las 98 estaciones se encontró que, si bien en algunos casos (como Valle Nacional e Ixcatlán) cuando la precipitación es alta corresponde un (CV) bajo, en otros (como Tulancingo y Acultzingo) a una precipitación baja les correspondió un (CV) comparativamente bajo. Al calcular el coeficiente de correlación entre estas dos variables para todas las estaciones se encontró que éste fue de  $-0.48$ ; lo que indica que para las estaciones de Veracruz, no existe una correlación significativa entre la precipitación

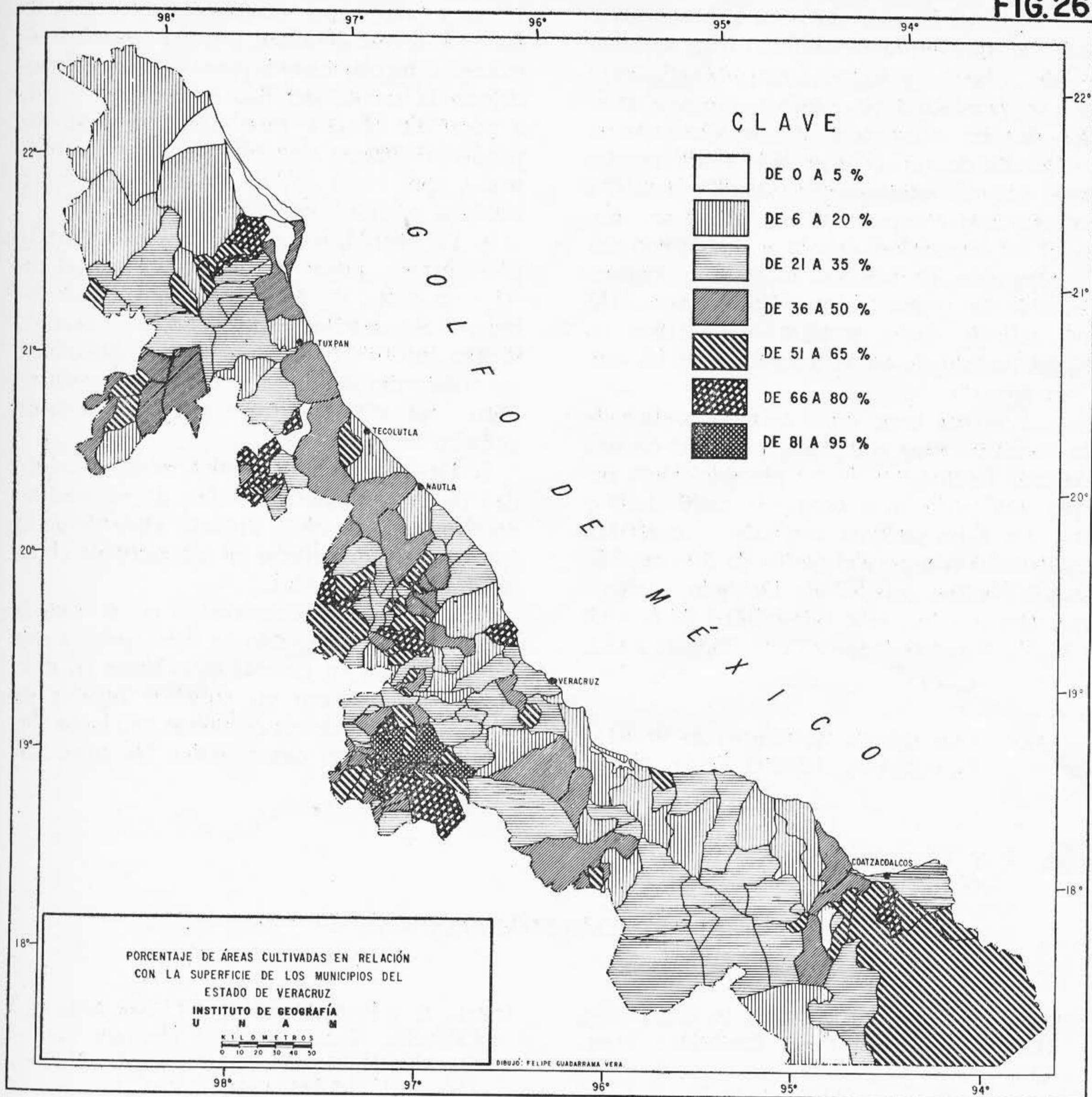
y el (CV) correspondiente. Esto significa en otras palabras, que no hay una estrecha relación funcional entre las variables, sin embargo, hay una tendencia. Como la correlación es negativa el signo negativo implica que al aumentar la precipitación disminuye el coeficiente de variabilidad.

#### LA VARIABILIDAD DE LA LLUVIA Y LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA

¿Qué relación guarda el (CV) con la productividad agrícola?

Para responder a esta pregunta se trazó el mapa de la (fig. 26), que muestra la distribución de la densidad de áreas cultivadas. Se desprende, en general, que las zonas que aparecen con valores elevados de variabilidad tienen áreas cultivadas que oscilan entre el 5 y el 50%; en cambio, las regiones de menor coeficiente de variación (de 20 a 30%) resultan ser las áreas más densamente cultivadas, de 50 a 95%; no obstante, existen algunos municipios: Tomalín, Tantima, Citlaltépec, Ixcatepec, Zontecomatlán, Texcatepec, Ursulo Galván, Coatepec, etcétera, que no se apegan a lo establecido anteriormente, quizá esto se

FIG. 26



deba a que la agricultura no sólo depende de la variabilidad de la lluvia, sino que conjuntamente intervienen otros factores físicos ambientales: clima, suelo, relieve, así como técnicas y procedimientos empleados para laborar las tierras. De estos factores, depende el éxito o el fracaso de tan importante actividad.

Al analizar la (fig. 26) se observa que la porción central donde se localizan los municipios de Magdalena, Atzacán, Cuichapa, Fortín, Naranjal, etcétera, corresponden a la región más cultivada de la entidad con valores

mayores de 80%. La misma zona coincide con áreas que tienen relativamente un bajo coeficiente de variación que oscila entre 20 y 30% (fig. 5).

### V. CONCLUSIONES

1. La variabilidad de la precipitación es un fenómeno muy importante debido a que tiene una estrecha relación con la agricultura.

2. Debido a que la actividad agrícola en Veracruz representa el 24.3% de la produc-

ción total del Estado,\* se llevó a cabo la comparación agricultura-variabilidad para expresar alguna solución práctica. Desafortunadamente esta confrontación no produjo ninguna relación directa; se esperaba que las áreas con un coeficiente de variación elevado resultaran las zonas con más rendimientos agrícolas (fig. 26) empero, esta comparación no refleja con claridad tal suposición debido a que, como era de suponerse, el rendimiento de la agricultura depende de varios factores físicos como: clima, relieve, suelo, etcétera, que actúan en forma combinada en el desarrollo de los cultivos agrícolas.

3. Veracruz tiene áreas con un coeficiente de variación muy complejo, producto de una marcada fluctuación de las precipitaciones debido una parte, a la orografía accidentada y por otra a los ciclones tropicales que afectan las llanuras costeras del Golfo de México. Misantla, Nautla, Soledad de Doblado, etcétera, aparecen con una alta variabilidad 44.6, 49.0 y 51.6% y una abundante precipitación: 2 162,

\* Carta sobre información turística de Veracruz, Hector F. Esparza 1965. Librería Patria, México, D. F.

1 378 y 1 047 mm respectivamente. Esta es la zona donde Wallén (1955) encontró el mismo comportamiento para algunas estaciones en la cuenca del Río Papaloapan. Aquí, a pesar de la alta variabilidad, los cultivos pueden realizarse siempre que las inundaciones a que están expuestos en los años de excesiva precipitación no los afecten.

4. La distribución de la variabilidad de la precipitación, puede ser de utilidad en el diseño de vasos de almacenamiento en el Estado, ya que las fluctuaciones de la lluvia constituyen información necesaria para determinar los volúmenes máximos y mínimos de escurrimiento que puedan almacenarse en la zona de embalse de las presas.

5. Estudios más detallados sobre variabilidad de la precipitación serían de utilidad en nuestro país, debido a algunos aspectos de la agricultura y del diseño en los vasos de almacenamiento en los ríos.

6. En Veracruz la agricultura no es afectada por un (CV) alto (esto se debe quizá a que las lluvias son en general abundantes en todo el Estado) excepto en aquellos lugares en que las perturbaciones ciclónicas producen lluvias excepcionales que inundan las áreas cultivadas.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Conrad, V., Pollak, G. *Methods in Climatology*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1952.
- Contreras Arias, A. *Definición de las Zonas Áridas y su delimitación en el territorio mexicano*. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A. C. México, D. F., 1955.
- Domínguez, E. *Forma y dimensiones del vórtice del huracán de 1950*. Memoria del Congreso Científico Mexicano Tomo 4, UNAM, 1953.
- García, E., en prensa. *Los Climas del Estado de Veracruz (según el sistema de Köppen modificado por la autora)*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Méx.
- García, E. *Distribución de la precipitación en la República Mexicana*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Vol 1 pp. 178-186., 1965.
- García, E. y P. A. Mosiño. *Los Climas de la Baja California*, Comité Nacional Mexicano para el Decenio Hidrológico Internacional. Memoria 1966-1967. UNAM, 1968.
- Ivan Ray Tannehill. *Hurricanes*. Princeton University Press, London: Humphrey Milford, Oxford University Press, 1943.
- Jáuregui O., Ernesto. *Mesoclima de la Región Puebla-Tlaxcala*. Universidad Nacional Autónoma de México. Méx. pp. 8-21, 1968.
- Jáuregui O., Ernesto. *La temporada de los ciclones de 1967 y su contribución a la precipitación anual en México*. Ingeniería Hidráulica en México. Vol. XXII. No. 2, México, D. F., 1968.
- Jáuregui O., Ernesto. *Las Ondas del Este y los Ciclones Tropicales en México*. Ingeniería Hidráulica. Vol. XXI. No. 3, México, D. F., 1967.
- Mosiño A., P. *La precipitación y las Configuraciones del Flujo Aéreo en la República Mexicana*. Rev.

- de Ing. en México. Vol. XIII. No. 3, México, 1959.
- Mosiño A., P. Factores determinante del Clima en la República Mexicana con referencia especial a las zonas áridas. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D. F., 1966.
- Monthly Weather Review. U. S. Department of Commerce Weather Bureau, 1932-166.
- M. J. Moroney. Fact From Figures. Pen Guin Books. Mel Bourne, London, Baltimore, 1954.
- Sands, R. S. A studyt in the regional dynamic. Climatology of Mexico with precipitation as the correlative factor. A dissertation for the P. h. D. Degree. Clark University of Wisconsin Press, Madison, 1960.
- Secretaría de Economía. Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal. Dirección General de Estadística. México, D. F., 1965.
- Sierra M., Ramón. La Variabilidad de la lluvia al sur del paralelo 20°N en el Estado de Veracruz. Bol. del Instituto de Geografía, UNAM. Vol. II, México, D. F., 1969.
- Wallén, O. C. Some characteristics of precipitation in Mexico. Geografiska Annaler XXXVII, 1-2 pp. 1-85, 1955.
- W. Cry George. Track and Frecuencies of Hurrricanes and Tropical storms of the north Atlantic Ocean, 1871-1963, Laboratory of Climatology, V. S. Weather Bureau, 1963.