

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Filosofía y Letras,  
Colegio de Geografía

LA CLIMATOLOGIA SINOPTICA DE SONORA  
Y BAJA CALIFORNIA

T E S I S

Que para obtener el título de:

LICENCIADO EN GEOGRAFIA

p r e s e n t a :

FRANCISCO JAVIER CRUZ NAVARRO

México, D.F.

1978

373



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradezco al Dr. Ernesto Jáuregui Ostos, por su asesoría en la elaboración de este trabajo, a la Dra. Consuelo Soto Mora por su entusiasmo e interés en mi superación, a la Dra. Ma. Teresa Gutiérrez de MacGregor y al Lic. Rubén López Recéndez, Director del Instituto de Geografía por las facilidades que me otorgaron, así como a todas las personas que en una u otra forma contribuyeron a la realización del mismo.

r e  
r e  
( r  
e s  
e c  
c l

)  
n  
l  
n

r  
e  
l  
r  
c c

r e  
r e

)  
n

r  
e  
l

# I N D I C E

	Página.
1. Introducción	1
2. Antecedentes	1
3. Descripción geográfica	2
4. El relieve	3
5. Los datos	3
6. La circulación aérea	7
a) Generalidades	7
b) La circulación aérea en el invierno y primavera	8
c) La circulación aérea en verano	20
7. Los sistemas de tiempo	30
a) Invasiones del aire polar del Pacífico	30
b) Los ciclones tropicales	34
c) Las surgencias de humedad	36
8. Precipitación	38
a) Variabilidad de la lluvia anual	38
b) Días con lluvia apreciable	51
c) Tormentas eléctricas	54
d) Heladas	56
e) Promedio anual de días nublados	56
f) Promedio anual de días despejados	58
g) Granizo	61
9. La temperatura	62
a) Temperatura mínima promedio del mes más frío	64
b) Temperatura máxima promedio del mes más caliente	64
c) Zonas de ocurrencia del mes más caliente	67

	Página
10. Conclusiones	70
11. Bibliografía	72

	Páginas
Localización de la zona en estudio	4
Mapa topográfico	5
Distribución de las estaciones utilizadas	6
Flujo del aire a la altura de 850 mb en enero, 1973	9
Flujo del aire a la altura de 700 mb en enero, 1973	10
Flujo del aire a la altura de 500 mb en enero, 1973	11
Flujo del aire a la altura de 200 mb en enero, 1973	12
Flujo del aire a la altura de 850 mb en abril, 1973	15
Flujo del aire a la altura de 700 mb en abril, 1973	16
Flujo del aire a la altura de 500 mb en abril, 1973	17
Flujo del aire a la altura de 200 mb en abril, 1973	18
Corte de la distribución de las temperaturas en el tramo Oakland-Mazatlán, en enero de 1975	19
Corte transversal de la temperatura a lo largo del Golfo de California en enero de 1975	21
Corte transversal de la temperatura, Isla Guadalupe- Guaymas-Chihuahua en enero de 1975	22
Flujo del aire a la altura de 850 mb en julio, 1973	24
Flujo del aire a la altura de 700 mb en julio, 1973	25
Flujo del aire a la altura de 500 mb en julio, 1973	26
Flujo del aire a la altura de 200 mb en julio, 1973	27
Corte transversal Oakland-Mazatlán en julio de 1975	29
Corte transversal Isla Guadalupe-Guaymas- Chihuahua en julio de 1975.	31
Corte transversal Tucson-Guaymas-Mazatlán en julio de 1975	32
Mapa de superficie mostrando una perturbación frontal el 13 de noviembre de 1976	33

	Página
Paso de una vaguada a 500 mb, 13 de noviembre de 1976	35
Distribución del coeficiente de variación de la lluvia anual en porciento	44
Porcentaje de la lluvia noviembre-abril respecto a la lluvia anual	46
Coeficiente de variación de la lluvia noviembre-abril	48
Porcentaje respecto a la lluvia anual y su diferencia en los meses de julio menos junio	49
Porcentaje respecto a la lluvia anual de la lluvia mayo-octubre	50
Coeficiente de variación de la lluvia mayo-octubre	52
Número de días promedio con lluvia apreciable en el año	53
Número de días promedio con tormentas eléctricas en el año	55
Número de días promedio con heladas en el año	57
Número de días promedio con nublados en el año	59
Número de días promedio, despejados en el año	60
Número de días promedio con granizo en el año	63
Distribución de la temperatura mínima promedio del mes más frío	65
Distribución de la temperatura máxima promedio del mes más caliente	66
Zonas de ocurrencia del mes más caliente	68

## INTRODUCCION

Los estudios climatológicos constituyen un factor importante en México para la planeación de diversas actividades como pueden ser: la agricultura, la ganadería, la industria, el turismo, etc.

En el presente trabajo se hace una descripción de los sistemas de tiempo que afectan el noroeste del país, incluyendo la circulación del aire en la altura a diversos niveles así como también algunas situaciones sinópticas típicas de sistemas que producen lluvia, tales como los nortes invernales (o equipatas) y las surgencias de humedad que se presentan en el verano.

Asimismo se describe la distribución de algunos elementos del clima en los Estados de Sonora y Baja California tales como: la temperatura, la frecuencia de nublados, de lluvia apreciable, de heladas, tempestad eléctrica, etc. También se describen algunas características de la precipitación como variabilidad de la lluvia, coeficiente de variación y el porcentaje de las lluvias de verano y las invernales respecto al total anual.

## 2. ANTECEDENTES

Se han hecho algunos estudios climáticos sobre la península de Baja California, de los cuales se distinguen " Los Climas de la Baja California ", realizado por la Maestra Enriqueta García y el Ing. Pedro A. Mosiño (1968); en este estudio se analizan a través de mapas y gráficas los elementos más importantes que inte



gran el clima, la temperatura y precipitación, publicado por el Comité Nacional Mexicano para el decenio hidrológico internacional.

La Dra. Laura Elena Maderey, en su estudio " La humedad y la vegetación en la península de Baja California" (1975) analiza las condiciones de humedad, distribución geográfica de los diversos tipos de vegetación y las relaciones existentes entre ambas, publicado por el Instituto de Geografía, UNAM.

El Dr. Ernesto Jáuregui Ostos en su estudio "Algunos aspectos del clima de Sonora y Baja California, equipatas y surgencias de humedad " (inédito), que abarca toda la zona en estudio, analiza y describe los rasgos fundamentales de la circulación del aire, sistemas de tiempo y en particular las surgencias de humedad para esta región.

### 3. DESCRIPCION GEOGRAFICA

La zona en estudio comprende el Estado de Sonora y la Península de Baja California; se localiza en el extremo noroeste del país, separada por el Golfo de California, el Estado de Sonora se sitúa entre los paralelos  $26^{\circ} 13'$  y  $32^{\circ} 30'$  de latitud norte y los meridianos  $108^{\circ} 33'$  y  $114^{\circ} 46'$  de longitud occidental, abarca una extensión de  $184\ 934\ \text{Km}^2$ . La península de Baja California se sitúa entre los paralelos  $22^{\circ} 52'$  y  $32^{\circ} 43'$  de latitud norte y los meridianos  $109^{\circ} 25'$  y  $117^{\circ} 08'$  de longitud occidental, abarca una extensión de  $143\ 790\ \text{Km}^2$ , limita al norte con Estados Unidos de Norteamérica, al este con el Estado de Chihuahua, al sureste con el Estado de Sinaloa y al sur y oeste con el Océano

Pacífico. (Fig. 1)

#### 4. EL RELIEVE

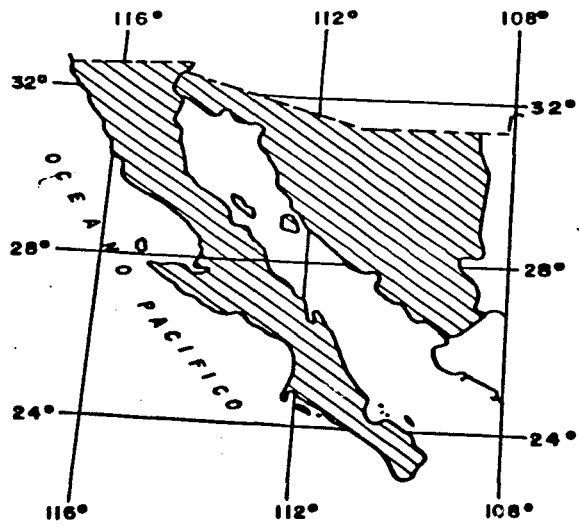
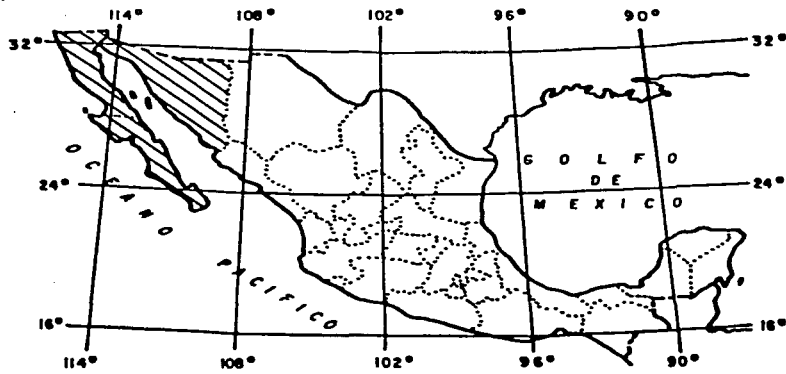
El mapa topográfico (Fig. 2) muestra que la mayor parte del área en estudio se encuentra a elevaciones menores de 1000 metros sobre el nivel del mar; en el Estado de Sonora el terreno asciende hacia el noreste y este donde se encuentra la Sierra Madre Occidental y en Baja California de la parte central hacia la Sierra de Juárez y San Pedro Mártir en el norte. La porción sur de la península tiene pocas elevaciones de más de 1000 metros.

En términos generales, las llanuras costeras son amplias en Sonora; también en la mitad oeste del Estado de Baja California Sur, la llanura costera oriental de ésta es estrecha, desapareciendo en algunas zonas.

#### 5. LOS DATOS

Se utilizaron los datos de 222 estaciones climatológicas diseminadas en el área y su vecindad. El período de registro de los datos es de 1961 a 1975 y se obtuvieron de los Archivos del Servicio Meteorológico Nacional y de la Subdirección de Hidrología dependientes de la denominada actualmente Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. La distribución de las estaciones se muestra en la figura 3; del total, 88 se encuentran en el Estado de Sonora, 58 en Baja California Sur, 57 en Baja California Norte, 11 en Sinaloa y 8 en Chihuahua.

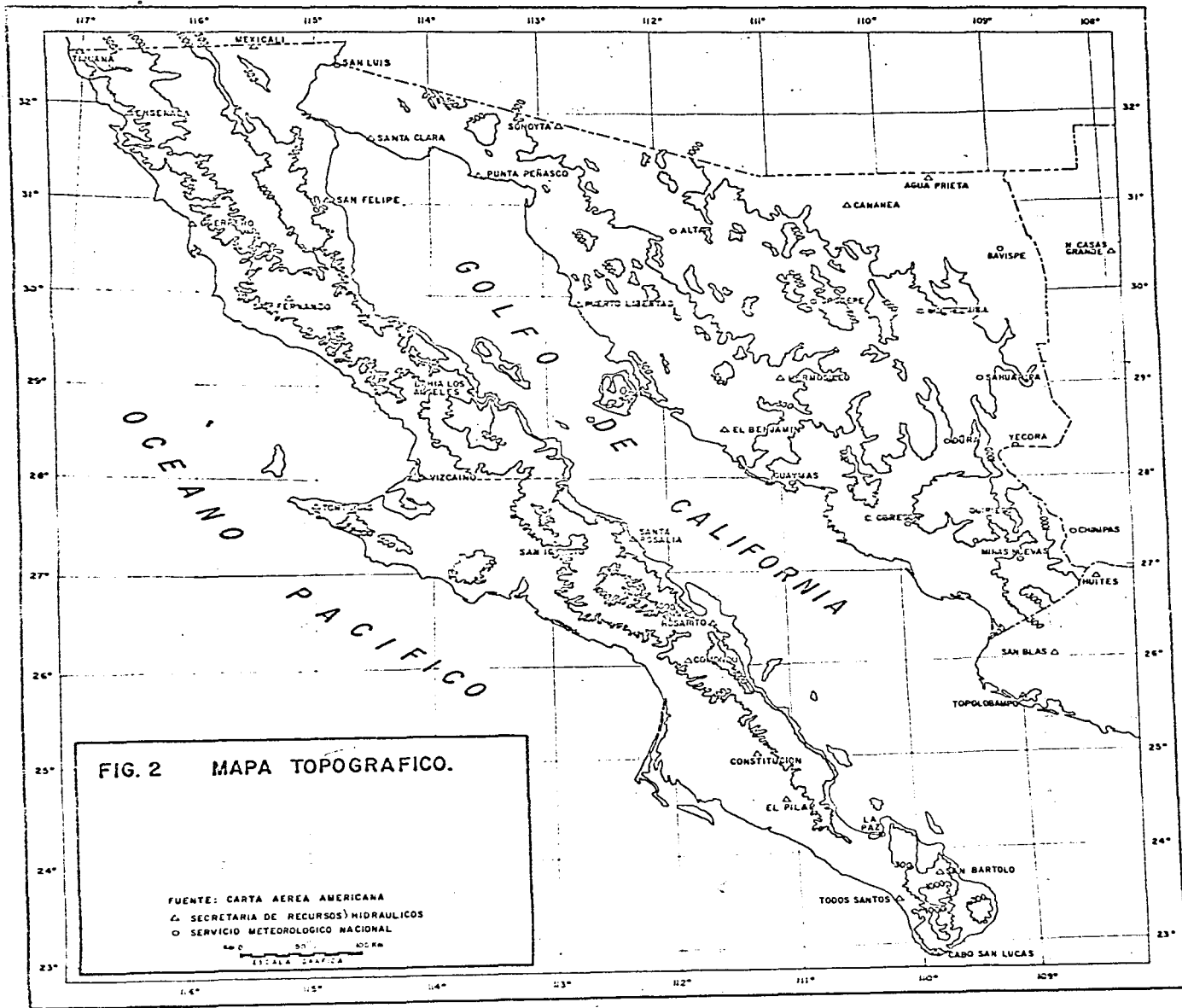
## MAPA DE LOCALIZACION

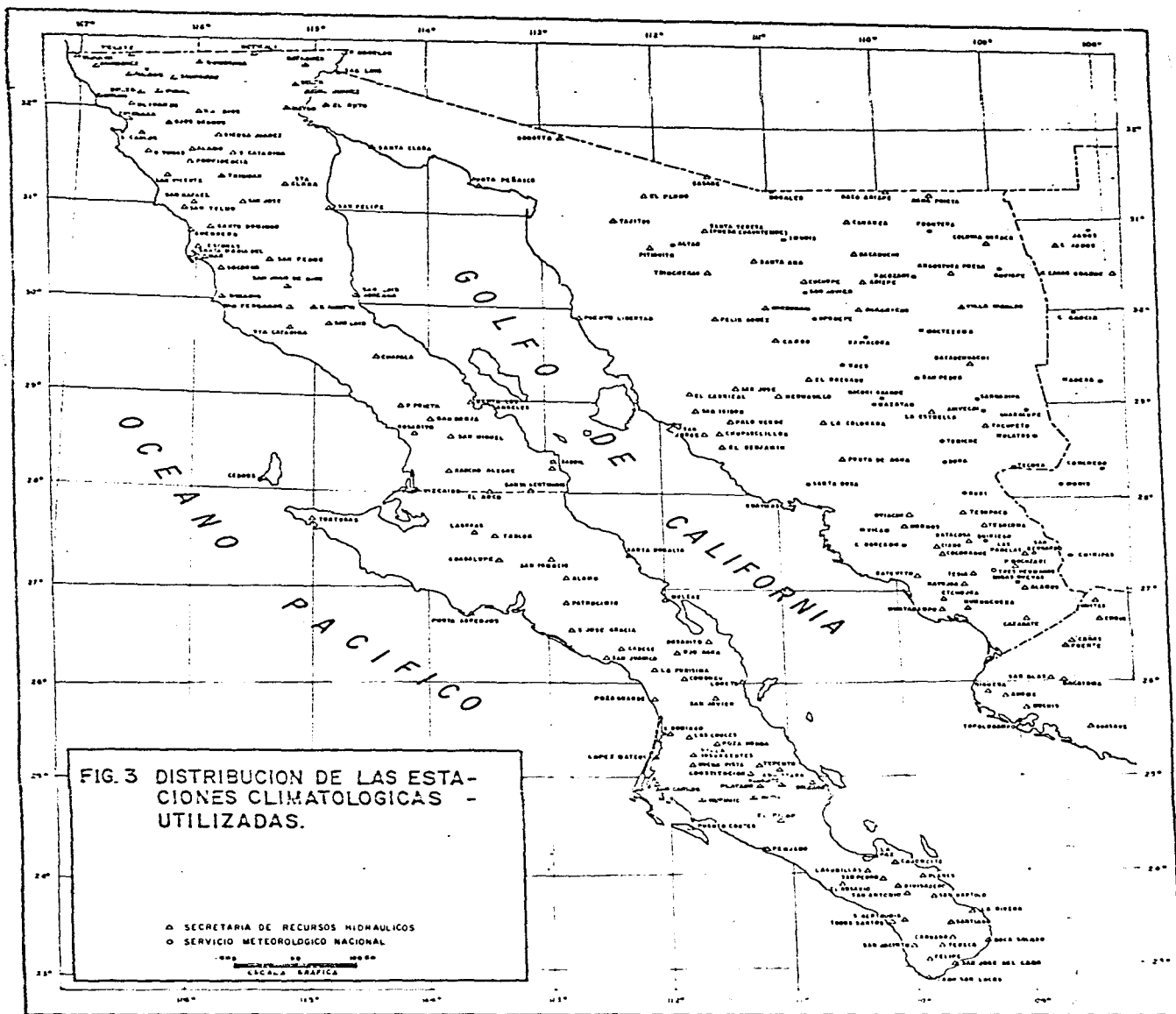


 ZONA DE ESTUDIO



Figura I





la Subdirección de Hidrología, 16 % por el Servicio Meteorológico Nacional, el 3 % restante por la Comisión Federal de Electricidad.

Es necesario aclarar que los mapas de las figuras 30, 31, 32 y 35, se elaboraron con datos de 80 estaciones climatológicas que se obtuvieron del libro "Normales Climatológicas" de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, (1976) y del estudio "Distribución de la frecuencia de heladas en México" (Jáuregui, 1970).

## 6. LA CIRCULACION AEREA.

### a.) Generalidades

Es importante conocer la situación y persistencia de las corrientes de aire superior ya que de ellas dependen en gran parte los distintos tipos de clima prevalecientes en la República Mexicana.

La zona en estudio se localiza dentro de la zona subtropical de altas presiones en el Hemisferio Norte, la cual sufre un movimiento hacia el norte o hacia el sur según sea la estación del año, debido a ésto la zona que nos ocupa está influenciada tanto por la corriente del oeste como de los alisios, teniendo mayor influencia de las primeras. Toda el área se encuentra bajo la influencia de los ciclones tropicales.

El cinturón de altas presiones subtropicales se separa en varias celdas anticiclónicas de las cuales dos son las de mayor importancia: el anticiclón Bermuda-Azores y el anticiclón del Pacífico Septentrional; éstos rigen la circulación atmosférica so

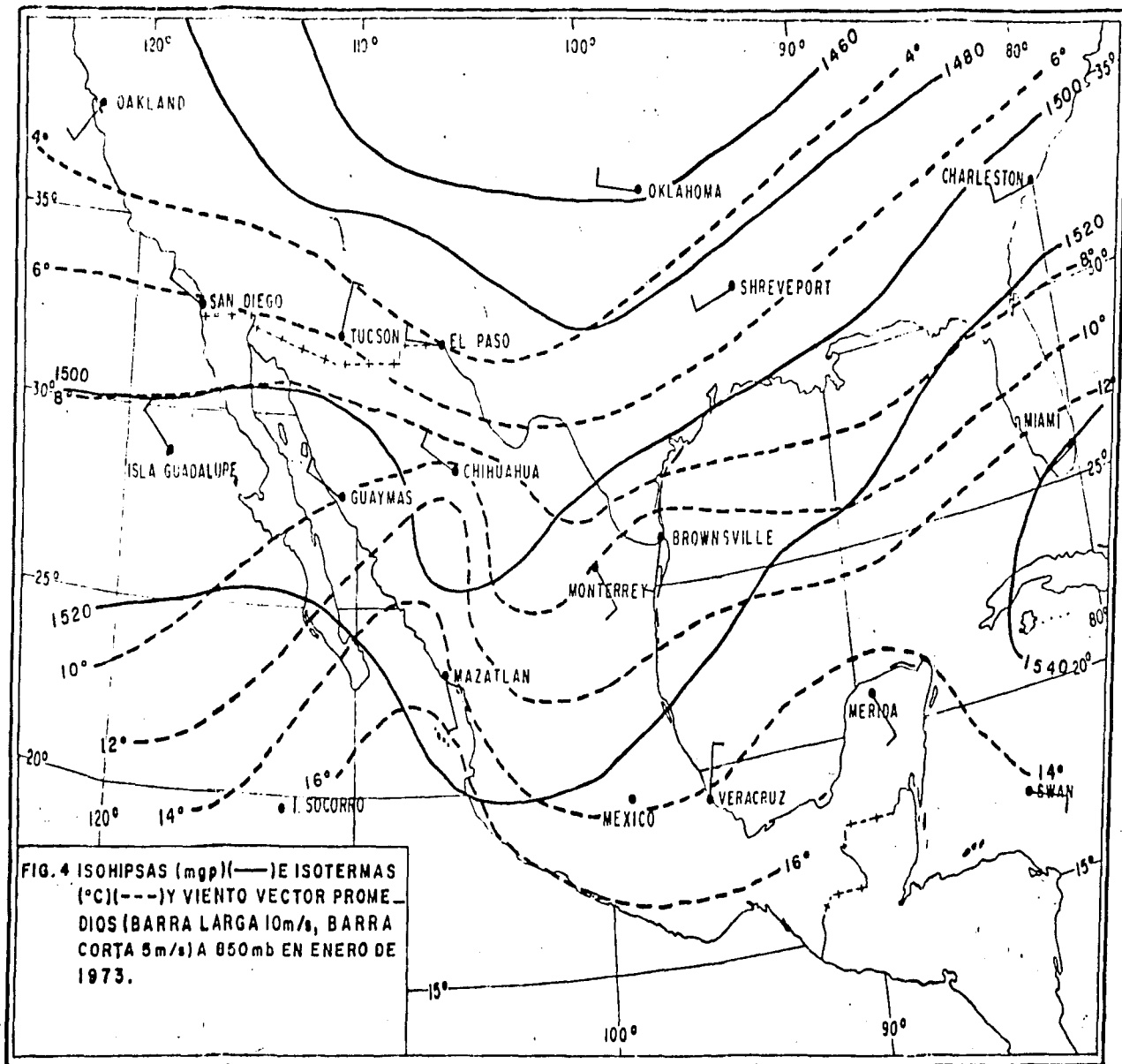
bre el territorio mexicano. La variación y la intensidad del anticiclón del Pacífico Septentrional ejerce una influencia decisiva, ya que se encuentra localizado al oeste de la península; el Bermuda-Azores se encuentra al este del continente y su influjo es de manera indirecta.

b) La circulación aérea en el invierno y primavera

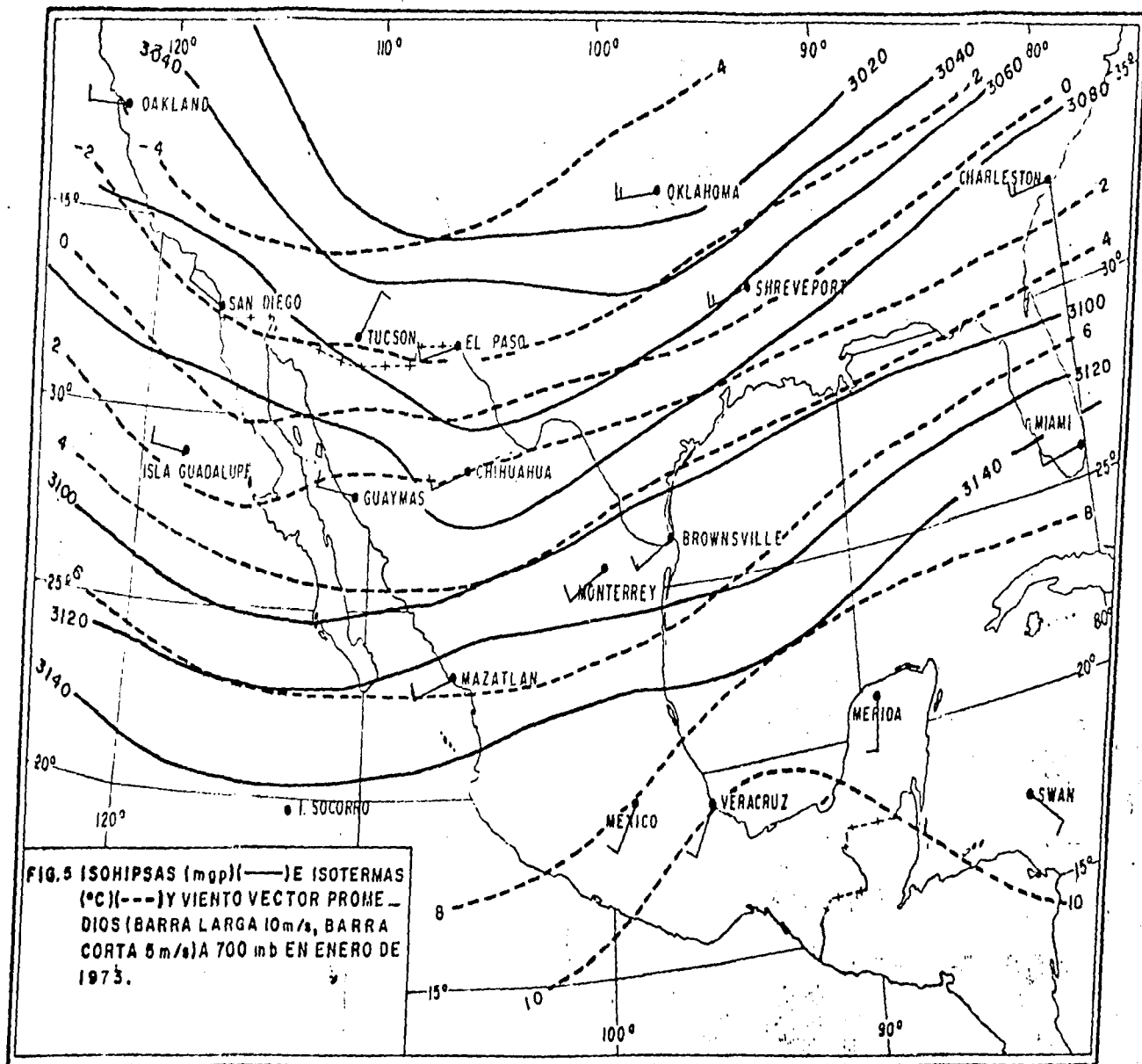
En el invierno, el anticiclón del Pacífico Oriental ocupa su posición más austral. El área en estudio se encuentra dominada por el flujo de los vientos del oeste, en todos los niveles superiores hasta la parte alta de la tropósfera. En las figuras 4, 5, 6 y 7 se muestra la distribución media de las isohipsas (líneas continuas), temperaturas (líneas interrumpidas) y el viento, en un mes frío como lo es enero a distintos niveles. La figura 4 corresponde al nivel de 850 mb (unos 1500 m), aquí el gradiente térmico es fuerte ( $10^{\circ}\text{C}$ ) entre el extremo norte (San Diego y Tucson)  $6^{\circ}\text{C}$  y la parte sur del área en estudio (Mazatlán),  $16^{\circ}\text{C}$ , el gradiente de presión norte-sur es débil, se ve en lo separado de las isohipsas; debido a esto, los vientos del oeste son ligeros entre 1 - 5 m/s.

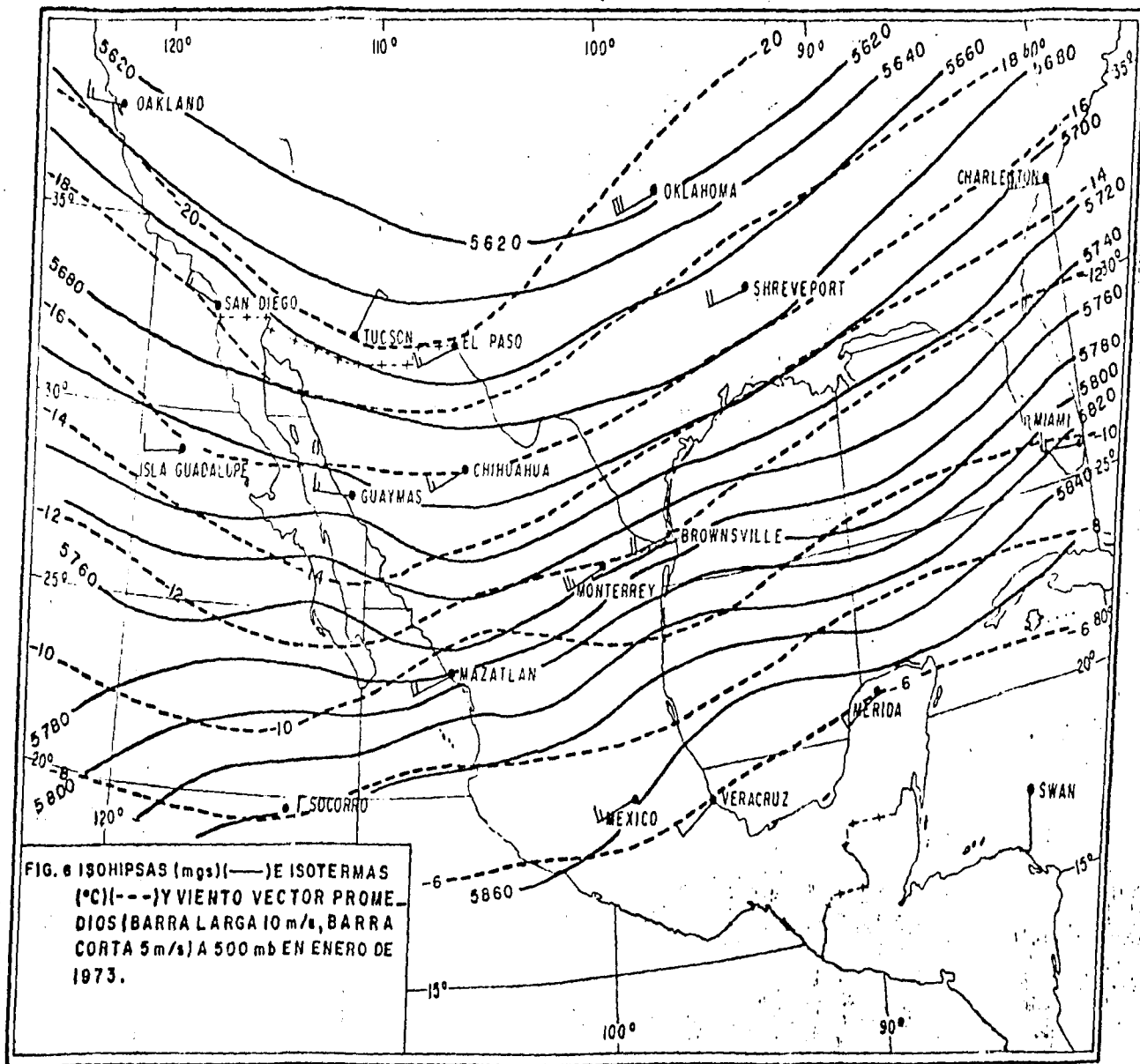
En el nivel de 700 mb (unos 3000 m) (Fig. 5) el gradiente térmico sigue siendo fuerte ( $8^{\circ}\text{C}$ ) entre el extremo norte (San Diego y Tucson) menos  $2^{\circ}\text{C}$  y la parte sur (Mazatlán)  $6^{\circ}\text{C}$ , el gradiente de presión sigue siendo débil, pero no tanto como en el nivel de 850 mb; y los vientos del oeste siguen siendo débiles, de 1 a 5 m/s.

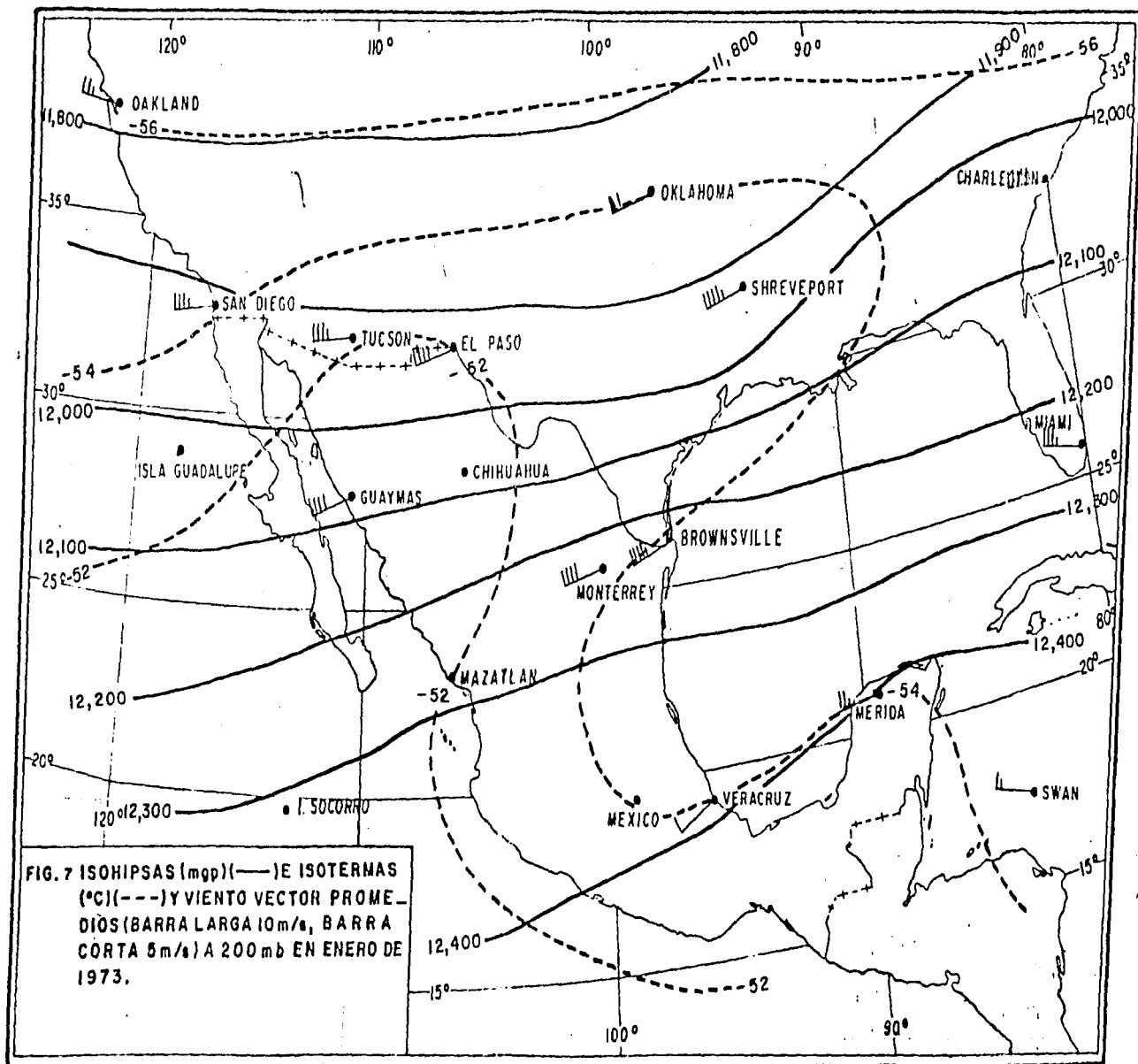
La figura 6 corresponde al nivel de 500 mb (unos 5000 m); el gradiente de presión empieza a ser un poco más fuerte, los











vientos también son, correspondientemente, más fuertes, de 10 a 15 m/s y el gradiente térmico sigue siendo fuerte, de 9°C.

En el nivel de 200 mb (unos 2 000 m), el gradiente de presión se intensifica, es mucho más fuerte, las isohipsas están mucho más cerradas y consecuentemente los vientos del oeste alcanzan velocidades promedio de 20 m/s. El gradiente térmico es de 2°C (fig. 7). Las diferencias de temperaturas entre San Diego y Mazatlán es, en enero, de 10°C en la superficie y de 2°C en la alta tropósfera, lo que está indicando que los contrastes térmicos son más acentuados en los niveles entre 850 y 700 y que los vientos aumentan sus velocidades con la altura.

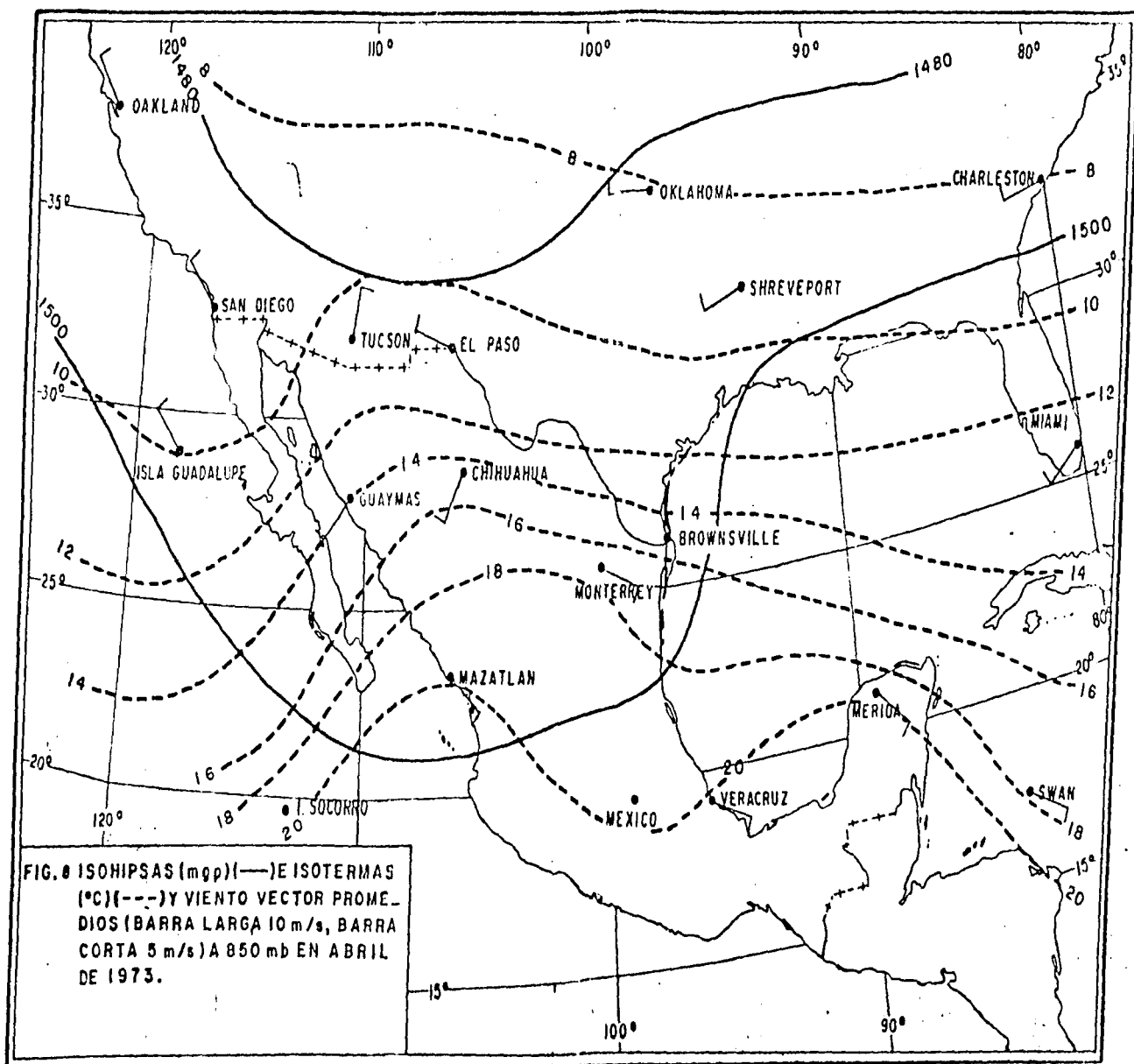
El límite de los vientos del oeste en invierno se encuentra un poco más abajo de la parte sur de la República Mexicana, lo cual indica que el territorio mexicano está bajo la influencia de dicha corriente; por otra parte, en el verano el límite de los vientos del oeste se desplaza hacia el norte más allá de la frontera con los Estados Unidos (Jáuregui, 1969).

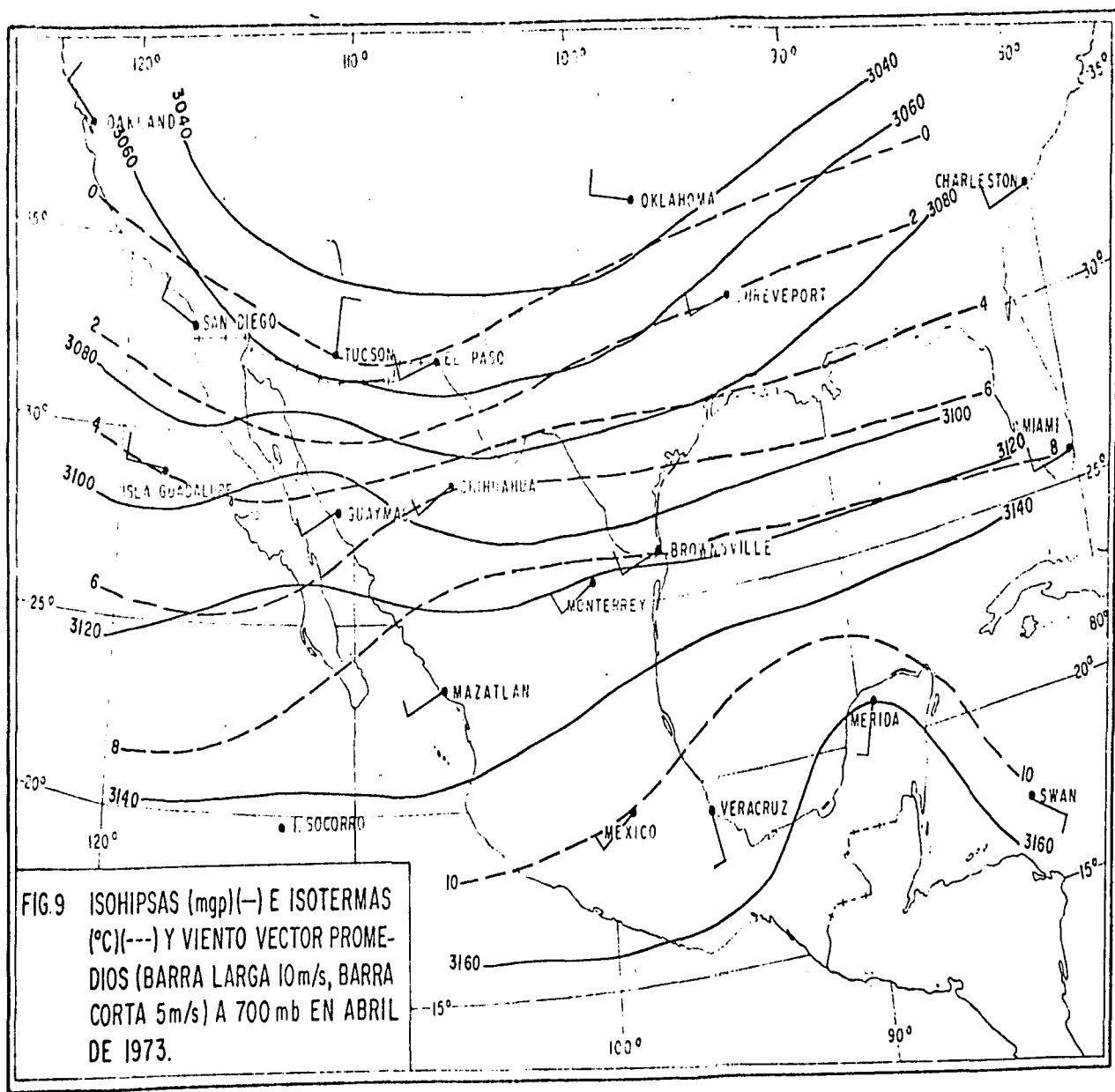
La posición media de la corriente de chorro subtropical en el mes de enero cruza un poco al sur la zona de estudio, de oeste suroeste a este noreste, tocando la punta de la península en un corte diagonal desde Mazatlán hasta la desembocadura del río Bravo con bastante intensidad (Jáuregui, 1969). Si debajo de la corriente de chorro subtropical la atmósfera es moderadamente baroclínica (cuando las superficies de presión constante cortan a las superficies de igual densidad) en la estación fría, se propician los movimientos ascendentes en gran escala a lo largo de

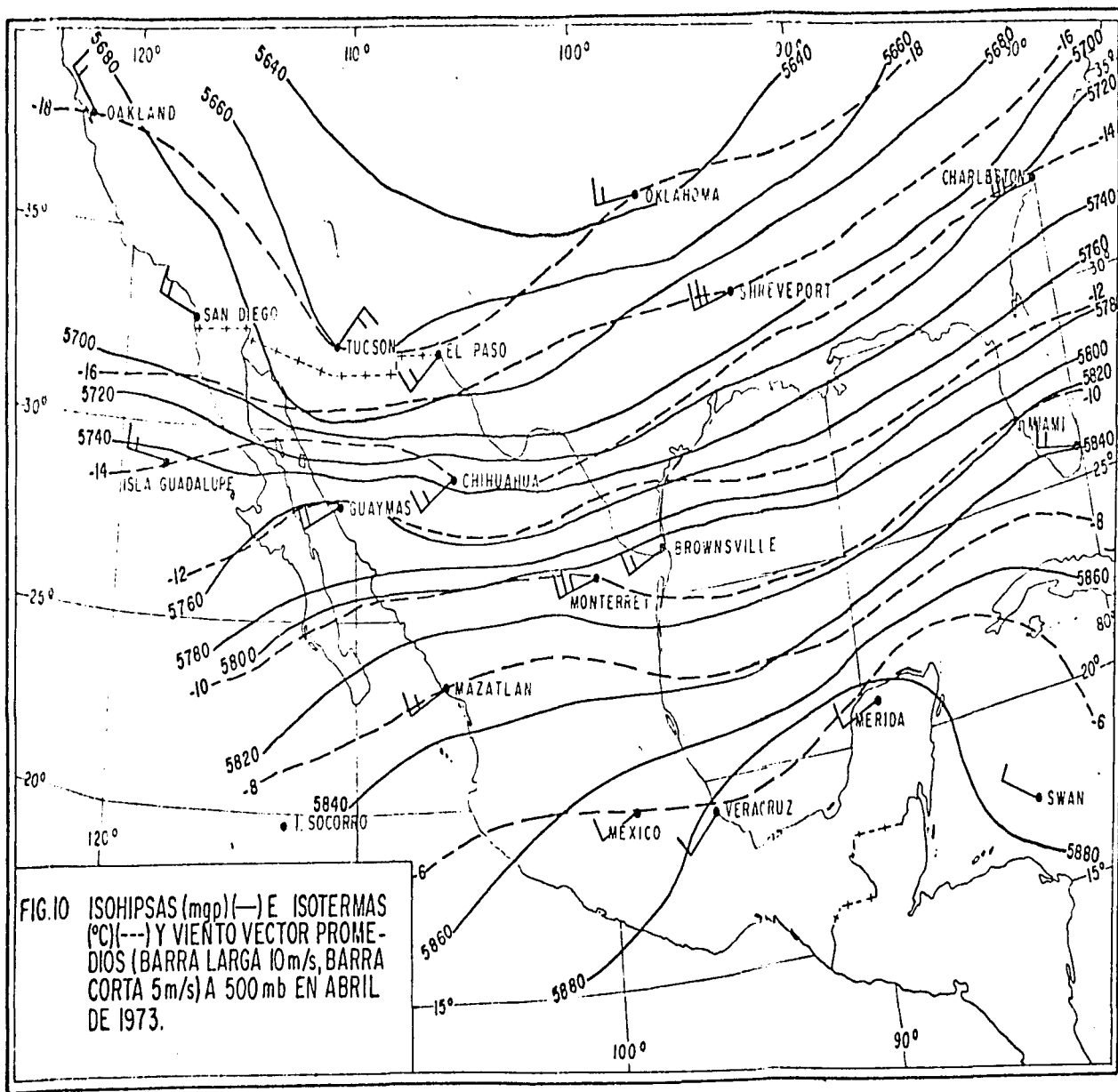
las superficies de los frentes fríos que llegan al área y producen así las lluvias de invierno.

En la mitad de la estación de primavera la zona en estudio se encuentra influenciada todavía por las corrientes de vientos del oeste como puede verse en los mapas de las figuras 8, 9, 10 y 11; los mapas muestran cómo las temperaturas han aumentado 2° o 3°C en todos los niveles, excepto en el nivel de 200 mb, en donde se ve que la temperatura en vez de aumentar disminuye, debido probablemente a que ahí la intensidad de los vientos es mucho mayor que en los niveles bajos, de 850 y 700 mb, donde comienzan a disminuir en intensidad. El gradiente de presión es bastante débil en el nivel de 850 mb, pero a medida que va en aumento la altitud, es mucho más fuerte como se podrá notar en las figuras 9, 10 y 11, debido a la corriente fría de California; y aún en el invierno ésta origina una inversión térmica de aproximadamente 500 metros de profundidad, tanto en la zona del Golfo de California como en la porción occidental de la península.

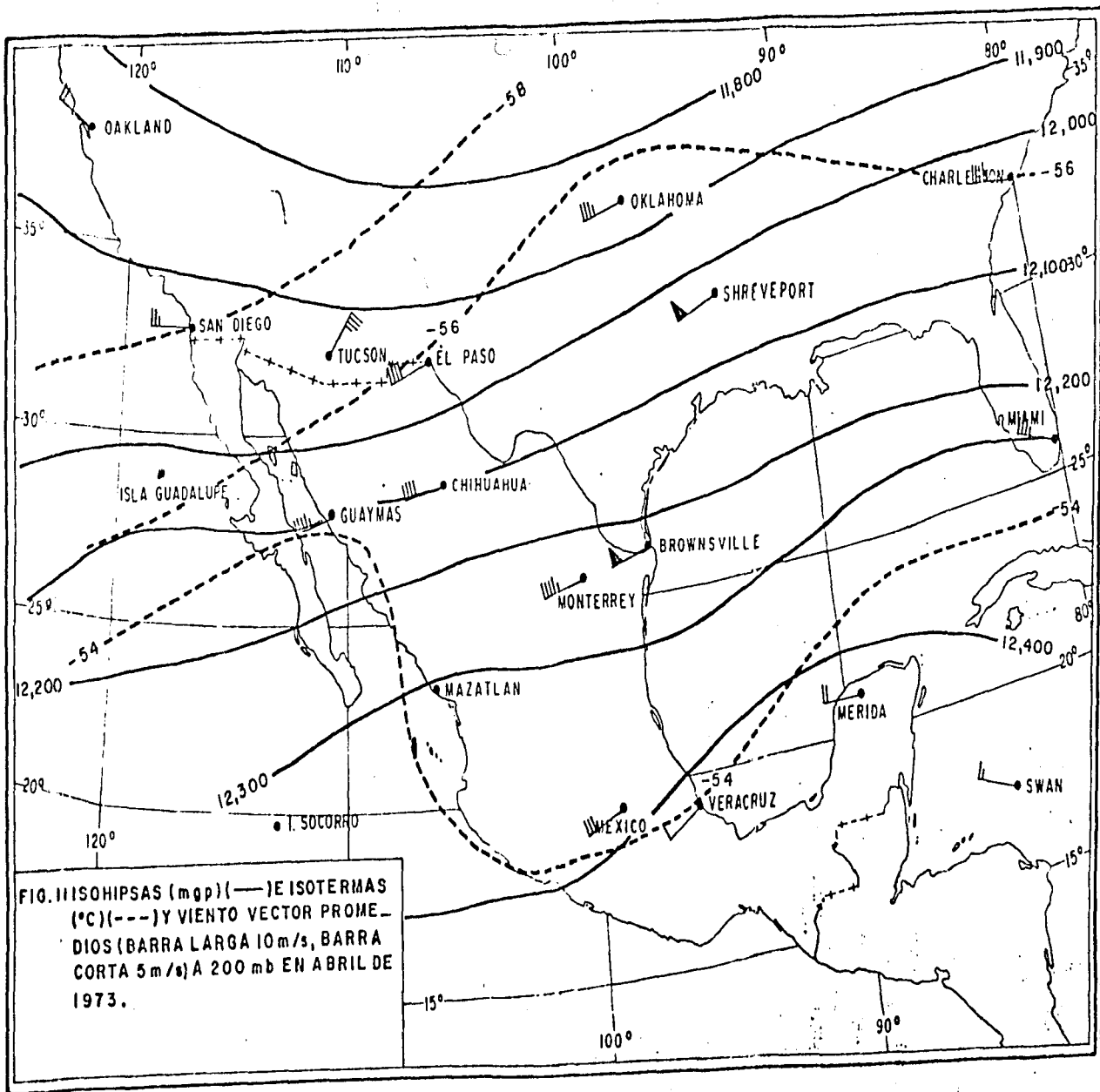
En la figura 12, un corte a lo largo del área muestra la distribución de las temperaturas y los vientos resultantes para el trecho Oakland-San Diego-Isla Guadalupe-Guaymas y Mazatlán. Aquí se aprecia que en la entrada del Golfo, en Mazatlán, la diferencia de temperaturas entre la base y la cima de la inversión es en promedio de 5°C y que un poco más al norte, en Guaymas, dicha diferencia se intensifica a 7°C; es en esta parte del Golfo de California donde la inversión alcanza su mayor intensidad; más al norte y por la parte occidental de la península, la inversión se sigue manifestando pero ya con un decrecimiento considerable en su intensidad, pues la diferencia entre la base y la cima en Isla Guadalupe











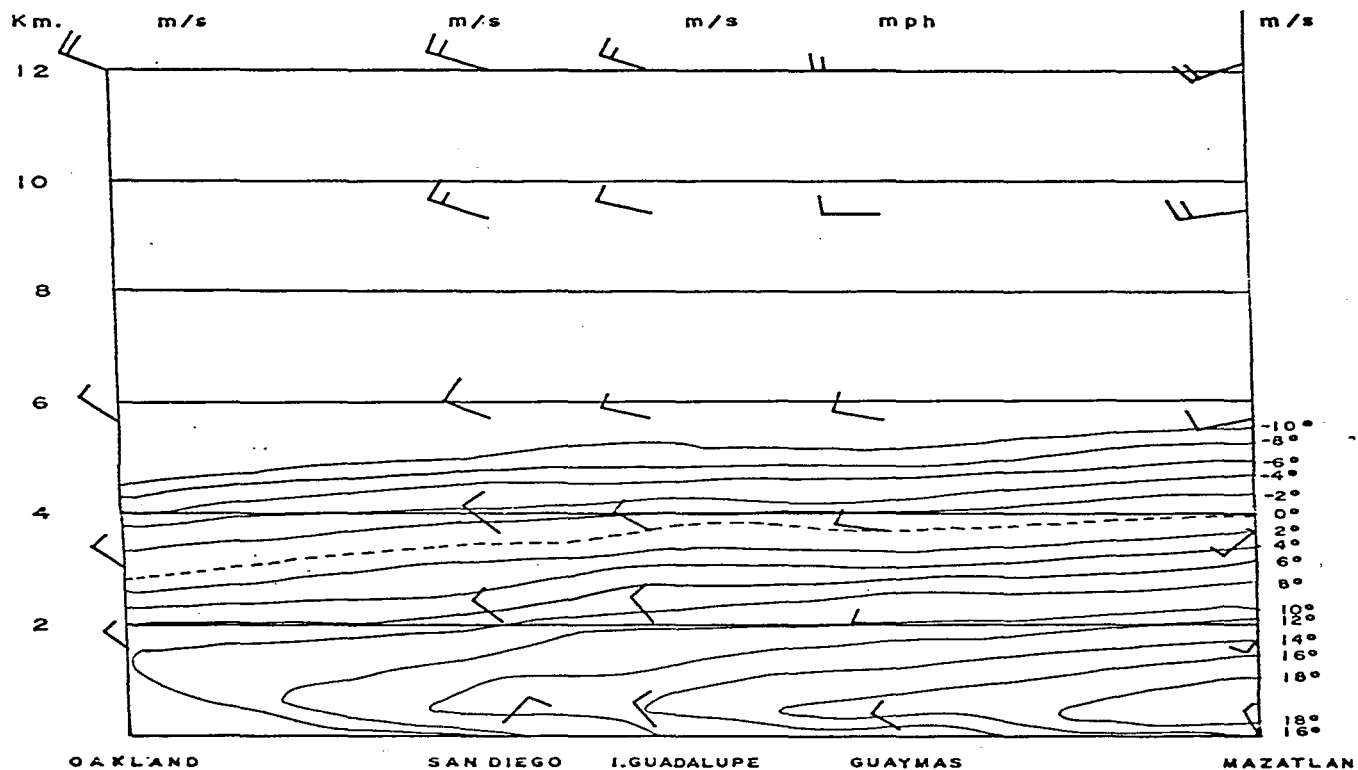


FIG. 12 CORTE QUE MUESTRA LA DISTRIBUCION DE LAS TEMPERATURAS Y LOS VIENTOS RESULTANTES EN EL TRECHO OAKLAND-MAZATLAN EN ENERO DE 1975.

es tan solo de  $1^{\circ}\text{C}$  y más al norte, en San Diego, es sólo de  $2^{\circ}\text{C}$ , es decir, que las diferencias de temperatura en la inversión son mayores por el lado del Golfo,  $4^{\circ}\text{C}$  o  $5^{\circ}\text{C}$  en promedio, que por el lado del Pacífico; se nota que tanto del lado del Golfo como del Pacífico la diferencia de temperaturas tiende a aumentar ligeramente con el aumento de la latitud, en estas estaciones de la costa, los vientos resultantes en superficie son del noroeste y en los niveles superiores se vuelven del oeste.

En un corte longitudinal de las temperaturas, pero ahora a lo largo del Golfo de California (Tucson, Guaymas, Mazatlán), figura 13, se ve que la inversión térmica sigue aquí prevaleciendo, con diferencias de temperatura en promedio entre la base y la cima de la inversión, en Tucson  $4^{\circ}\text{C}$ , confirmando así que la inversión es mucho más acentuada del lado del Golfo que del Pacífico; debido a que en esta época (invierno) las temperaturas del agua del mar en el Golfo son frías y ligeramente iguales que las que se registran por el lado del Pacífico (Jáuregui, 1978), los vientos son débiles en la superficie.

En la figura 14 un corte transversal de temperaturas (Isla Guadalupe, Guaymas-Chihuahua) muestra el área en la cual la inversión térmica en invierno tiene su mayor intensidad a la latitud de  $28^{\circ}$  y  $29^{\circ}\text{C}$ ; los vientos en superficie son débiles con una componente del oeste.

c) La circulación aérea en verano.

Las figuras 15, 16, 17 y 18 muestran los datos de ra-

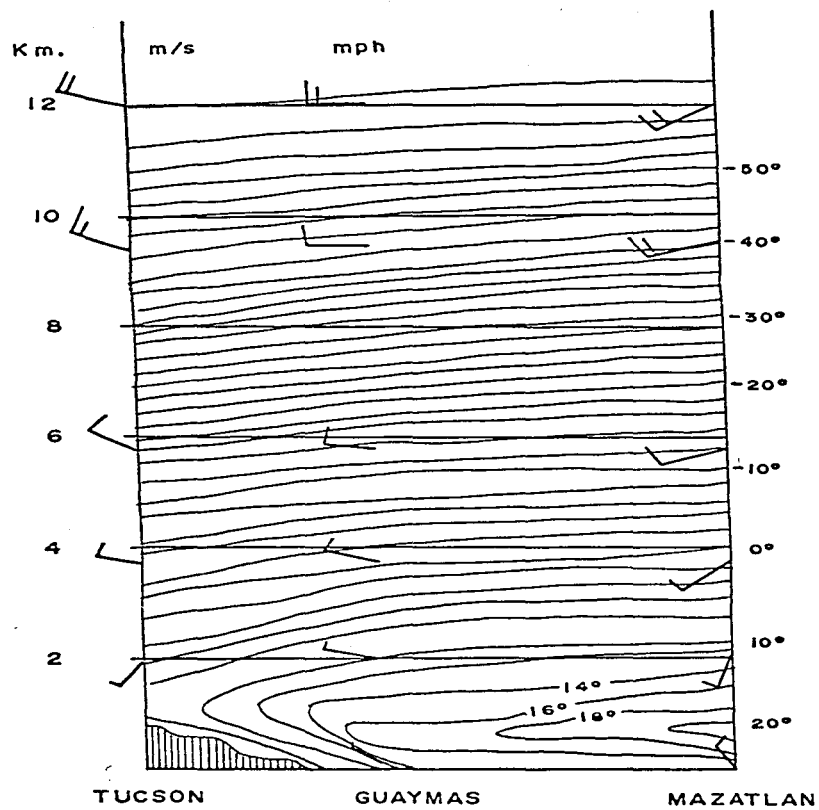


FIG.13 CORTE TRANSVERSAL DE TEMPERATURA  
A LO LARGO DEL GOLFO DE CALIFORNIA  
EN ENERO DE 1975 (CONSTRUIDO CON DA-  
TOS DEL MONTHLY CLIMATIC DATA FOR  
THE WORLD)

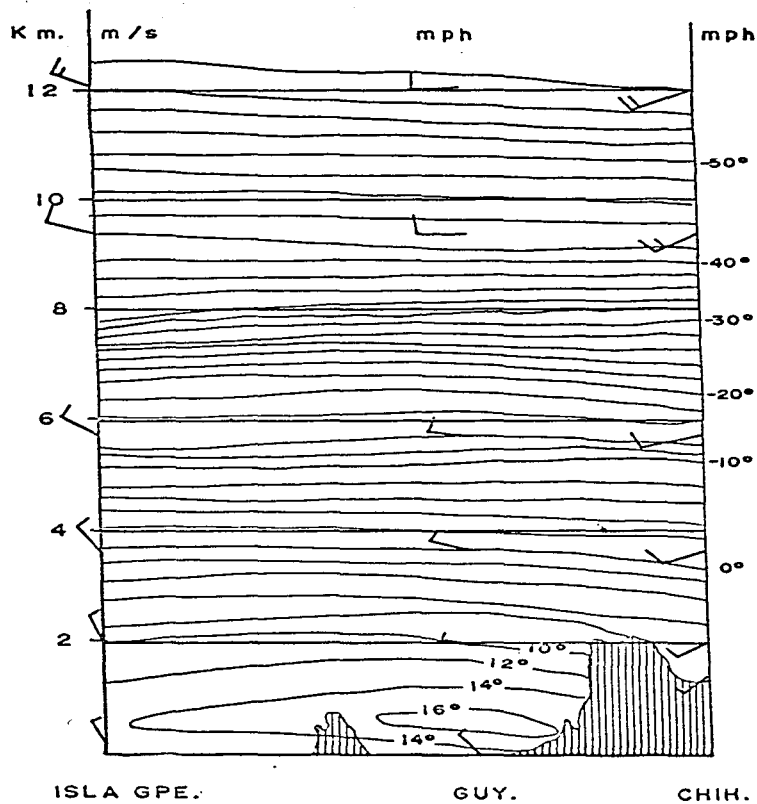


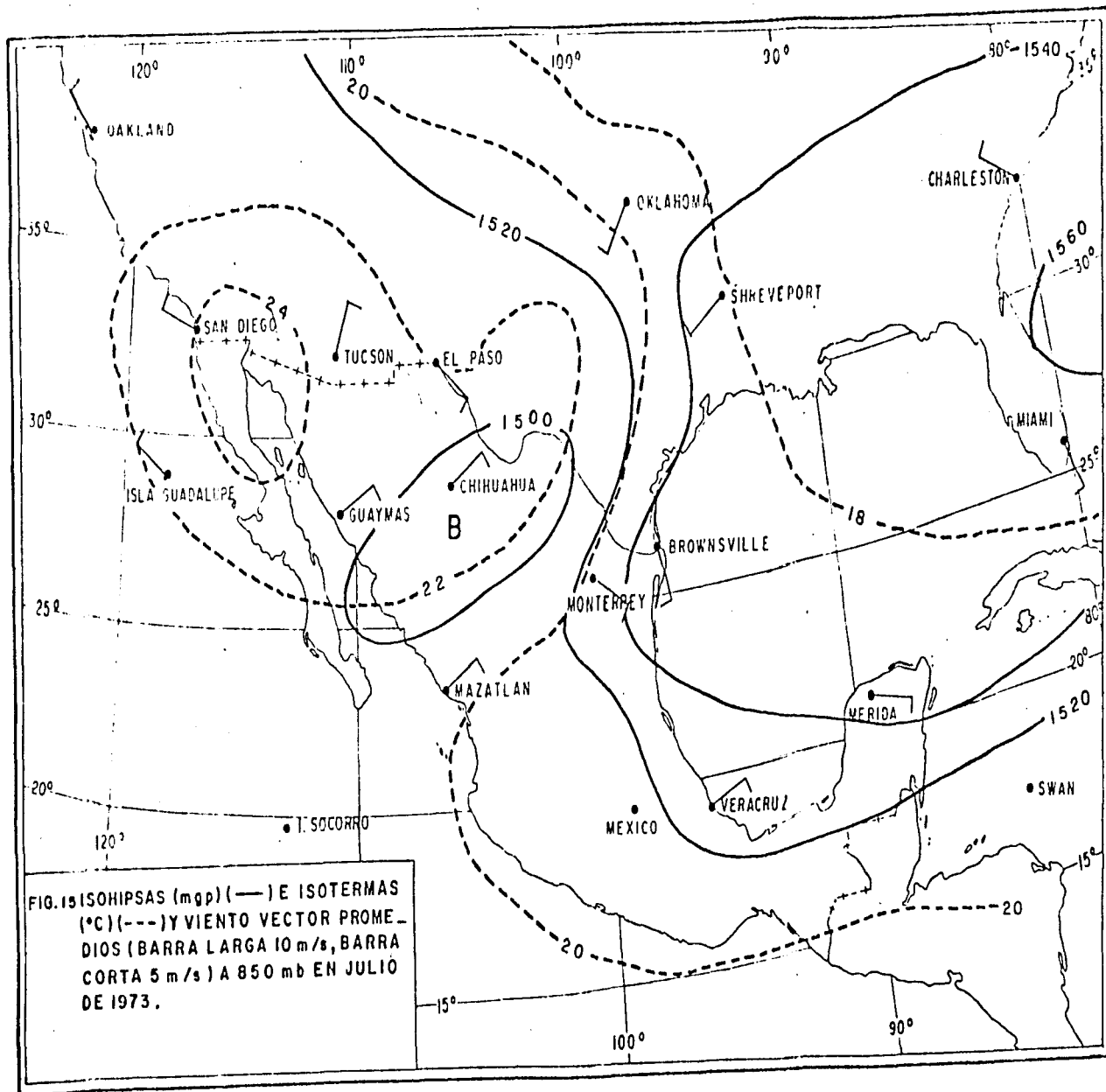
FIG. 14 CORTE TRANSVERSAL DE TEMPERATURA, ISLA GUADALUPE GUAYMAS CHIHUAHUA EN ENERO DE 1975.

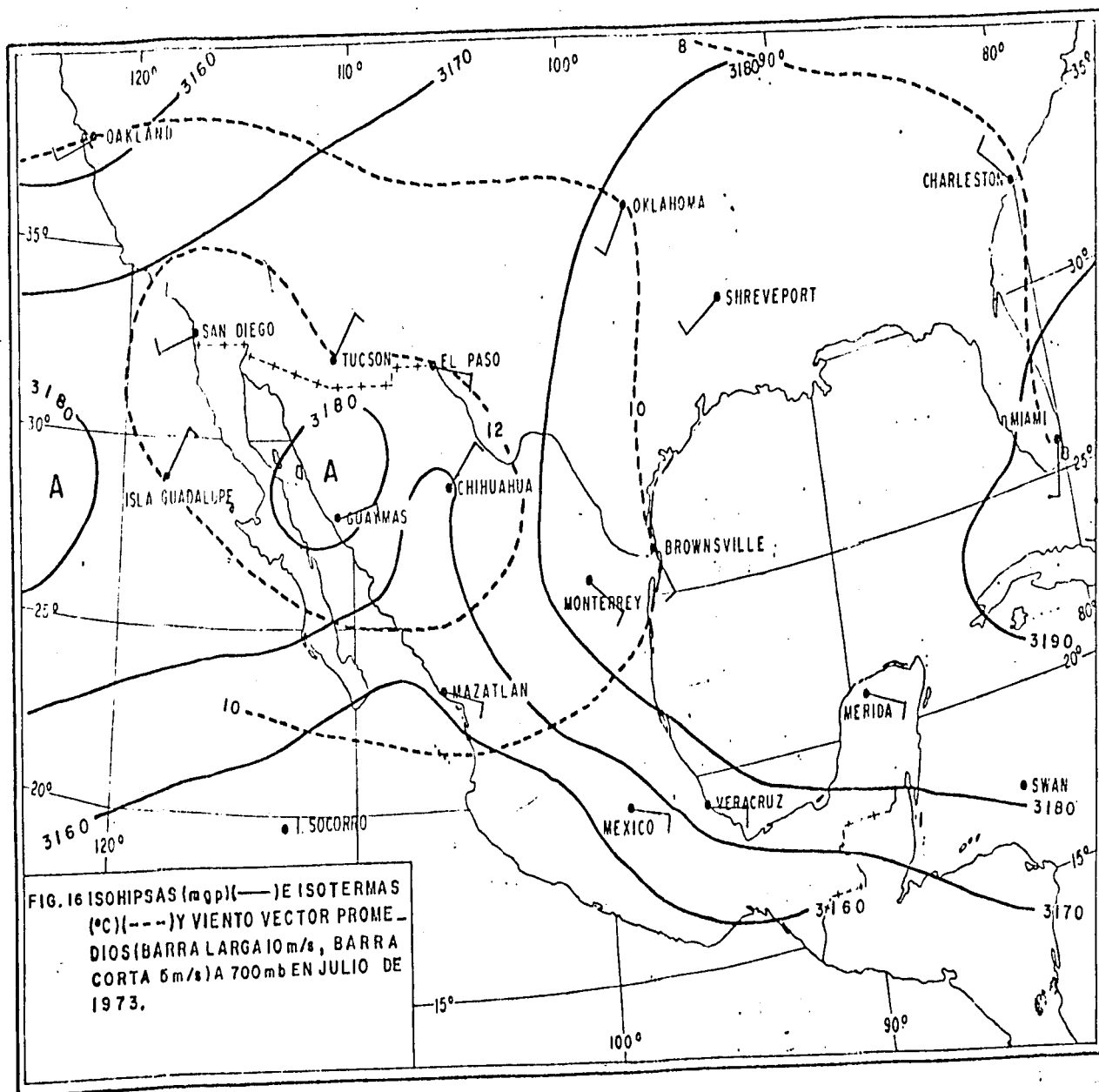
diosondeo para el mes de julio de 1973, mitad de la estación de verano, los cuales dan una idea de la distribución y condiciones de la circulación que rige en el área en estudio en los niveles de 850, 700, 500 y 200 mb. En la figura 15, nivel de 850 mb, se aprecia una baja presión (baja térmica) en la porción sureste de Sonora; debido al calentamiento que se presenta en la zona en esta época se observa que las temperaturas más altas se localizan en el extremo noroccidental de Sonora y norte de la península de Baja California, también se distingue que los vientos del este son débiles y que en Isla Guadalupe y San Diego los vientos son del noroeste en este nivel, el gradiente de presión es muy débil, el de temperatura es suave ( $4^{\circ}\text{C}$ ) ya que se tienen  $24^{\circ}\text{C}$  en el extremo norte del área, en San Diego y Tucson, y en el extremo sur, en la estación de Mazatlán, es sólo de  $20^{\circ}\text{C}$ .

En el nivel de 700 mb (figura 16), se establece un área de alta presión debido a que en el aire tibio el debilitamiento de la presión con la altura es menor que cuando se trata de aire frío el gradiente de presión sigue siendo débil, el de temperatura, entre los extremos norte y sur del área, es tan sólo de  $2^{\circ}\text{C}$ , los vientos son débiles del este y noreste.

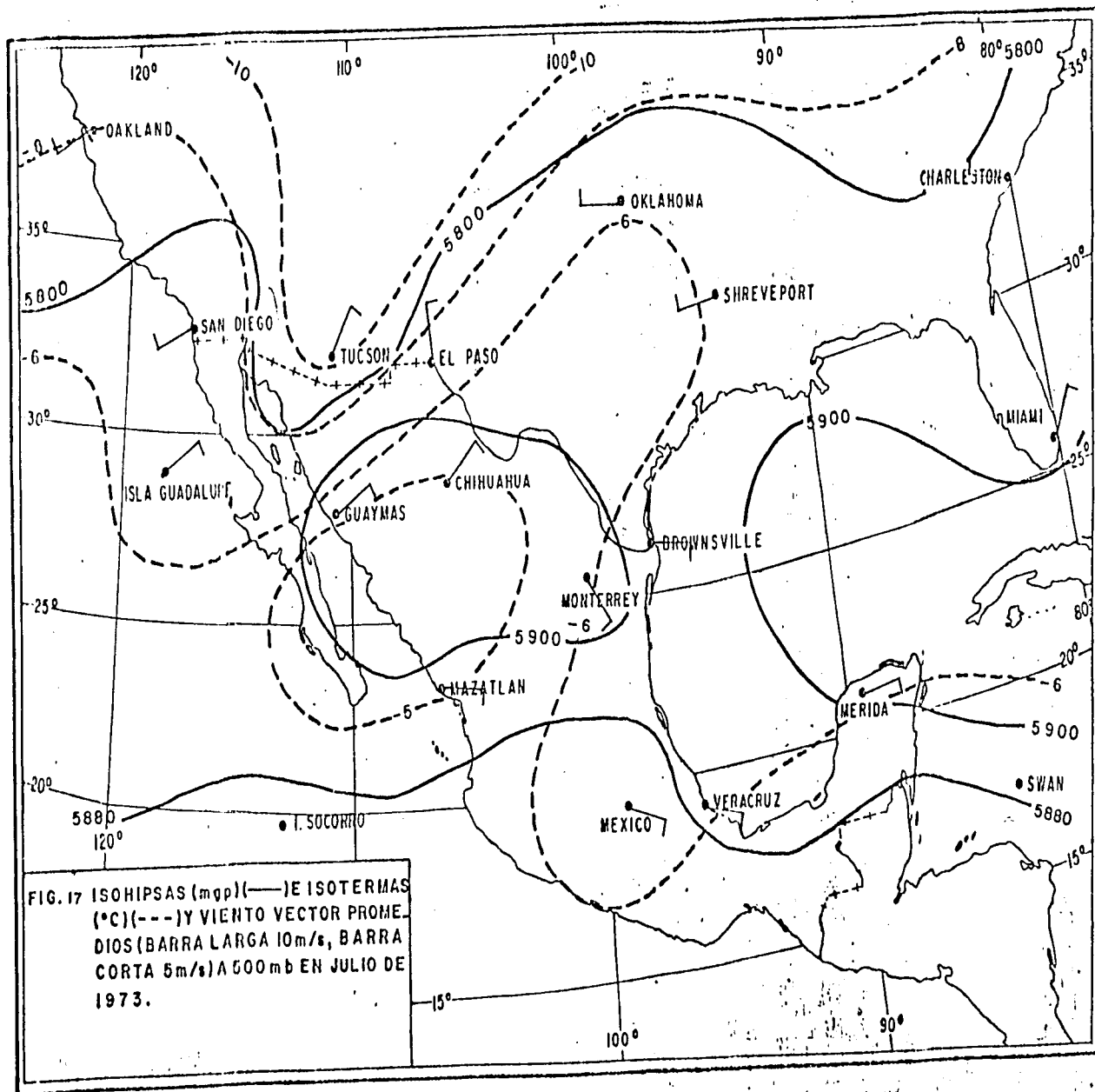
En la figura 17, que corresponde al nivel de 500 mb (unos 5 000 m) el área de alta presión se desplaza hacia el este y sur; con respecto al nivel anterior (700 mb) los gradientes tanto de presión como de temperatura siguen siendo débiles, y los vientos son del noreste.

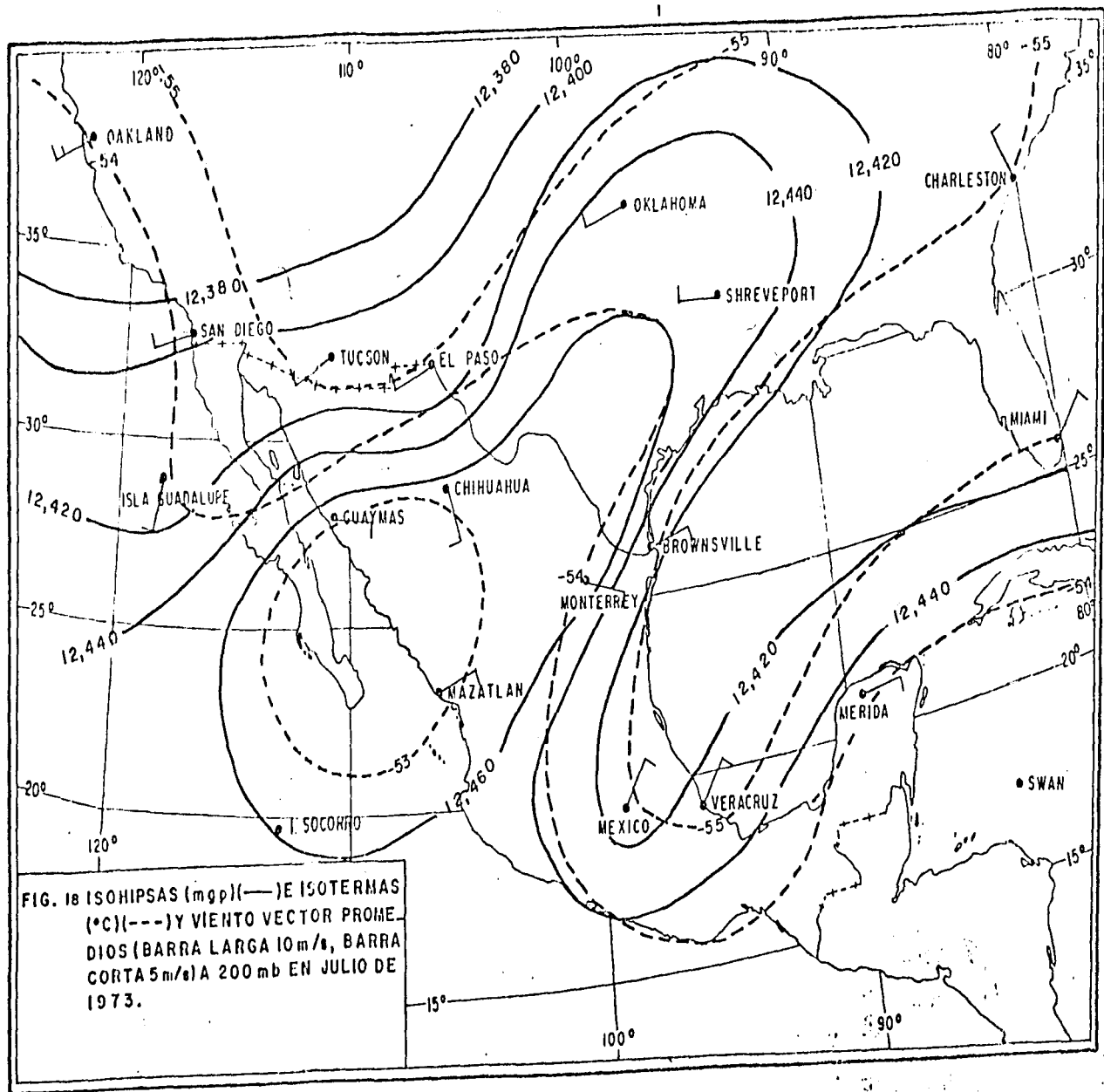
En la figura 18, que corresponde al nivel de 200 mb











persiste el área de alta presión en el sur, los gradientes siguen siendo suaves tanto el de la presión como el de temperatura, los vientos del este y norte del área cambian a suroeste, debido a las diferencias de temperatura  $4^{\circ}\text{C}$  entre San Diego y Mazatlán en la superficie y  $1^{\circ}\text{C}$  entre estas dos mismas estaciones en el nivel de 200 mb; esto indica que en el verano el contraste térmico entre la superficie y la alta tropósfera es suave, dando como resultado un gradiente de presión y vientos débiles en todos los niveles.

Sabemos que las zonas de baja presión (baja térmica) normalmente son productoras de mal tiempo ya que existe el ascenso del aire y debido a ésto la formación de nubes las cuales generan las lluvias. Los vientos convergentes de la baja térmica que se presenta en los 1 500 metros sobre el nivel del mar aproximadamente, (fig. 15) no conduce necesariamente a la formación de nubes, debido por una parte a la subsidencia del aire arriba de los 1 500 metros, por otra a que en esta zona (de no ser en las costas) el aire contiene poca humedad.

La figura 19, muestra un corte transversal de las temperaturas de los  $23^{\circ}$  a los  $37^{\circ}30'$  latitud N, para el mes de julio de 1975, que abarca el trecho Ocala-nd-San Diego-Isla Guadalupe-Guaymas-Mazatlán, aquí la inversión de temperatura es mucho más acentuada por el lado del Pacífico que del lado del golfo de California, o sea que sucede lo contrario que en el invierno, ahora se ve en este corte que entre la base y la cima de la inversión las diferencias de temperatura en Isla Guadalupe es de  $6^{\circ}\text{C}$  en el Pacífico, y que en Guaymas a la misma latitud pero por el

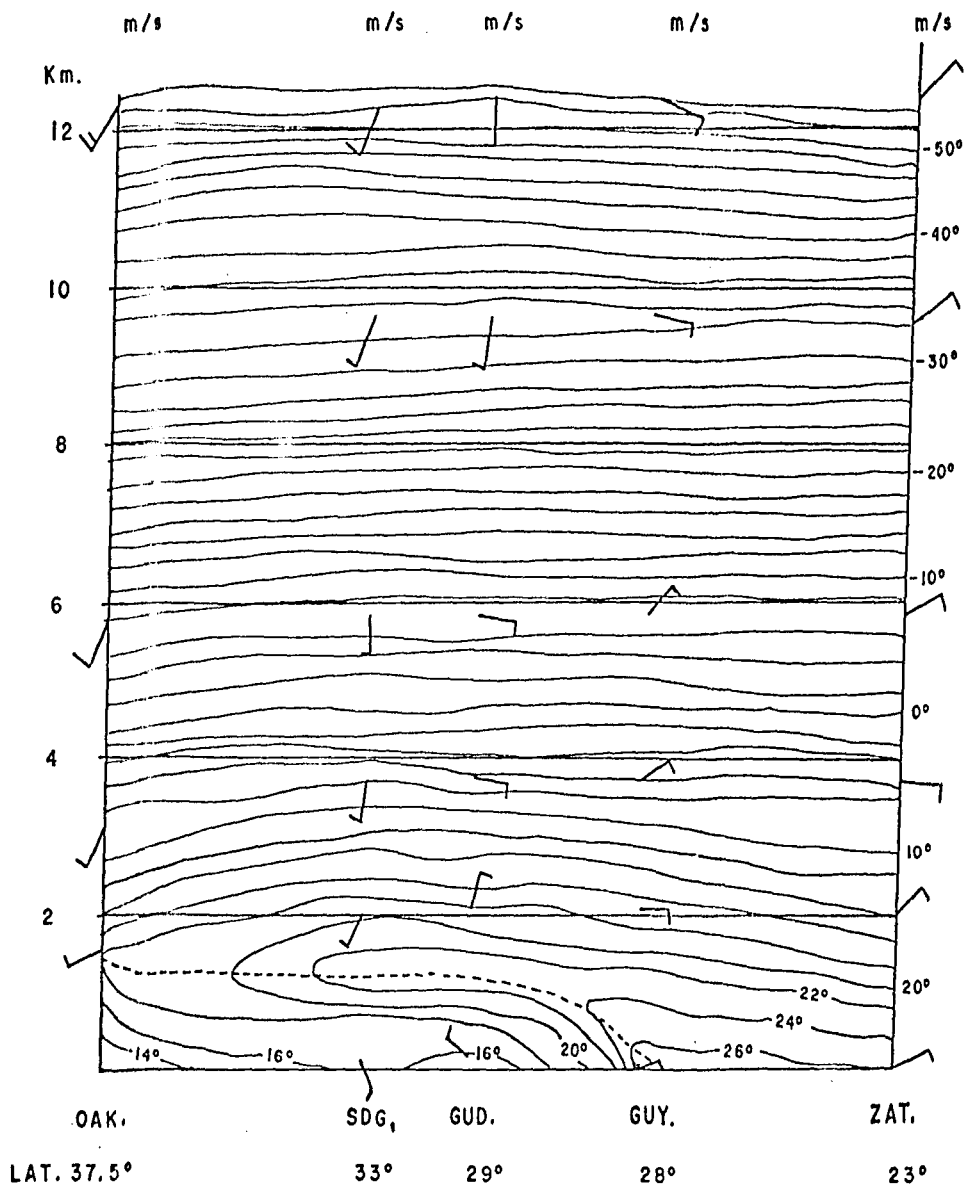


FIG. 19 CORTE TRANSVERSAL OAKLAND - SAN DIEGO I. GUADALUPE -  
 GUAYMAS - MAZATLAN EN JULIO DE 1975.

lado del Golfo es sólo de  $1^{\circ}\text{C}$ ; este fenómeno se debe a que en este mes las aguas del Golfo tienen una temperatura más alta que las del Pacífico que están más frías, y también por el efecto del descenso del aire frío y seco que es propio de la celda subtropical del Pacífico. Los vientos son del noreste en el Golfo de California. Esta inversión persiste a lo largo de la costa del Pacífico hasta el norte de San Diego.

En la figura 20 se muestra el corte transversal pero a una misma latitud, Isla Guadalupe-Guaymas-Chihuahua. Se confirma que la inversión es débil,  $1^{\circ}\text{C}$ , por el lado del Golfo y aún en Chihuahua los vientos siguen siendo de componente del este. En otro corte Tucson-Guaymas-Mazatlán a lo largo del Golfo (fig. 21) se ve que la inversión es también de  $1^{\circ}\text{C}$ , con vientos del este, éstos son débiles en estos cortes como resultado de una variación de presión debido a un gradiente de temperatura bastante suave.

## 7. LOS SISTEMAS DE TIEMPO

### a). Las invasiones del aire polar del Pacífico.

En los mapas meteorológicos se aprecian grandes áreas donde prevalece un tipo de masa de aire (polar o tropical). En el límite de estas masas se encuentran las zonas de transición o frentes donde el gradiente térmico es acentuado. La oclusión se presenta cuando una depresión frontal ha llegado a su grado de madurez. En la figura 22 se observa el paso de un frente frío ya ocluido, para el día 13 de noviembre de 1976; a las 12.00 Z; 6.00 a.m. En esta figura se ve que en toda el área las estaciones

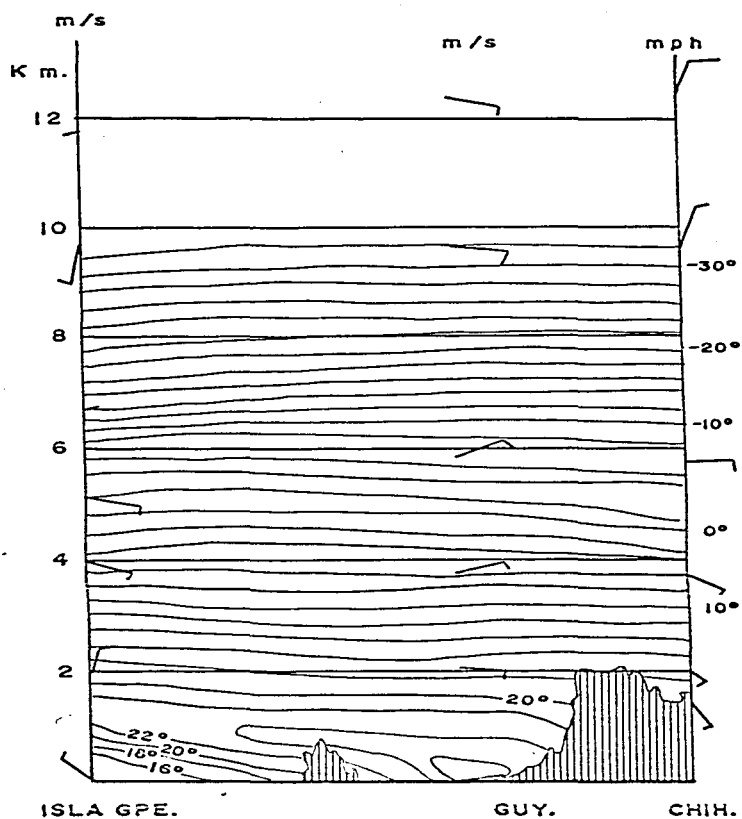


FIG. 20 CORTE TRANSVERSAL ISLA GUA-  
DALUPE - GUAYMAS - CHIHUAHUA  
EN JULIO DE 1975.

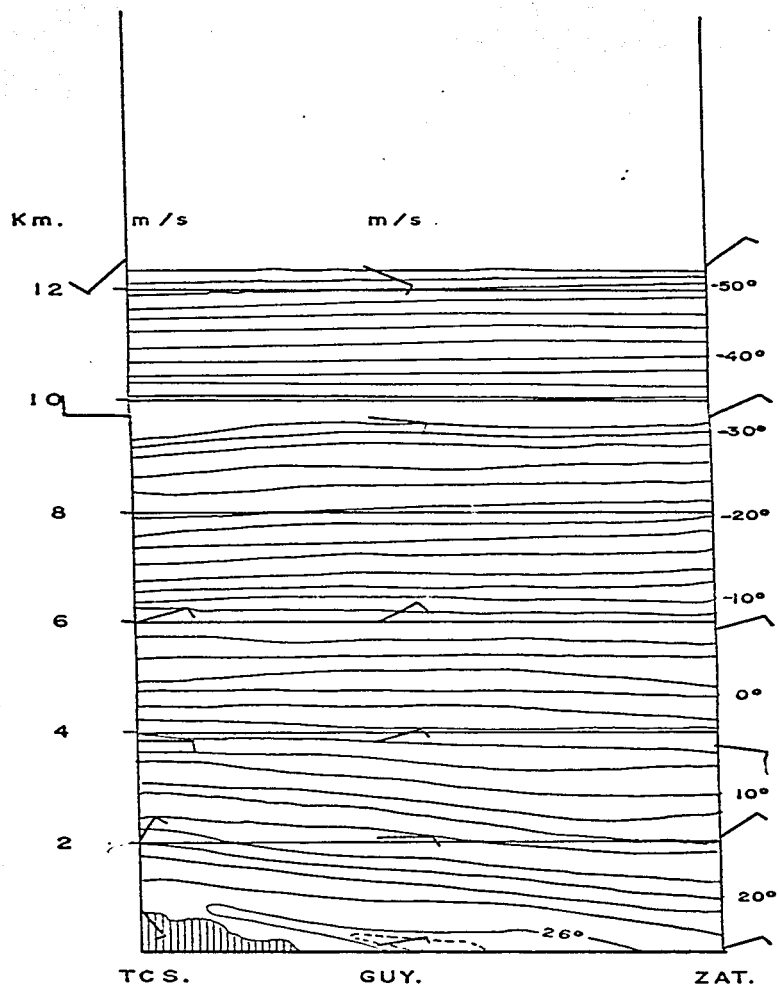


FIG. 21 CORTE TRANSVERSAL TUCSON -  
GUAYMAS - MAZATLAN EN JULIO  
1975.

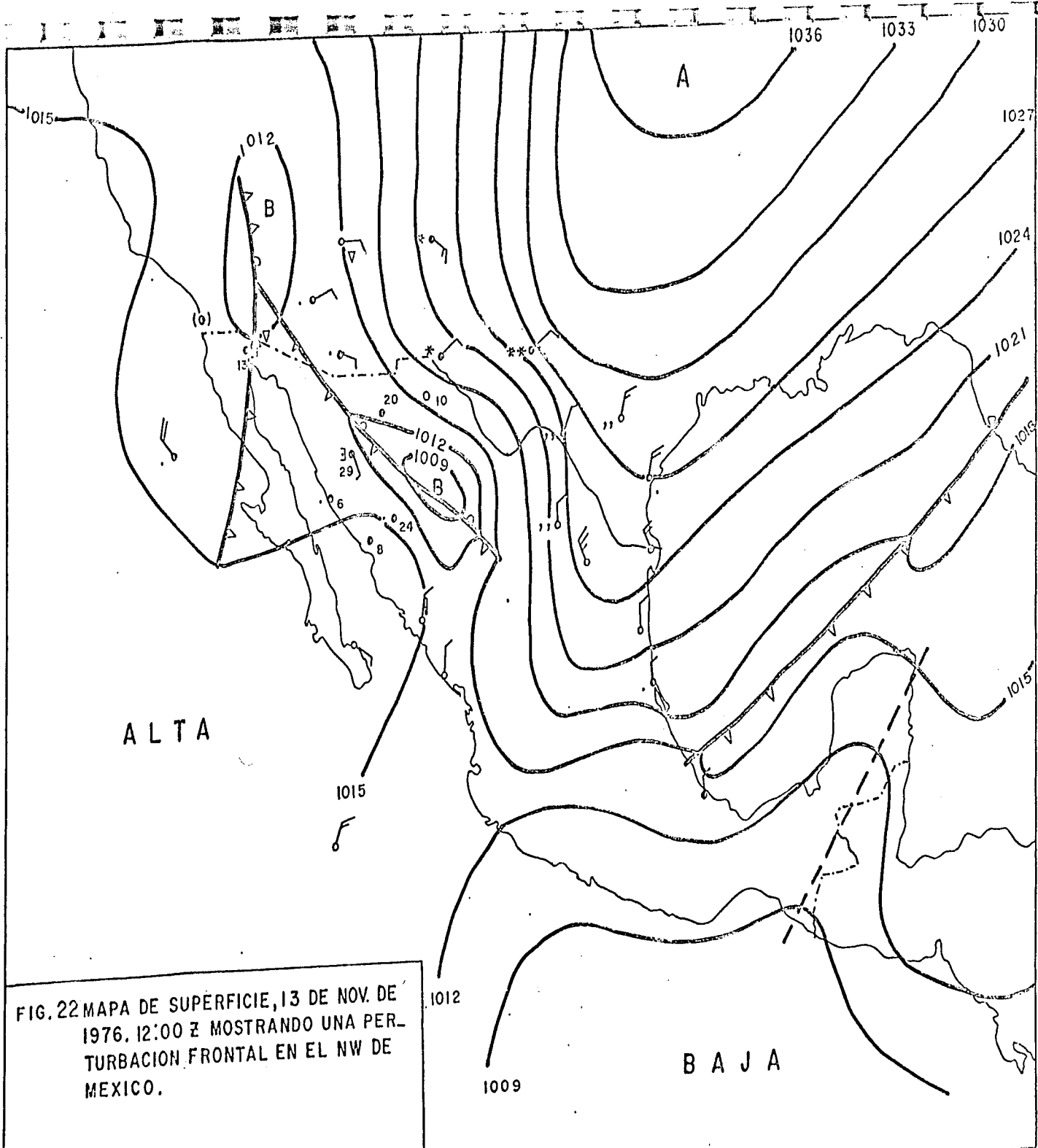


FIG. 22 MAPA DE SUPERFICIE, 13 DE NOV. DE 1976. 12:00 Z MOSTRANDO UNA PERTURBACION FRONTAL EN EL NW DE MEXICO.



reportan cielos cubiertos, lluvia persistente y chubascos, mientras que al noreste en estaciones de los Estados Unidos se manifiestan nevados.

En la figura 23 se muestra el paso de la vaguada a 500 mb (unos 5000 m) asociada al frente en superficie, esta vaguada crea un flujo de aire bastante fuerte que trae humedad y advección de aire frío en los niveles superiores que trae como consecuencia lluvias importantes en toda el área en estudio.

Estos sistemas frontales que provienen del anticiclón del Norpacífico son los que originan la mayor parte de la precipitación en la vertiente Noroccidental de la península.

Estos mapas y cortes fueron construidos con datos del Monthly Climatic Data for the World y Climatological Data, National Summary.

#### b) Los ciclones tropicales

Las lluvias que se presentan en verano en casi toda el área, son las más importantes del año, exceptuando el extremo noroccidental de Baja California donde como ya se vió presenta un régimen de lluvias de invierno; las lluvias en el verano principian a fines de junio o los primeros días de julio y terminan en el mes de septiembre.

Las precipitaciones en el verano tienen generalmente un origen de caracter convectivo, se inician en perturbaciones en la

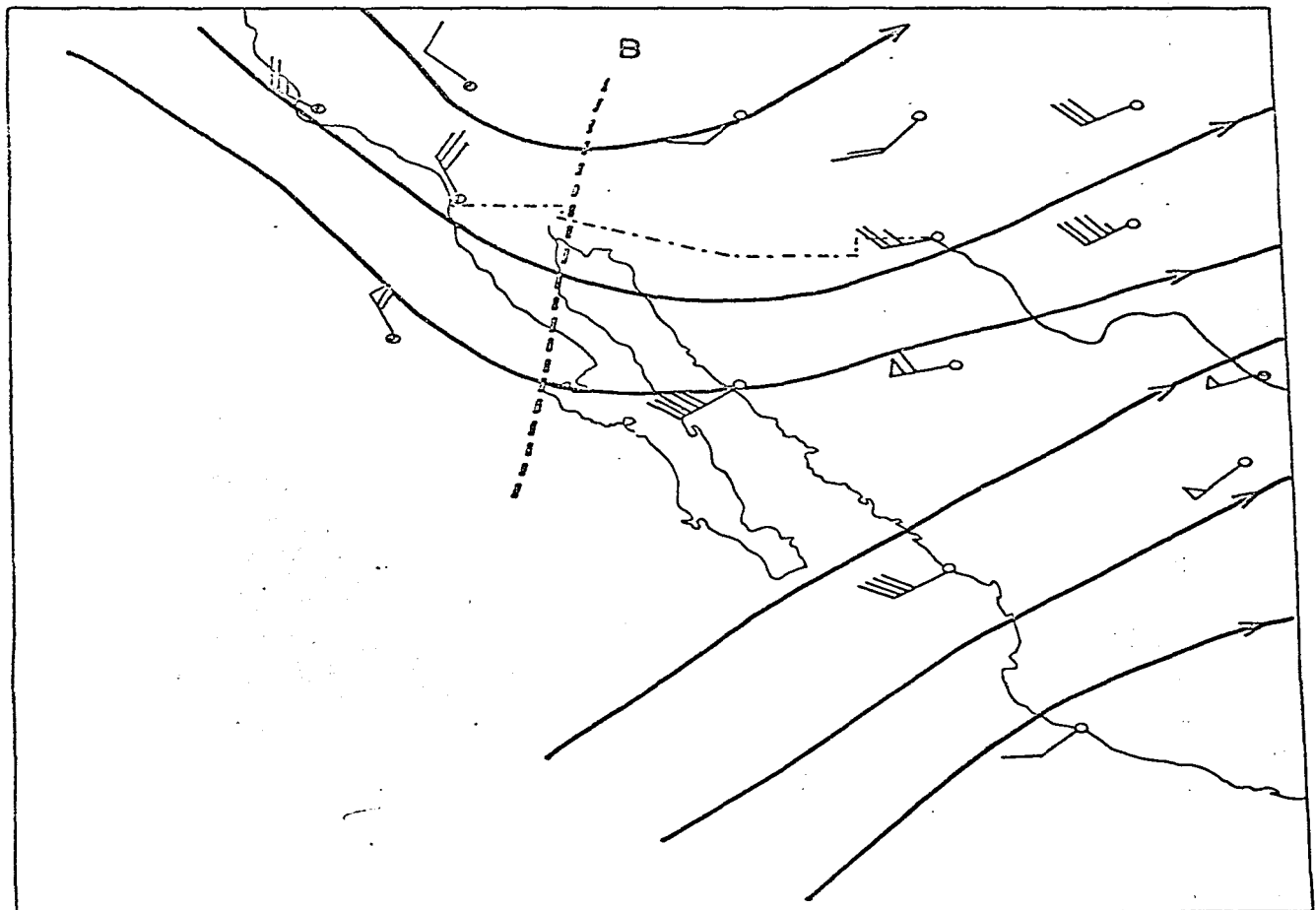


FIG. 23 FLUJO DEL AIRE A 500 mb EL 13 DE NOVIEMBRE DE 1976 A LAS 12:00 Z.

corriente de los alisios como pueden ser una onda del este o un ciclón tropical en sus etapas finales, cuyo origen normalmente se localiza al sur de la península, manifestándose por masas de nubes tropicales (Jáuregui, 1978).

El día 10 del mes de septiembre de 1976 principalmente la parte norte de la península se vió afectada por el ciclón Kathleen; también a finales de este mes por el extremo sur del Golfo penetró el ciclón Liza que toco tierra cerca de Guaymas el primero de octubre, estos dos perturbaciones produjeron precipitaciones excepcionales.

En el periodo de 1947-1961, las costas occidentales de la República Mexicana fueron visitadas por un total de 22 ciclones de los cuales seis entraron a la península (27.3%) y tres llegaron a Sonora (13.6 %) (Jáuregui, 1967); esto indica que el 41 % de dichos ciclones recurvaron hacia la región en estudio; como se puede ver, el porcentaje de incidencia de dichos fenómenos en la zona es elevado.

c) Las Surgencias de humedad.

Las surgencias de humedad son mecanismos que producen las lluvias en la vertiente oriental de la península de Baja California y Sonora, en los últimos días de junio y en los niveles arriba de los 850 mb (unos 1500 m) prevalece un flujo divergente de aire seco continental. En julio y agosto, frente a las costas del Pacífico entre Guerrero y Chiapas, se encuentra la zona inter-tropical de convergencia y los núcleos nubosos que se presentan

al sur de la península, son a veces desprendimientos de esta zona. En los primeros días de julio se encuentran frente a la entrada del Golfo de California agrupaciones nubosas que originan precipitaciones y debido a éstas se produce un enfriamiento de la masa de aire por debajo de la nube estableciéndose de esta manera, un gradiente térmico acentuado, (Jáuregui, 1978), el resultado es una surgencia de aire fresco y húmedo que viaja como una brisa en el sentido longitudinal del Golfo con una dirección sur sureste a nornoreste. En los niveles superiores la circulación del aire es del este lo cual propicia, el avance de la surgencia. El mayor desplazamiento de la masa ocurre sobre el mar, ya que aquí la fricción es mínima, debido a esto el Golfo sirve a las llamadas surgencias como un canal, siempre extendiéndose hacia las áreas con temperaturas más altas de la baja térmica en el norte de Sonora, donde se localiza la presión más baja (por debajo de los 1 500 m). La masa de aire fresco y húmedo que avanza hacia el norte y lateralmente hacia el oriente de Sonora y vertiente oriental de la península, sufre un calentamiento por abajo de la misma, desestabilizándose en el proceso, tanto esta energía térmica como el relieve influyen para que el aire fresco y húmedo ascienda por las laderas de las montañas donde se forman nubes convectivas de gran desarrollo que producen las lluvias generalizadas en el área; sin embargo, la influencia es menor en la vertiente oriental de la península, ya que en ésta, el aire fresco no tiene oportunidad de calentarse, por encontrarse la cordillera muy cerca de la costa y tener en promedio 700 m de altura.

Las lluvias más frecuentes en el área son probablemente las originadas por las surgencias de humedad.

## 8. PRECIPITACION

### a) Variabilidad de la lluvia anual

Si se quiere cuantificar la fluctuación que ocurre en la lluvia anual, acudimos al cálculo del desvío que acusan los valores individuales respecto al promedio aritmético.

El desvío tipo se expresa por la fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum p^2}{n} - \left(\frac{\sum p}{n}\right)^2}$$

donde:

$\sigma$  = desvío tipo

$p$  = precipitación

$n$  = número de años de la serie de precipitación

Dividiendo el desvío tipo entre el promedio, la fluctuación de la lluvia queda expresada por el coeficiente de variación (C.V.) en % así:

$$C.V. = \frac{100 \sigma}{P}$$

El coeficiente de variación mide el grado de dispersión de los valores individuales en porcentaje, de una serie alrededor del promedio, por medio del cual se cuantifica el grado de varia-

bilidad existente en un determinado lugar.

Este coeficiente de variación se calculó para 160 estaciones, de registro largo, de las cuales 56 se localizan en Baja California Sur, 46 en Baja California Norte, 45 en Sonora, 9 en Sinaloa y 4 en Chihuahua; en la tabla 1 aparecen algunas de las estaciones utilizadas, sólo aquellas con registro de 30 años o más.

La variabilidad más alta se observa en la tabla 1 y corresponde a las estaciones de Bataques, BCN; (85%) y Delta, BCN (82%), que se encuentran localizadas en el norte de la península cerca de la frontera con los Estados Unidos, también resulta con una variabilidad alta Mulegé (86%) que se encuentra localizada en la costa oriental de la península; como se puede ver, en estos lugares la lluvia es muy deficiente e irregular.

Los coeficientes más bajos los encontramos en la parte alta de las montañas o en sus estribaciones, estos resultados son semejantes, en general, a los encontrados por Wallen en 1955, en su estudio de la variabilidad de la lluvia en la República Mexicana.

En la figura 24 se encuentra la distribución del coeficiente de variación anual y se aprecia que la menor variabilidad (de 20 a 30 %) cubre casi la totalidad del Estado de Sonora; aumenta hasta un 40 % hacia las costas a partir de Topolobampo hasta la altura de Guaymas, en el extremo noroeste se localiza una alta variación ( que es de 70 % ), que coincide

TABLA 1. DESVIO TIPO, COEFICIENTE DE VARIACION Y PRECIPITACION ANUAL PARA DIVERSAS ESTACIONES DISTRIBUIDAS EN EL AREA DE ESTUDIO.

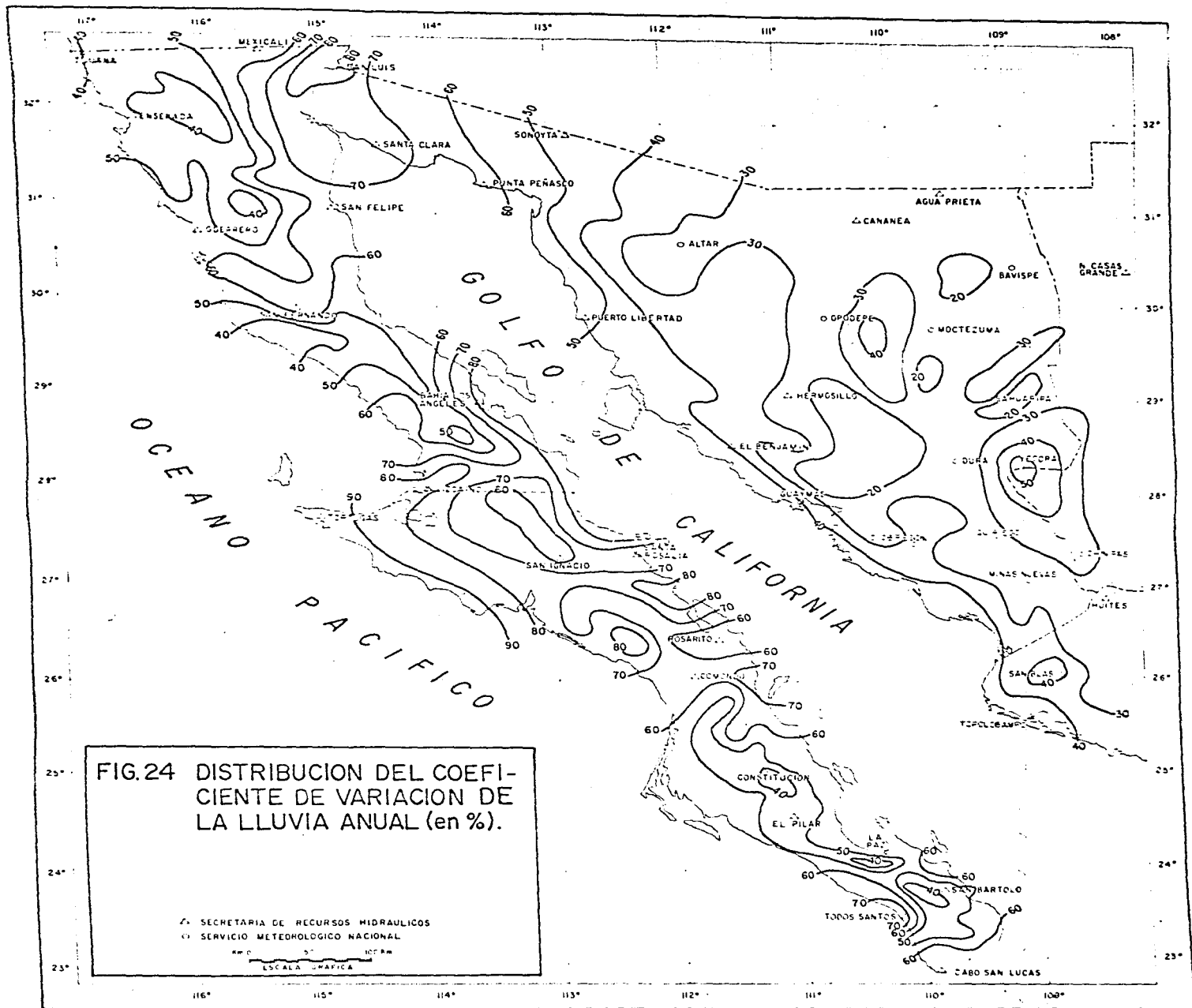
ESTACION	PERIODO	DESVIO TIPO(mm)	COEFICIENTE DE VARIACION %	PRECIPITACION ANUAL (mm)
<u>BAJA CALIFORNIA SUR</u>				
AGUAJITO, EL	35	102.1	49	209.4
CABO SAN LUCAS	32	138.2	66	208.5
CADUAÑO	34	185.1	43	425.8
COMANDU	37	100.7	64	157.1
DIVISADEROS	32	168.3	43	392.9
EL PASO DE IRITU	34	89.5	50	178.8
LORETO	34	109.5	73	149.9
MULEGE	52	97.8	86	113.4
OJO DE AGUA, EL	32	103.2	57	181.9
PAZ, LA	41	135.8	69	197.6
PENJAMO	30	56.8	46	122.7
PILAR, EL	30	62.2	46	135.9
POZA GRANDE	35	42.0	69	61.2
PURISIMA	37	74.9	68	110.3
REFUGIO, EL	35	35.8	56	63.5
ROSARITO, EL	35	63.8	52	123.5
SAN BARTOLO	35	147.9	46	319.7
SAN IGNACIO	35	58.3	59	99.6

SAN FELIPE	37	253.2	62	408.3
SAN JOSE DEL CABO	37	152.6	60	253.8
SAN PEDRO	31	166.9	53	317.6
SANTA GERTRUDIS	35	276.8	60	463.8
SANTIAGO	37	155.5	51	302.5
TODOS SANTOS	38	121.0	75	161.2
<u>BAJA CALIFORNIA NTE.</u>				
BATAQUES	26	31.3	85	37.0
DELTA	27	33.9	82	41.3
MEXICALI	33	35.6	55	65.1
PRESA MORELOS	26	37.3	71	52.2
RODRIGUEZ PRESA	37	96.3	48	200.3
RUMOROSA, LA	30	56.8	50	113.6
<u>SONORA</u>				
ALAMOS	35	133.8	20	673.3
ANGOSTURA	38	65.5	18	364.9
ARIVECHI	31	102.1	18	566.7
ATIL	48	93.2	27	346.6
BAVISPE	33	91.4	21	430.3
DURA, LA	30	109.7	22	496.1
ETCHICJOA	32	120.0	43	260.0
GUAYMAS	55	93.1	40	234.0
HERMOSILLO	39	69.7	28	248.4



IMURIS	30	102.4	24	427.0
MAZATAN	30	101.1	20	512.1
MINAS NUEVAS	49	165.4	25	673.5
MOCTEZUMA	33	105.1	23	459.3
MULATOS	33	183.6	33	508.6
NURI	30	155.0	23	664.6
OBREGON, CD.	45	102.7	32	321.4
OPODEPE	31	131.6	29	453.6
OREGANO, EL	35	68.1	20	335.7
QUIRIEGO	49	166.0	26	645.8
SAHUARIPA	32	133.9	33	412.0
SAN BERNARDO	32	199.8	31	652.5
SAN JAVIER	32	183.8	29	625.6
SANTA ANA	51	115.2	35	3326.2
SANTA TERESA	35	81.8	27	304.7
TONICHE	30	121.9	21	580.7
TRES HERMANOS	34	138.7	25	565.3
YECORA	32	498.7	52	962.8
<u>CHIHUAHUA</u>				
CASAS GRANDES	32	80.5	28	291.5
CHINIPAS	49	245.2	31	799.0
<u>SINALOA</u>				
CHOIX	32	173.0	23	756.5

FUERTE, EL	37	144.1	24	613.4
HUITES	34	209.3	26	805.2
SAN BLAS	52	185.8	43	430.7



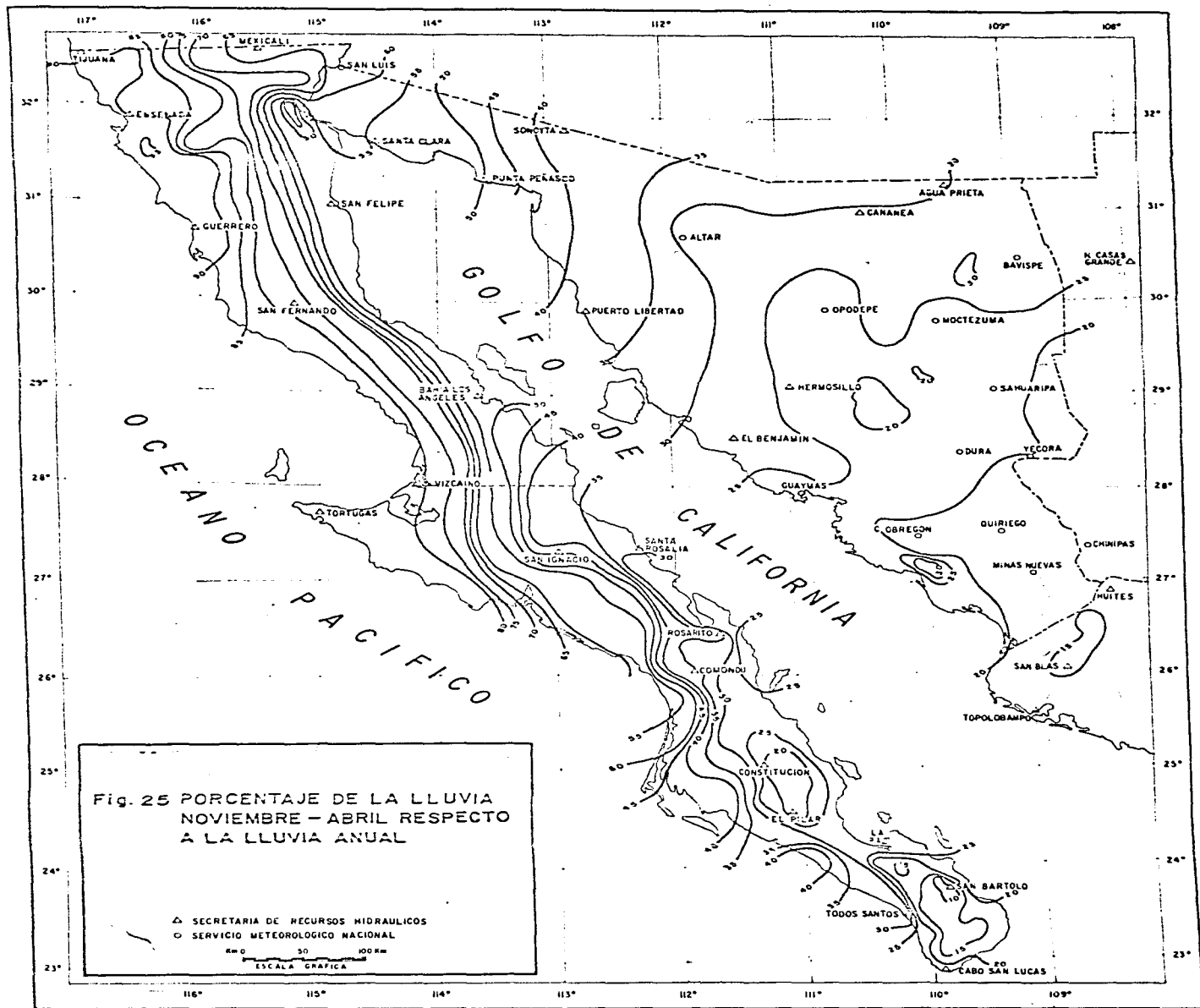
con la zona de lluvias escasas. En la península, las zonas con menor coeficiente de variabilidad, 40 %, se localizan en las porciones elevadas y aumenta hacia el nornoreste hasta un 80 % en Bataques y Delta; en la zona centro occidental llega hasta el 90 % a partir de Tortugas a Punta Abreojos; y, por último, en la región centro oriental la variabilidad es del orden de 80%, desde Bahía de los Angeles hasta La Palma, hacia el sur se mantiene entre 50 % y 60 %.

Al comparar el mapa de variabilidad con el de la lluvia anual, se observa que las zonas con escasa precipitación corresponden a regiones con alta variabilidad y viceversa. Pero hay algunas excepciones, como en la estación de Yécora, que, teniendo un promedio de lluvia anual elevado, también tiene un coeficiente de variación alto, aunque esto quizá se deba a condiciones muy locales y a los fenómenos meteorológicos erráticos de la zona.

El área en estudio es una de las zonas de la República Mexicana con más alta variabilidad, por consiguiente, se requiere de una adecuada planeación para poder tener una mejor explotación de este elemento, en cualquier actividad económica.

En la figura 25 se muestra la distribución de la lluvia en por ciento, de noviembre-abril, respecto a la lluvia anual; aquí se ve en qué sitios la contribución de los sistemas frontales es decisivo en el valor anual de la lluvia.

El mayor porcentaje de lluvia, 90 %, se localiza en el rincón noroccidental de la península, esta contribución a la llu-

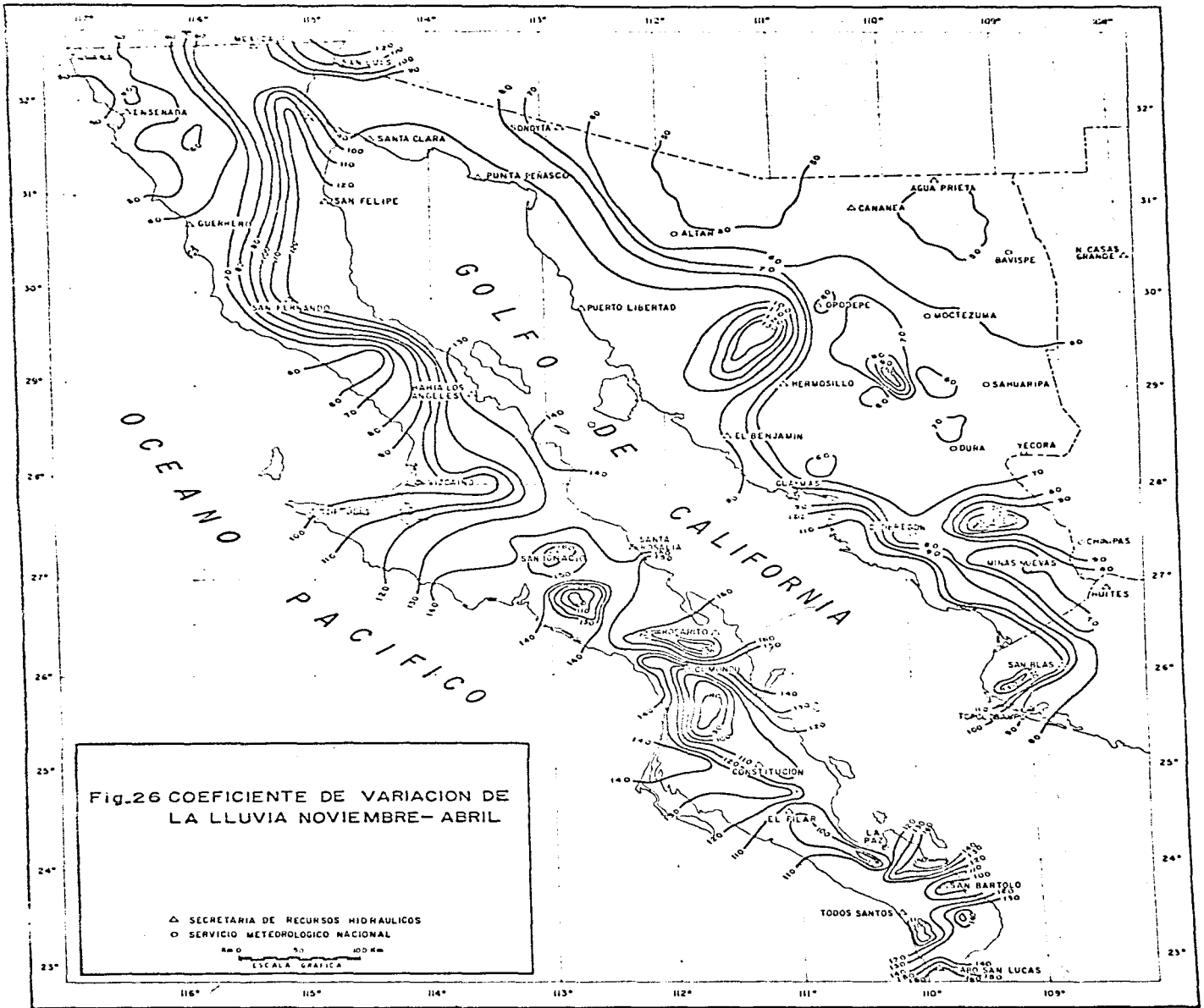


via decrece hasta 20 % en el centro y sur de Sonora y sur de la península; hacia el oriente de Sonora también se nota un decrecimiento del orden de 50 %.

El coeficiente de variación de la lluvia, noviembre-abril (fig. 26), muestra que la variabilidad es elevada en toda el área en estudio, incluyendo el noroeste de la península, con valores de 50 a 60 %, lo cual indica lo errático de las lluvias en invierno.

En el verano las lluvias son más confiables debido a las perturbaciones que visitan la zona esporádicamente; en la figura 27 se muestra el incremento que tuvo la lluvia de un mes, julio, con respecto al mes anterior, junio, en por ciento respecto a la lluvia anual. Se ve que en la parte centro oriente y sur de Sonora el incremento es fuerte, de más del 20 %; dicho incremento se reduce hasta un 14 % en la costa y hasta un 6 % en el extremo noroeste del Estado. En la península el mayor incremento, 10 %, se localiza al sur y va disminuyendo hasta un 2 % en la parte noreste, el incremento es nulo en la parte occidental, lo cual indica que ahí las lluvias son despreciables para esos meses.

La figura 28 muestra el porcentaje de la lluvia mayo-octubre con respecto a la cantidad de lluvia anual. En Sonora, todo el centro oriente y sur del Estado tienen más de 70 %; hacia el noroeste decrece hasta un 45 %, lo que prevalece muy pegado a la costa nororiental desde El Riito hasta la altura del paralelo 29 °; a partir de dicho paralelo hacia el sur las lluvias que predominan son las de verano pues el porcentaje se incrementa hasta más del 80 %. Como era de esperarse en la vertien-



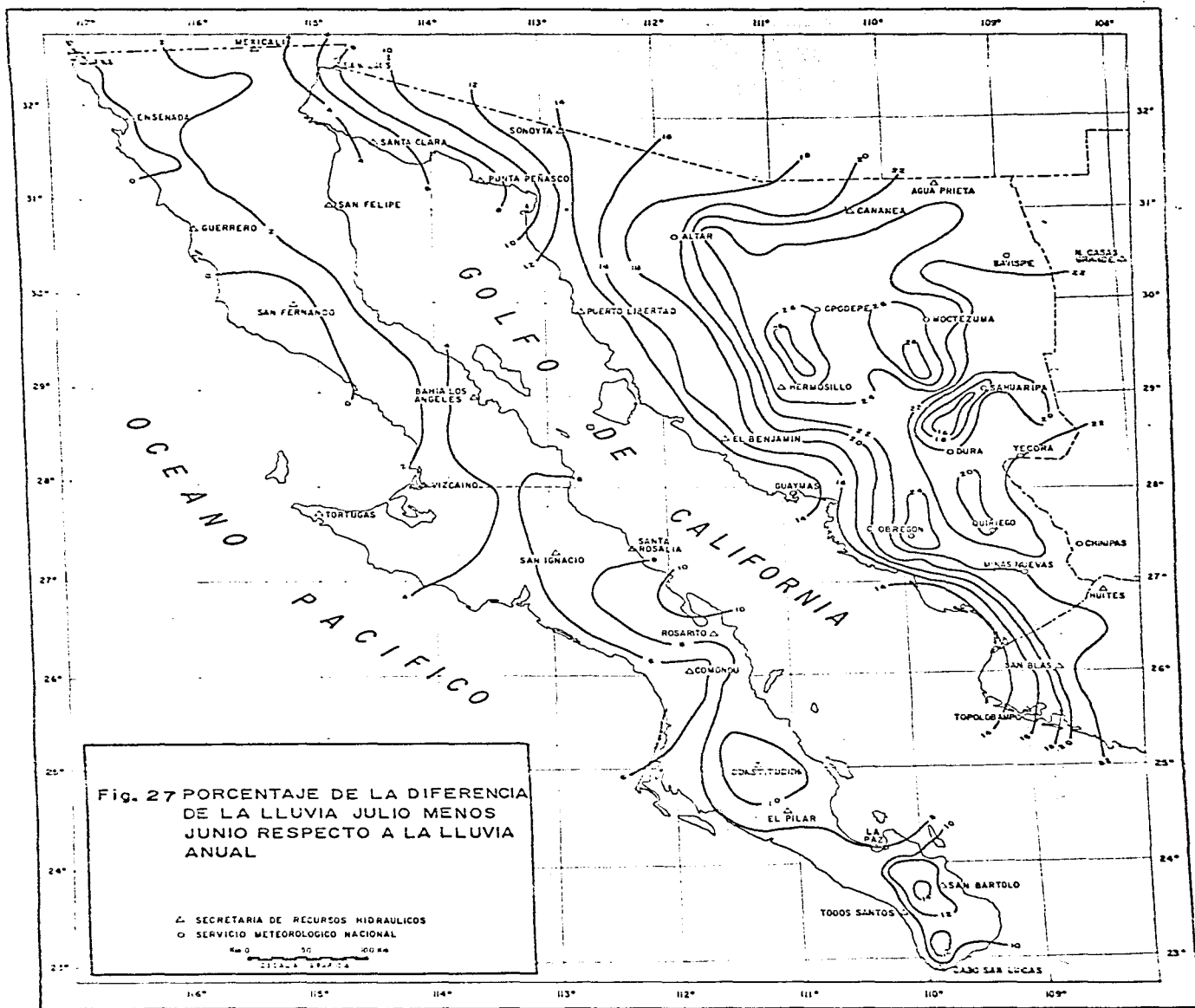
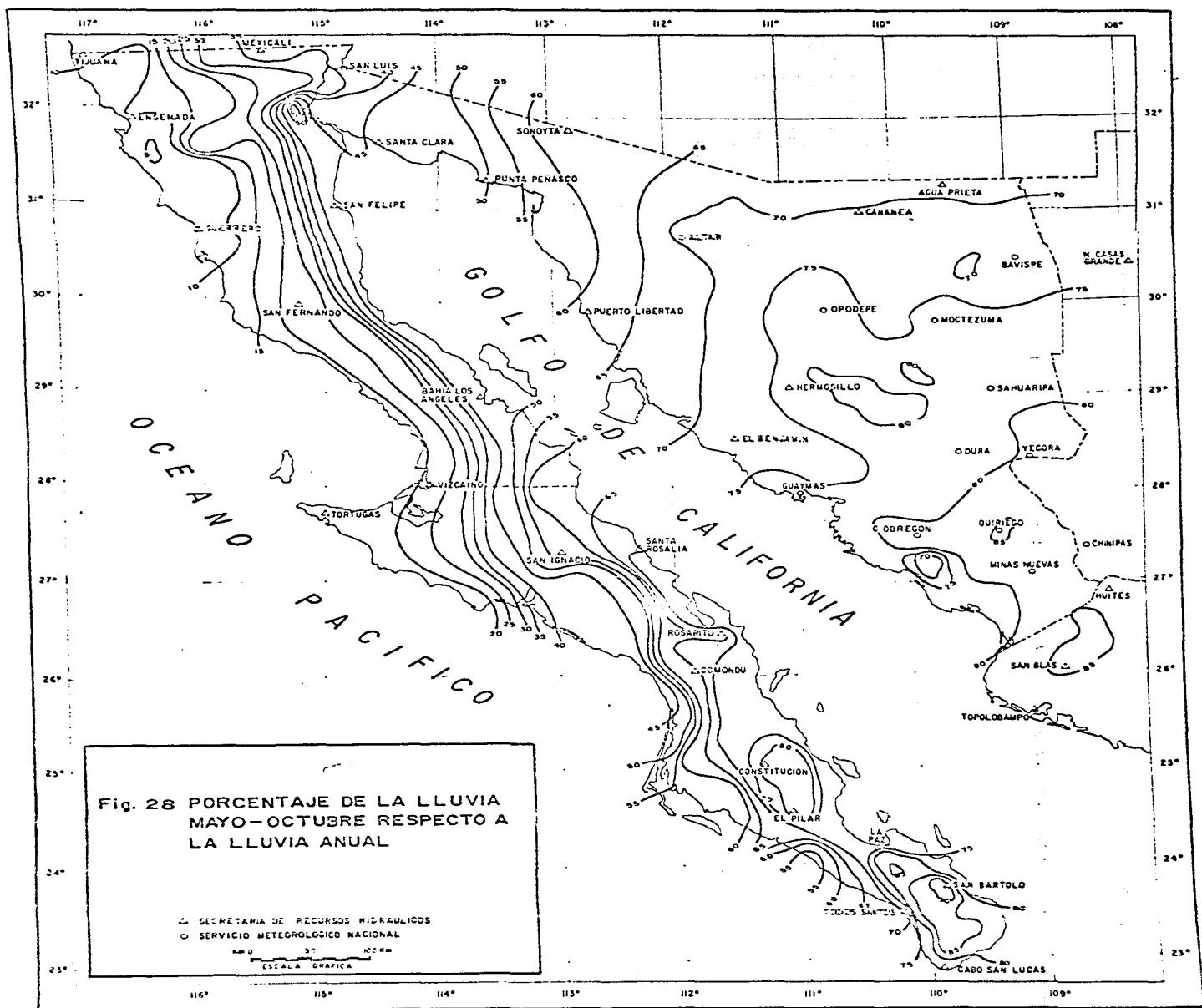


Fig. 27 PORCENTAJE DE LA DIFERENCIA DE LA LLUVIA JULIO MENOS JUNIO RESPECTO A LA LLUVIA ANUAL

△ SECRETARÍA DE RECURSOS HIDRÁULICOS  
 ○ SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

0 50 100 KM





te occidental de la península, desde La Rumorosa hasta Punta Abrejos se localiza el porcentaje mínimo de lluvia, menos del 25 %.

La figura 29 muestra el coeficiente de variación mayo-octubre; aquí se observa que la variabilidad es alta, 30 a 60 % en todo Sonora y sur de la península, exceptuando el extremo noroeste del Estado de Sonora y centro norte de Baja California, estas precipitaciones son comparativamente más confiables que las lluvias en invierno.

b) Número de días con lluvia apreciable.

La lluvia apreciable se define como la cantidad de lluvia medida por el pluviómetro, mayor de una décima de milímetro. En la figura 30 aparece la distribución del número de días con lluvia apreciable en el año, para el área en estudio. Se observa que en la zona oriente de Sonora ocurre la mayor frecuencia durante más de 50 días, y éstos decrecen hacia el oeste, donde se presentan menos de 30 días. En la península, la máxima ocurrencia, más de 20 días, se encuentra en el sur, en la zona elevada y en el noroeste; las zonas con menos días de lluvia apreciable (menos de 10) se localizan en el noroeste de Sonora y en el centro y vertiente nororiental de la península.

Se observa que la zona con mayor ocurrencia de días con lluvia apreciable generalmente son las que registran mayor cantidad de lluvia anual.

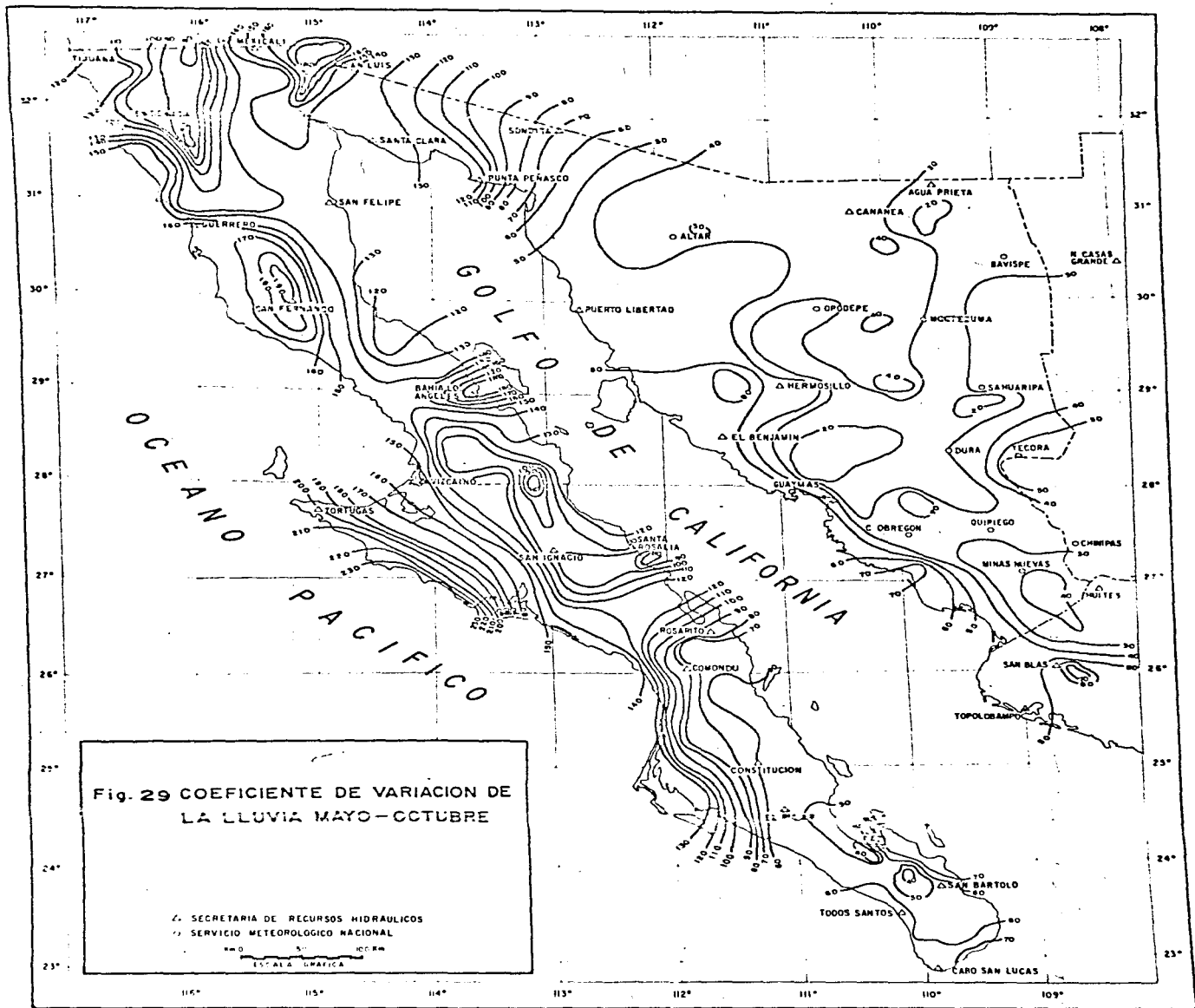
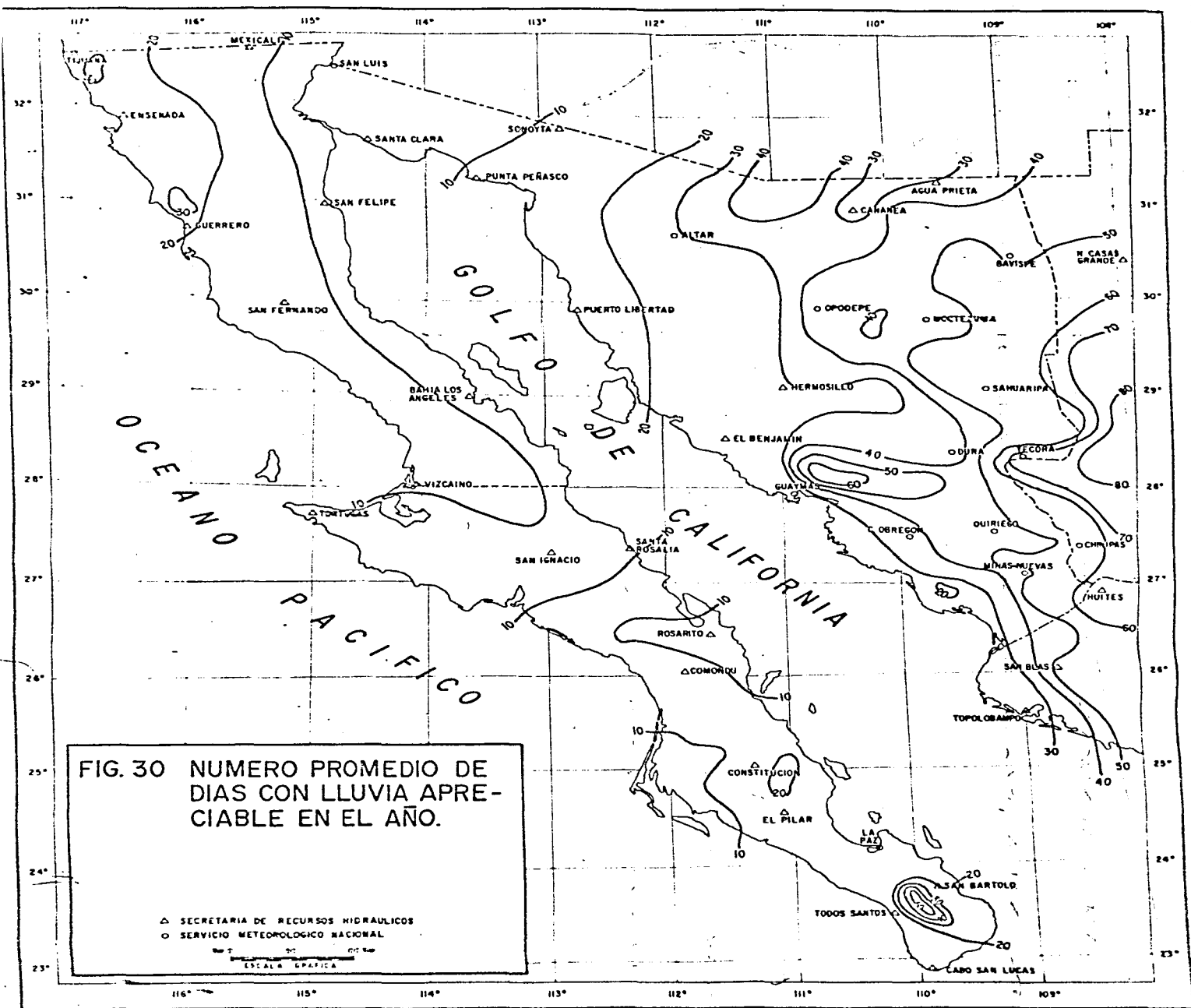


Fig. 29 COEFICIENTE DE VARIACION DE LA LLUVIA MAYO-OCTUBRE

△ SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS  
 ○ SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL

0 50 100 KM  
 ESCALA GRAFICA



c) Tormentas eléctricas

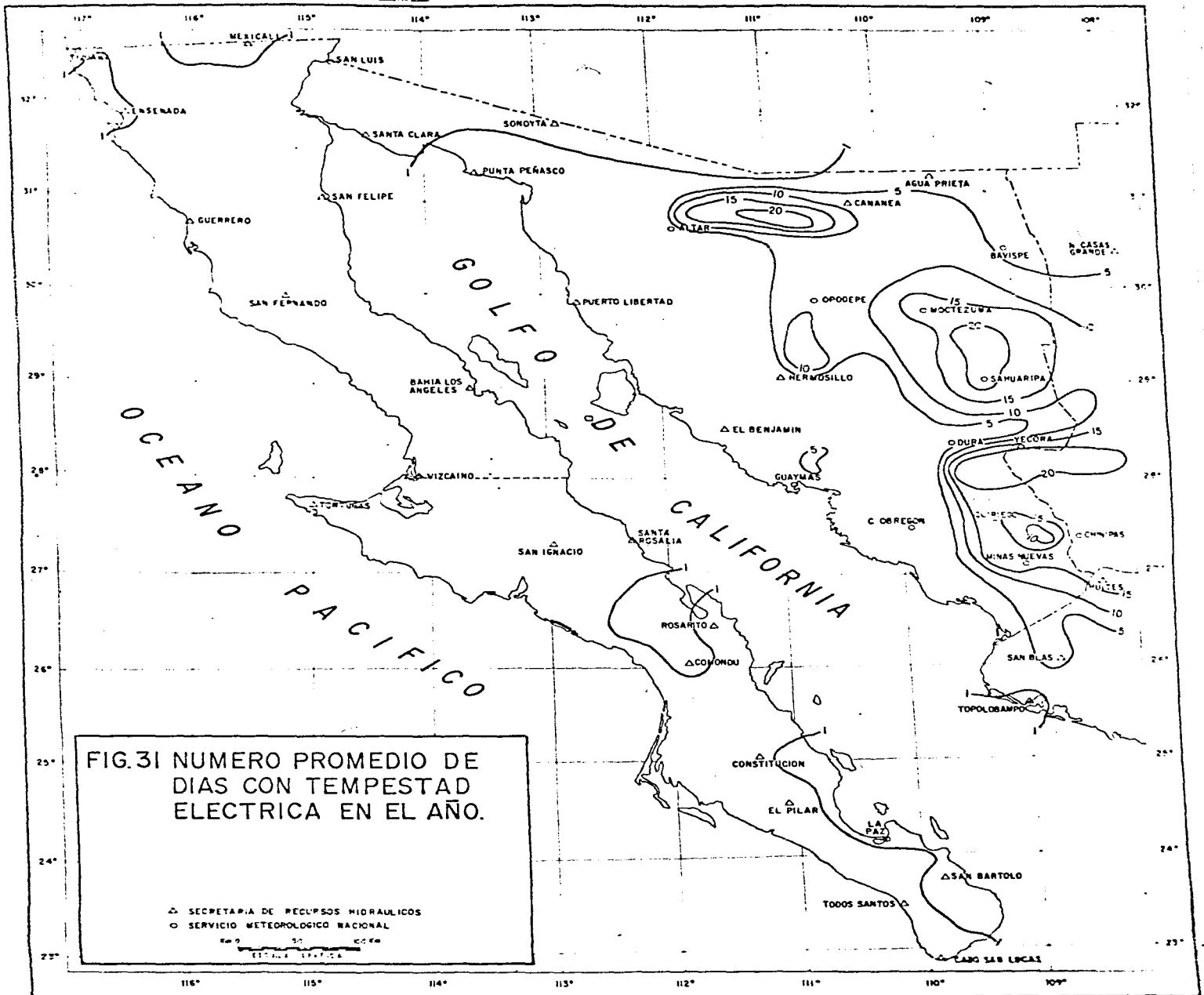
Debido a la actividad de las nubes de desarrollo vertical (cúmulos-nimbos) se producen las tormentas eléctricas; estas nubes generalmente se forman en la zona en estudio en la estación de lluvias, debido al ascenso de las masas de aire al chocar con la barrera que forma la orografía y por la inestabilidad de las mismas masas.

Las tormentas ocasionadas por estos efectos normalmente se presentan en el área de estudio después del mediodía, por la tarde o por la noche, y por lo general en las partes montañosas. También ocurren asociadas al paso de las perturbaciones en la corriente de los alisios, como puede ser una onda del este (Jáuregui, 1970).

En la figura 31 se encuentra la distribución de días con tormentas al año, más de 15, en las inmediaciones de la Sierra Madre Occidental, noreste de Altar, parte oriente y sureste del Estado de Sonora; una gran parte de la zona en estudio tiene una frecuencia anual menor de 5 tormentas (planicie y costas de Sonora y pequeñas áreas en la península).

En casi toda Baja California y el noroeste de Sonora no se presentan tormentas eléctricas en el año.

Las zonas donde se presenta la máxima ocurrencia de días con tormentas al año corresponde también a las de mayor lluvia al año.



d) Heladas

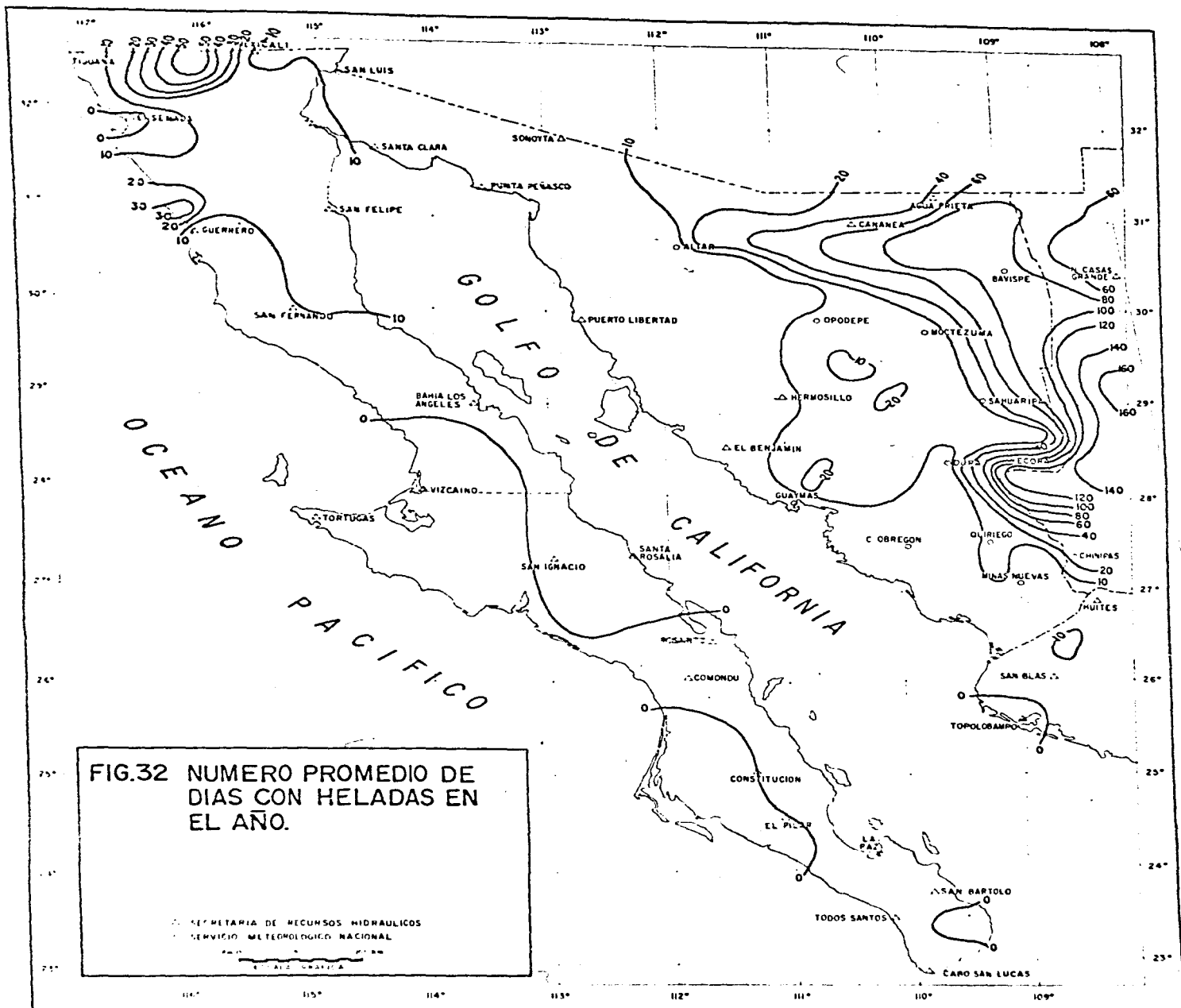
En México las heladas se presentan cuando la temperatura del medio ambiente es igual o inferior a 0°C. Estas se deben a las invasiones de aire polar continental, generalmente seco, proveniente de Canadá y de los Estados Unidos. Las heladas de radiación son aquellas que ocurren en zonas en que, por la noche la sequedad del aire hace que se pierda rápidamente el calor, absorbido durante el día, lo que da por resultado el enfriamiento adicional de la masa de aire polar que ha invadido.

La llamada helada negra ocurre cuando las masas de aire polar que nos invaden en el invierno son demasiado frías, con temperaturas inferiores a cero, ocasionando la formación de cristales de hielo que se depositan en valles y montañas; éstas son las más peligrosas para la agricultura, porque ocurren fuera del periodo normal. En México las heladas negras son mucho menos frecuentes que las de radiación.

En la figura 32 se encuentra la distribución del promedio anual de días con heladas, las zonas más elevadas son las de mayor frecuencia: 60 a 80 días al año en la parte oriente de Sonora, en la costa, de 0-10 días. En la península, sólo en el norte se presentan heladas (10-50 días); en el resto de la península no se presentan o son mínimas, de 0-10 días con heladas al año.

e) Número de días nublados al año.

Cuando se tiene el cielo cubierto de nubes o más de las





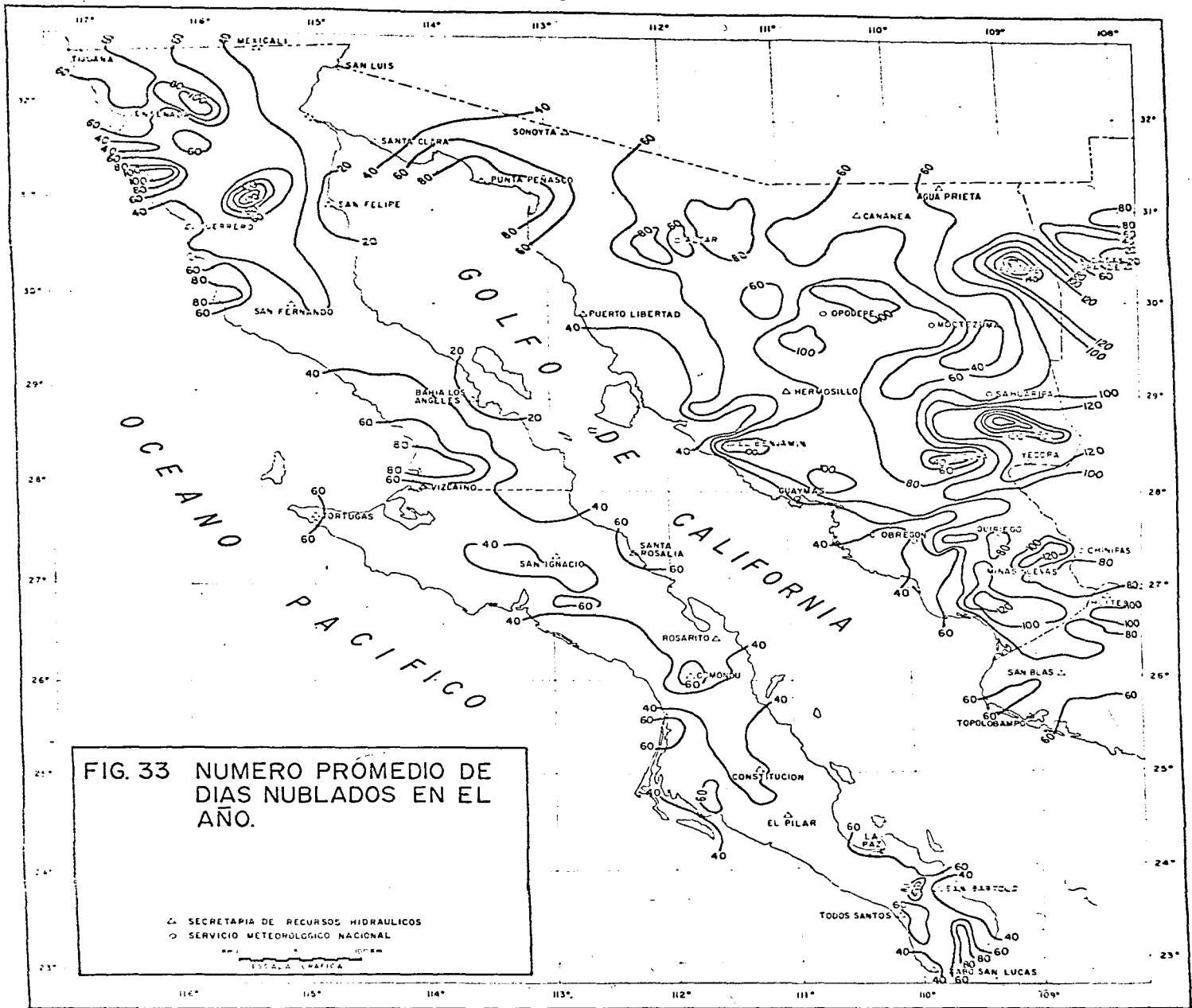
dos terceras partes, se considera nublado. En la zona en estudio, estos nublados se encuentran preferentemente en zonas elevadas.

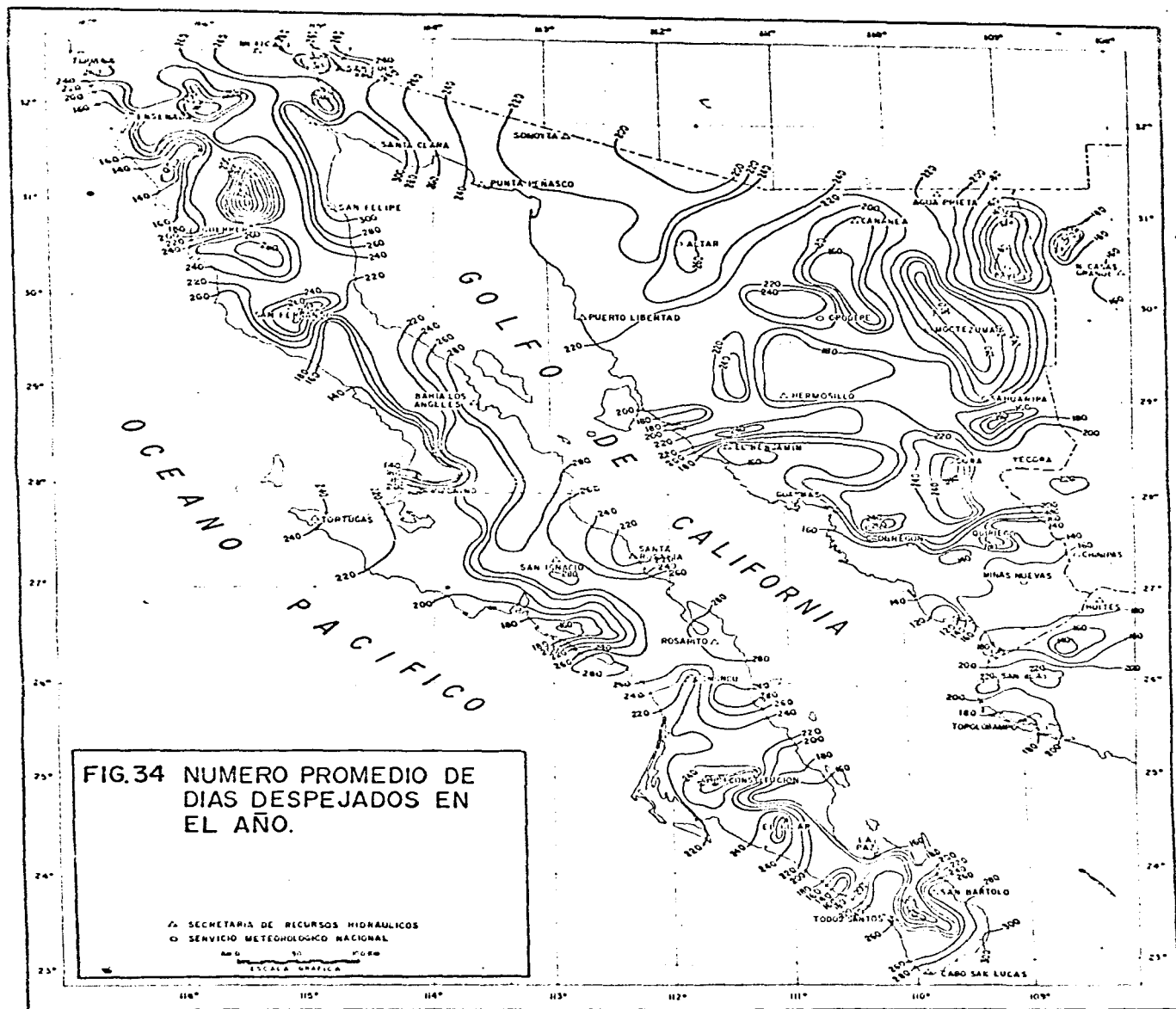
En la fig. 33 se muestra la distribución del número de días con nublados al año en las superficies que abarcan los Estados de Baja California y Sonora; la mayor frecuencia de días nublados a través del año corresponde a las estribaciones de la Sierra Madre Occidental y a las partes altas de las montañas.

En las planicies costeras de Sonora y Baja California hay de 40 a 60 días nublados al año, que representan aproximadamente un 14 %; en las partes altas de Sonora hay 120 y en la península hasta 100 días con nublados lo cual representa aproximadamente un 30 % anual. Como se puede observar en esta figura, las áreas con mayor número de días nublados coinciden en general con las áreas de mayor precipitación, y las de menor número de nublados con las áreas más escasas de lluvia. La mayor frecuencia de días nublados ocurre en la época de lluvias, junio-septiembre, excepto en el extremo noroeste de la península donde la nubosidad asociada a las lluvias es mayor en el invierno.

#### f) NUMERO DE DIAS DESPEJADOS AL AÑO

Cuando no hay nubes en el cielo o cuando la cantidad de ellas cubre menos de la tercera parte, se considera día despejado. En la figura 34 se aprecia la distribución del número de días despejados al año. Como era de esperarse, la mayor frecuencia ocurre en el noroeste de Sonora y noreste de Baja California, en donde se presentan hasta 300 días despejados al año, lo que representa un 80 % aproximadamente con respecto al total. En esta figura se





observa que en la mayor parte de la zona en estudio, se tienen de 200 a 260 días despejados al año, lo que representa más del 50 %, exceptuando pequeñas zonas en las cuales se observan menos de 200 días, como son la vertiente noroccidental de la península, Valle de la Trinidad en el norte y un corredor en el sureste a la altura de los paralelos 23°30' a 25° Norte ya en Sonora estas pequeñas zonas se localizan al sur, centro norte y noreste del Estado.

Esta zona es una de las que registra mayor número de días despejados en la República, ya que está bajo el influjo de corrientes verticales descendentes de aire seco que impiden la formación de nubes (anticiclón semipermanente).

g) GRANIZO .

En nubes de gran desarrollo vertical, cumulonimbos, se forma el granizo, cuando éstas alcanzan alturas cercanas a la tropopausa y han rebasado, en consecuencia, el nivel de congelación.

Los granizos están formados por varias capas concéntricas de hielo alrededor de un núcleo, que se forma debido a los fuertes movimientos ascendentes y descendentes producidos en este tipo de nubes. Algunas de estas capas concéntricas son de hielo claro y otras de hielo opaco, debido principalmente a que se forman cuando las gotas son acarreadas por las corrientes ascendentes en alturas considerables, hasta las zonas más frías (con temperaturas inferiores a 0°) donde se congelan. Este proceso se repite dando como resultado que el granizo crece por colisión con las gotas de lluvia, éstas ascienden más rápido que los granizos, lo cual indica que dichas colisiones de gotas con granizos son muy frecuentes lo que

explica el por qué de capas concéntricas claras y opacas.

En la zona en estudio, el granizo ocurre en las partes elevadas de la Sierra Madre Occidental por ser en ese lugar donde las nubes pueden alcanzar más fácilmente el nivel de congelación durante la estación de lluvias ( Jáuregui, 1970).

La mayor frecuencia de días con granizo al año se presenta, como era de esperarse, al oriente del área en estudio (fig. 35) donde se observan tres o más granizadas.

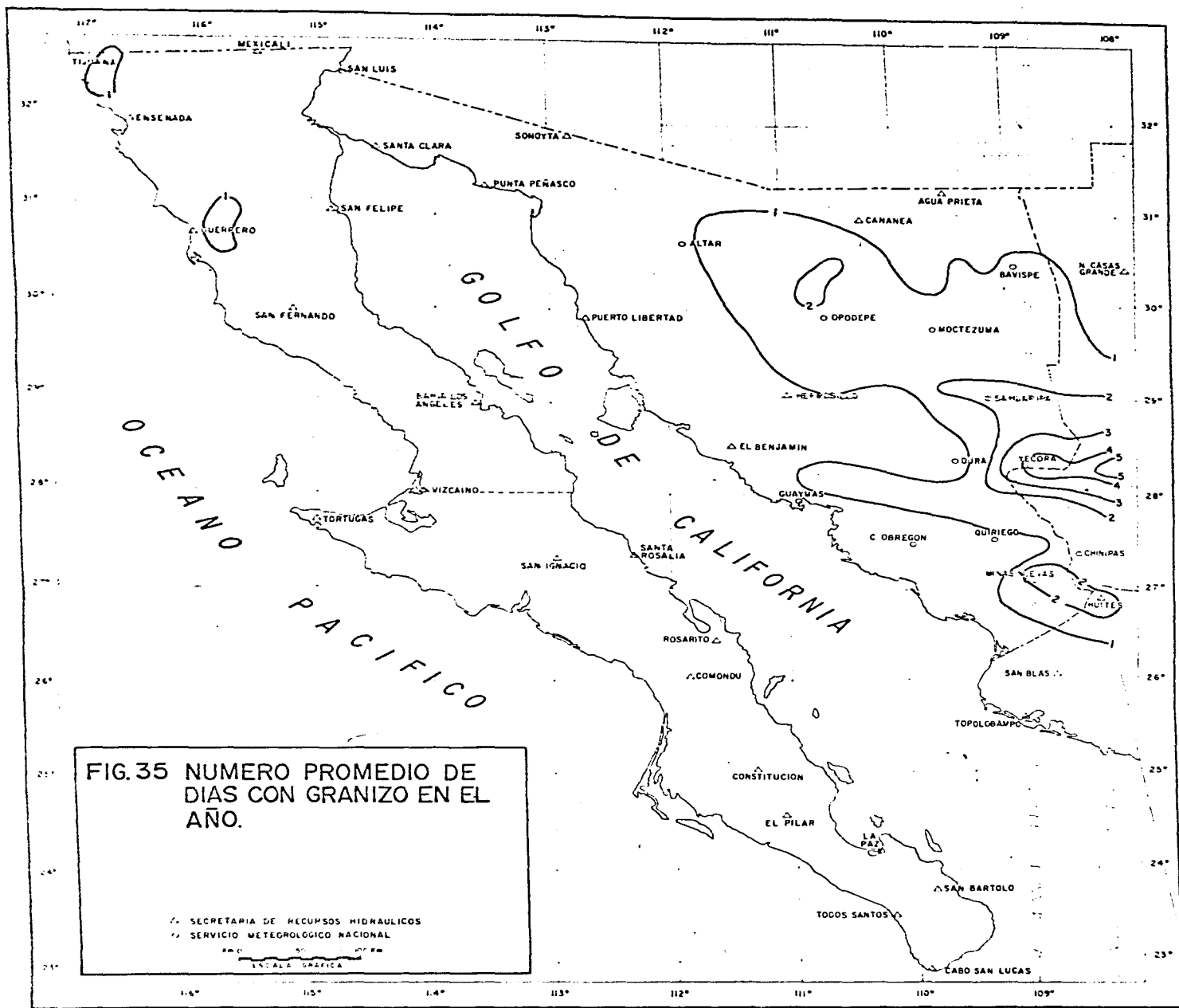
En la parte central de Sonora, al igual que en dos pequeñas zonas del noroeste de la península, sólo se presenta una granizada; en el resto de la península y en el norte y costa de Sonora no se manifiestan.

El conocimiento estadístico de las frecuencias con que ocurre este elemento es importante, ya que su efecto ocasiona irreparables daños a la agricultura.

## 9. LA TEMPERATURA

La temperatura es uno de los elementos climáticos que, junto con la precipitación, determinan el clima de un lugar, siendo además de gran importancia para el desarrollo de las plantas.

Como sabemos, la temperatura del aire decrece con la altura, en la atmósfera standard en proporción de  $0.6^{\circ}\text{C}$  por cada 100 m. y que la intensidad de la insolación decrece con la latitud, por lo que la temperatura disminuye hacia el norte. Otros factores,



como son los vientos, la nubosidad, la humedad, etc, también son importantes.

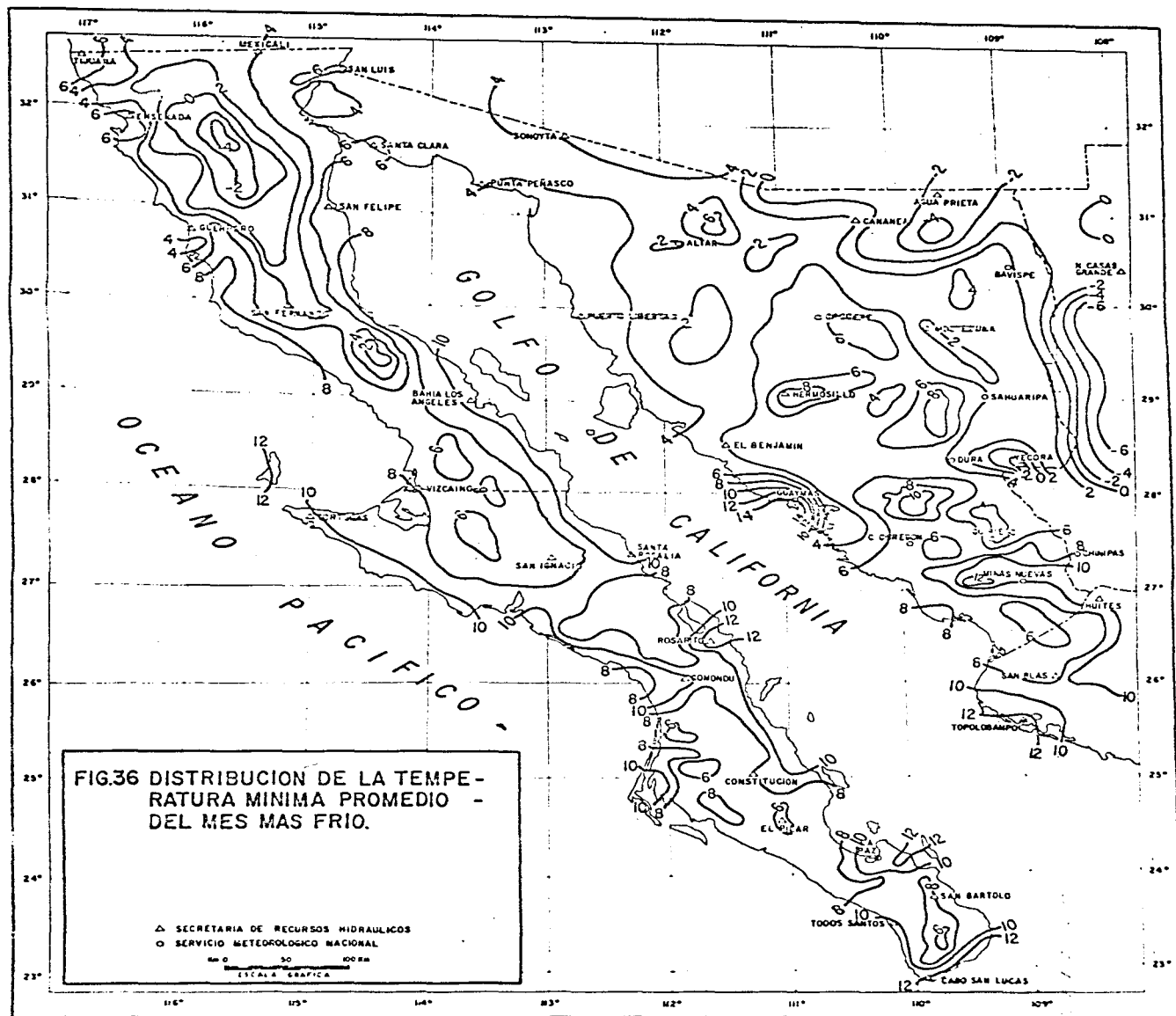
Por la cercanía de grandes superficies de cuerpos de agua que actúan como modificadores en las variaciones de la temperatura, en el área en cuestión se tienen características especiales.

a) Temperatura mínima promedio del mes más frío

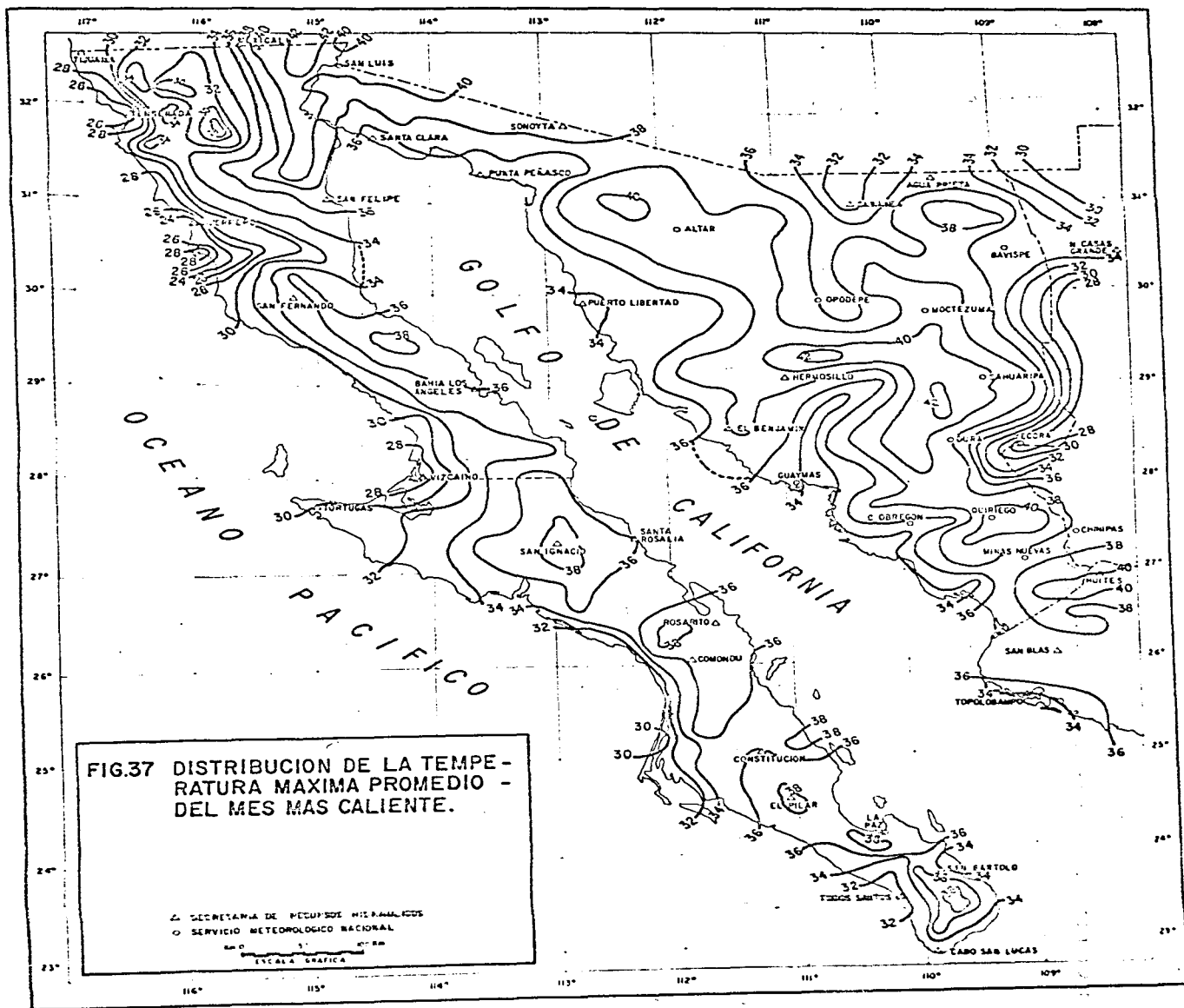
En la figura 36 se muestra la distribución de las temperaturas mínimas promedio observándose que hacia el sur de la zona, las temperaturas son hasta de 10°C. En Sonora, las temperaturas decrecen hacia el nororiente hasta -2°C en la parte elevada, y hacia el noroeste a 4°C en las partes bajas. La mayor parte de la superficie de Sonora se encuentra dentro de las isoterms entre 2°C a 6°C. En el sur de Baja California se encuentran las temperaturas más elevadas, 10°C ; en ambas costas y hacia el interior decrecen a 8°C y 6°C, esto se nota hasta la altura del paralelo 29°N. A partir de dicha latitud, hacia el norte, las temperaturas en la costa oriental son de 8° y 6°C y en la occidental llegan a ser de 4°C. En el norte de la península, en las partes elevadas de la Sierra de Juárez, se tienen las temperaturas más bajas de -2°C. En los Estados que abarca la zona en estudio las temperaturas mínimas más altas ocurren en el sur y decrecen hacia el norte y partes elevadas. En general, el mes más frío en la zona de estudio es enero.

b) Temperatura máxima promedio del mes más caliente

En la figura 37 aparece la distribución de la temperatura





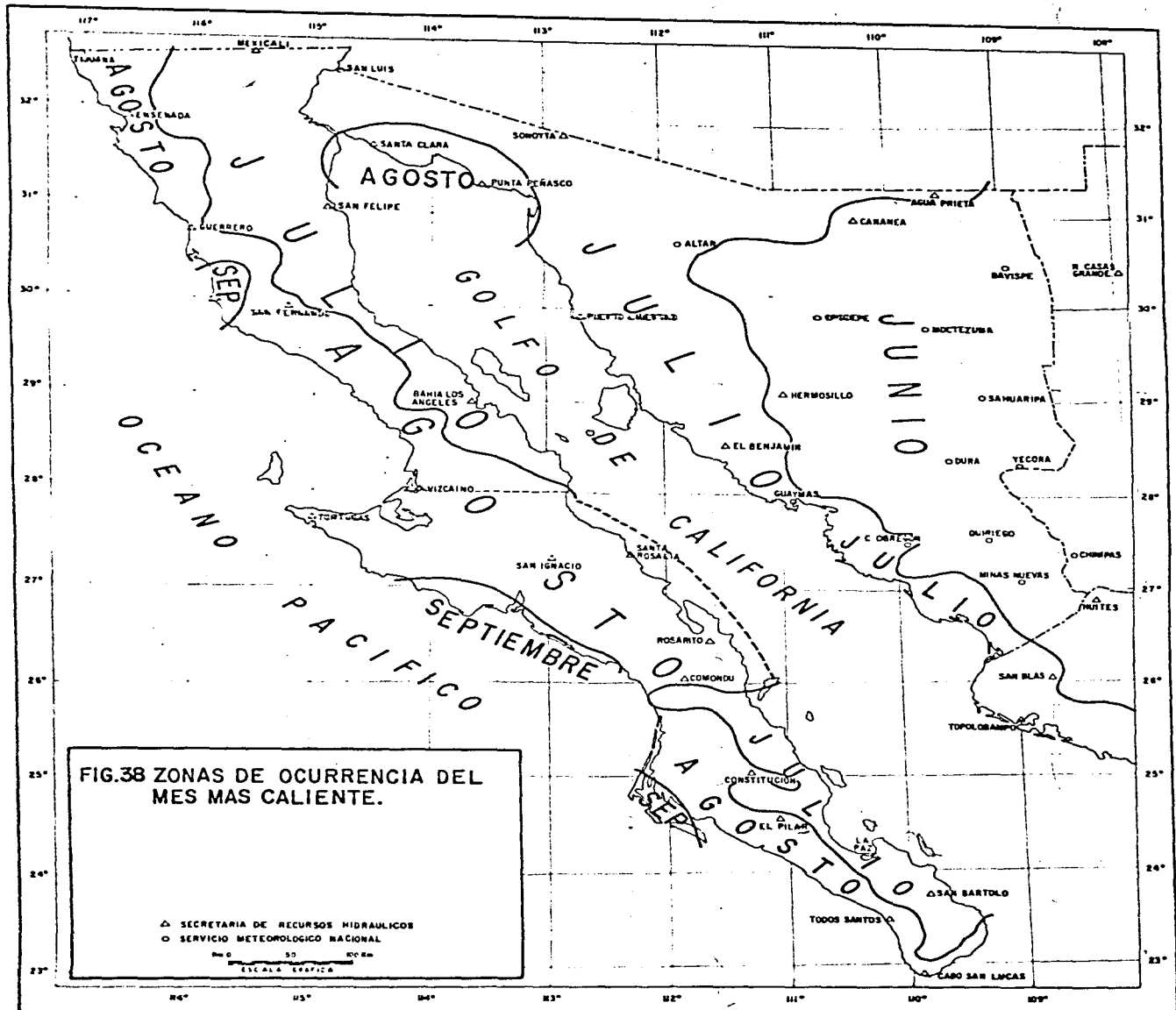


máxima promedio del mes más caliente que, como se verá en la figura 38, puede ocurrir en el área en estudio desde junio hasta septiembre. En la figura 37 se observa que los lugares más calurosos son el noroeste, centro y sur de Sonora y noreste de Baja California (38° - 40°C). A continuación se tiene entre las isoterms 34°-38°C la región del norte, noreste y costa de Sonora y casi toda la península, exceptuando la costa occidental; en el centro sur hasta la latitud de 30°N y parte oeste y elevada de la Sierra de Juárez se encuentran zonas entre los 30° - 34°C. En el extremo noroeste de la península se tienen las temperaturas más bajas de la zona (26°-30°C).

Como se puede observar, las temperaturas más elevadas se presentan en zonas despejadas, lo que permite que el suelo tenga su máximo calentamiento, lo que se refleja en la temperatura del aire, mientras las temperaturas en el Golfo, sobre todo en las costas, tanto de la península como de Sonora, son iguales. En la vertiente occidental de la península las temperaturas son más bajas, con diferencia de 4°C en el sur, hasta el paralelo 30°N aproximadamente; hacia el norte de esta latitud las diferencias entre las temperaturas de las costas del Golfo y del Pacífico se acentúan hasta 8°C, lo cual posiblemente se deba a la influencia tan grande que ejerce la corriente oceánica fría de California que pasa cerca de la costa occidental de la península.

c) Zonas de ocurrencia del mes más caliente.

La cantidad de energía absorbida por la superficie varía de acuerdo con la clase de superficie sobre la cual caen los rayos solares. La zona en estudio se encuentra contigua a extensas áreas



acuosas; estos cuerpos de agua tardan más en calentarse que la tierra, pero también pierden ese calor más lentamente; debido a este calentamiento y enfriamiento desigual de tierra y mar, es que se observa en el área un retraso en la ocurrencia del máximo de temperatura (fig. 38), hasta de 3 meses (pequeñas zonas en la costa occidental de la península a las alturas de los paralelos 25°N, 27°N y 30°N en septiembre; con respecto a la parte centro oriental de sonora dicho máximo ocurre en junio.

Las aguas del Golfo tienen temperaturas más elevadas que las del Pacífico en esta época (verano), cuando ocurren las temperaturas máximas en la zona, debido sobre todo a la influencia tan marcada que ejerce la corriente oceánica fría de California por el lado occidental de la península.

## 10. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha intentado dar a conocer la distribución de algunos de los elementos del clima en los Estados de Sonora y Baja California para lo cual, en primer término, se da un panorama general de la circulación aérea y cómo influye ésta en la distribución y frecuencia de dichas variables climatológicas en las distintas estaciones del año.

Los mapas de alturas que se presentan permiten visualizar con claridad los dos regímenes de circulación que prevalecen en el área: el de los vientos del oeste en el semestre centrado en invierno, y el de los alisios orientales que acarrearán gran parte de la precipitación que recibe el área en estudio.

Al hacer el análisis del mapa de variabilidad de la lluvia, se encontró que las áreas con un alto grado de variabilidad, se caracterizan por ser zonas bastante deficientes en lluvia, lo cual nos permite conocer cuáles son las zonas más urgidas de humedad, para poder hacer una adecuada planeación de las distintas actividades que se deseen desarrollar en esta región.

Se presenta la distribución de la lluvia en porcentaje por estación del año; noviembre-abril y mayo-octubre, donde se ve que las lluvias más confiables son las de verano ya que constituyen del 60 al 80 % del total anual. Hacia el noroeste el porcentaje de la lluvia de verano decrece gradualmente hasta que predomina en el noroeste de Baja California el régimen invernal.

Al analizar los mapas de los números de días con prome -

dios en el año, se nota que todos se relacionan entre sí, por ejemplo, las zonas de mayor ocurrencia con días de lluvia apreciable, también lo son con tormentas eléctricas, heladas, nublados y granizo, lo que era de esperarse ya que corresponde a un área donde se presenta la mayor cantidad de lluvia en el año.

En los mapas de temperatura se ve, en términos generales, que ésta disminuye con la altitud y la latitud; se observa la influencia tan marcada que ejercen las grandes superficies de los cuerpos de agua, sobre todo al analizar el mapa de zonas de ocurrencia del mes más caliente que, por el lado del Pacífico, hace que se retrase dicho máximo.

## 11. BIBLIOGRAFIA

- CETENAL e Instituto de Geografía, UNAM (1975). " Precipitación y Probabilidad de la lluvia en la República Mexicana y su Evaluación". Estados de Baja California Norte y Baja California Sur. Secretaría de la Presidencia, México.
- CETENAL e Instituto de Geografía, UNAM (1975). " Precipitación y Probabilidad de la lluvia en la República Mexicana y su Evaluación". Estados de Sinaloa y Nayarit. Secretaría de la Presidencia, México.
- CETENAL e Instituto de Geografía, UNAM (1975). " Precipitación y Probabilidad de la lluvia en la República Mexicana y su Evaluación". Estado de Sonora. Secretaría de la Presidencia. México.
- CETENAL e Instituto de Geografía, UNAM (1977). " Precipitación y Probabilidad de la lluvia en la República Mexicana y su Evaluación". Estado de Chihuahua. Secretaria de la Presidencia, México.
- FLOHN, H. " Clima y tiempo". Ed. Biblioteca para el Hombre Actual. Madrid, 1968.
- GARCIA, E. (1967). Apuntes de Climatología (según el programa vigente de la carrera de Biología, UNAM, y de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del I.P.N.)
- GARCIA, E. y P. A. MOSIÑO " Los climas de la Baja California", Comité Nacional Mexicano para el Decenio Hidrológico Internacional. Memoria 1966-1967. UNAM 1968. Pág. 29-56.
- GARCIA, E. y FALCON, Z. (1974). Nuevo Atlas Porrúa de la República Mexicana. Ed. Porrúa, S.A. México, D.F.
- JAUREGUI, O. E. (1967). " Las ondas del este y los ciclones tropicales en México". Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XXI, Núm. 3; pp. 197-208. México, D.F.
- JAUREGUI, O. E. "Mesoclima de la Región Puebla-Tlaxcala". Instituto de Geografía, UNAM. México, 1968.

- JAUREGUI, O. E. (1969). " Algunos conceptos modernos sobre la circulación general de la atmósfera". Boletín del Instituto de Geografía, Vol. II, pp. 209-236. UNAM, México.
- JAUREGUI, O. E. (1970). " Distribución de la frecuencia de heladas, lluvias y tormentas eléctricas en México". Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XXIV, Núm. 3; pp. 320-340. México, D.F.
- JAUREGUI, O. E. (1975). " Los sistemas de tiempo en el Golfo de México y su vecindad". Boletín del Instituto de Geografía, Vol. VI, pp. 7-36. UNAM, México.
- JAUREGUI, O. E. " Algunos aspectos del clima de Sonora y Baja California, equipatas y surgencias de humedad". (Trabajo inédito). Instituto de Geografía, UNAM.
- MADEREY, L. E. (1975). " La humedad y la vegetación en la península de Baja California". Boletín del Instituto de Geografía. Vol. VI, pp. 73-85. UNAM, México.
- MOSEIÑO, A. P. " Los climas de la República Mexicana". Instituto Nacional de Antropología e Historia. Departamento de Prehistoria. México, 1974. Pág. 59-172.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Dirección General de Geografía y Meteorología (1976), " NORMALES CLIMATOLOGICAS". Periodo 1941-1970. México, D. F.
- SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS (1976). Atlas del Agua de la República Mexicana. Offset Altamira, S.A. México, D.F.
- SIERRA, M. R. (1969). " La variabilidad de la lluvia al sur del paralelo 20° norte en el Estado de Veracruz". Boletín del Instituto de Geografía, Vol. II, pp. 27-43. UNAM, México.
- SOTO, M. C. y JAUREGUI, O. E. (1965). " Isotermas extremas e índice de aridez en la República Mexicana". Instituto de Geografía, UNAM. México.
- SOTO, M. C. y JAUREGUI, O. E. (1970). " Algunas características de la precipitación y de otros elementos del clima en el Estado de Michoacán ". Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XXIV, Núm. 1; pp. 23-34. México, D.F.



SOTO MORA, C. y JAUREGUI, O. E. (1970). " Frecuencia y distribución de algunos elementos del clima del Estado de Querétaro". Boletín del Instituto de Geografía, Vol. III, pp. 103-130. UNAM, México.

VIDAL, B. J. " Algunos aspectos de la climatología agrícola del Estado de México ". Tesis profesional, Escuela de Geografía. Instituto de Humanidades, U.A.E.M. 1977.