

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

11  
2EJ

**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFIA**

**CAUSAS QUE ORIGINAN LA PRECIPITACION EN  
EL GOLFO DE CALIFORNIA Y SUS ISLAS.**

**INFORME ACADEMICO PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN GEOGRAFIA**

**PRESENTA  
VERONICA FLORES VARGAS**

**MEXICO, D.F.**

**1995**

**FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## **CONTENIDO**

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	4
<b>INTRODUCCION</b>	6
<b>ANTECEDENTES</b>	9
<b>SITUACIÓN GEOGRÁFICA</b>	10
<b>PROVINCIAS OCEANOGRÁFICAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA</b>	12
<b>I GOLFO SUPERIOR</b>	12
<b>II CANAL DE BALLENAS Y FOSA SALSIPUEDES</b>	12
<b>III GOLFO INTERIOR</b>	13
<b>IV ENTRADA AL GOLFO</b>	15
<b>ISLAS PRINCIPALES</b>	16
<b>TIBURÓN</b>	16
<b>CERRALVO</b>	18
<b>ANGEL DE LA GUARDA</b>	19
<b>CARMEN</b>	20
<b>SAN JOSÉ</b>	21
<b>CIRCULACIÓN DE LA ATMÓSFERA</b>	23
<b>CIRCULACIÓN ATMOSFERICA DE VERANO</b>	24
a) <b>CIRCULACIÓN DE LOS NIVELES INFERIORES</b>	24
b) <b>CIRCULACIÓN DEL AIRE SUPERIOR</b>	24
c) <b>SISTEMAS ATMOSFERICOS</b>	25
1. <b>SURGENCIAS DE HUMEDAD</b>	26
2. <b>MONZÓN</b>	28
3. <b>CICLONES Y TORMENTAS TROPICALES</b>	29

II CIRCULACIÓN ATMOSFERICA DE INVIERNO	32
INVACIONES DE AIRE POLAR	32
SURGENCIAS MARINAS	33
PRECIPITACIÓN	35
REGIMEN PLUVIOMÉTRICO	38
IMAGENES DE SATÉLITE	40
CLIMA	41
OBJETIVOS	45
METODOLOGIA	46
RESULTADOS Y DISCUSION	50
CONCLUSIONES	80
LITERATURA CITADA	81

YO TE INSTRUIRE, DICE EL SEÑOR,  
Y TE GUIARE POR EL CAMINO MEJOR  
PARA TU VIDA, TE ACONSEJARE Y  
OBSERVARE TU PROGRESO.

SALMO

DESEO AGRADECER A MIS PADRES  
FELISA Y GUILLERMO , Y A MIS  
HERMANOS, POR SU CONSTANTE  
APOYO MORAL Y ECONÓMICO A  
TRAVÉS DE TODO ESTE TIEMPO,  
CON LO CUAL ME HAN PERMITIDO  
LLEGAR A ESTA META.

## AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a todas la personas que contribuyeron en la elaboración de éste trabajo especialmente a :

DRA. MARÍA ENGRACIA HERNÁNDEZ CERDA, quien sugirió y dirigió este trabajo, por su apoyo constante, su paciencia, así como sus críticas, correcciones y sugerencias, por su amistad y gran interés en la elaboración del presente trabajo.

Al geógrafo, GERMAN CARRASCO ANAYA, por sus atinados comentarios y revisiones.

A ARTURO Y GUILLERMO, por su ayuda con las figuras contenidas en el presente trabajo.

Al Jurado Dictaminador integrado por:

FRANCISCO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

FRANCISCO CRUZ NAVARRO

GRACIELA PEREZ VILLEGAS

JORGE MANUEL VAZQUEZ ALVAREZ

A todos los profesores que contribuyeron a mi formación profesional.

## **INTRODUCCIÓN**

Una de las etapas finales de los estudios profesionales corresponde al servicio social, en el cual el pasante tiene la oportunidad de realizar la integración de los conocimientos adquiridos durante su estancia en las aulas universitarias en los campos de la investigación científica y / o docencia.

De acuerdo a la Ley General de Profesiones, Capítulo VII relativo al servicio social se tiene lo siguiente:

Artículo 55. Se menciona el servicio social como requisito previo para otorgar el título profesional.

Artículo 92. La obligación del servicio social incluye a todos los profesionistas aun cuando no ejerzan su profesión.

La Facultad de Filosofía y Letras brinda esta nueva oportunidad para obtener el grado de Licenciatura a través de un Informe Académico, el cual puede ser de tres tipos a) servicio social, b) prácticas de campo y c) prácticas profesionales

De las tres modalidades anteriores se eligió la del Informe Académico de Servicio Social por permitir cumplir con dos requisitos, al mismo tiempo es decir, participar directamente en una investigación más formal y multidisciplinaria donde se acrecienta la formación profesional, a través de una colaboración en un Centro de investigación y obtener el grado de Licenciatura en Geografía.

El presente informe forma parte de un proyecto más amplio que se lleva a cabo en el Instituto de Geografía, en la sección de Climatología cuyos objetivos son: analizar la configuración de las áreas lluviosas obtenidas con base en las anomalías de la precipitación respecto a la moda estadística de largo periodo en el Noroeste de México y relacionarlas con situaciones sinópticas y las nubes vistas en las imágenes de satélite.

Distintas actividades humanas, como la agricultura, la pesca, las comunicaciones y el turismo, son fuertemente afectadas por fenómenos meteorológicos y climatológicos, como la circulación monzónica, las tormentas tropicales, huracanes, inundaciones y sequías entre otros.



El Noroeste de México se ha caracterizado en los últimos años por un gran crecimiento poblacional, en consecuencia los principales Centros urbanos (Tijuana, Mexicali, Hermosillo), así como las actividades agrícolas, ganaderas, e industriales, (maquiladora), entre otras, han incrementado drásticamente su demanda en recursos naturales, agua, alimento y energía.

La región está sometida a variaciones del régimen pluviométrico relacionado con la incidencia de ciclones tropicales y la precipitación asociada al monzón del Suroeste de Norteamérica; la prolongada ausencia de estas perturbaciones es una posible causa de las sequías en dicha región.

Dentro del Noroeste se localiza el Golfo de California que cuenta con más de 85 islas, la mayoría de éstas localizadas frente de las costas, principalmente del lado Occidental.

Las condiciones de temperatura creadas por la cadena montañosa peninsular que protege al golfo de las corrientes frías del océano Pacífico y las costas áridas del macizo continental, la convierte en una gran cuenca de evaporación, la presencia de esta barrera montañosa, así como las extensas zonas áridas que rodean al Golfo de California, contribuyen significativamente a la presencia de un clima más continental que oceánico, formando diferentes microclimas que propician el desarrollo de múltiples especies animales y vegetales.

Cada isla es una entidad evolutiva única, llena de grandes endemismos y de gran importancia biogeográfica.

Parte del interés de este trabajo es enriquecer el conocimiento climático de esta zona, al utilizar un parámetro tan importante como la precipitación, así como la utilización de un nuevo campo de la climatología que es el de los satélites meteorológicos.

El estudio de la climatología de la región Noroeste en general y de los regímenes de lluvia como indicadores de cambio climático, es importante para el control y aprovechamiento de los recursos naturales de la región, no sólo de la parte continental sino también de la parte oceánica, el Golfo de California alberga un

gran número de especies marinas de alto valor comercial y es de las zonas, históricamente de mayor producción.

La distribución y abundancia de estas especies está condicionada por factores meteorológicos y oceanográficos y su variabilidad responde, en un alto porcentaje a cambios climáticos de diferentes escalas de tiempo.

El presente trabajo está organizado de la siguiente manera : Se presenta una pequeña descripción sobre algunos trabajos realizados en el área de estudio, enseguida se indican algunos aspectos fisiográficos, de circulación de la atmósfera y condiciones pluviométricas del Golfo de California y sus islas.

Un análisis de la circulación general de la atmósfera es importante para comprender los sistemas atmosféricos que se presentan en el área, se ofrece una descripción de la circulación en los niveles superiores e inferiores para el verano y el invierno.

En general se puede decir que los sistemas de tiempo que producen lluvia en la zona que nos ocupa, en el verano son: El monzón, las Surgencias (Surges- oleadas) de humedad, los ciclones y las tormentas tropicales.

En cambio en el invierno son los siguientes: Las invasiones de aire polar, vientos del oeste y jet.

Se plantean también las condiciones pluviométricas generales del golfo, así como los regímenes pluviométricos dominantes.

En la parte correspondiente a la metodología se plantean los pasos más importantes que se siguieron, entre los cuales se encuentra la selección de los años húmedos y secos y la revisión de las imágenes de satélite, a nivel diario.

Finalmente al analizar los resultados se pudo obtener que el monzón tuvo una presencia reducida en 1980, considerado como año seco. En cambio el año húmedo 1978, el monzón tuvo una presencia muy importante en ese año por su contribución a la humedad.

## ANTECEDENTES

El Golfo de California se encuentra ubicado en la región NorOccidental de México, entre los 18° y 35° Latitud Norte

Es una cuenca marina de forma alargada con una orientación de Noroeste a Sureste, limitada al Oriente por los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit al occidente por la Península de Baja California y al Sur por una línea imaginaria entre Cabo San Lucas, Baja California Sur, y Cabo Corrientes en Jalisco. ( De la Lanza, 1990).

A lo largo y ancho de este mar se distribuyen aproximadamente 100 islas y otros tantos islotes. Cada isla es una unidad evolutiva única, ya que cuentan con numerosos endemismos, por lo que se les considera laboratorios naturales para la investigación, la difusión y la docencia, a la vez que son zonas de reserva y de refugio de aves migratorias y fauna silvestre

A partir de los años 60 nuestro gobierno dió atención a las islas y sus recursos biológico y geológicos. En 1963 isla Tiburón fue declarada zona de reserva natural y refugio de la fauna silvestre, en agosto de 1968 se promulgó el decreto por el que se delimita el mar territorial mexicano en el Golfo de California. (Secretaría de Gobernación y Secretaría de Marina, 1987).

Diez años después se estableció una amplia zona de reserva y refugio de aves migratorias y de la fauna silvestre que involucra a 53 islas del Golfo de California.

Esta región ha sido estudiada desde varios aspectos de tipo biológico, oceanográfico y geológico principalmente. En el campo climático existen muy pocos estudios, por lo que el presente informe intenta ser una aportación más al estudio de esta región del Noroeste del país, desde ese punto de vista

## SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El Golfo de California, Mar Bermejo ó Mar de Cortés es uno de los mares asociados al Océano Pacífico, del cual se halla separado por la Península de Baja California, la que se une al continente por el Norte.

Constituye una cuenca de evaporación importante del Océano Pacífico, con el cual se comunica en su porción Sur. Representa un volumen total de aproximadamente 123 000 kilómetros cúbicos, en una superficie de 150 000 kilómetros cuadrados. (De la Lanza , 1991)

El área de influencia del golfo, se encuentra limitada al Este por sierras paralelas dirigidas de Norte a Sur que se desprenden, en el estado de Sonora de la sierra Madre Occidental, para terminar sobre las costas del golfo superior, en una serie de llanuras salpicadas por residuos volcánicos (sierra del Pinacate), es ésta la más árida de las regiones de Norteamérica.

Al Sur, en el estado de Sinaloa, la sierra Madre se acerca más al litoral del golfo, dejando solamente unas breves llanuras asociadas a los abanicos aluviales de los ríos que bajan de aquella, hacia el propio cuerpo de agua. Las elevaciones mayores por el oriente se acercan a los 3000 metros.

Al Oeste, la serranía que corre a todo lo largo de la península se encuentra próximo al mar de Cortés, donde se observan estrechas planicies costeras especialmente angostas ó inexistentes en la parte media. Fig 1.

Es sólo al Norte de la Paz, donde se encuentra un amplio paso entre montañas que separa a la sierra de la Giganta del sistema orográfico que se localiza en el extremo Sur de la península. Las elevaciones de aquella cadena que recorre la península, descienden gradualmente hacia el Sur, desde 3000 a 1000 metros aproximadamente, interfieren la circulación del aire en los niveles inferiores de la atmosfera y es solo a través de la circulación aérea superior que recibe las influencias oceánicas que se manifiestan marcadamente sobre la porción Sur, del Golfo de California, la que además recibe, por otra parte la influencia de las masas continentales al Oriente, por lo menos durante el verano. (Mosiño, 1979 )

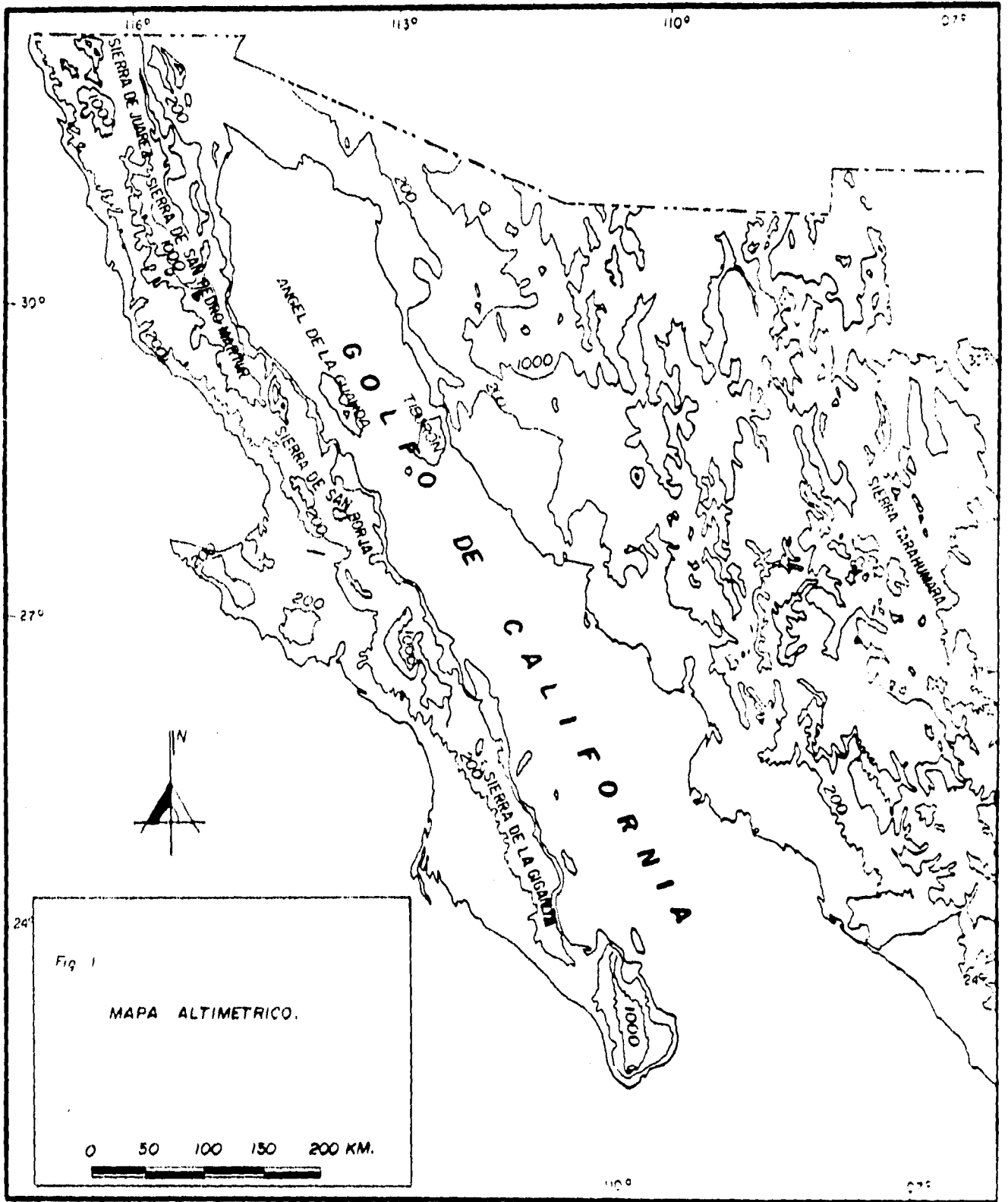


Fig. 1  
 MAPA ALTIMETRICO.

0 50 100 150 200 KM.

## **PROVINCIAS OCEANOGRÁFICAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA**

Cano Pérez, 1991 indica que algunos autores reconocen sólo dos provincias oceanográficas: el Golfo superior y el Golfo inferior. Estas provincias se encuentran separadas por las Islas Ángel de la Guarda y Tiburón, aproximadamente a los 29° Latitud Norte.

Este mismo autor indica que existe una clasificación de cuatro provincias distintas desde el punto de vista oceanográfico para el golfo, la cual está considerada como más detallada en su definición (fig.2), las cuales son:

### **I GOLFO SUPERIOR.**

Comprendido desde la desembocadura del Río Colorado hasta la isla Tiburón. Se caracteriza por: pendientes ligeras, cuencas someras, sedimentos gruesos, alta turbidez, temperaturas extremas, gran evaporación, baja precipitación, altas salinidades, grandes amplitudes de marea, corrientes de marea fuertemente rotatorias y escaso oleaje.

En el verano se presentan altos valores de temperatura y salinidad debido al calentamiento solar y a la evaporación. La corriente termodinámica se mueve en sentido contrario a las manecillas del reloj en la superficie. Durante el invierno prevalecen condiciones inversas.

### **II CANAL DE BALLENAS Y FOSA SALSIPUEDES.**

Situada entre las islas Ángel de la Guarda, San Lorenzo y el litoral de Baja California Norte. Debido a su situación geográfica y compleja topografía, es una zona única hablando en términos oceanográficos.

La temperatura media mensual superficial es 1°C. más baja que el de todo el golfo y existen Surgencias prevalecientes durante verano e invierno.

El fenómeno de las Surgencias es caracterizado por un desplazamiento del agua superficial perpendicular a la dirección del viento ( Transporte de Ekman).

Al alejarse el agua superficial de las costas, agua más fría, más rica en nutrientes y menos salina proveniente de grandes profundidades se mueve hacia la superficie para reemplazarla, este fenómeno es de gran importancia, ya que provee a la zona superficial del mar, donde penetran los rayos del sol, de gran cantidad de nutrientes que por medio de la fotosíntesis son aprovechados por el fitoplacton, para dar inicio a la cadena alimenticia.

### **III GOLFO INFERIOR.**

Se localiza entre la isla Tiburón y una línea imaginaria que une a Mazatlán y Cabo San Lucas.

Se caracteriza por su libre comunicación, salinidades superficiales relativamente altas y la presencia de una fuerte corriente hacia el Sur, cerca de sus límites Occidentales. Existen diferencias de pendientes entre el lado Occidental y Oriental del golfo, causadas por la falta de sedimentación a lo largo de la costa Occidental las cuencas son profundas, las amplitudes de mareas son pequeñas y las diferencias en corrientes son menos importantes que aquellas producidas por el viento.

Existe una variación estacional marcada en la temperatura, con rangos anuales cercanas a aquellos del Golfo Superior. Las variaciones de la salinidad son mínimas, las corrientes superficiales son llevadas predominantemente hacia el Sureste en invierno y hacia el Noroeste en verano en respuesta a los patrones mayores de viento.

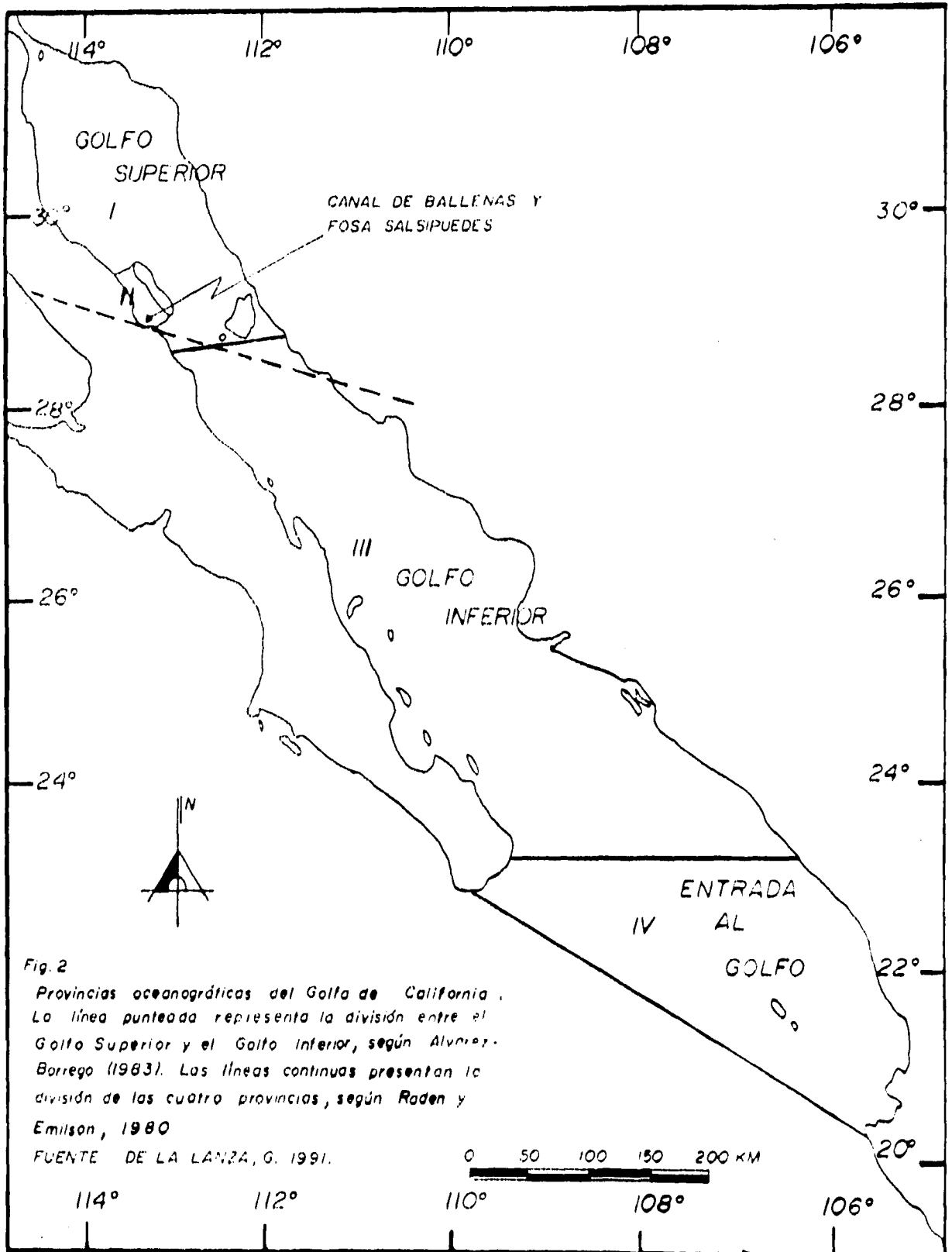


Fig. 2  
 Provincias oceanográficas del Golfo de California. La línea punteada representa la división entre el Golfo Superior y el Golfo Inferior, según Alvarez-Borrego (1983). Las líneas continuas presentan la división de las cuatro provincias, según Raden y Emilson, 1980  
 FUENTE DE LA LANZA, G. 1991.



#### **IV ENTRADA AL GOLFO.**

Definida como el área triangular limitada entre Mazatlán y Cabo Corrientes por dos líneas imaginarias comprendidas desde Cabo San Lucas hasta estos puntos. Presenta principalmente remolinos e intrusiones que pueden estar ligados a la confluencia de tres distintas corrientes.

Es de naturaleza mucho más oceánica que las anteriores, presenta diversas pendientes abruptas en el lado de la Península, muestra cuencas de más de 3,600 metros de profundidad, las salinidades son las más bajas de todo el golfo y existe la mayor precipitación, las temperaturas son moderadas por la entrada y mezcla de las aguas del Pacífico y las amplitudes de marea son pequeñas.

## **ISLAS PRINCIPALES**

El golfo cuenta con más de ochenta y cinco islas (Secretaría de Marina, 1987) gran parte localizadas frente a las costas, preferentemente del lado Occidental; la mayoría de ellas son remanentes geológicos por la separación de la península del continente. En la fig. 3 se muestra la localización geográfica de las islas, y enseguida se da una descripción de las cinco más grandes.

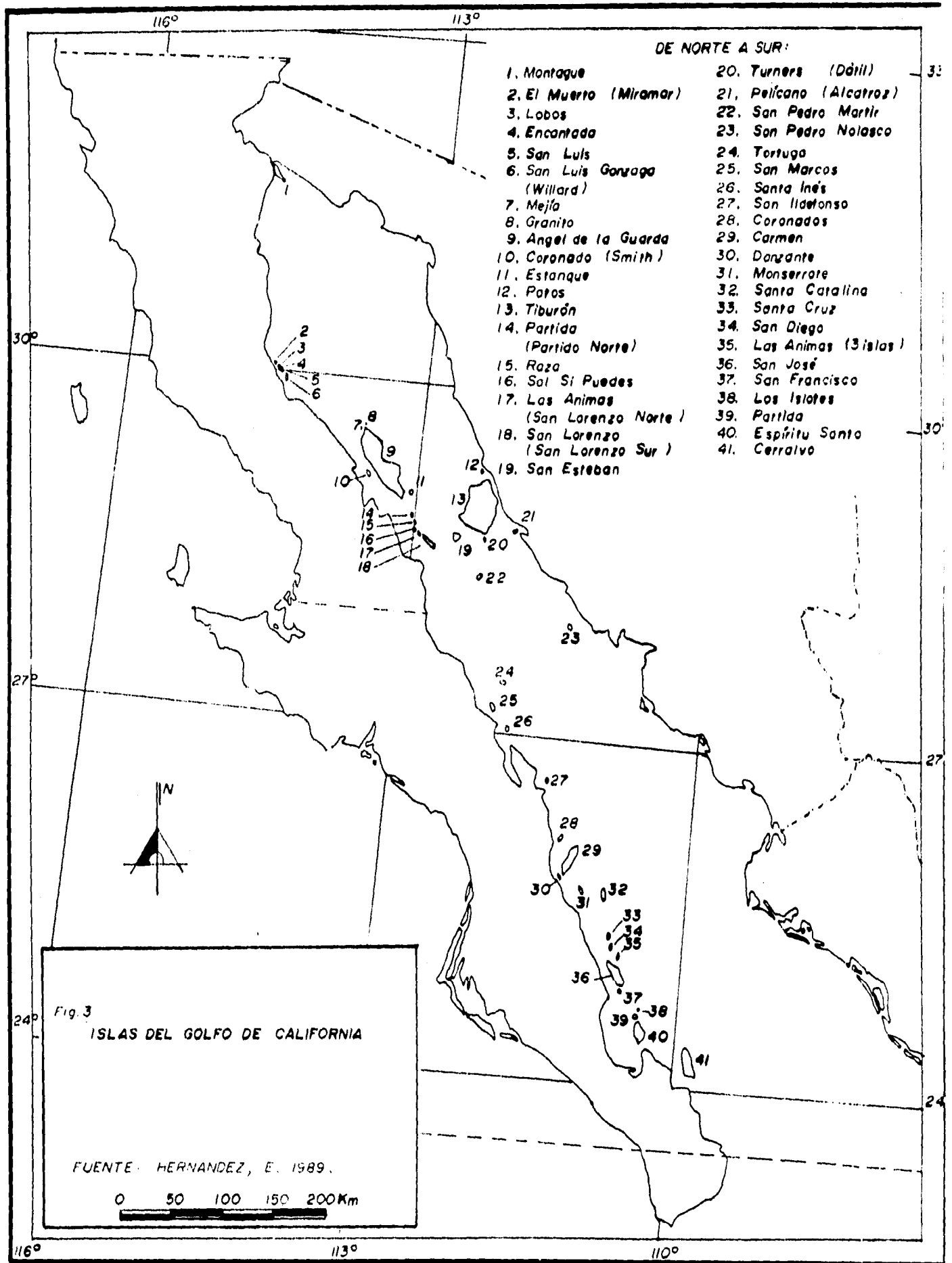
### **TIBURÓN**

Tiburón es la isla más grande del Golfo de California y de México. Se localiza frente a las costas de Sonora, separada de ella por el angosto y somero Canal del Infiernillo cuya anchura varía entre dos y seis kilómetros. Está situada entre los paralelos 28°45' y 29°15' de Latitud Norte y los meridianos 112°12' y 112° 36' de Longitud Oeste .

Mide aproximadamente 50 kilómetros de largo y 25 de ancho, con una superficie de 1 208 kilómetros cuadrados. Dos cadenas montañosas la cruzan en dirección Norte-Sur, la Sierra Menor y la Kun Kaak, con picos de hasta 1219 metros sobre el nivel del mar. En el extremo Norte está la Bahía de Agua Dulce, con extensas playas arenosas. Casi la totalidad de su costa oeste es alta y escarpada. La costa Oriental, baja y arenosa, colinda con el Canal del Infiernillo. Al Sur, en Bahía Kun Kaak, están los mejores sitios de fondeo, protegidos totalmente contra los vientos del Noroeste .

Por su dimensión, sus peculiares características topográficas, su cercanía al continente y la presencia de aguajes permanentes, es la isla con la mayor diversidad de especies vegetales y animales. (Rzedowski, 1968)

La vegetación acuática que crece en los litorales de las islas o del continente puede estar compuesta por dos tipos de plantas : las algas o plantas inferiores y las



plantas vasculares o superiores (pastos marinos y mangles). Estas últimas se localizan solamente a lo largo del Canal del Infiernillo.

## CERRALVO

Se encuentra al Sur de la Bahía de la Paz, separada 11 kilómetros de la península por el profundo Canal de Cerralvo, se ubica entre los paralelos 24°08' y 24°23' de Latitud Norte y los meridianos 109°48' y 109°55' de Longitud Oeste.

Tiene una forma alargada que asemeja una cuña, con un eje mayor de 24 kilómetros y una anchura media de nueve. Cubre una superficie de 160 kilómetros cuadrados y presenta una elevación máxima de 768 metros snm. en su porción Norte. Sus costas son generalmente acantiladas, con playas arenosas y de grava en la boca de los arroyos temporales. Hay arrecifes rocosos al oriente y uno en la punta Norte que se extiende por casi un kilómetro. Cerca de la punta Sureste se halla la Roca Montana, un peligroso macizo a unos cuantos metros de profundidad contra el que chocó el vapor S.S. Montana en 1874.

En las playas hay vegetación de duna costera que incluye especies rastreras como pastos (*Juncus pilosa*) y el siempre presente Chamizo. El matorral espinoso está representado principalmente por el Ocotillo; la selva baja de hojas caedizas, por el Palo Fierro, el Palo Colorado, el Torote y el pequeño árbol *Desmanthus fruticosus*. Ambos tipos de vegetación están mezclados en las cañadas y lechos de arroyos temporales. En los cerros y laderas crecen poblaciones de choyas cardones. La cactácea *Mammillaria cerralboa*, y *Marina oculata* son las dos especies endémicas. (Felger, 1976).

La boca del Golfo de California está fuertemente influida por las masas de agua que provienen del Pacífico Norte, Pacífico Tropical y del mismo golfo. Por tanto, las aguas de esta zona poseen una dinámica oceanográfica variable a lo largo del año. A ello se debe que en Cerralvo se encuentra el mayor número (74) de especies de crustáceos decápodos intermareales. (Cody, 1983)

La fauna reptiliana también es diversa, viven lagartijas, iguanas, serpientes y, como uno de los casos excepcionales de las islas, dos especies de sapos (*Bufo punctatus* y *Scaphiopus couchi*).

## ÁNGEL DE LA GUARDA

Es la segunda isla más grande del Golfo de California. Está ubicada a 33 kilómetros al Noroeste del poblado de Bahía de los Ángeles, Baja California, y se encuentra separada de la península por el profundo Canal de Ballenas, cuya amplitud mínima es de 13 Kilómetros. Queda comprendida entre los paralelos 29°00' y 29°34' de Latitud Norte y los meridianos 113°33' y 113°09' de Longitud Oeste.

Está formada por un enorme conjunto montañoso que emerge del fondo marino, tiene 77 kilómetros de largo y 20 de ancho máximo, y ocupa un área de 895 kilómetros cuadrados. A lo largo de la isla existe una cordillera con pronunciadas pendientes, interrumpida en su parte media por una región baja; su altura máxima es de 1.315 metros sobre el nivel del mar cerca de su extremo Norte. La costa Occidental está formada por acantilados rocosos bañados por las aguas del Canal de Ballenas. La del lado Este muestra un perfil muy irregular, con una gran bahía en su parte media, de extensas playas de cantos rodados. En la punta Norte una entrante de agua forma el amplio Puerto Refugio. En el extremo Sureste, frente a la Isla Estanque se encuentran extensas playas arenosas y una pequeña laguna. En las orillas de esta laguna crece la única especie de vegetación acuática de la isla, la halófito *Ruppia maritima*. (Rzedowsky, 1990).

La humedad proveniente de las escasas lluvias es retenida en los valles de la isla. Es aquí donde tienen más éxito los tipos de vegetación como el Chamizal y el Matorral Espinoso.

Cerca de las playas la vegetación terrestre está compuesta por asociaciones de plantas resistentes a la salinidad, como las Jaujas (*Suaeda taxifolia*), y formas rastreras como *Abronia maritima*. Tierra adentro existen matorrales, cardonales, y nopaleras, matorral sin espinas como el Amole (*Stegnosperma halimifolium*).

El Palo Colorado, la Salvia (*Hyptisemory* y *PsoroThamnus spinasus*) y arbustos como la Gobernadora y el Ocotillo.

Entre las ballenas que viven en el Golfo de California el Rorcual común ó ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*), es la más frecuente.

## **CARMEN**

Es de forma alargada y se localiza a 15 kilómetros al este del Puerto de Loreto, a 11 al Sureste de Coronado y a seis de la costa de la península. Se ubica entre los 25°48' y 26°04' de Latitud Norte y los 111°05' y 111°12' de Longitud Oeste.

Mide aproximadamente 27 kilómetros de largo y nueve de ancho máximo cerca de su extremo Norte. Una cordillera la recorre a todo lo largo, con alturas de hasta 479 metros sobre el nivel del mar. El área que ocupa se estima en 151 kilómetros cuadrados. Su contorno muestra muchas entrantes y salientes que forman puntas y bahías con playas arenosas, entre las que destacan las bahías Salinas, Balandra y La Lancha. En las cercanías de la primera existe una salina, a lo que debe su nombre. La mayor parte de las costas están formadas por acantilados de altura variable con playas arenosas intercaladas. Las bahías Balandra y Salinas se comunican por un camino de terracería que atraviesa un grupo de valles.

Parte de su importancia geológica radica en el depósito de sal ubicado al Norte, aproximadamente a 800 metros de Bahía Salinas. Esta salina mide aproximadamente 2.5 kilómetros de largo y 1.5 de ancho, está situada sobre rocas volcánicas cuya edad se calcula en 25 millones de años (Mioceno Superior). El depósito salino está limitado al Norte, Este y Oeste por montañas de rocas volcánicas y aluvión y al Sur por la Bahía Salinas. (Felger, 1986)

Se cree que los procesos que dieron origen a esta salina se iniciaron hace menos de un millón de años, a finales de la época pleistocena. En un principio la Bahía Salinas abarcaba toda el área que ahora ocupa la salina; posteriormente sus dimensiones se redujeron por el crecimiento y acumulación de varias especies de coral que forman un borde alrededor de la zona y terminaron por bloquear la entrada de la bahía para dar origen a un pequeño lago. El arrecife fue cubierto por aluvión proveniente de las montañas, y el dique de la parte Sur por yeso y lodo. Paralelo a los eventos mencionados, se ha llevado a cabo la infiltración de agua marina hacia la pequeña cuenca, donde se acumula temporalmente. Las altas temperaturas de la región provocan su evaporación en un proceso que trae como consecuencia la precipitación de sales, principalmente el cloruro de sodio, que forma una fuente muy vasta para la explotación de sal.

## SAN JOSÉ

Al Norte de Bahía de la Paz, separada de la península por el canal que lleva su mismo nombre y comprendida entre los 24°52' y 25°06' de Latitud Norte y los 110°43' y 110°35' de Longitud Oeste, encontramos a la isla San José

Mide 28 kilómetros de largo y aproximadamente 7.5 de ancho promedio. Tiene una superficie de 194 kilómetros cuadrados, con una elevación central de 633 metros sobre el nivel del mar. Sus costas son altas y acantiladas, principalmente las del lado Oriental. En el occidente hay algunas caletas protegidas de los vientos dominantes, con pequeñas playas en su interior. La costa Suroeste tiene extensas playas arenosas en la Bahía Amortajada; al Sur de ésta se halla un intrincado laberinto de canales y lagunas bordeadas por manglar, la más grande, llamada Laguna San José, es uno de los lugares más bellos del Golfo de California, en su manglar habita una gran variedad de aves. (Felger, 1986).

Predominan el mangle rojo, el mangle blanco y en menor proporción el mangle negro. En este tipo de vegetación obtienen su alimento un gran número de organismos. Son característicos los cangrejos de la familia Grapsidae (*Goniopsis pulchra* y *Aratus pisonii*), de vivo color rojizo.

En las playas arenosas la vegetación es típica de dunas costeras, destacan el chamizo, las Jaujas (*Suaeda californica*) y algunos pastos. Donde el suelo se torna pedregoso crecen especies de matorral espinoso como el ocotillo, mezcladas con especies de matorral sin espinas y de hojas pequeñas, tales como la hierba del burro y los nopales.

Hay que hacer notar que la Gobernadora, típica de esta vegetación ya no crece en esta latitud. En las cañadas hay especies de selva baja de hojas caedizas, entre las que destacan el Torote, el Mezquite del género *Prosopis*, y *Desmanthus fruticosus*.

Los pequeños cerros están poblados principalmente de choyas y cardones. Cabe señalar que el excesivo pastoreo de cabras ha afectado en gran medida a la vegetación, en especial a las hierbas y arbustos bajos. (Cody, 1983)



Por sus dimensiones y topografía, los diversos hábitats favorecen enormemente a la fauna reptiliana, con un número mayor de especies que en otras islas del golfo. Se conocen once especies de lagartijas, iguanas y geos, estos últimos de hábitos nocturnos; y diez especies de serpientes, tanto de eulebras no venenosas como de serpientes de cascabel. A pesar del alto número de especies de reptiles sólo hay tres endémicas. Algunas de las aves acuáticas más comunes y llamativas que buscan su alimento en las someras aguas del manglar son los perros de aguas o pedretes del género *Nycticorax*. (Cody, 1983)

Durante el día estas aves permanecen inmóviles en las zonas sombreadas entre las ramas del manglar y entran en actividad en el crepúsculo. Más vistosas y activas son el ibis blanco (*Endocimus albus*) y las garzas melnuda, blanca, común y azul (*Egretta rufescens*, *Egretta thula*, *Casmerodius albus* y *Ardea herodias*, respectivamente), las cuales se alimentan de invertebrados y pequeños vertebrados que se encuentran en las raíces del mangle.

## **CIRCULACIÓN DE LA ATMÓSFERA.**

Por su localización entre el trópico de Cáncer y el paralelo 32°N. el área queda casi en su totalidad (con excepción del extremo Sur) dentro de la zona subtropical de altas presiones, que origina vientos descendentes causantes de la sequedad de la región. Como se sabe, este cinturón, debido a la presencia de tierras y mares, se separa en varios Centros anticiclónicos de los cuales dos influyen en la circulación del país según las diversas épocas del año, éstos son el anticiclón de Bermuda Azores, en el Este, y el anticiclón semipermanente del Pacífico septentrional, en el Oeste. El golfo viene a quedar en el área de relativa baja presión, o canal isobárico, existente entre estos dos Centros anticiclónicos considerados como los factores que determinan a grandes rasgos, el clima del área en cuestión. Éstos predominan alternativamente sobre la zona en distintas épocas del año.

Un análisis de la circulación general de la atmósfera es importante para comprender los sistemas atmosféricos que se presentan en el área.

Según Hales (1974), la circulación del aire en el Noroeste de México puede dividirse en dos regímenes completamente distintos: a) La circulación del aire en los niveles inferiores, aproximadamente debajo de los 700 milibares mb, y b) La circulación superior.

A continuación se ofrece una descripción de la circulación en los niveles superiores e inferiores para la época de verano e invierno.

# **I CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA DE VERANO**

## **a CIRCULACIÓN DE LOS NIVELES INFERIORES.**

Durante el mes de abril todavía prevalece sobre el golfo una circulación de vientos del Oeste a casi todos los niveles en la troposfera. A medida que la corriente de los vientos del oeste se desplaza hacia el Norte a partir del mes de mayo comienzan a manifestarse intrusiones del aire tropical húmedo en el área. De julio a septiembre, toda el área del golfo se encuentra bajo la influencia de la corriente predominante del Este o del Sureste.

Una vez iniciado el verano, la baja térmica del NW de México y de Arizona se vuelve más acentuada, simultáneamente el anticiclón del Pacífico se desplaza hacia el NW al mismo tiempo que se intensifica. El resultado es el aumento en el gradiente de presión superficial entre el anticiclón del Norpacífico y la baja térmica. Esta baja barométrica originada por el calentamiento de las áreas áridas vecinas se manifiesta todavía a los 850 mb, es decir a los 1500m. El gradiente térmico que en el invierno es bastante marcado, decrece de Norte a Sur a lo largo del golfo, se invierte y se debilita en el verano quedando el aire más caliente en la parte más boreal del golfo, mientras que el aire más fresco se localiza en la boca del mismo; otra característica de esta capa de aire inferior en el verano es el elevado contenido de humedad que disminuye hacia el Norte.

Al llegar al nivel de los 850 mb, los vientos en el golfo giran hacia el E o SE señalando la influencia creciente de la circulación superior impuesta por el anticiclón del Norte de México arriba de los 3 kilómetros. (Jauregui, 1979 )

## **b LA CIRCULACIÓN DEL AIRE SUPERIOR.**

Como ya se mencionó, arriba de los 700 mb la circulación del aire está determinada por la extensión del anticiclón semipermanente de las Bermudas, que en el verano se ubica en el Noreste de México, este flujo del Sureste que rodea el Centro de alta presión, pasando primero por el Golfo de México, contribuye generalmente en una porción menor del total de humedad de la columna de aire troposférico en el área del Golfo de California.

Al poniente de la península de Baja California se localiza la posición media en verano de la vaguada que separa en los niveles superiores a los anticiclones semipermanentes del Atlántico y del Pacífico Norte.

La ubicación de esta vaguada en el verano frente a la costa Occidental de los Estados Unidos, es determinante en la trayectoria de los ciclones tropicales que afectan el área en estudio.

## **c SISTEMAS ATMOSFÉRICOS.**

La escasez de precipitación en el Golfo de California en el verano se debe en general, a la presencia de flujo anticiclónico en los niveles superiores y a la presencia de aire, relativamente estable en las capas inferiores. Esta situación se ve alterada ocasionalmente por penetraciones de aire húmedo tropical que procede de la región del Pacífico NorOccidental.

Las primeras explicaciones sobre la fuente de origen de las lluvias en el Noroeste de México y el Suroeste de los Estados Unidos se asociaron al flujo horizontal del aire proveniente del Golfo de México, característico de los meses de verano. Esta idea ha ido perdiendo fuerza conforme mejores y más bancos de datos de la región de estudio se han logrado.

La mayor parte de los estudios del transporte horizontal de vapor de agua sobre México han sido hechos en la vertiente del Atlántico y Golfo de México. Reyes et al (1994) indican que varios investigadores han mostrado la importancia de la advección de humedad del mar Caribe y océano Atlántico hacia México y el Sur de Estados Unidos. Otros trabajos (Hales, 1972) han sugerido que gran parte de la humedad en el verano del desierto sonorense tiene su origen en el océano Pacífico tropical.

Aunque es ampliamente aceptado que la humedad sobre el Noroeste de México y Arizona tiene su origen en los trópicos, no se ha logrado cuantificar el aporte de cada fuente. Esto se debe principalmente a la escasez de observaciones y a la gran variabilidad de los mecanismos que controlan el clima. En general se cree que la humedad en la alta troposfera proviene del Golfo de México y el Atlántico, mientras que la humedad observada en los niveles medios y bajos de la troposfera tiene su origen en el Océano Pacífico tropical. (Reyes et al op. cit).

En general se puede decir que los sistemas atmosféricos o perturbaciones que producen lluvia en el verano en la zona de estudio son:

1. Surgencias (oleadas - *Surges*) de humedad.
2. Entrada de aire húmedo proveniente del Pacífico tropical (Monzón).
3. Ciclones y tormentas tropicales.

### **1. SURGENCIAS DE HUMEDAD (oleadas- *Surges*)**

Se han logrado identificar Surgencias (oleadas-*Surges*) de humedad con vientos del Sur a lo largo del Golfo de California, que posiblemente están relacionadas con la lluvia en Arizona. Hales (1972), Jáuregui y Cruz (1981) dan ejemplos de Surgencias de humedad, originadas en el Pacífico Oriental, que transportan una considerable cantidad de humedad hacia el Suroeste de Norteamérica

Estos autores indican que en los meses de verano y en los niveles inferiores coexisten dos masas de aire en equilibrio: la seca y la cálida de la baja térmica ubicada en general en el Noroeste de México y Arizona, y la mas húmeda y menos cálida del Pacifico al poniente y Sur de México. Hales (1972) fue el primero en proponer el mecanismo probable que acentúa el diferencial térmico y de presión que normalmente se observa en el área, una vez roto el equilibrio entre las dos masas de aire se inicia lo que este autor ha llamado Surgencias de humedad en el Golfo de California. La condición inicial para que se desarrolle una Surgencia de humedad es que llegue a la boca del golfo, o a su porción Sur, una masa nubosa de tipo convectivo de extensión considerable. Las principales características de las Surgencias del Golfo de California han sido señaladas por este autor y son:

1. La Surgencia es más intensa en los niveles inmediatamente por arriba de la superficie, siendo su profundidad máxima de unos 3 Km. La Surgencia sera mas intensa mientras más caliente sea el aire sobre el desierto, a causa del mayor contraste térmico entre las dos masas de aire; mientras mas extensa sea el área de la masa nubosa inicial sobre la entrada del golfo, mas intensa y profunda sera la Surgencia.

2. Un descenso de la temperatura acompaña siempre a la Surgencia. Una vez que la Surgencia llega a los desiertos de Arizona y Sonora se extiende a todas direcciones.

3. Si la Surgencia de humedad es poco profunda de 1 a 3 Km. el enfriamiento estabiliza el aire del desierto y puede inhibir la formación de tormentas.

4. El enfriamiento adicional por la precipitación hará que las temperaturas se recuperen lentamente.

5. La Surgencia es más intensa en su inicio, y su avance hacia el Norte decrece al llevarse la baja térmica del desierto y alcanzarse así, el equilibrio. Esto puede ocurrir 24 horas después de iniciada la Surgencia.

6. La magnitud de la máxima caída de la temperatura es de 5°C. en los desiertos. La humedad relativa aumenta en todos los casos de forma considerable. En una temporada de lluvia pueden presentarse de 2 a 3 Surgencias.

Estas tormentas del desierto alcanzan a veces una violencia inusitada, levantando densas nubes de polvo y produciendo aguaceros intensos de 20 a 70 mm. Las lluvias de verano son la principal fuente de humedad en el Golfo de California, las lluvias comienzan a finales de junio o principios de julio y terminan en septiembre.

Generalmente el origen de esta precipitación es de carácter convectivo y tiene su inicio, en perturbaciones de la corriente de los alisios, tales como una onda del Este o un ciclón tropical en sus etapas finales situadas al Sur de la península y que se manifiestan por masas de nubes tropicales, estos núcleos nubosos son a veces desprendimientos de la zona de convergencia que en julio y agosto se encuentra frente a las costas mexicanas del Pacífico.

Por otro lado, algunos estudios regionales sobre la vertiente del Pacífico (Roden, 1958, Reyes et al 1985) documentan la existencia de un jet de bajo nivel de vapor de agua penetrando del Pacífico tropical y el Golfo de California al Noroeste de México y Arizona.

## **2. ENTRADA DE AIRE HÚMEDO PROVENIENTE DEL PACIFICO TROPICAL. ( monzón)**

Durante la mitad caliente del año, la Altiplanicie Mexicana, dada su enorme extensión presenta condiciones de continentalidad y se calienta mucho más que el aire libre, al mismo nivel, sobre las tierras bajas o el mar, de manera que ocasiona un fuerte gradiente de presión entre el aire que descansa sobre la Altiplanicie (presión baja) y el que gravita sobre los océanos vecinos (presión alta), el cual favorece la convergencia de masas de aire húmedo y caliente originados en el Océano Atlántico y en el Pacífico tropical, limitado al Noroeste por aire relativamente frío y seco originado en el océano Pacífico del Norte. (García y Trejo, 1994). De esta forma, el viento al seguir la pendiente barométrica, sopla de

los océanos al continente en una especie de **monzón**, aunque no tan bien desarrollado como el de Asia

Las características y efectos de esta circulación monzónica sobre el clima de la región han sido estudiados y discutidos por distintos investigadores, los cuales han denominado a este fenómeno como: el monzón de Arizona, el monzón de verano del Suroeste de Estados Unidos (Hales 1974) el monzón del Suroeste de Norteamérica, ó el monzón mexicano (Douglas et al 1993).

Esta entrada de masas de aire húmedo se relacionan con el inicio de las lluvias de verano, el flujo de humedad del Sur sobre el Golfo de California y con la formación de un Centro de baja presión centrado en Arizona y Sonora, el cual está a su vez asociado a una gran convergencia y vorticidad ciclónica sobre la Sierra Madre Occidental y la vertiente del Pacífico mexicano. (Reyes, et al 1994).

En las investigaciones sobre el monzón del Suroeste de Norteamérica, se encontró que en los niveles superficiales, el Pacífico tropical es una importante fuente de humedad para la precipitación de verano en el Oeste mexicano.(Reyes, et al op. cit.)

### **3. CICLONES Y TORMENTAS TROPICALES**

Las tormentas y ciclones tropicales constituyen otro de los sistemas atmosféricos que producen lluvias en el verano en la región del Golfo de California.

Los huracanes o ciclones tropicales, en su etapa de madurez, son perturbaciones atmosféricas en las aguas cálidas de las zonas tropicales, durante el verano y el otoño. Son grandes remolinos o vórtices que se mueven hacia los polos con trayectorias difíciles de predecir, pero que en general tienen una componente hacia el oeste en latitudes mexicanas.

Por su mecanismo de crecimiento, estas perturbaciones traen enormes cantidades de energía provenientes de las aguas oceánicas cálidas, a través de la condensación del vapor de agua. Por ello, elevan grandes cantidades de vapor de agua que después se precipitan al encontrar condiciones atmosféricas y orográficas



adecuadas, se disipan al alejarse de la fuente de energía básica, ya sea que se dirijan al Norte sobre aguas frías, o que se adentren a tierra, donde pierden fuerza relativamente rápido, sobre todo cuando se encuentran algunas cadenas montañosas.

Sus manifestaciones más notorias, además de sus intensos vientos y bajas presiones centrales, son los oleajes, las mareas y las precipitaciones pluviales

Los huracanes son una manifestación de la gran concentración de energía cerca del ecuador, y sirven como válvula de escape y mecanismos de transporte de dicha energía hacia latitudes altas. Ocurren durante el verano y el otoño, cuando el Ecuador térmico se recorre hacia el polo unos cuantos grados, lo que permite que actúen con la fuerza de coriolis sobre las inestabilidades atmosféricas, producto de la gran concentración de energía de las aguas superficiales oceánicas y de las capas bajas de la atmósfera. La ocurrencia de los ciclones en su etapa inicial está asociada a las elevadas temperaturas oceánicas superficiales mayores a 27°, las cuales se encuentran en latitudes bajas. (Rosengaus y Sánchez, 1990).

México es un país predilecto para estos fenómenos, dado que sus costas están cerca de las dos principales zonas de generación de tormentas tropicales en el mundo, el Caribe y el Golfo de Tehuantepec.

Dentro de la región Noroeste, estas perturbaciones constituyen una fuente no despreciable de precipitación y recarga de los acuíferos durante la temporada de mayo a octubre, es por ello que el estudio de dichos fenómenos en esta zona fronteriza ha tomado mucha importancia en las últimas décadas.

Entre los resultados obtenidos de estas investigaciones resaltan que Baja California Sur es una de las regiones del litoral mexicano más expuestas a los ciclones del Océano Pacífico. Sierra (1971), ha mostrado que en un año la probabilidad de que uno de estos ciclones se acerque a menos de 350 Km de la costa de Baja California Sur, es 0.97 % y que la probabilidad de que al menos uno penetre en su territorio es 0.46 %. Estos son los valores más altos encontrados en las zonas costeras de la República Mexicana .

En un estudio más reciente en esta misma zona se efectuó una cuantificación de la lluvia asociada con los ciclones para un periodo de 20 años (1960-1979)

Latorre y Penilla (1988) encontraron que de 35 días con lluvia, el 71% tiene una intensidad menor de 5mm/24 horas, lo que contribuye al 20 % de la precipitación anual, mientras que las lluvias intensas (de ciclones tropicales, >50mm/24 h) que solo representa el 1% de los días con lluvias, contribuyen con un 16 % de la precipitación anual.

La frecuencia con que se presentan las tormentas tropicales en el golfo varía considerablemente de un año a otro. La variación de la frecuencia de las tormentas parece estar relacionada con la intensidad de los Centros de alta presión en el Pacífico y Atlántico Norte en los altos niveles.

Douglas (1972) establece que la mayor actividad de ciclones en el Golfo de California se presenta cuando la presión está bajo la normal sobre el Norte de México y sobre el Pacífico, al Oeste de nuestro país, al mismo tiempo que se observa una corriente de aire húmedo del Suroeste al Sur y poniente de la península. Por el contrario, aquellos años en los que la altura de 700 mb se encuentra por arriba de la normal, en el área mencionada, la actividad ciclónica se reduce considerablemente.

Jáuregui (1989), analiza algunos aspectos estadísticos de la climatología de los ciclones y tormentas tropicales que afectan la frontera Norte de México y obtiene que el total de las perturbaciones que afectan a la región de estudio, el 72 % entran por la boca del Golfo de California y el restante por el Pacífico, es decir, atraviesan la península de Baja California, como es el caso del ciclón Joanne, 1-6 de octubre de 1972.

De este mismo trabajo se obtiene que durante el mes de mayo, no se presentó ninguna perturbación, en junio y julio las perturbaciones llegan principalmente a la región de la boca del golfo antes de disiparse, posiblemente debido a que las temperaturas del agua en el golfo son en estos meses relativamente frías.

En agosto y septiembre, con el avance de las aguas más tibias hacia el Norte de los 22°, las trayectorias de los ciclones tropicales penetran más en la región del golfo, sobre todo en la mitad Sur, sin embargo sólo una porción mínima llega a afectar la

región del golfo al Norte de las islas Tiburon y Ángel de la Guarda (Katrina, 1-2 de septiembre de 1967 y Joanne, 1-6 de octubre de 1972).

## **II CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA DE INVIERNO**

Durante la mitad fría del año la situación cambia radicalmente, los vientos monzónicos cesan, dado que la altiplanicie se encuentra fría, por otra parte, al correrse hacia el Sur las celdas de alta presión, dominan sobre el aire los vientos del oeste que, aunque proceden del Pacífico, son de carácter mas bien seco, ya que carecen de la importante fuente de humedad que representan los ciclones tropicales y tormentas asociadas al verano.

### **INVASIONES DE AIRE POLAR**

La circulación atmosférica sobre el Golfo de California, durante el invierno propicia la invasión de masas de aire frío de origen polar, ya sea de carácter marítimo o continental. Las primeras son más frecuentes que las segundas.

Generalmente asociados al paso de áreas de baja presión, dichas invasiones de aire polar marítimo se manifiestan en su borde de avance sobre el área, como frentes fríos típicos, con cambios muy marcados en la dirección del viento, soplando éste del Suroeste antes del paso frontal y del W ó NW después del propio paso. Asimismo se observa un descenso acentuado en la temperatura del aire y un cambio hacia menor humedad relativa.

Los frentes fríos que acompañan a las invasiones de aire marítimo polar reciben el nombre de Colladas en el Golfo de California y son temidas por los marinos por sus cambios de velocidad y dirección del viento que las acompaña a través de la zona frontal.

## **SURGENCIAS MARINAS.**

Como ha sido señalado por otros autores, (Roden, 1964) el efecto moderador del océano Pacífico sobre el clima del golfo y tierras vecinas se reduce considerablemente por la barrera que presenta la cadena montañosa de 1 a 2 kms de altura, que casi sin interrupciones corre de N a S a lo largo de la península de Baja California.

Por otra parte, el afloramiento de agua fría frente a la costa Occidental de la península en pleno verano ( Roden,1972), refuerza ahí la estabilidad del aire marítimo en los niveles inferiores.

En esta forma se reducen las posibilidades de penetración de aire húmedo del Pacífico desde el poniente hacia la región del golfo, tanto horizontal como verticalmente. También se presentan áreas de Surgencias en el Golfo de California, cuya localización se muestra en la fig. 4 , como se observa, su ubicación presenta un comportamiento estacional, durante la época invernal se presentan Surgencias de aguas frías en la costa Oriental del Golfo de California. Este fenómeno ocasiona inversión de temperatura, lo que provoca el abatimiento de ella y un retraso en la fecha de ocurrencia de la máxima en las costas Orientales del golfo con respecto a las Occidentales.

La inversión térmica impide el movimiento vertical del aire e induce a la estabilidad que se traduce en disminución de condensación y, obviamente, en escasez de precipitaciones sobre todo hacia el Norte.

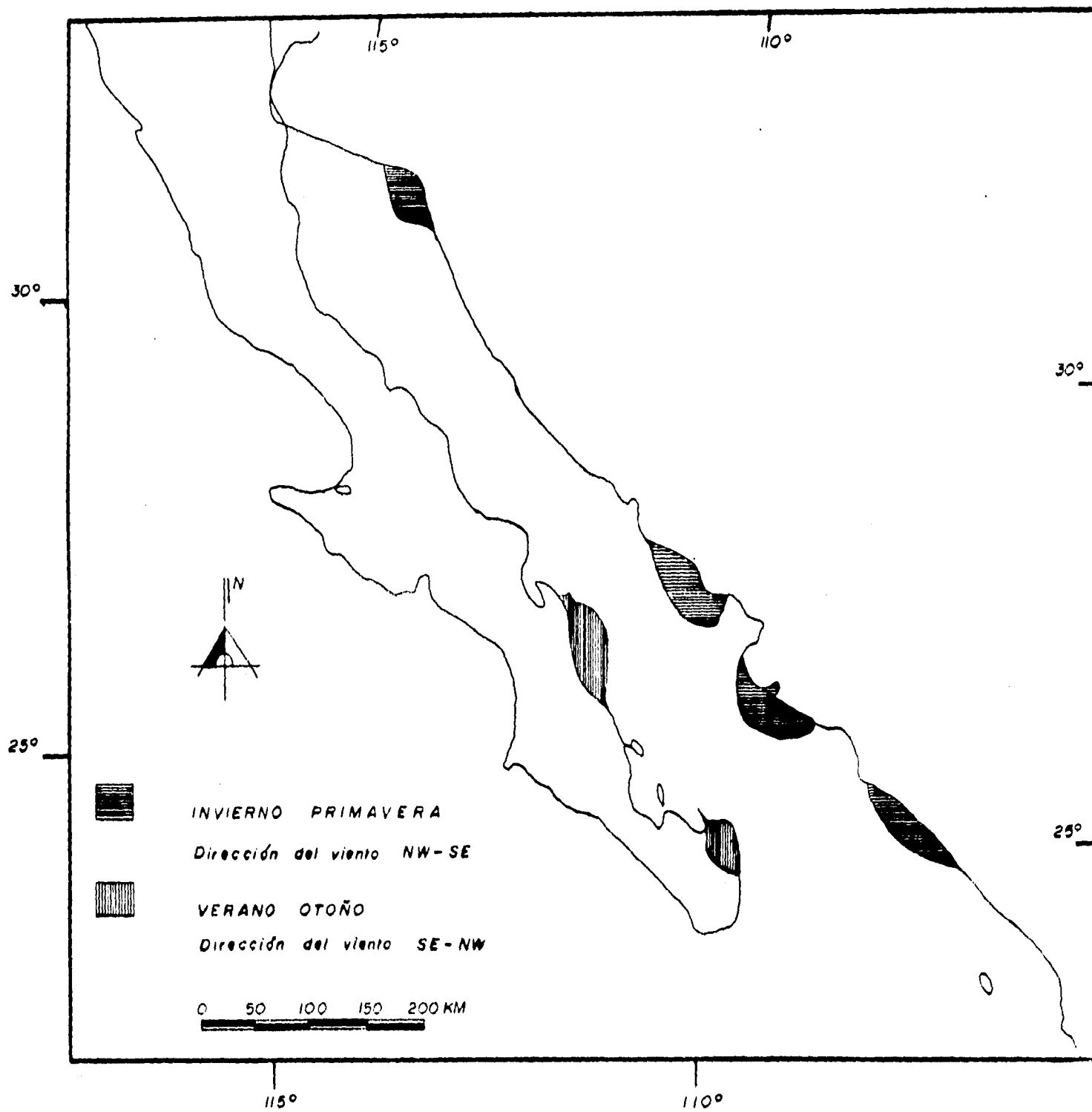


Fig. 4

Áreas de surgencias en el Golfo de California, de acuerdo al patrón de dirección de los vientos locales durante invierno-primavera y verano-otoño

FUENTE: DE LA LANZA, G. 1991.

## PRECIPITACIÓN

Las lluvias en el Noroeste de México son las más variables del país presentan un coeficiente de variación de la precipitación anual de 40 a más del 75%.

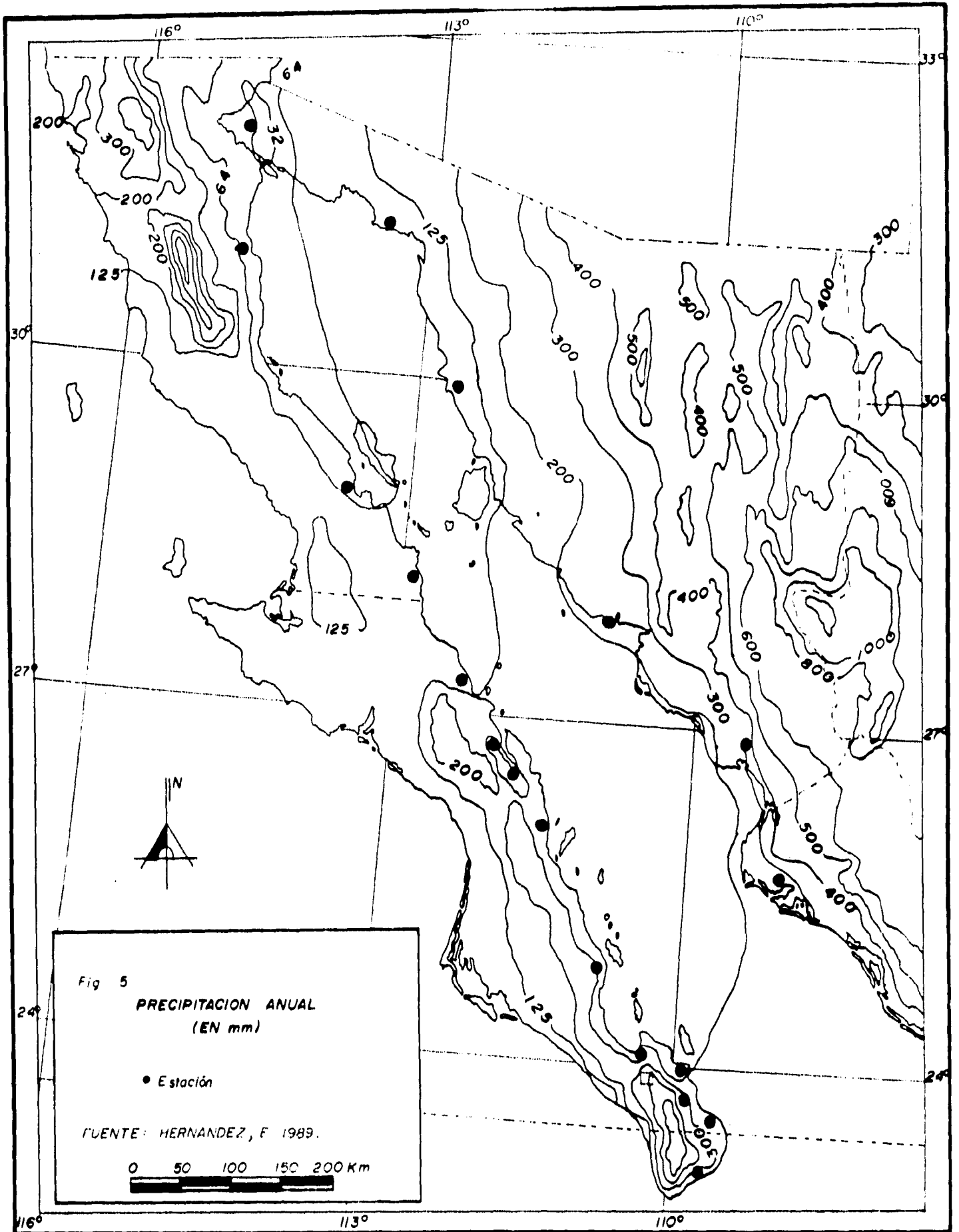
El inicio de la precipitación durante el mes de Julio, está en contraste dramático con la sequía de Junio. Reyes, (1994), indica que esto está reflejado en el campo de agua precipitable sobre América tropical y el desarrollo de "lengüetas" de humedad desde el golfo de México y el Pacífico.

En un estudio reciente Reyes ( *et al op.cit* ) estudia la evolución diaria del campo de agua precipitable y muestra que durante junio el oeste mexicano está dominado por una circulación divergente (evaporación excede a la precipitación), mientras que durante junio y agosto se tiene una clara convergencia (precipitación excede a la evaporación).

Durante el verano, la temperatura superficial del Golfo de California se eleva considerablemente, generando un gradiente vertical de temperatura en la troposfera baja, haciéndola muy inestable y favoreciendo un flujo neto de calor y humedad hacia la atmósfera, generando convección y formación de sistemas conglomerados de nubes, los cuales son transportados, por efecto de las circulaciones locales (brisa y de montaña), hacia las regiones montañosas de la sierra Madre, de Arizona y de Baja California.

Hernández (1985), establece que la cantidad de lluvia recibida en el área de estudio varía de unos 32 mm. a 250 mm. anuales. Con base en estas cantidades de precipitación mostradas en la fig. 5, Establece que el golfo se puede dividir en cuatro zonas: la Noroeste, con valores entre 32 y 64 mm. de lluvia, el parteaguas de las sierras de Ángel de la Guarda sirve como límite hacia el este de esta zona.

La noreste entre 64 y 125 mm., abarca hasta la isla Tiburón y Santa Rosalia, BCS, hacia el este de esta zona. La tercera con valores entre 125 y 200 mm de precipitación anual, comprende por el oeste de Santa Rosalia, a la isla Cerralvo y por el este, desde isla Tiburón hasta el paralelo 27.



Finalmente, la zona Sur comprende la región de los Cabos y la costa Noroeste de Sinaloa, en donde los valores de la precipitación son mayores a 200 mm. por lo que resulta menos seca que las anteriores.



## **RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO.**

Otro aspecto de gran importancia que se debe considerar es lo que se refiere a la información de la precipitación respecto a su periodicidad estacional, o distribución en el año, lo que se conoce como régimen de lluvia o régimen pluviométrico.

Hernández (op. cit ), determinó que en el área del golfo sólo se presenta el régimen de lluvia de verano (fig. 6), pero con variación en el porcentaje de lluvia invernal, que demuestra la influencia de los diferentes fenómenos meteorológicos a que se encuentra sometida el área en el transcurso del año.

La misma autora plantea que las porciones Norte y Centro del golfo son las que presentan mayor cantidad de lluvia invernal, que decrece de 18 a 10.2 % respecto a la anual, lo cual la clasifica en el régimen de verano, pero con alto porcentaje de lluvia invernal  $w(x')$ , lo que se traduce en una mayor efectividad de ella para el crecimiento de las plantas, ya que a menor temperatura existe menor evaporación.

Al Sur de Guaymas, por el lado este, y de la isla del Carmen, en la porción peninsular, el régimen de lluvias es el típico de verano; es decir, con menos de 10.2 de precipitación invernal, por tanto, la cantidad de lluvia recibida en esta área, aunque sea mayor, al coincidir con la época más caliente del año disminuye su efectividad en el crecimiento de las plantas.

Rojo (1985), hace un estudio detallado de la precipitación promedio mensual en la que discute ampliamente las características observadas durante invierno y verano a lo largo de la Península de Baja California y asocia algunas anomalías a eventos planetarios tales como El niño-Oscilación del Sur.

Cuando hay valores negativos en el Índice Austral se presentan fenómenos asociados a escala planetaria conocidos como el evento del Niño-Oscilación del Sur, durante el cual se observan grandes anomalías climáticas en casi todo el mundo, tales como altas temperaturas en la superficie del mar, grandes sequías en las regiones del Norte de Brasil y África, grandes tormentas extratropicales sobre el Pacífico Norte y Europa.

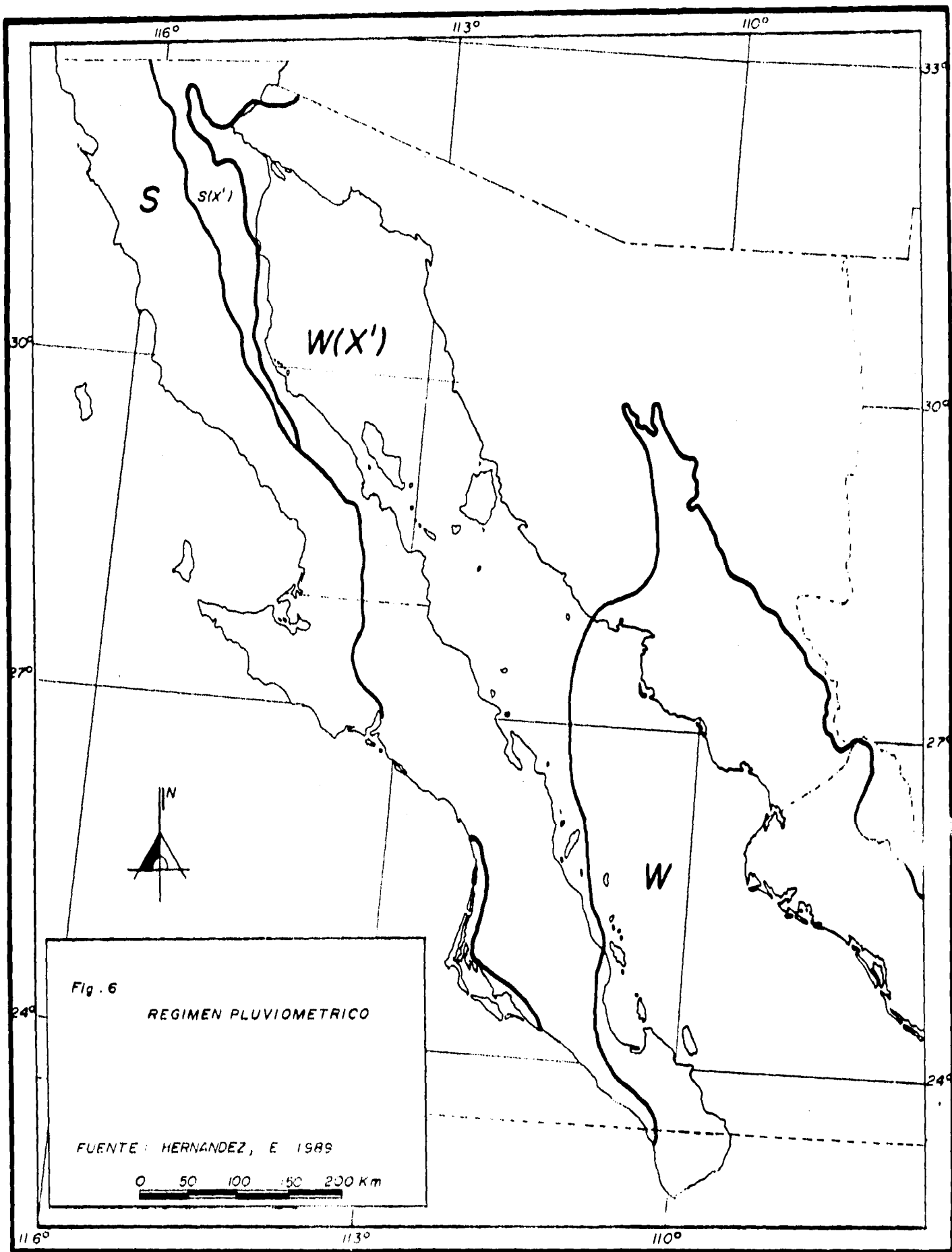


Fig. 6

REGIMEN PLUVIOMETRICO

FUENTE: HERNANDEZ, E 1989

0 50 100 150 200 Km

## **IMÁGENES DE SATELITE.**

Actualmente se ha originado un nuevo campo de la climatología, que es el de los satélites, área que se ha desarrollado en otros países con excelentes resultados.

La forma más factible de utilizar información es la de emplear imágenes captadas por los satélites meteorológicos e interpretarlas, lo cual no requiere de equipo especial, por ejemplo: en las zonas tropicales, las nubes vistas por los satélites meteorológicos revelan muchos hechos del flujo del aire; la distribución de grandes sistemas de nubes tienen una relación definida con los principales Centros de alta y baja presión, lo que hace posible estimar cualitativamente el flujo general

De esta forma se puede apreciar, con cierta exactitud, la velocidad del viento asociado con las tormentas ciclónicas, interpretando los datos de satélites meteorológicos en términos de la dirección e intensidad del viento, es posible realizar análisis sinópticos diarios en zonas donde los datos son escasos o inexistentes (García y Trejo 1990).

Las imágenes de nubes son tomadas por los satélites meteorológicos ESSA y GOES, los cuales están equipados con sensores visible e infrarojo que captan la reflectancia de la tierra y su atmósfera, la que se convierte, por computadora en imágenes, en diversos tonos de gris, que van del casi blanco al casi negro.

Las imágenes de satélite han evidenciado detalles de la cobertura de nubes en distintas escalas temporales y espaciales, es por ello que la comunidad científica está dedicando grandes esfuerzos a la investigación mediante percepción remota y observación por satélite a la cobertura de nubes. En particular para documentar la evolución y características de los sistemas convectivos en el Noroeste de México

## **EL CLIMA.**

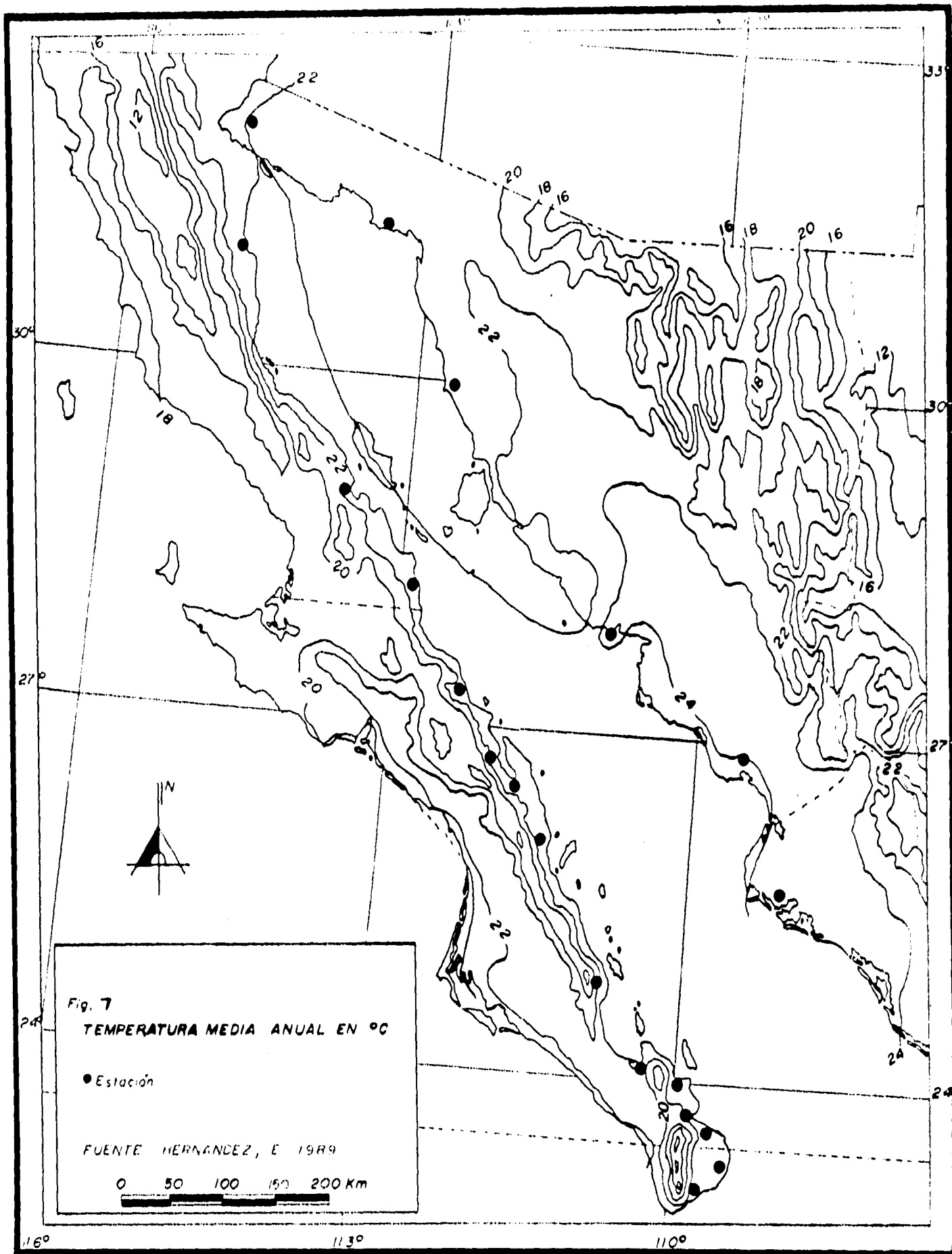
### **TEMPERATURA**

La mayor parte del tiempo, la estratificación del aire en los niveles inferiores y la subsidencia característica del flujo del aire superior desalientan la formación de nubes convectivas y de precipitaciones durante el verano en la región Noroeste de México resultando una relativa aridez, sobre todo hacia el Norte, y una elevación considerable de las temperaturas debido a la fuerte insolación (Mosiño, 1979).

Al analizar la carta de isotermas medias anuales Fig. 7, se observa que la temperatura en el golfo se incrementa de Norte a Sur y es algo mayor a lo largo de la costa de Sonora y Sinaloa. En tal forma que se pueden delimitar en el área de estudio dos zonas térmicas, una cálida con temperatura mayor a 22° C, que abarca más de la mitad de la zona en cuestión, pues comprende las porciones Noroeste, Centro y Sur, y una semicálida con temperaturas entre 18 y 22 °C; que incluye el área noreste (García, 1988).

El mes más cálido es agosto en la mayor parte del área, exceptuando las costas Orientales al Sur del paralelo 28°, donde el máximo se presenta en julio, el mes más frío es enero, en todo el golfo con temperaturas menores a 10° C. los valores más bajos se localizan en la boca del mismo.

El clima que impera en el Golfo de California y sus islas es, en forma general, muy semejante a los climas de las costas adyacentes: vertiente Oriental de la península de Baja California y porción continental (Oeste de Sonora y Noroeste de Sinaloa) fundamentalmente en lo que se refiere a baja precipitación y veranos extremadamente calientes; esto puede atribuirse a diferentes causas como la configuración del golfo, que se extiende de Norte a Sur por más de 1 000 km, los contrastes orográficos a ambos lados, y estar bajo la influencia del esquema general de la circulación atmosférica, que en esta parte experimenta cambios importantes espaciales y estacionales.

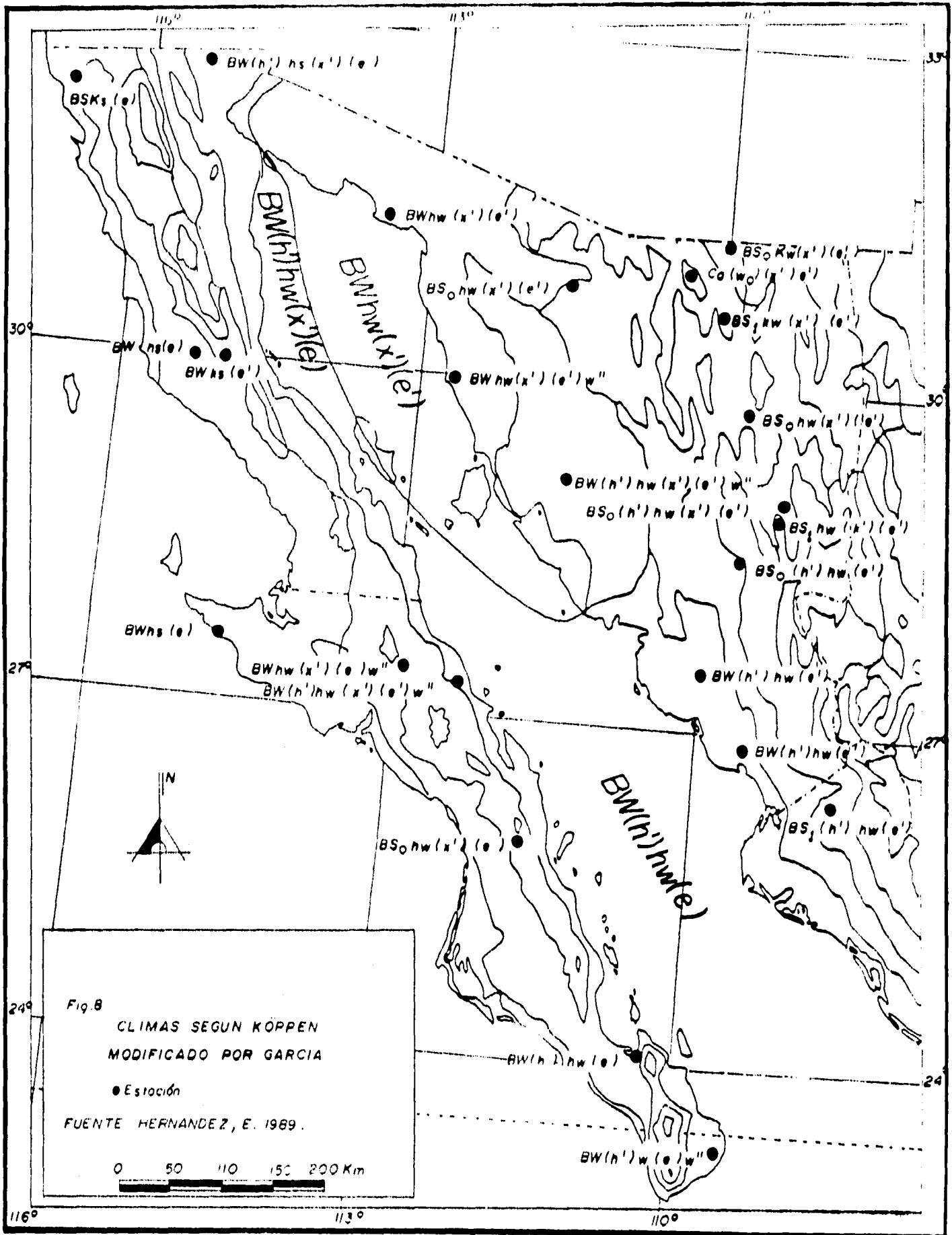


Hernández (1989), basándose en el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García, obtuvo que el clima del Golfo de California corresponde al subgrupo climático muy árido, es decir, BW, dentro del cual se encuentran diferentes grados de pluviosidad y de temperatura, lo que se traduce en la presencia de tres subtipos climáticos. (ver figura 8).

1. BW hw( s')(e') clima muy árido, semicálido, con régimen de lluvias de verano, alto porcentaje de lluvia invernal y muy extremo; se encuentra localizado en la porción noreste del golfo.

2. BW(h') hw(s') (e) clima muy árido, cálido, con régimen de lluvias de verano, con alto porcentaje de lluvia invernal y muy extremo; se localiza en las porciones Noroeste y Centros, si bien en esta última la oscilación es menor y, por tanto, cambia de muy extremosa (e') a extremosa (e).

3. BW (h') hw (e) clima muy árido, cálido, con régimen de lluvias de verano y extremo, se ubica hacia el Sur de Guaymas, en el continente, y de la isla del Carmen, en la península, o sea que coincide con el límite del régimen de lluvias ya descrito.



## **OBJETIVOS**

El objetivo central de este trabajo es proponer una metodología sencilla que permita relacionar la configuración espacial de las anomalías pluviométricas con la distribución de las nubes observadas en imágenes de satélite en el Golfo de California.

Los objetivos secundarios son :

- a) Determinar con base en el análisis de los mapas de anomalías pluviométricas la distribución espacial de la precipitación en la zona de estudio en el periodo 1921-1980.
- b) Revisar imágenes de nubes captadas por los satélites meteorológicos ESSA y GOES de la zona de estudio, con ayuda del Boletín del Servicio Meteorológico Nacional, a nivel diario de los años 1978 y 1980
- c) Relacionar la configuración espacial de las anomalías pluviométricas con los principales sistemas de tiempo productores de lluvia en el golfo para los años seleccionados.
- d) Determinar la frecuencia de los sistemas de tiempo que se presentan en el área de estudio durante los dos años estudiados.
- e) Elaborar cuadros de resultados y síntesis de la información.



## **METODOLOGÍA**

Se analizaron mapas de anomalías de la precipitación expresadas en porcentaje, respecto a la moda estadística de largo periodo, de la zona de estudio, para los años de 1921-1980, un total de 60 años.

Los mapas se tomaron de un trabajo previo que fue publicado por la DETENAL, (1988).

Las anomalías se pueden definir como la desviación de la precipitación de un año con respecto a la pluviosidad media anual o estacional a largo plazo. Se pueden clasificar en dos tipos: anomalías positivas: indican que la cantidad de lluvia registrada fue superior a la cantidad que más frecuentemente se presenta, por tanto lluvioso, anomalías negativas: significan que el año que las presenta, la precipitación fue menor que la moda, esto es, que fue un año seco. Se eligió la moda estadística, sobre la media aritmética, por representar los valores más frecuentes de la precipitación, dicha medida tiene una probabilidad de ocurrir entre 70 y 75%

Los mapas se clasificaron en grupos de acuerdo a la extensión y localización de las áreas secas o lluviosas, con el objeto de relacionarlas con situaciones sinópticas e imágenes de satélite.

Debe aclararse que el término lluvioso no necesariamente indica grandes cantidades de precipitación, puesto que en las zonas áridas, anomalías positivas mayores de 100 % no representan cantidades considerables de agua.

Se obtuvo en porcentaje la extensión de la zona de estudio con precipitación menor que la moda de largo periodo, así como por regiones.

En la segunda parte del presente trabajo, se interpretaron imágenes diarias de nubes tomadas por satélites meteorológicos de los años 1978 y 1980 en conexión con las cartas del tiempo.

Se tomó en cuenta la regionalización de nubes del país elaborada por García (1970), la cual considera el relieve, la altitud, la exposición a vientos húmedos, las cantidades de precipitación y los regímenes pluviométricos de 1000 estaciones meteorológicas de largo período, delimitándose 27 regiones de nubes de ellas seis corresponden a la región de estudio Fig. 10. Estas son:

1. Noroeste de Baja California
2. Sierra de San Pedro
3. Porción central de Baja California
4. Sureste de Baja California
5. Desierto de Altar
6. Llanura costera del Pacífico

Se tomaron 1978 y 1980 como ejemplo de años seco y húmedo. Estos años se seleccionaron teniendo como base los mapas de anomalías de la precipitación.

Se relaciona lo húmedo ó seco de los años con los sistemas de tiempo que pueden ser causantes de la precipitación, más no de los sistemas de tiempo en sí. García y Trejo (1990), identificaron catorce perturbaciones atmosféricas diferentes, como posibles causas de nubosidad en el territorio nacional, de las cuales se tomaron nueve de ellos, por considerarse los sistemas atmosféricos que afectan a la zona de estudio, los cuales son:

- 3 Cielones tropicales del Pacífico al Sur del paralelo 20°
- 4 Cielones tropicales del Pacífico al Norte del paralelo 20°
- 5 Frente del ciclón extratropical al oeste de Estados Unidos
- 6 Frente del ciclón extratropical al Centro de Estados Unidos
- 8 Vientos del oeste
- 8\* Jet o corriente de chorro
- 9 Alisios del noreste
- 10 Alisios del este
- 14 Monzón

El número que antecede al nombre es la clave que se utilizará para identificar cada sistema de tiempo

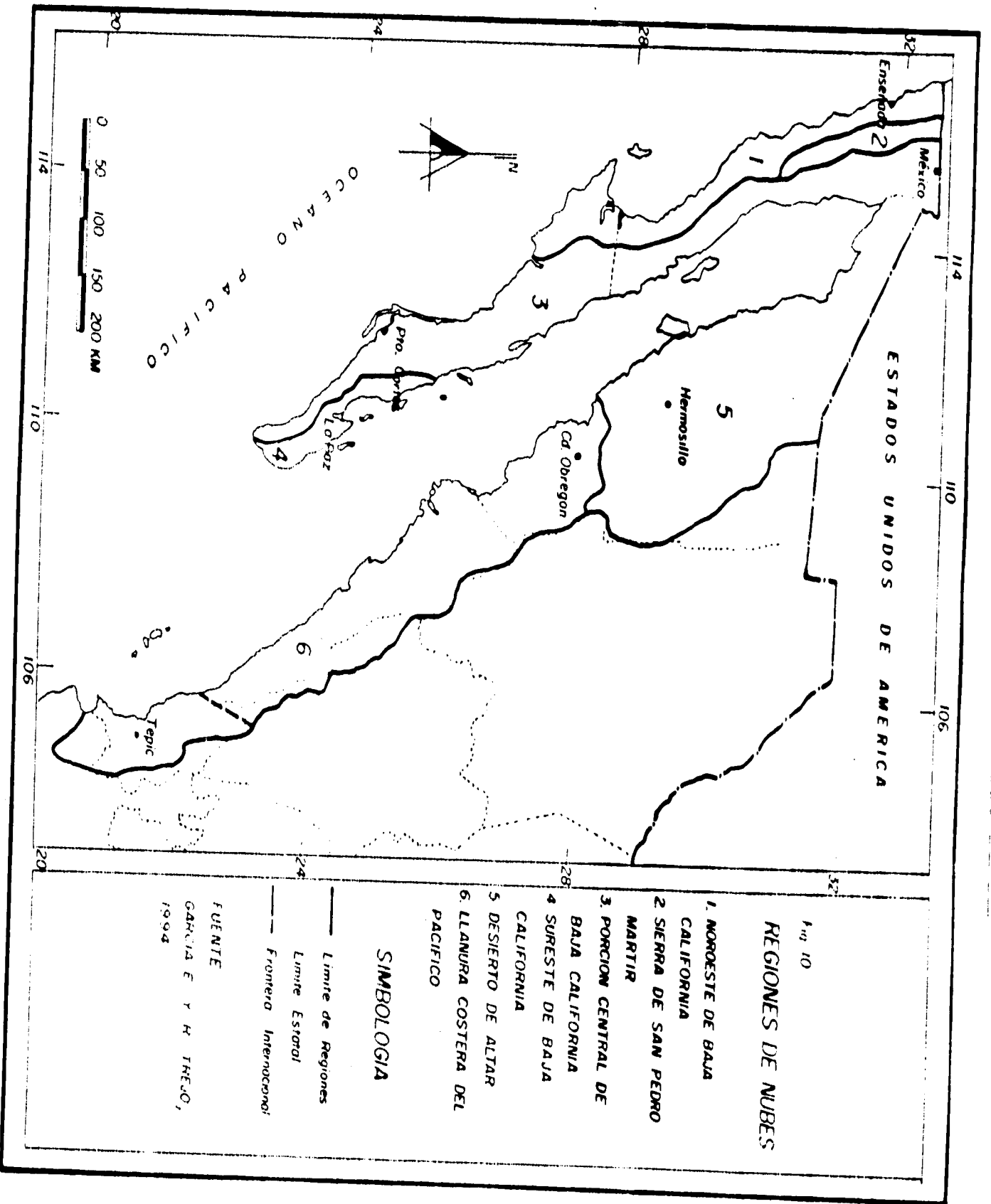


Fig. 10

**REGIONES DE NUBES**

- 1. NOROESTE DE BAJA CALIFORNIA
- 2. SIERRA DE SAN PEDRO MARTIR
- 3. PORCION CENTRAL DE BAJA CALIFORNIA
- 4. SURESTE DE BAJA CALIFORNIA
- 5. DESIERTO DE ALTAR
- 6. LLANURA COSTERA DEL PACIFICO

**SIMBOLOGIA**

- Limite de Regiones
- Limite Estatal
- - - Frontera Internacional

FUENTE  
GARCIA E Y R. TREJO,  
1994

Dichos sistemas se analizaron en imágenes de satélite y se enumeraron de acuerdo a su incidencia en las regiones, para determinar cual es el de mayor frecuencia y en qué región se presenta, para los dos años estudiados.

Se calcularon los porcentajes de los fenómenos más frecuentes en cada región.

García, E y Trejo, R (1995), conceptualizan los sistemas de tiempo de la siguiente manera:

Los Nortes: son invasiones de masas de aire frío polar provenientes del Norte de Estados Unidos y Sur de Canadá, en su origen el aire es frío y seco, pero que al ascender sobre las sierras transversales y sobre la sierra Madre Oriental, sufre enfriamientos adiabáticos y deposita algo de precipitación, que en las partes elevadas suele ser en forma de nieve.

El jet es una corriente de vientos máximos que realiza el intercambio de aire de las zonas ecuatoriales con el de las polares, en invierno sopla a gran altitud con una dirección de Suroeste a Noreste sobre el territorio nacional, normalmente su trayectoria cruza la Península de Baja California, pero en ocasiones se desplaza hacia el Sur de Oaxaca.

Los vientos del oeste tiene su origen en la margen austral de la celda de alta presión del Pacífico septentrional, siguen una dirección general de Suroeste a Noreste, y en la época fría del año, al desplazarse hacia el Sur de la celda, inciden sobre la mitad Noroeste del País, y transportan humedad de dicho océano, aunque en proporciones reducidas ya que la corriente marina fría de California contribuye a la creación de una inversión térmica y a estabilizar el aire en las costas del Pacífico.

Los ciclones extratropicales son perturbaciones propias de las latitudes medias, que barren de Oeste al Este el territorio de Estados Unidos, el extremo Sur de sus frentes suele penetrar al Norte del país y producir nubosidad.

Se llama monzón, a la introducción de nubosidad proveniente del Océano Pacífico, con origen en la humedad introducida en la troposfera media por la zona intertropical de convergencia y por los fenómenos que en ella se originan como son las perturbaciones ciclónicas y los ciclones tropicales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis de las 60 cartas de anomalías de la precipitación respecto a la moda estadística de largo periodo de la zona de estudio, se obtuvo que las áreas con lluvia menor al valor modal son muy irregulares en su configuración y distribución espacial y temporal.

En las siguientes figuras se presentan los 6 grupos de mapas que resultan de la clasificación que se hizo de acuerdo a la distribución de las áreas lluviosas, con el objeto de relacionarlas con situaciones sinópticas. A continuación se mencionan algunos aspectos sobresalientes de estos grupos.

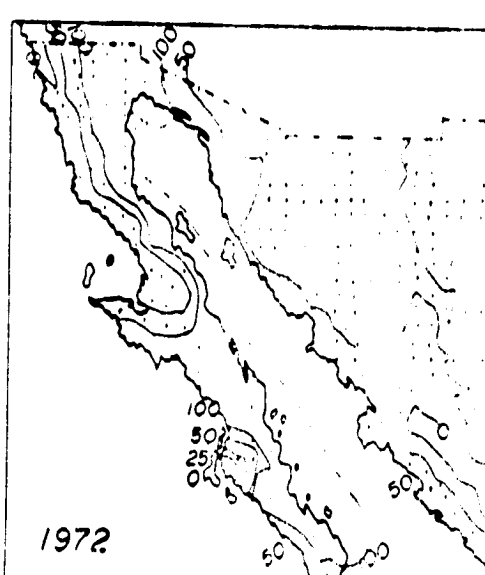
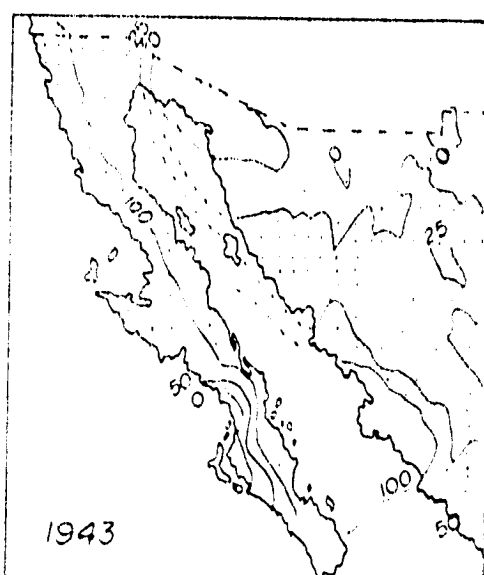
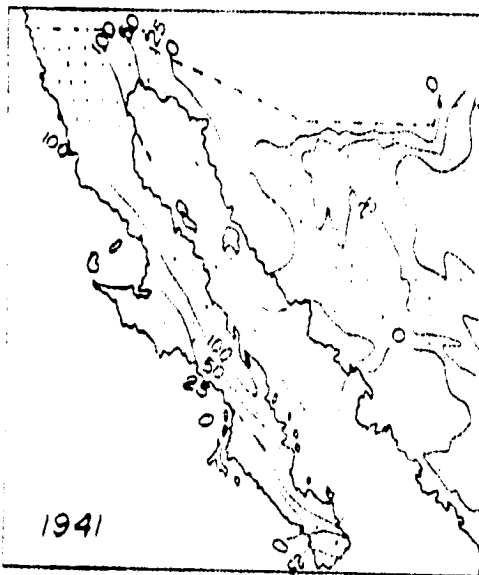
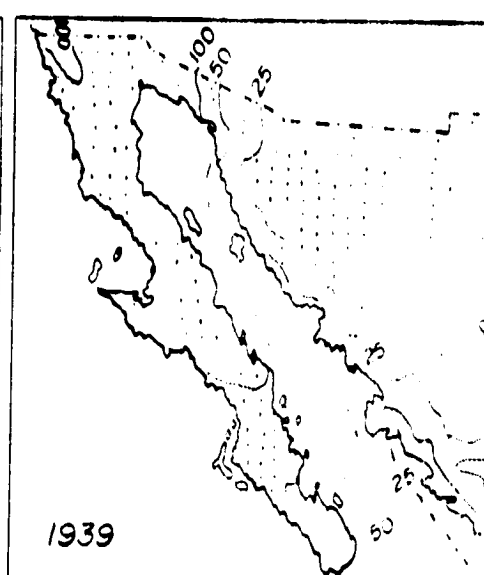
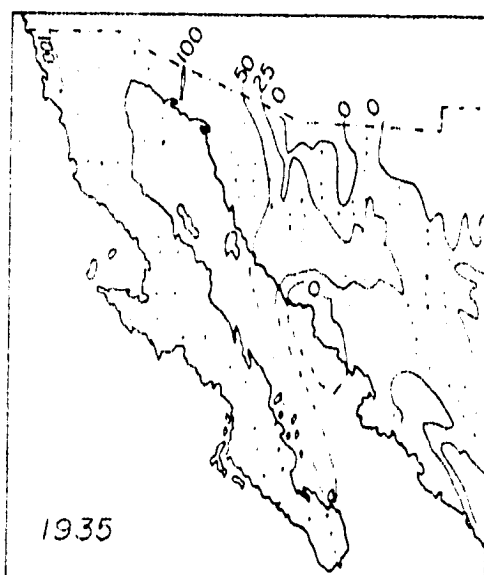
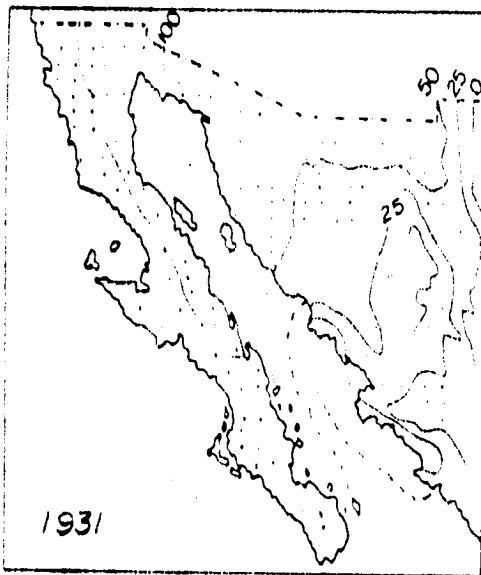
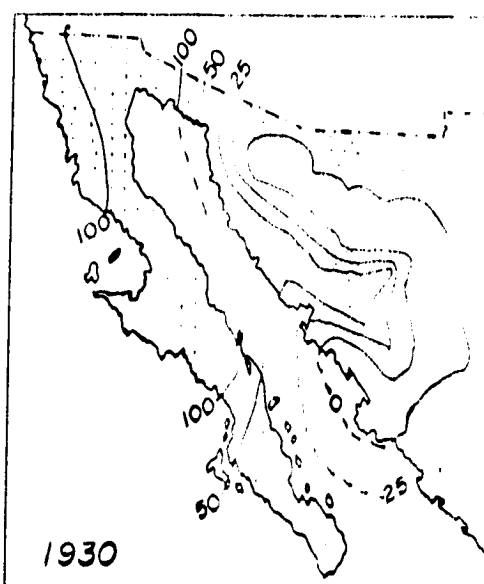
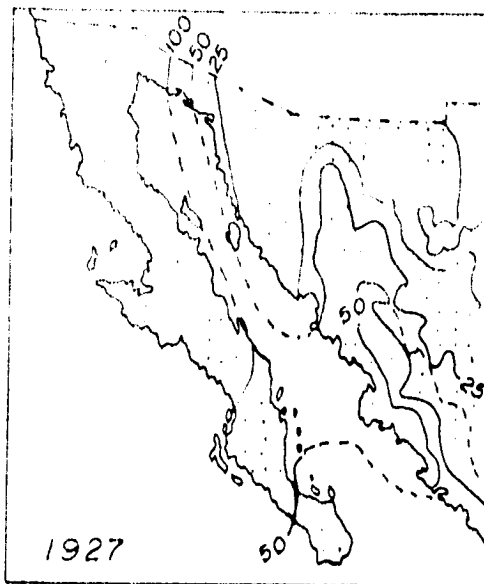
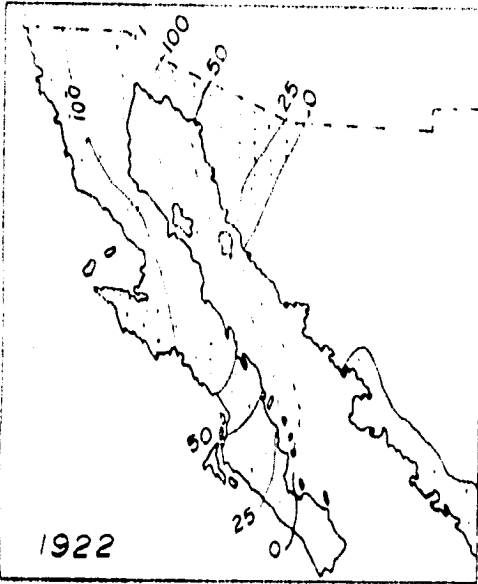
**Grupo I.** Lluvioso en extremo, los mapas de este grupo muestran anomalías superiores a 100% en la parte Norte de la Península de Baja California, golfo superior y Norte de Sinaloa. Forman parte de este grupo los años: 1922, 1927, 1930, 1931, 1935, 1939, 1941, 1943, 1972, 1976, 1978.

Cabe recordar que las anomalías negativas significan que el año que las presenta, la precipitación fue menor que la moda, esto es, que fue un año seco. Anomalías positivas indican que la cantidad de lluvia registrada fue superior a la cantidad que más frecuentemente se presenta, y por tanto lluvioso.

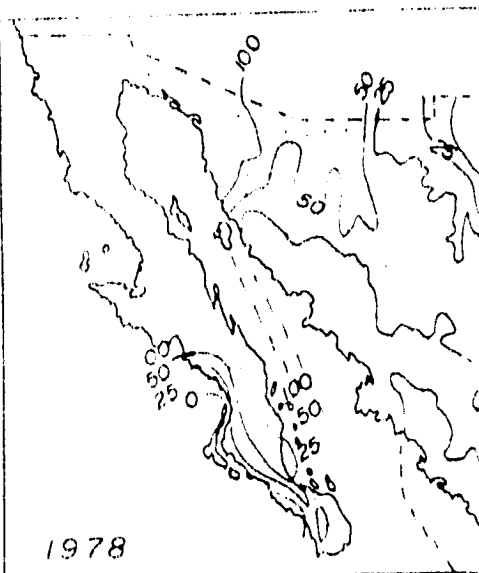
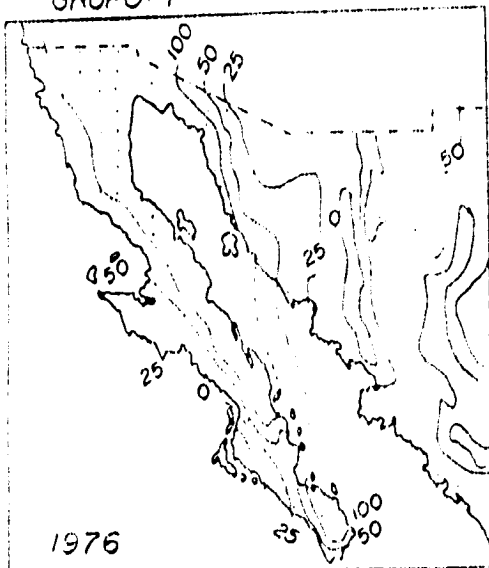
**Grupo II** Lluvioso, presenta anomalías de 100% en la Península de Baja California. En la parte Noroeste del golfo y en la llanura costera de Sonora y Sinaloa se presentan anomalías de 50%. Años: 1923, 1926, 1929, 1948, 1949, 1957, 1959, 1971.

**Grupo III** Los mapas de este grupo muestran que el golfo superior fue lluvioso, con anomalías mayores a 100%, es más seco hacia el golfo medio donde se encuentran valores de 50% y en la entrada del golfo de 25%; es decir se observa claramente una disminución del porcentaje de precipitación de Norte a Sur. Años: 1928, 1934, 1936, 1937, 1938, 1945, 1951, 1958, 1962, 1965, 1966, 1967

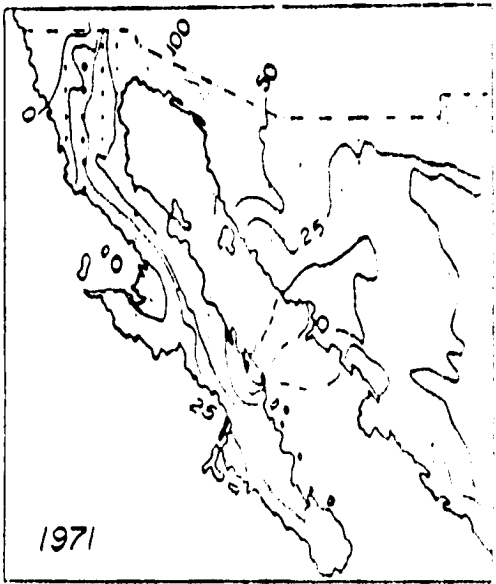
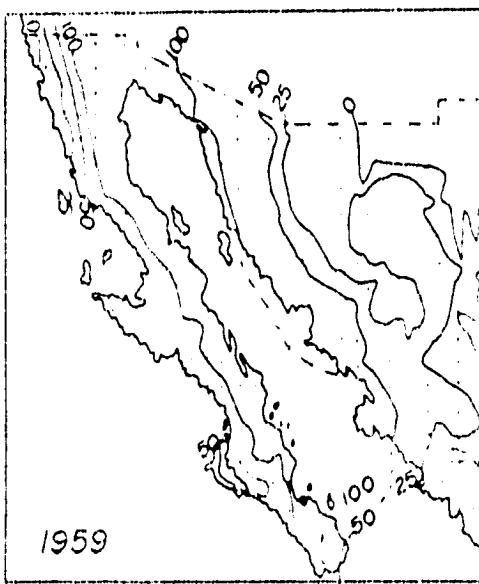
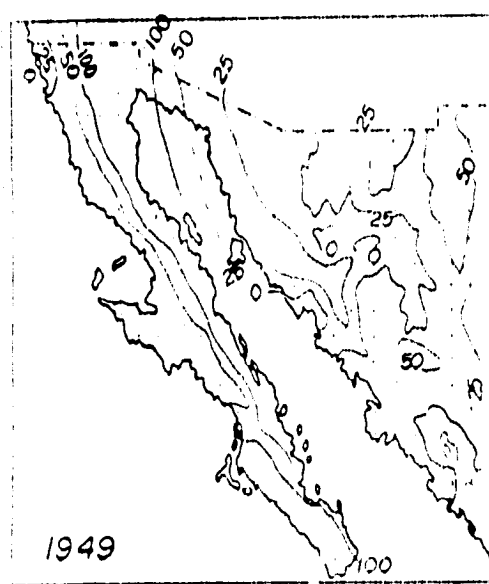
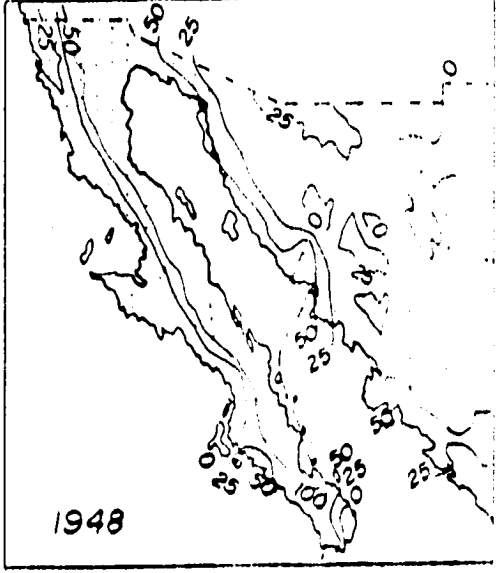
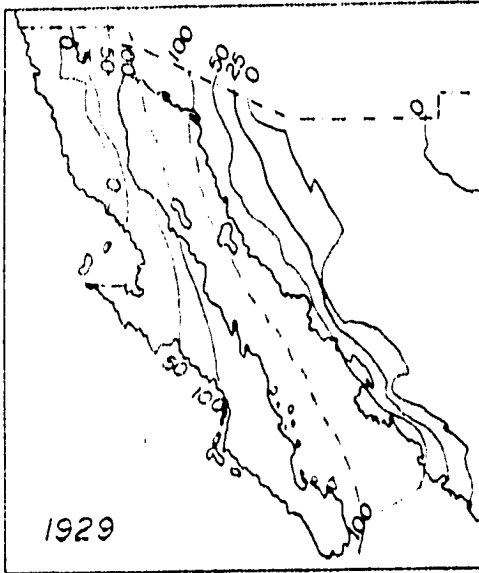
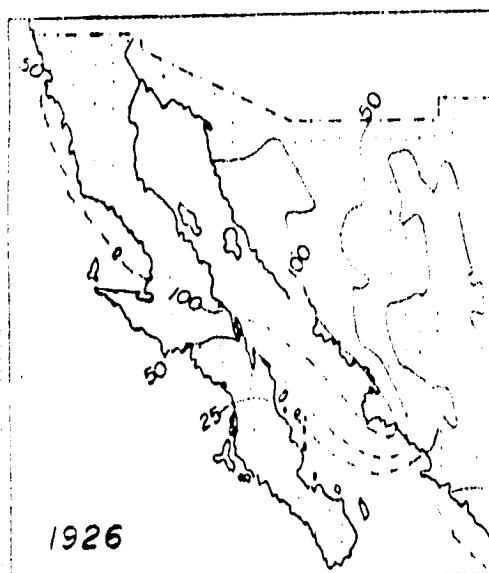
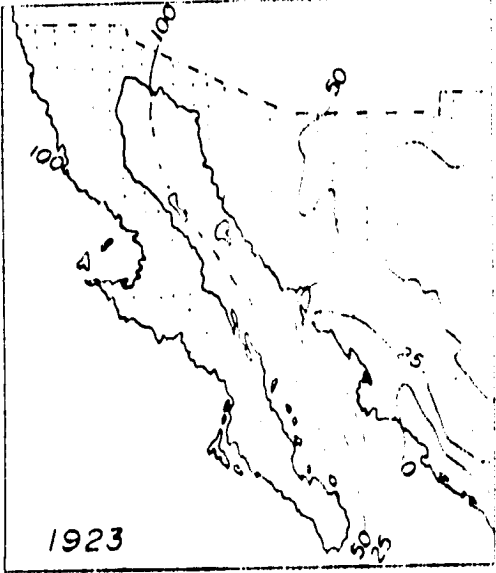
GRUPC 1



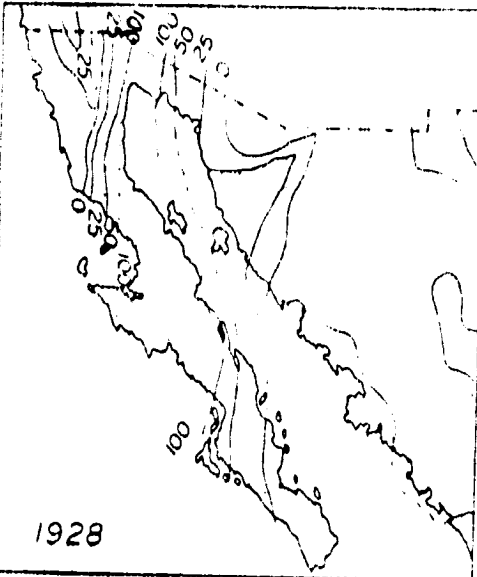
GRUPO 1



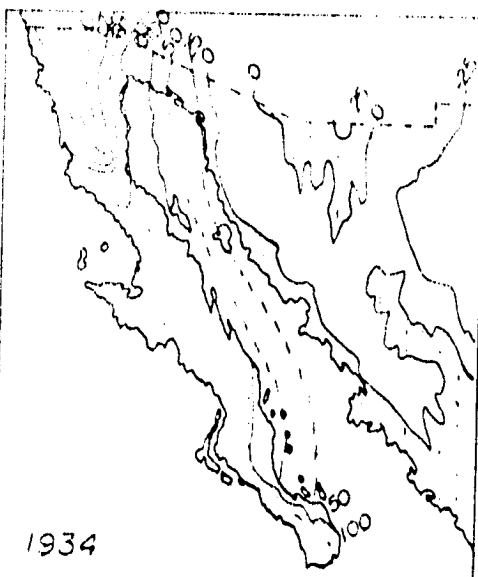
GRUPO 2



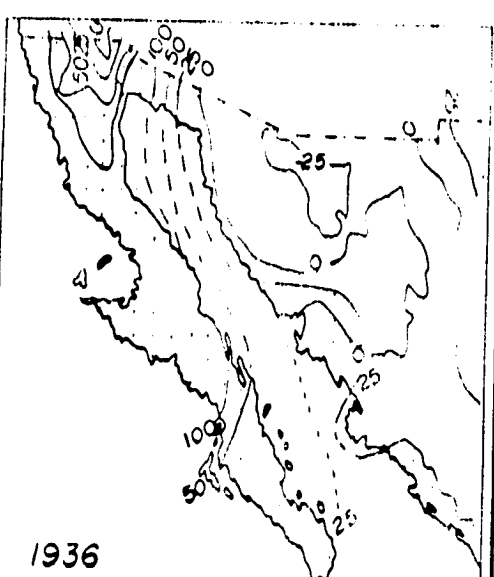
GRUPO 3



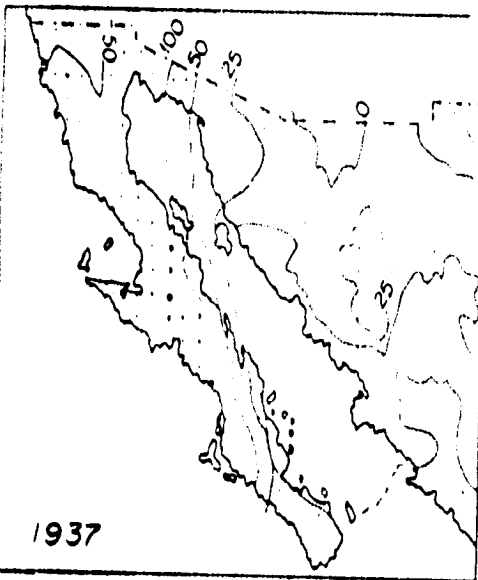
1928



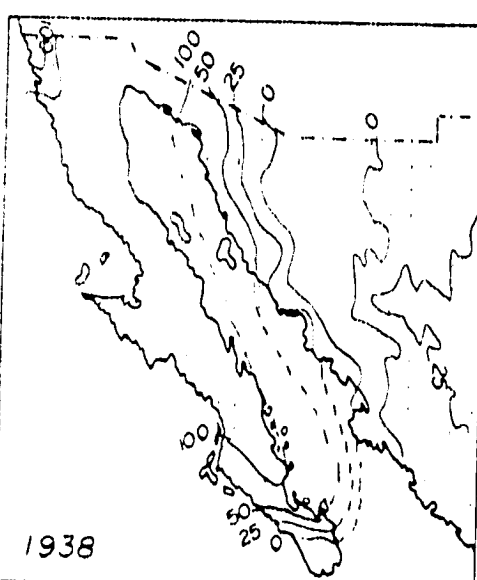
1934



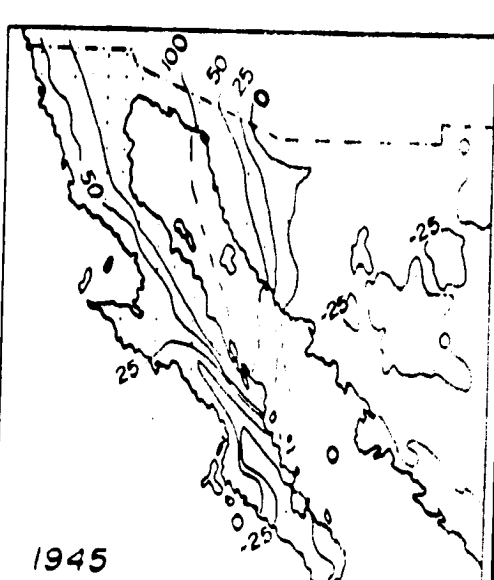
1936



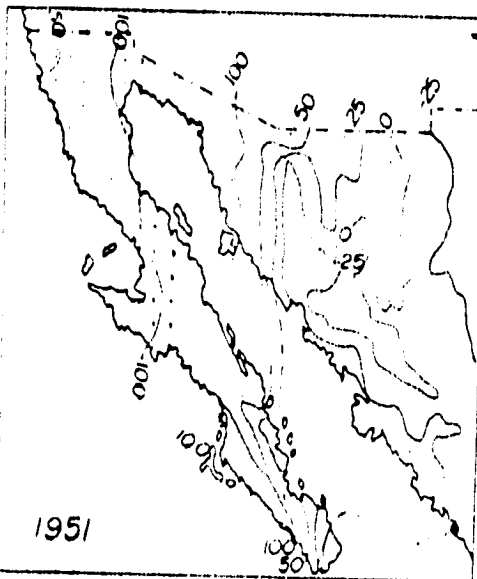
1937



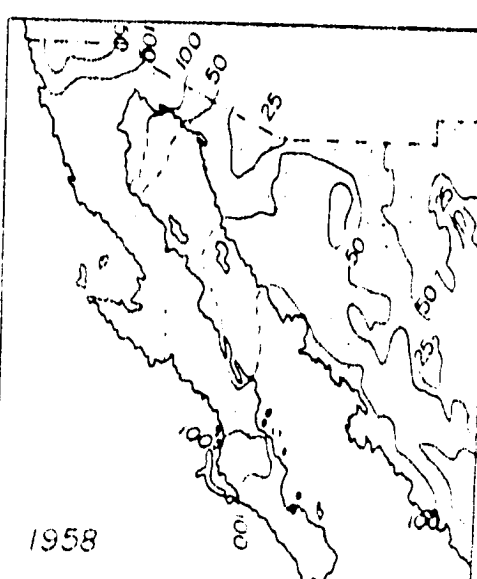
1938



1945



1951



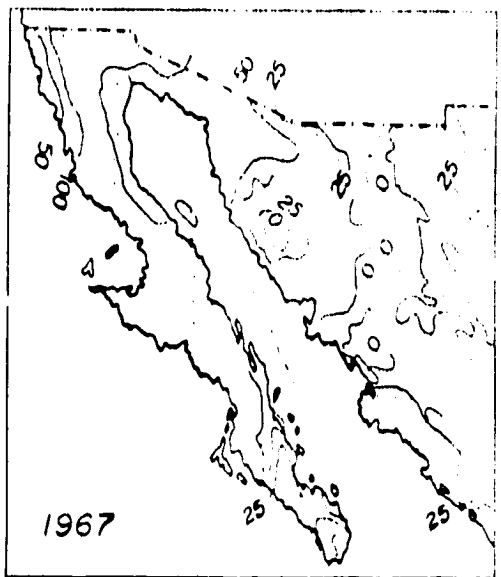
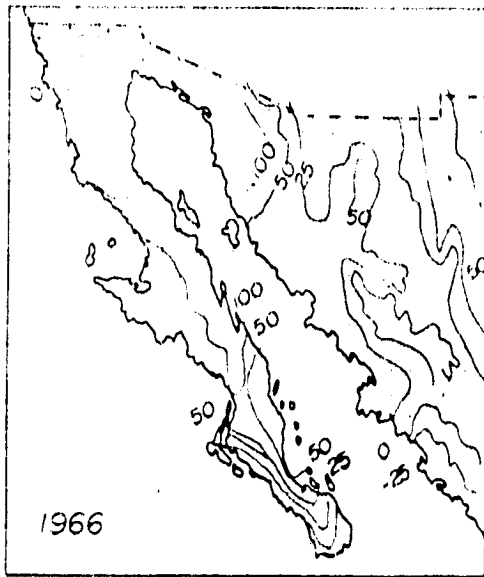
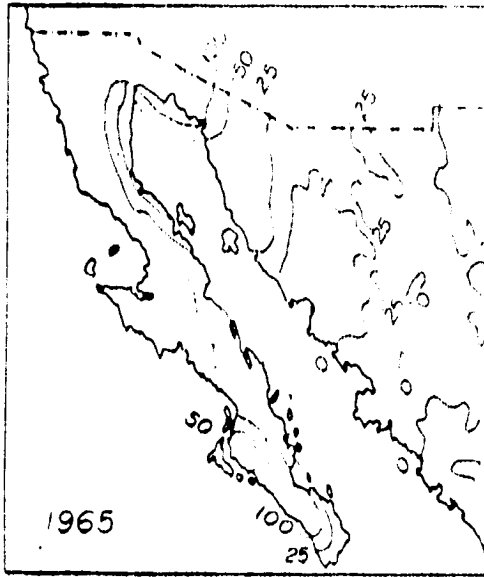
1958



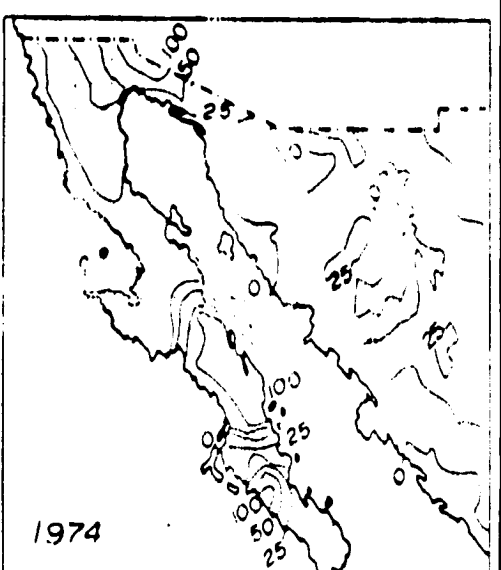
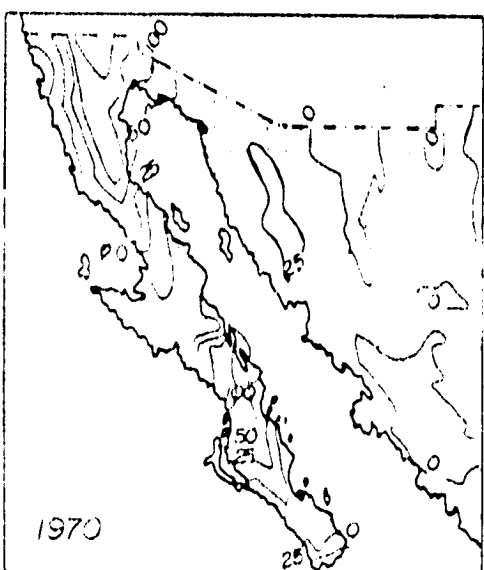
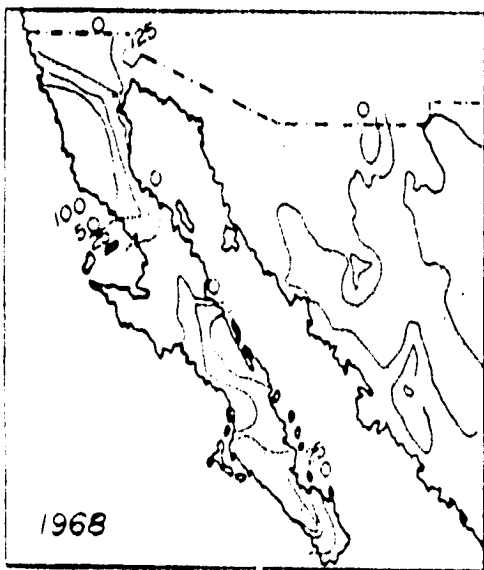
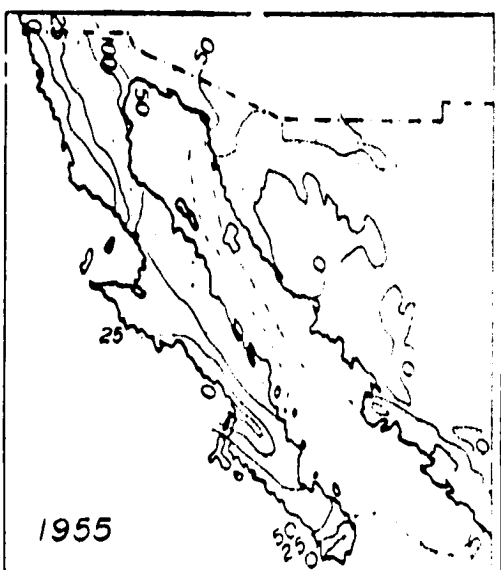
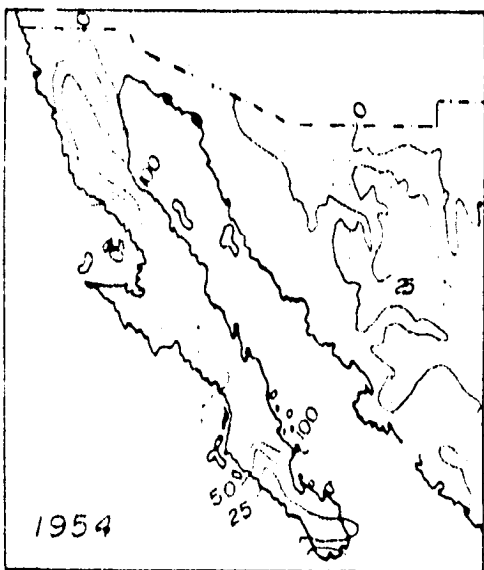
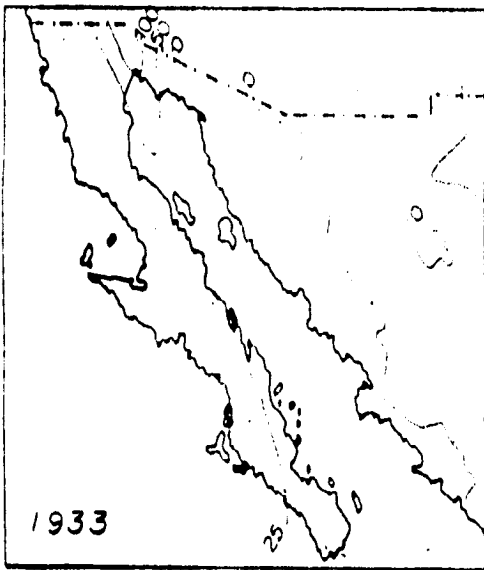
1962



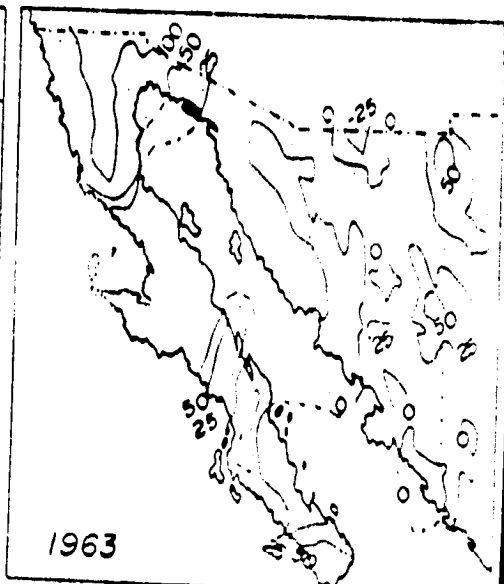
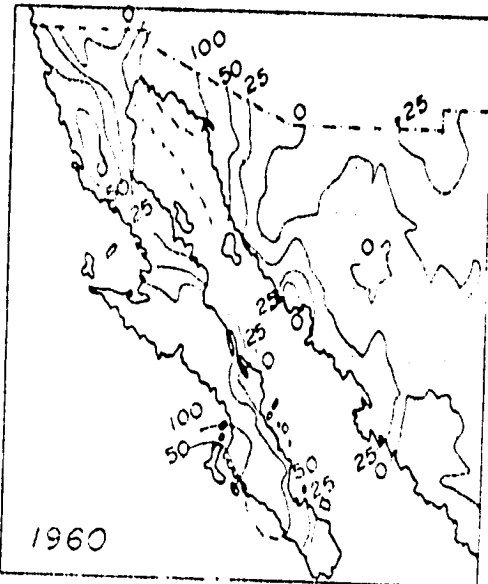
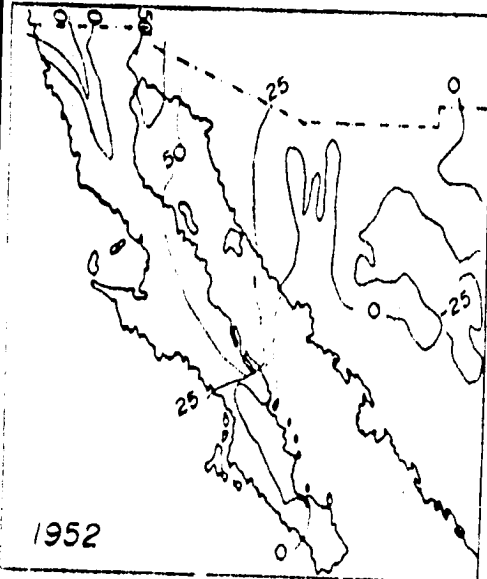
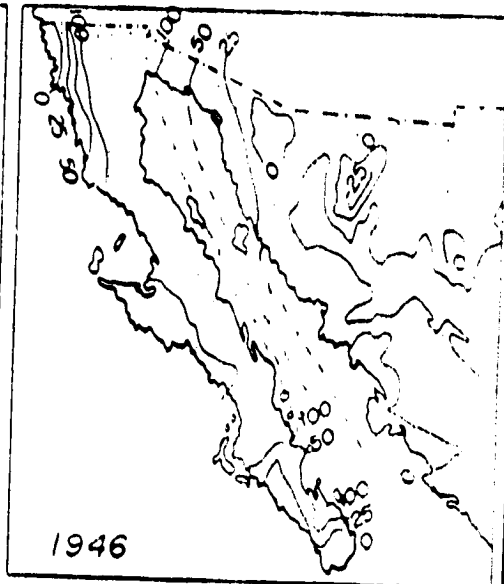
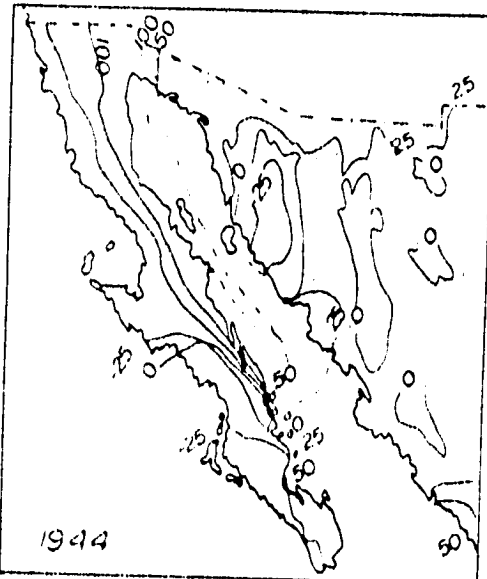
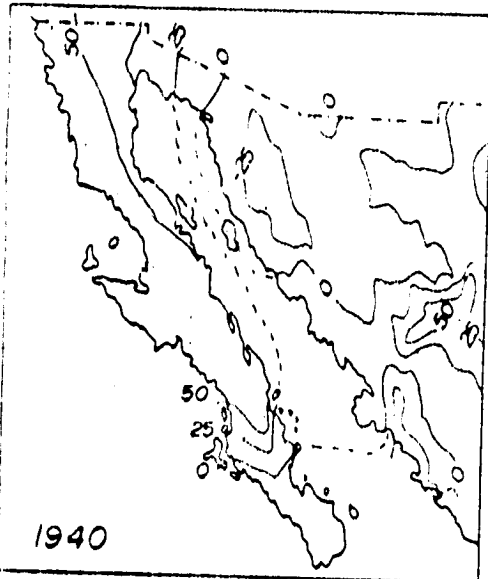
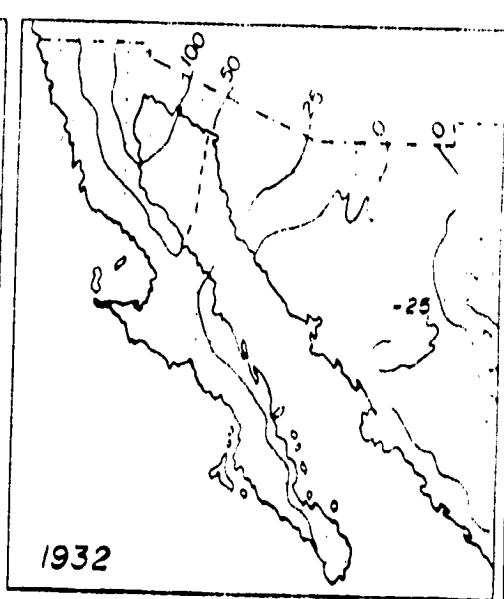
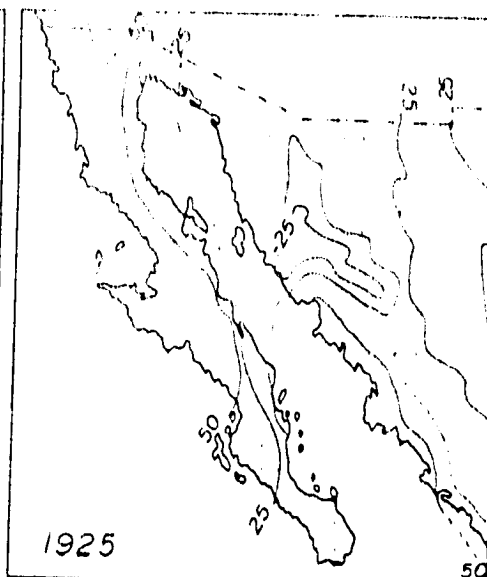
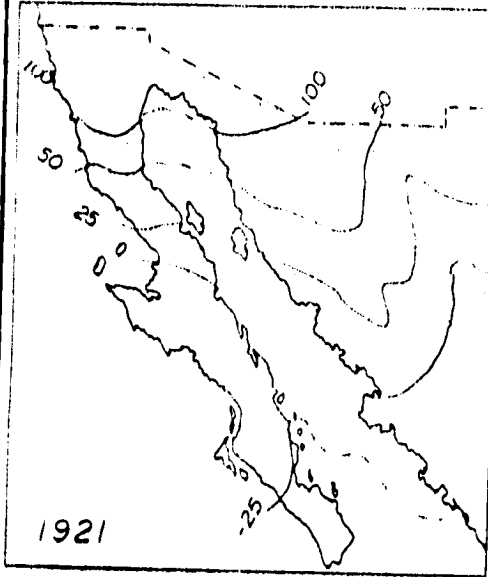
GRUPO 3



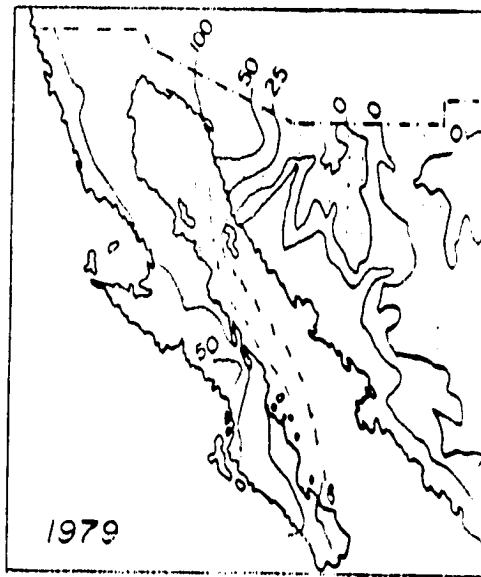
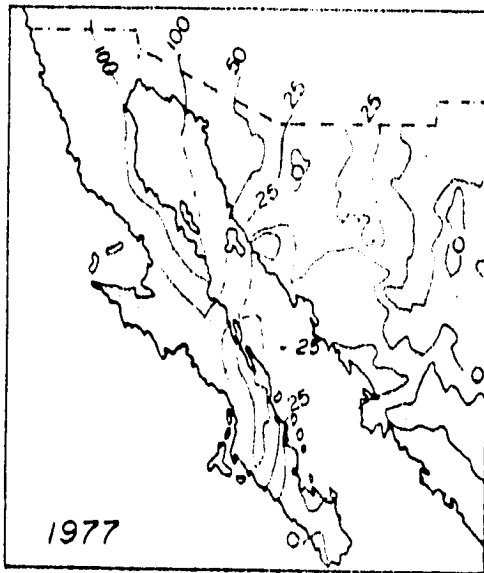
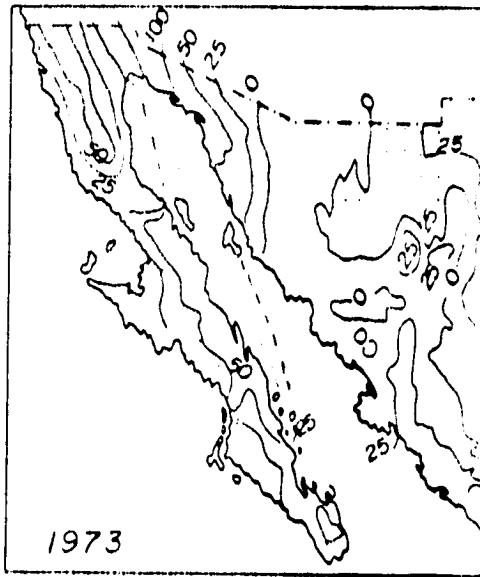
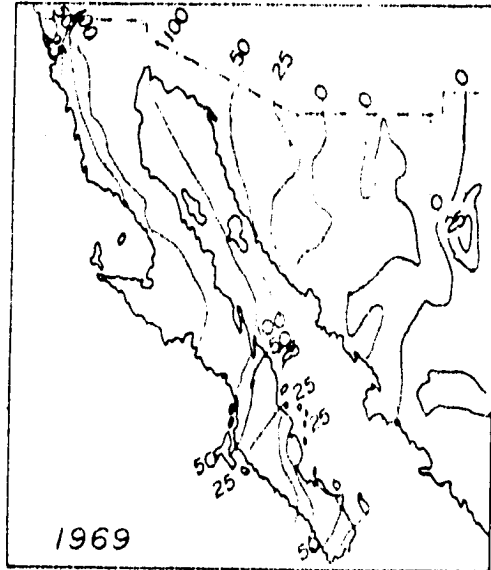
GRUPO 4



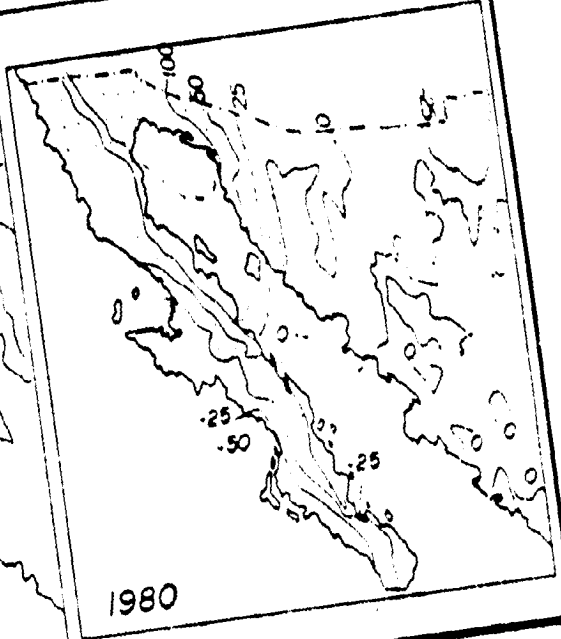
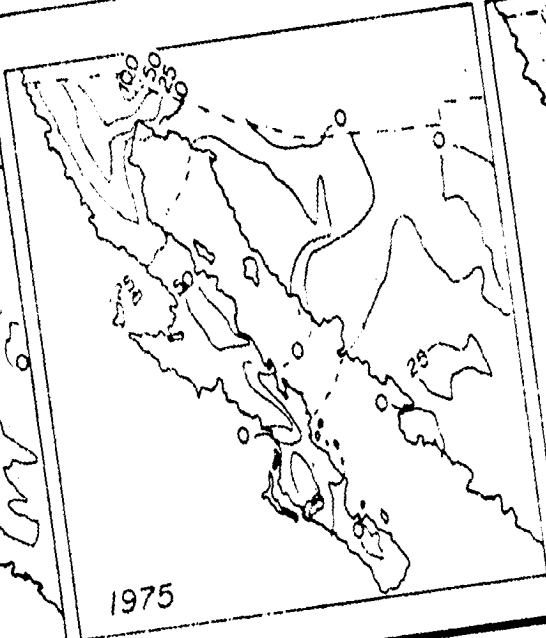
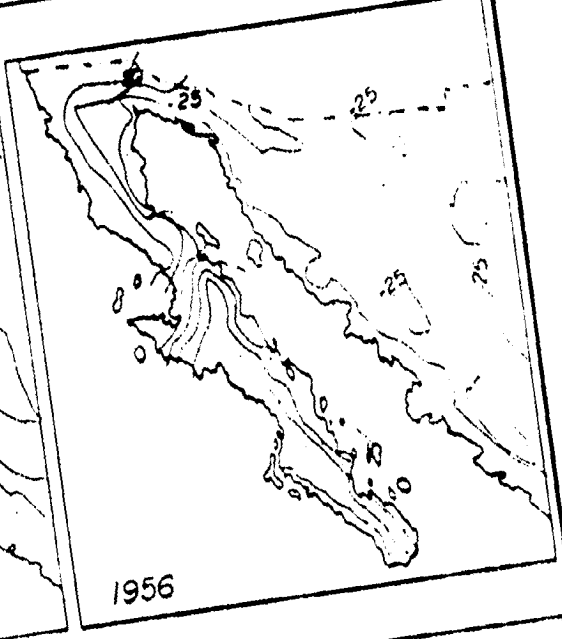
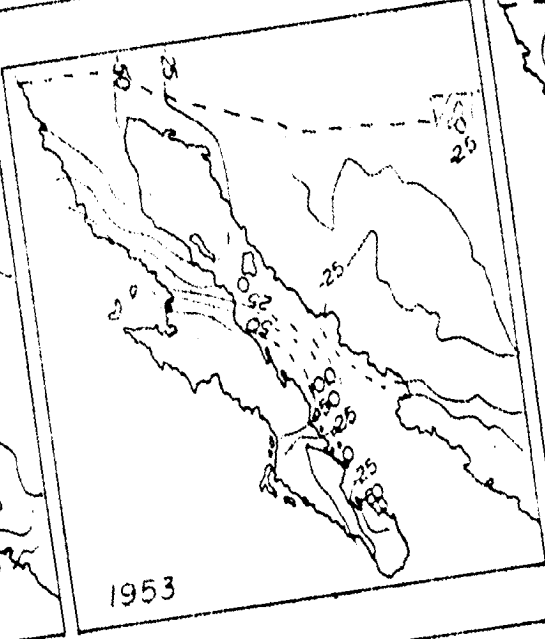
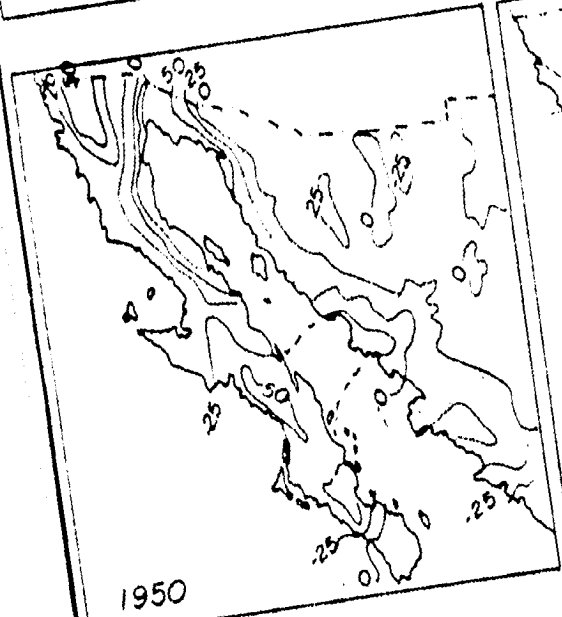
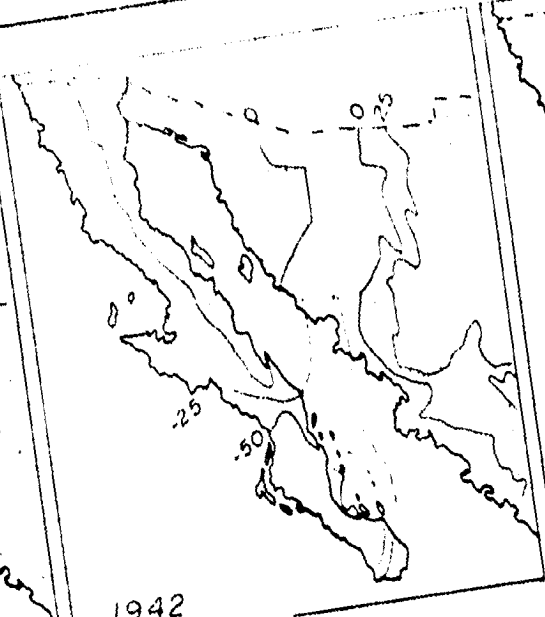
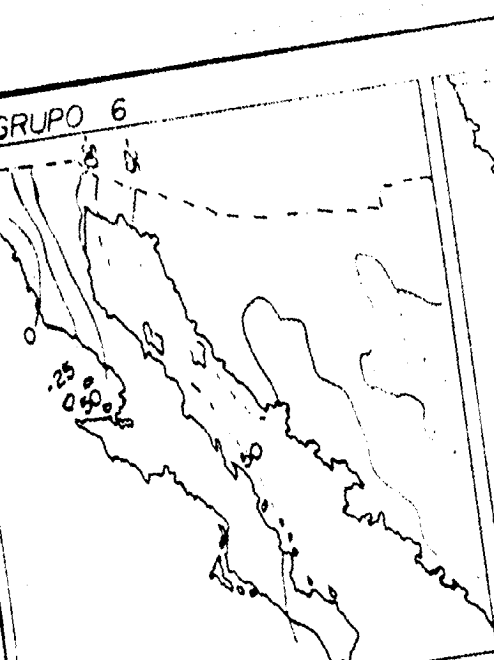
GRUPO 5



GRUPO 5



GRUPO 6



Grupo IV. Con excepción de la parte Noreste y Sur de la Península de Baja California, el resto de la zona de estudio presenta anomalías negativas. lo que nos indica que fueron secos los siguientes años: 1933, 1954, 1955, 1968, 1970, 1974.

Grupo V. Este grupo se caracteriza por presentar anomalías positivas en la parte Norte de la Península. En el Sur de Sonora, se presentan anomalías negativas lo mismo que en el extremo austral de Baja California Sur y en la entrada del golfo. Años representativos 1921, 1925, 1932, 1940, 1944, 1946, 1952, 1960, 1963, 1969, 1973, 1977, 1979.

Grupo VI. Los mapas de este grupo muestran anomalías negativas en casi todo el Noroeste, lo que indica que fueron años muy secos los siguientes: 1924, 1942, 1947, 1950, 1953, 1956, 1964, 1975, 1980.

Con el fin de conocer en forma cuantitativa el comportamiento espacial de las anomalías pluviométricas en el periodo 1921 a 1980, se midió el área afectada por éstas en el Noroeste de México. Los resultados se muestran en la gráfica I,

donde se presenta el porcentaje de superficie afectada por anomalías pluviométricas, se observa el siguiente comportamiento: Por 36 años dentro del lapso estudiado, el 25% o menos de la zona de estudio tuvo precipitación menor al valor modal y fueron los siguientes años: 1921, 1923, 1926, 1927, 1930, 1931, 1935, 1936, 1937, 1939, 1943, 1946, 1948, 1949, 1958, 1959, 1960, 1961, 1965, 1966, 1967, 1968, 1970, 1971, 1972, 1974, 1976, 1978 y 1979.

Por cinco años, más del 50% de la zona de estudio, presentó anomalías negativas y fueron: 1953, 1947, 1956, 1964, 1975.

Los años 1924 y 1942 presentan el 100% de la superficie afectada por anomalías negativas.

Es interesante hacer notar que en la gráfica I se observa que en la década 1970-1980 la superficie del área de estudio afectada por anomalías negativas éstas tienden a disminuir.

La medición de áreas también se hizo por regiones, con el propósito de relacionar las zonas con anomalías negativas y los sistemas de tiempo más recurrentes en cada región y poder determinar su posible influencia sobre la precipitación en la zona de estudio. Los resultados obtenidos se muestran en las gráficas 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

En la gráfica 2 (región 1). Los años 1924, 1929, 1942, 1956, 1964, presentan 100% de la superficie con precipitación inferior a la moda. Con más del 50% se encuentran: 1963, 1968, 1947.

Los años 1928, 1953, 1955, 1970, 1973, 1974, 1980 muestran menos del 50% del área afectada por anomalías negativas.

De la gráfica 3 (región 2), se destacan los años 1924, 1934, 1942, 1947, 1950, 1953 con 100% de la superficie con anomalías negativas y los años 1956, 1960, 1964, 1968, 1970 presentan de 20-50%. El resto de los años presenta un porcentaje menor a 20%.

De la gráfica 4 (región 3), se aprecia 1924 y 1942 con 100% de sequía y 1955 y 1965 con más de 50%, el resto de los años presenta anomalías negativas menores a 50%.

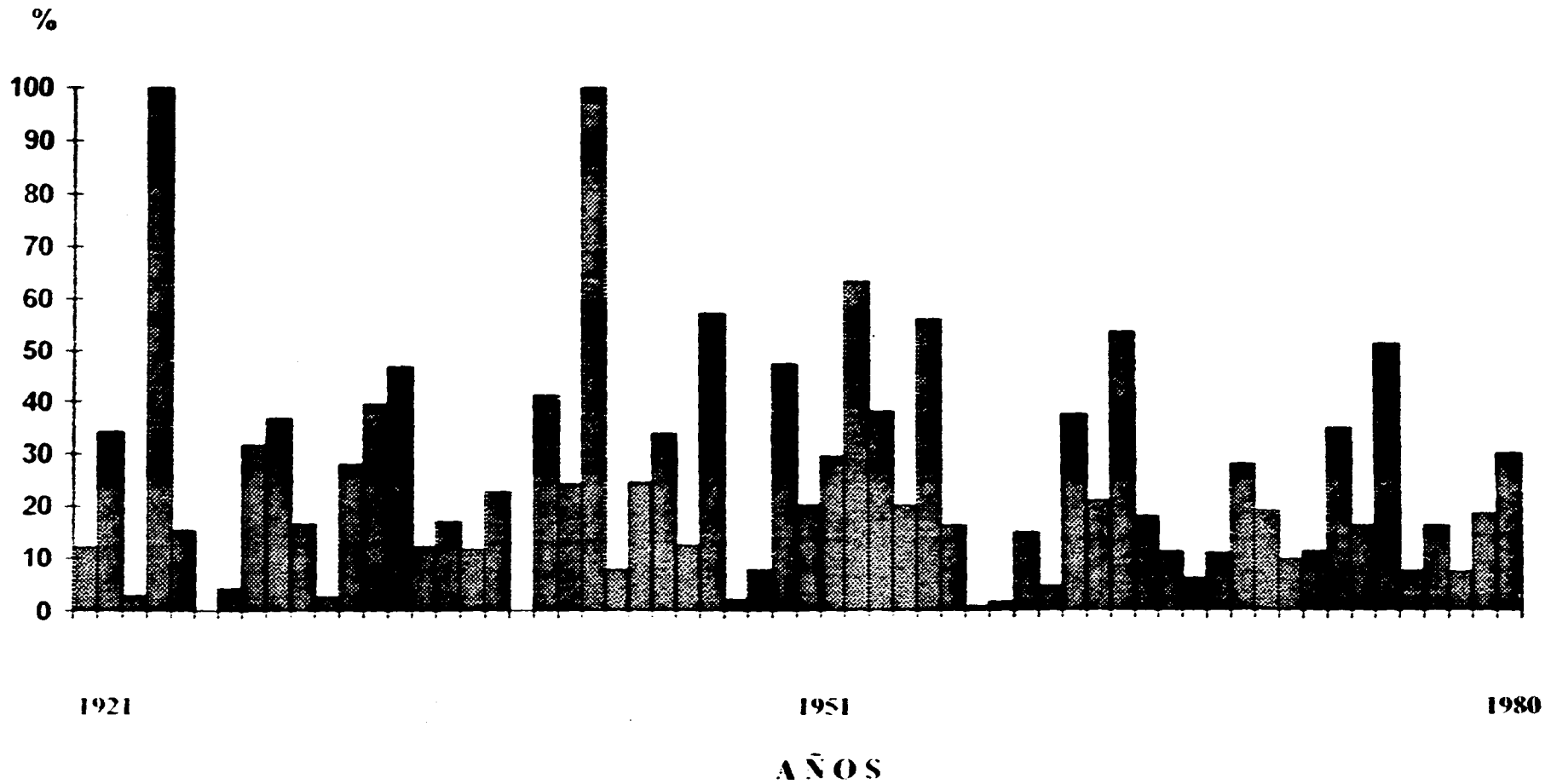
La gráfica 5 (región 4), presenta los años 1924, 1942, 1944, 1945, 1950, 1953, 1969, 1975 con 100% de anomalías negativas. Con porcentaje de 50 a 80% se presentan los siguientes años 1921, 1922, 1933, 1940, 1952, 1980.

Es interesante hacer notar que la mayor parte de los años estudiados tienen porcentajes menores a 50%. En esta región las anomalías negativas tienden a aumentar en la década de 1970 - 1980.

De la gráfica 6 (región 5), los años 1922, 1924, 1933, 1934, 1940, 1942, 1947, 1953, 1954, 1956, 1962, 1975, 1979 presentan un porcentaje mayor a 50%, los años subrayados nos indican que tienen 100%. El resto de los años están con un porcentaje menor a 50%.

Gráfica 7 (región 6), en ésta región se observa un alto porcentaje de anomalías negativas en casi todos los años, con un porcentaje mayor a 50%, destacan 1921, 1922, 1924, 1928, 1929, 1932, 1934, 1936, 1940, 1941, 1942, 1945, 1946, 1950, 1951, 1952, 1954, 1956, 1962, 1964, 1965, 1966, 1969, 1970, 1973.

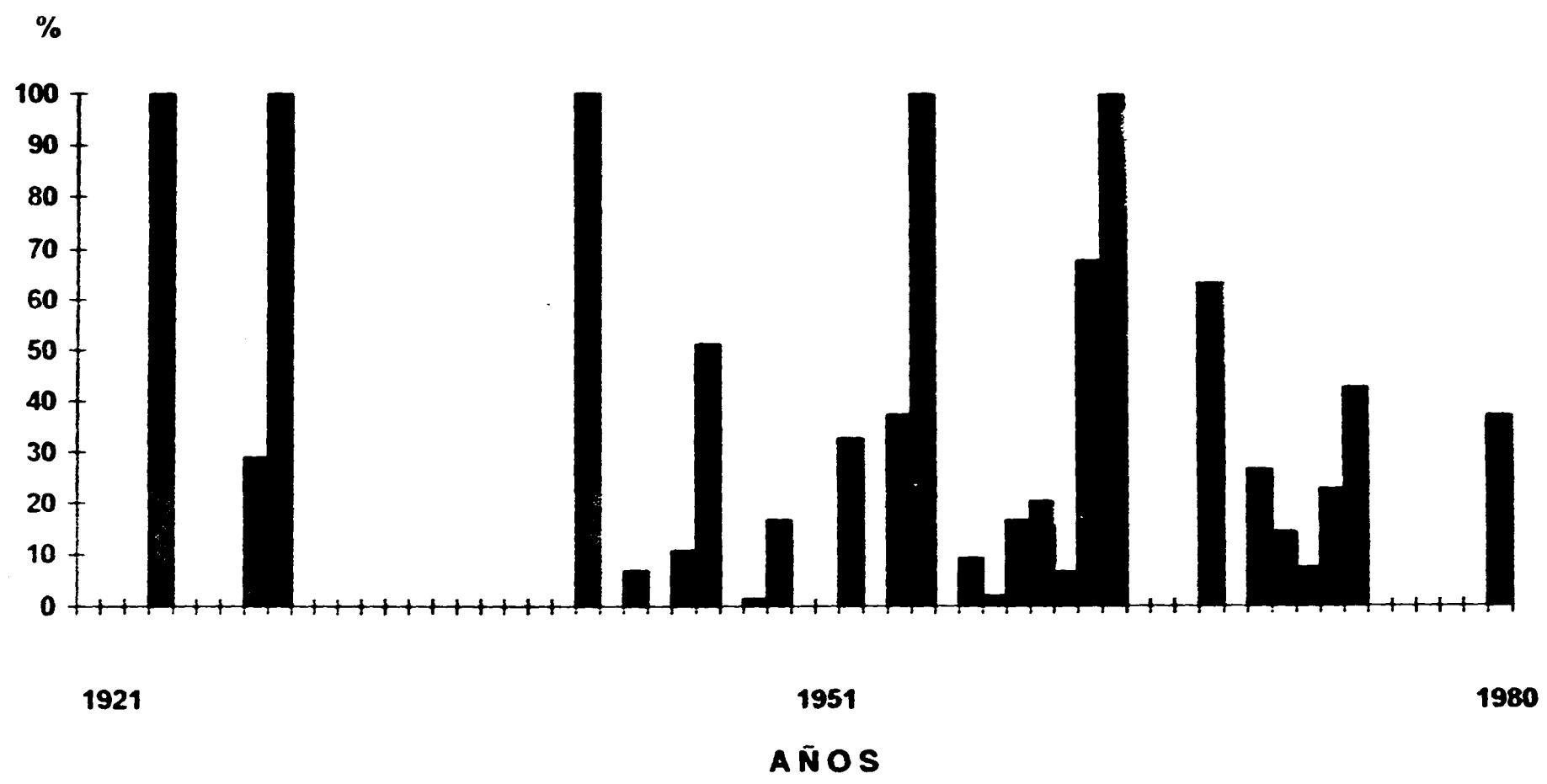
### REGIÓN TOTAL % DE SUPERFICIE CON ANOMALIAS NEGATIVAS EN EL NOROESTE DE MÉXICO (1921-1980).



Grafica ( 1 )

GRÁFICA 2

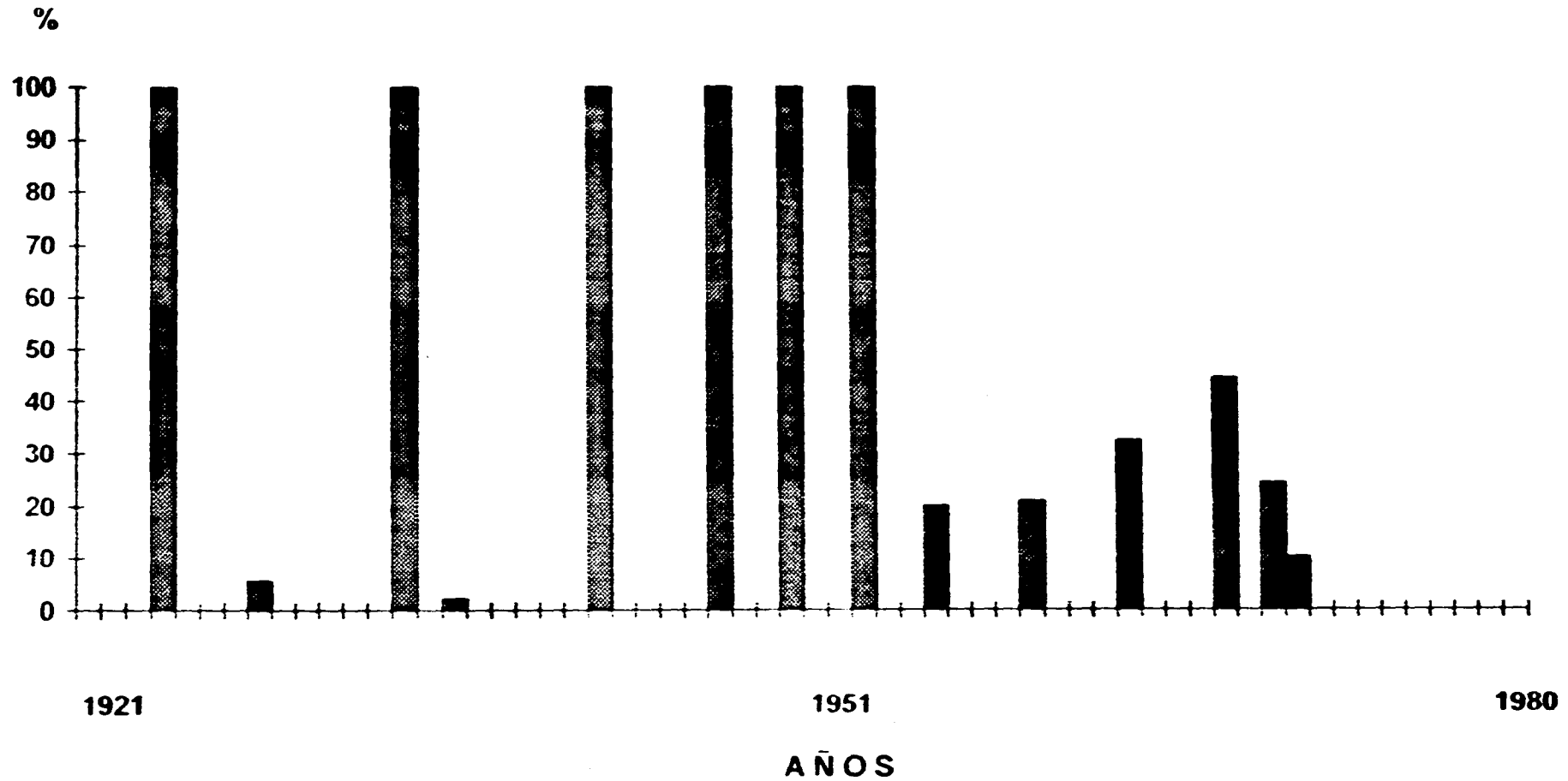
### REGIÓN 1 % DE SUPERFICIE CON ANOMALIAS NEGATIVAS EN EL NOROESTE DE MÉXICO (1921-1980).



Gráfica ( 2)

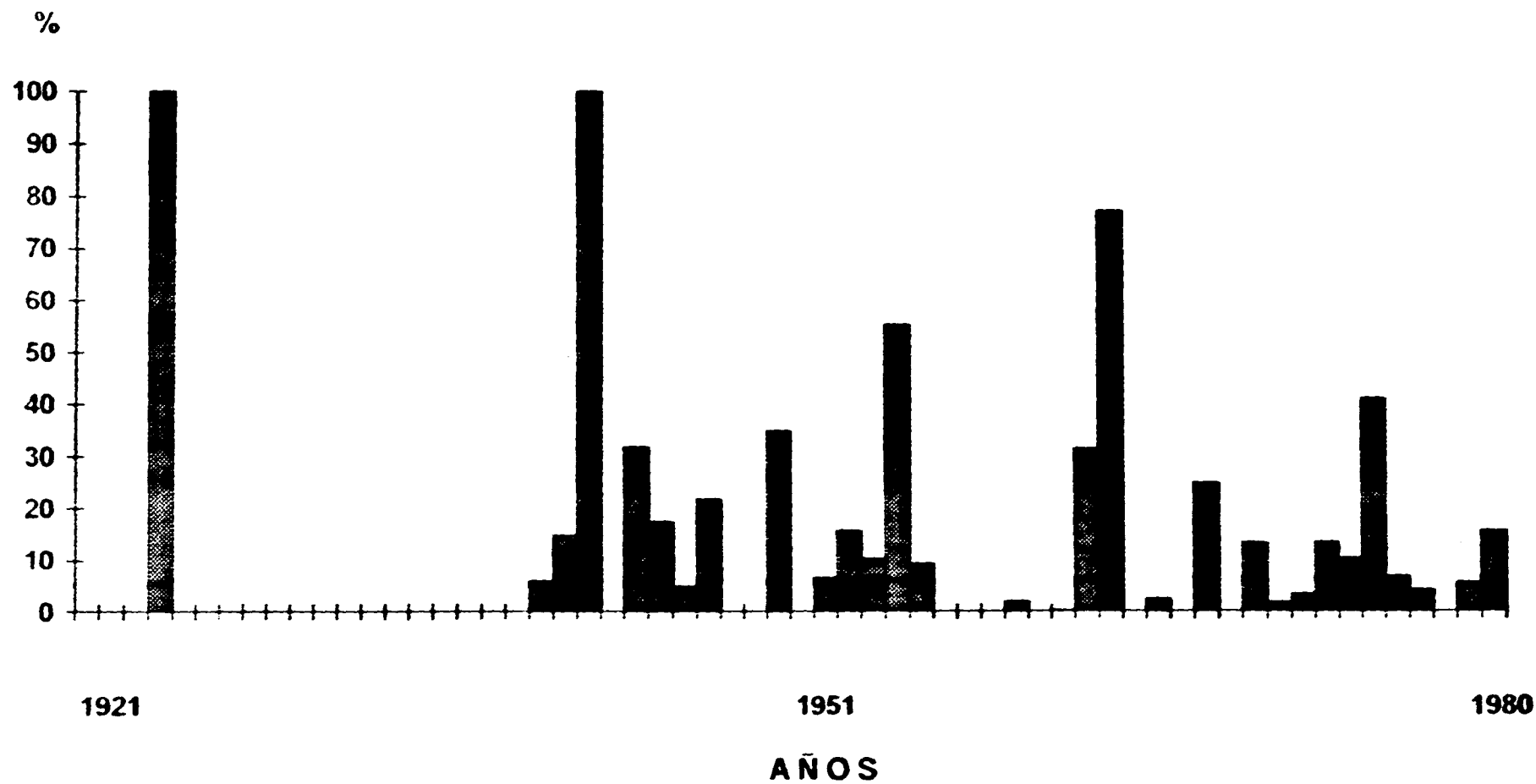


**REGIÓN 2 % DE SUPERFICIE CON ANOMALIAS NEGATIVAS  
EN EL NOROESTE DE MÉXICO (1921-1980).**



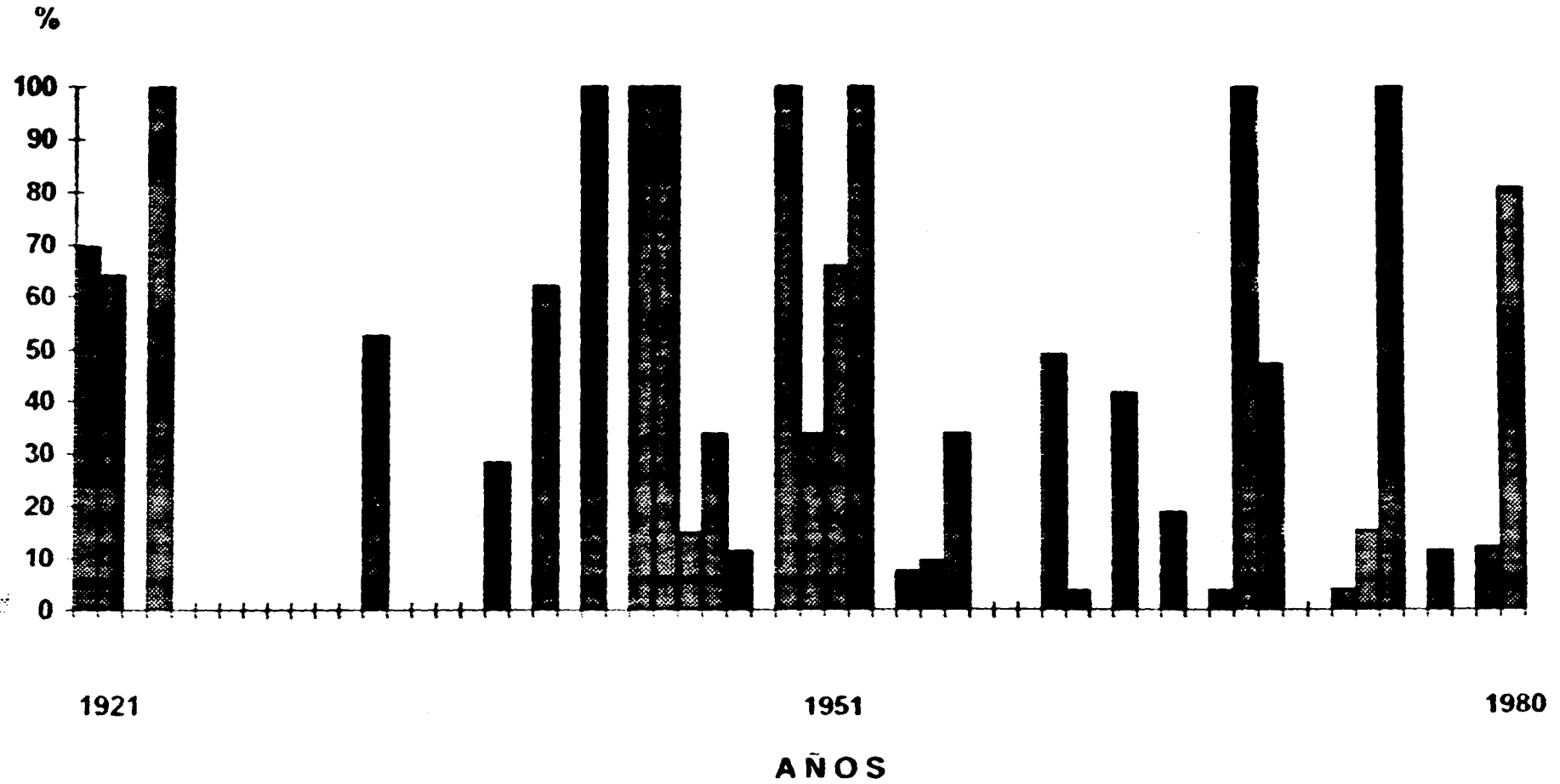
Gráfica ( 3)

### REGIÓN 3 % DE SUPERFICIE CON ANOMALIAS NEGATIVAS EN EL NOROESTE DE MÉXICO (1921-1980).



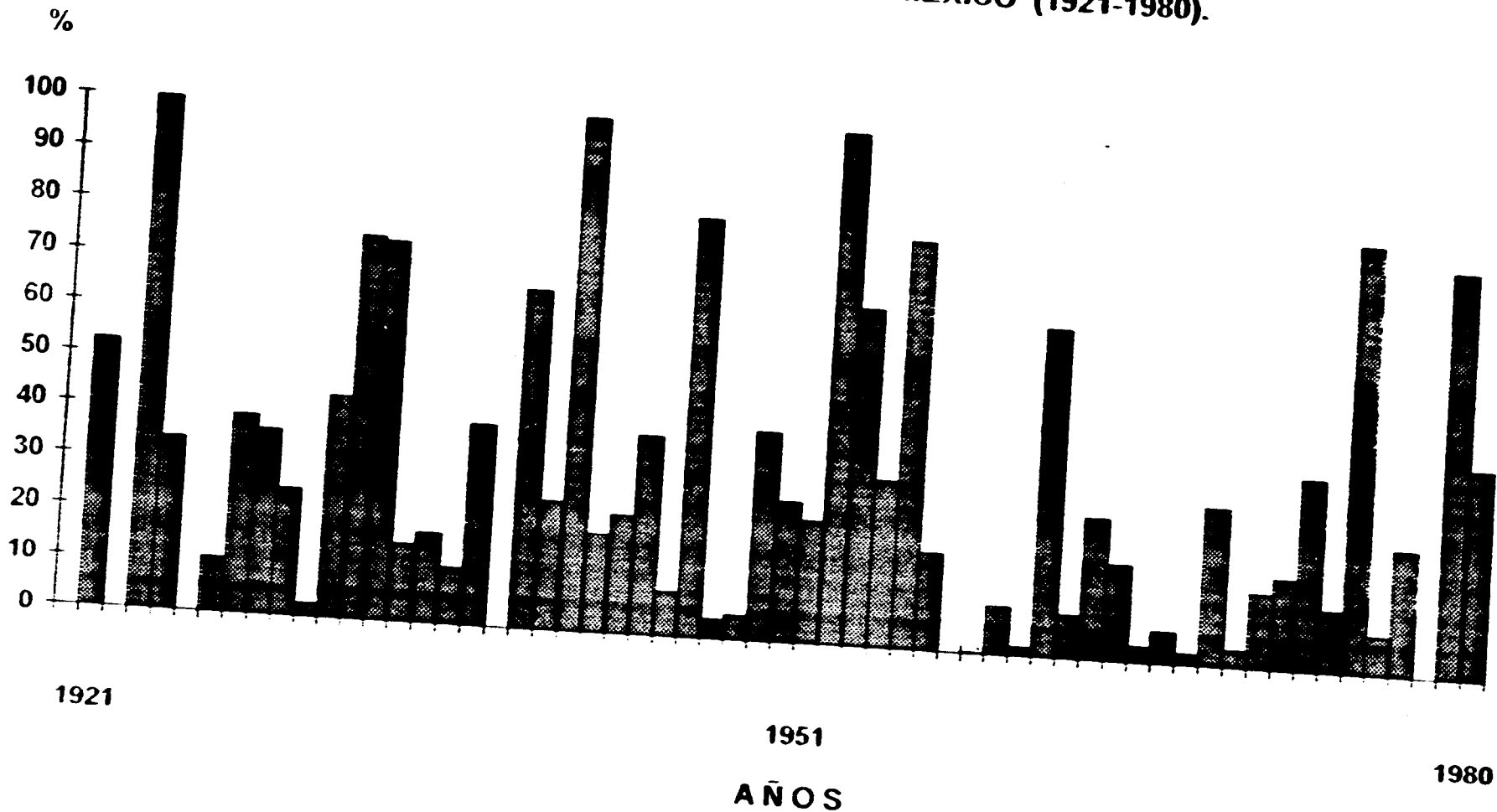
Gráfica ( 4)

### REGIÓN 4 % DE SUPERFICIE CON ANOMALIAS NEGATIVAS EN EL NOROESTE DE MÉXICO (1921-1980).



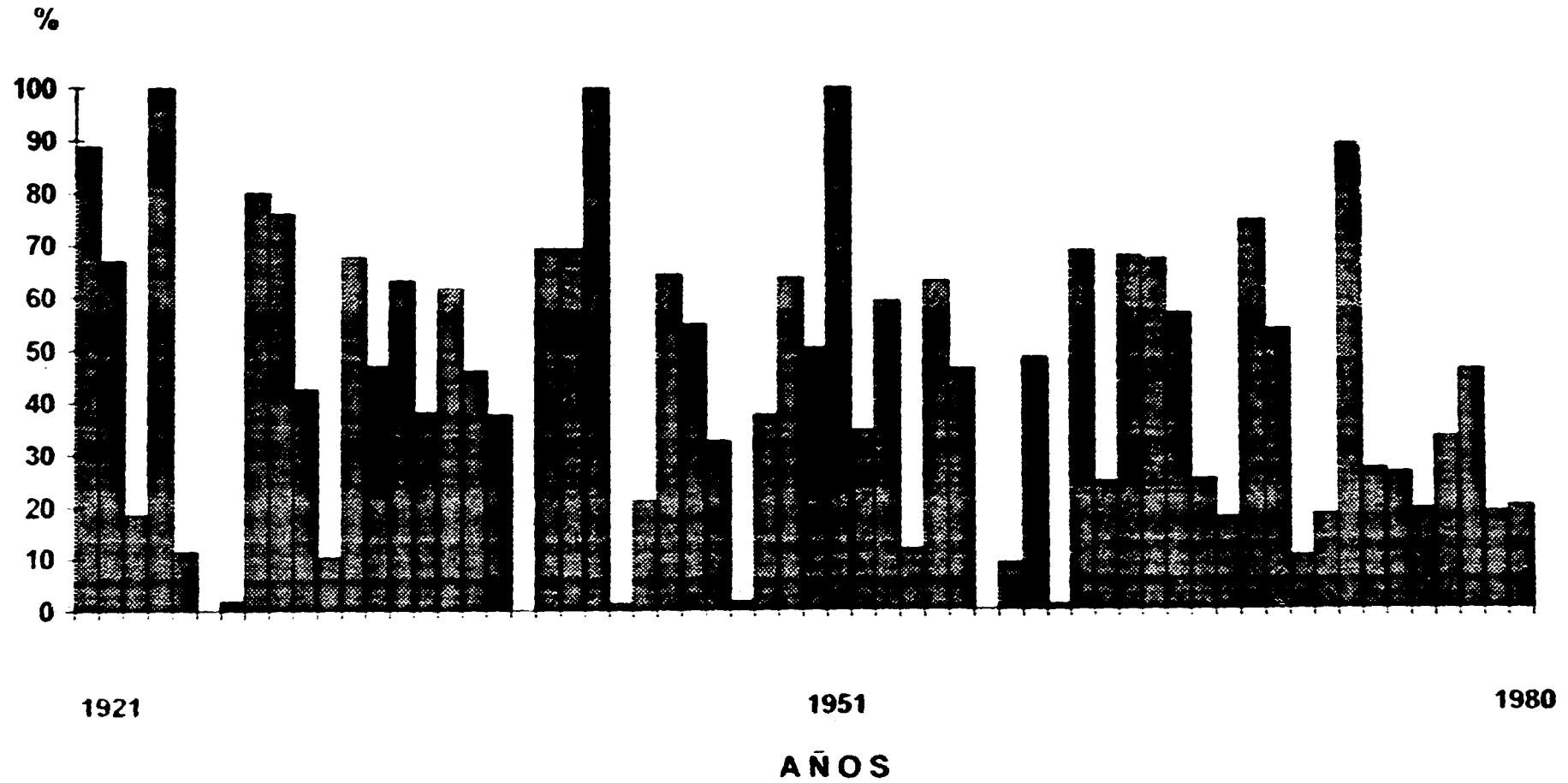
Grafica ( 5 )

# REGIÓN 5 % DE SUPERFICIE CON ANOMALIAS NEGATIVAS EN EL NOROESTE DE MÉXICO (1921-1980).



Grafica ( 6)

### REGIÓN 6 % DE SUPERFICIE CON ANOMALIAS NEGATIVAS EN EL NOROESTE DE MÉXICO (1921-1980).



Grafica ( 7)

**FALTA PAGINA**

**No 68 a la.....**

Se puede decir que las regiones 1,2,3 situadas al Norte del Golfo de California presentan una mayor frecuencia de años con anomalías positivas. Mientras que las regiones 4,5,6 localizadas al Sur de la zona de estudio se caracterizan por tener anomalías negativas de -50 a -100%.

Es conveniente hacer hincapié en que el término lluvioso no necesariamente indica grandes cantidades de precipitación, puesto que en las zonas áridas, anomalías positivas mayores a 100 % no representan cantidades considerables de agua.

En el caso de la zona que nos ocupa la cantidad de lluvia recibida al año en promedio es de 407.4 mm., para el periodo de 60 años trabajado.

Los resultados de la interpretación de las imágenes de satélite que se hizo por regiones se muestran en los cuadros que corresponden a la figura 13, donde se indica el número de días en que se presentó cada sistema de tiempo.

En general se puede decir que de los nueve sistemas de tiempo estudiados, cuatro se presentan en la mitad seca del año (nov-abril) y cinco en la mitad húmeda (mayo-octubre).

En la mitad seca, las mayores frecuencias corresponden a los siguientes sistemas: vientos del oeste, Jet y el extremo Sur de los frentes de ciclones extratropicales que barren de oeste a este el territorio de Estados Unidos. En la temporada húmeda los sistemas más frecuentes son: Monzón y en baja proporción alisios del Este y del Noreste.

Como ya se indicó, se tomaron 1978 y 1980 como ejemplo de años seco y húmedo para el estudio estadístico de la incidencia de los fenómenos meteorológicos dominantes.

Del análisis del comportamiento de las anomalías pluviométricas en el año seco, (1980) se obtuvo que en la región 1 el 80% del área tiene anomalías positivas, la región 2 presenta anomalías positivas con más del 25% y aumenta en la cuenca baja del río Colorado a 100%, la región 3, se caracteriza por tener anomalías mayores a 25%, la región 4 muestra anomalías negativas de -25% en las regiones 5 y 6, los valores son mayores a 50%.

FIG 13

REGION: I NOROESTE DE BAJA CALIFORNIA

1978 HUMEDO

1980 SECO

Ciclone s. Trop Pac. al S. del P. 20°	Ciclone s. Trop Pac. al N. del P. 20°	Frente Ciclón extra Trop. O. de E.U.	Frente Ciclón extra Trop. Centro de E.U.	Vientos del oeste	Jet	Alisios del noroeste	Alisios del este	Monzon	Mes	Ciclone s. Trop Pac. al S. del P. 20°	Ciclone s. Trop Pac. al N. del P. 20°	Frente Ciclón extra Trop. O. de E.U.	Frente Ciclón extra Trop. Centro de E.U.	Vientos del oeste	Jet	Alisios del noroeste	Alisios del este	Monzon
				9					ENE			4		8	2			
		2		7					FEB			2		10				
		2		7					MAR					13				
				6					ABR					6				
				4				7	MAY					5				
								8	JUN					5				
								13	JUL					2		2		
								7	AGO					1				
								1	SEP					4				
				12				1	OCT					5				
		4		6	1				NOV					8				
				7	2				DIC					13				



FIG 13a

REGION: 2 SIERRA DE SAN PEDRO MARTIR.

1978 HUMEDO

1980 SECO

Ciclone s. Trop. Pac. al S del P. 20°	Ciclone s. Trop. Pac. al N del P. 20°	Frente Ciclón extra Trop. O. de E.U.	Frente Ciclón extra Trop. Centro de E.U.	Vientos del oeste	Jet	Alisios del noroeste	Alisios del este	Monzon	Mes	Ciclone s. Trop. Pac. al S del P. 20°	Ciclone s. Trop. Pac. al N del P. 20°	Frente Ciclón extra Trop. O. de E.U.	Frente Ciclón extra Trop. Centro de E.U.	Vientos del oeste	Jet	Alisios del noroeste	Alisios del este	Monzon
		1		5					ENE			3		6	1			
		5		5					FEB			1		9				
		5		5					MAR					8				
				2					ABR			1		5				
				7				4	MAY			1		2				
				1					JUN					1				
								1	JUL					2				
								2	AGO									
				1				1	SEP					4				
		1		12					OCT					2				
	3	2		7					NOV					4				
		5		4					DIC					14				

FIG 13b

## REGION: 3 PORCION CENTRAL DE BAJA CALIFORNIA.

1978 HUMEDO

1980 SECO

Ciclone S. Trop. Pac. al S del P. 20°	Ciclone S. Trop. Pac. al N del P. 20°	Frente Ciclón extra Trop. O de E.U.	Frente Ciclón extra Trop. Centro de E.U.	Vientos del oeste	Jet	Alisios del noroeste	Alisios del este	Monzon	Mes	Ciclone S. Trop. Pac. al S del P. 20°	Ciclone S. Trop. Pac. al N del P. 20°	Frente Ciclón extra Trop. O de E.U.	Frente Ciclón extra Trop. Centro de E.U.	Vientos del oeste	Jet	Alisios del noroeste	Alisios del este	Monzon
				16	4				ENE					7	2			
		1		6	2				FEB			1		4	2			
				16					MAR					9	5			
				10				6	ABR					3				
				4				16	MAY					4				
								11	JUN					3				
								5	JUL									
								5	AGO									
	1							4	SEP					1				
				6					OCT					4				
		1		8	2				NOV					2				
				7	6				DIC					9	3			

FIG 13c

REGION: 4 SURESTE DE BAJA CALIFORNIA.

1978 HUMEDO

1980 SECO

Ciclone s. Trop Pac al S del P. 20°	Ciclone s. Trop Pac al N del P. 20°	Frente Ciclón extra Trop O de E.U.	Frente Ciclón extra Trop Centro de E.U.	Vientos del oeste	Jet	Alisios del noroeste	Alisios del este	Monzon	Mes	Ciclone s. Trop Pac al S del P. 20°	Ciclone s. Trop Pac al N del P. 20°	Frente Ciclón extra Trop O de E.U.	Frente Ciclón extra Trop Centro de E.U.	Vientos del oeste	Jet	Alisios del noroeste	Alisios del este	Monzon
				10					ENE					3	3			
			1	6					FEB.					8	8			
		1		5					MAR									
				2					ABR					4				
				1				3	MAY					3				
								12	JUN.									1
								10	JUL									4
								6	AGO					1		1		
1	1							6	SEP					3				
	3			1				1	OCT.	1				5	1			
				2					NOV.						2			
				6					DIC					5	4			

FIG 13 d

REGION: 5

1978 HUMEDO

1980 SECO

Ciclone s Trop Pac al S del P. 20°	Ciclone s Trop Pac al N del P. 20°	Frente Ciclón extra Trop. O de E.U.	Frente Ciclón extra Trop. Centro de E.U.	Vientos del oeste	Jet	Alisios del noroeste	Alisios del este	Monzon	Mes	Ciclone s Trop Pac al S del P. 20°	Ciclone s Trop Pac al N del P. 20°	Frente Ciclón extra Trop. O de E.U.	Frente Ciclón extra Trop. Centro de E.U.	Vientos del oeste	Jet	Alisios del noroeste	Alisios del este	Monzon
		4		6					ENE.			3		2	1			
									FEB.			4		4	2			
				1					MAR.					6	2			
			1	1					ABR.			1		3				
								1	MAY.					4				
									JUN.					2				
							1	5	JUL.					2		5		2
								4	AGO.									
								1	SEP.					2				
				1				2	OCT.					4				
			2	4	3				NOV.					2				
			4	1	1				DIC.					3				

HG 13e

REGION: 6

1978 HUMEDO

1980 SECO

Ciclone S. Trop Pac. al S del P. 20°	Ciclone S. Trop Pac. al N del P. 20°	Frente Ciclone extra Trop. O de E.U.	Frente Ciclone extra Trop. Centro de E.U.	Vientos del oeste	Jet	Alisios del noroeste	Alisios del este	Monzon	Mes	Ciclone S. Trop Pac. al S del P. 20°	Ciclone S. Trop Pac. al N del P. 20°	Frente Ciclone extra Trop. O de E.U.	Frente Ciclone extra Trop. Centro de E.U.	Vientos del oeste	Jet	Alisios del noroeste	Alisios del este	Monzon
				5	2				ENE					5	2			
				3	2				FEB					3	3			
				1	1				MAR					7	10			
				2	4				ABR					6				
					2				MAY					4				
								4	JUN					3				
							1	9	JUL							2		7
								8	AGO					2		3		2
	1							5	SEP					3				1
				1				4	OCT					8	1			
		1		6	4				NOV					3	2			
		2		1	4				DIC					3	4			

El fenómeno más recurrente durante este año son vientos del oeste para la época (noviembre a abril) en todas las regiones, pero con diferencias en cada región. (ver fig. 9). En la región 1 se presenta el 90 % de incidencia, la región 2 89.1 % y la 3, un porcentaje de 78 %, esto es, la incidencia de este fenómeno es más frecuente al Norte de la zona que nos ocupa y disminuye hacia el Sur, este comportamiento está en estrecha relación con la lluvia que cae en la época invernal, pues como ya se mencionó todo el golfo tiene régimen de lluvias de verano, pero con diferencias en el porcentaje de lluvia invernal, los valores más altos se registran en el Norte y disminuyen hacia el Sur.

Como puede observarse en figura 9, el sistema de tiempo más frecuente en las regiones 3, 4 y 6 es el Jet o corriente de chorro para la misma época con valores de 20, 32.1 y 26.2 % respectivamente. Los vientos alisios del Noroeste presentan un porcentaje de 10.2% en la región 5, y de 5.9 % en la 6, el resto de las regiones no es afectada por dicho sistema.

El monzón que es el responsable junto con los ciclones tropicales del mayor porcentaje de lluvia recibida en el golfo, en la mitad húmeda tuvo una presencia muy reducida en este año. el valor más alto se encuentra en la región 6 que es de 11.9 %, en la región 5 es de 4% y en la 4 de 8.9%. El resto de las regiones no se vió afectado por dicho sistema.

El año de 1978 se caracterizó por ser muy lluvioso, con anomalías positivas mayores a 100% en las regiones 1, 3, 4 y Norte de la 5, las demás con valores positivos también, excepto la costa del Pacífico donde se presentan anomalías negativas.

En la fig. 9 se aprecia que el fenómeno vientos del oeste presenta mayor frecuencia, siendo las regiones más afectadas 1, 2, 3, que corresponden a las áreas que registran porcentajes de lluvia invernal mas altos. Jet o corriente de chorro afecta a la mayoría de las regiones pero con un bajo porcentaje, los valores más altos los tienen las regiones 4 y 6 con 16.9 y 16.11% Cabe destacar que estos sistemas de tiempo producen nubes de escaso desarrollo vertical del tipo estratos que origina escasa precipitación.

FIG. 9

**SISTEMAS DE TIEMPO PRODUCTORES DE NUBOSIDAD POR REGIONES Y PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL**

**1978**

SIST. REG.	3	4	5	6	8	8*	9	10	14
1	0	0	8.1	0	61.7	2.8	0	0	28.7
2	0	3.9	2.5	0	60.5	0	0	0	10.5
3	0	1.4	1.4	0	53.2	10.2	0	0	34.3
4	1.07	4.3	1.07	1.07	35.5	16.1	0	0	4.1
5	0	0	9.3	16.2	32.5	9.3	0	2.3	30.2
6	0	1.5	4.6	0	29.2	16.9	0	1.5	46.1

**1980**

SIST. REG.	3	4	5	6	8	8*	9	10	14
1	0	0	6.5	6	90	2.19	1	0	0
2	0	0	9.4	0	89.1	1.3	0	0	0
3	0	0	1.6	0	78	20	0	0	0
4	1.7	0	0	0	57.1	32.1	1.7	0	8.9
5	0	0	16.3	0	69.5	0	10.2	0	4.0
6	0	0	0	0	52.3	26.2	5.9	0	11.9

1978 a diferencia de 1980, se caracteriza por presentar al monzón como el fenómeno más recurrente en la época de mayo a octubre en todas las regiones. los valores más altos se registran en las regiones 4 y 6 con porcentajes de 41 y 46 % respectivamente. la región menos afectada es la 2 con 10.5 %. Se deduce que siendo este el sistema más frecuente puede ser el causante de la humedad de este año.

García y Trejo (1994), mencionan que la presencia del monzón para la climatología de las costas del Pacífico tiene una gran importancia ya que sino fuera por este sistema de tiempo privarían condiciones de extrema sequía, aún en el periodo de mayo a octubre, ya que los vientos dominantes en la región Noroeste serían los alisios del E y NE, que son de carácter continental y descendentes.

A pesar de que 1978 fue un año húmedo del año 1980, registró porcentajes bajos de incidencia de ciclones tropicales, en la fig. 9 se observan porcentajes de 4.2 a 13 %, resultando las áreas 4, 2, 3 y 6 afectadas.

Estos datos no necesariamente indican que un ciclón haya tocado tierra, sino sólo la presencia del fenómeno al Norte del paralelo 20° N, pues en este año, ningún ciclón tropical llegó al litoral de la zona de estudio, pero por el carácter giratorio que tienen estos sistemas de tiempo introducen humedad en la troposfera media que de ordinario es seca, humedad que después es transportada sobre el territorio nacional por los vientos monzónicos dominantes, que incrementan en forma considerable la precipitación en las costas del Pacífico y en las laderas de las sierras que ven hacia dicho océano, así como sobre las tierras altas del interior del país. (García y Trejo, 1994).

Al respecto, Penilla y Latorre (1988), determinan que en promedio 1.5 ciclones se acercan cada año a menos de 250 Km de las costas de Baja California y que 0.65 ciclones llegan anualmente a Baja California Sur, ya que estos sistemas tienen una contribución mínima a la lluvia anual ya que es del orden del 20 % del total.



Al relacionar la trayectoria de ciclones con los mapas de anomalías en la región Noroeste, se observa que las zonas por donde atravieza un ciclón presentan anomalías positivas, como ejemplo se puede mencionar la trayectoria del ciclón Oliva (octubre 5-14 de 1967), que dejó a su paso humedad que puede explicar en parte la presencia de áreas con anomalías positivas superiores a 100 % registradas en 1967.

Finalmente se puede decir que el análisis de los mapas de anomalías de la precipitación respecto al valor más frecuente (moda estadística), resulta de gran ayuda en la relación de la configuración de las nubes de imágenes de satélite y los sistemas productores de lluvia.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

## CONCLUSIONES

Del servicio social, se puede concluir que la participación del geógrafo en un proyecto multidisciplinario es importante para su formación profesional, ya que aprende a integrar sus conocimientos con otras disciplinas y a ampliar sus habilidades en el campo de la investigación.

El pasante al integrarse a un proyecto que se lleva a cabo en un Centro de investigación cuenta con algunas ventajas como el tener acceso a innovaciones tecnológicas tales como el uso de imágenes de satélite y equipo de cómputo, entre otras.

El conocer técnicas actuales como la captura de información en una estación receptora de imágenes de satélites meteorológicos a través de INTERNET permite hacer seguimientos muy cercanos de las distribuciones de nubes e introduce al usuario en un campo nuevo de la climatología.

En relación al presente informe se puede concluir que :

De los nueve sistemas de tiempo estudiados, cuatro se presentan en la mitad seca del año ( nov - abril ) y cinco en la mitad húmeda ( mayo - octubre)

Para los años 1978 y 1980, en la mitad seca, las mayores frecuencias corresponden a los siguientes sistemas: vientos del oeste, jet y el extremo Sur de los frentes de ciclones extratropicales que barren de Oeste a Este el territorio de los Estados Unidos. En la temporada húmeda los sistemas más frecuentes son : Monzón y en menor importancia alisios del este y del noreste.

El sistema atmosférico que tuvo una mayor frecuencia en 1978, año húmedo y menor proporción en 1980, año seco, fue el monzón.

Finalmente, el informe que aquí se presenta servirá de base en la elaboración de un trabajo de investigación para la obtención del grado de maestría, el cual entre otros aspectos pretende estudiar a mayor detalle la distribución de nubes de las imágenes de satélite con los diferentes sistemas atmosféricos que producen lluvia en el Golfo de California, con el auxilio de la información obtenida en una estación receptora de imágenes de satélites meteorológicos, para el periodo 1978-1995.

## **LITERATURA CITADA**

- Brenner, I. 1976. "A Surge of tropical Air-Gulf to SW U.S." *Mo Weather Rev.* 102 375-389.
- Cody, M. R. Moran and H. Thompson. 1983. "The Plants" **In:** Case, T.J. and M.L. Cody (Ed); 1986 *Island biogeography in the sea of Cortes*. USA University of California. Press. (49-97).
- De la Lanza, G. 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. Agt. Editor. S. A. 403-562.
- Felger, R. S. C. H. Lowe. 1986 "The island and coastal vegetation and Flora of northern part of the Gulf of California". *Nat. Hist. Mus. Contrib. in Sci.* Los Angeles: Natural History Museum of Los Angeles County. (285): 59 pp.
- García, E. y Mosiño, P. 1968. "Los Climas de Baja California". **En:** Memoria 1966-67 del Comité Mexicano para el Decenio Hidrológico Internacional México: Instituto de Geofísica, UNAM. 29-56.
- García, E. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)* México: Offset Larios. 217 pp
- García, E y E. Hernández, 1988 "Anomalías de la precipitación en la República Mexicana de 1921-1980. *Revista de Geografía* 2. (3): 1-24
- García, E. R. Vidal y E. Hernández. 1988. *Carta de Climas, escala 1:250.000 según el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García*. México. Sistemas de Información Geográfica.
- García, E. y Trejo R. 1990 "Climatología de satélites aplicada al estudio de la precipitación en México" **En:** Memoria del XII Congreso Nacional de Geografía. México, INEGI. 224-232.

- García, E. y Trejo R. 1994 "La presencia del monzón en el Noroeste de México. Investigaciones Geográficas. UNAM (28), 33-64.
- García, E. y Trejo R. 1995 "La precipitación y los sistemas de tiempo en el Norte de México". En Prensa. México.
- Hales, J. 1972 "Surges of maritime tropical air northward over the gulf of California" Mo. Weather Rev. 100 (4): 298-306. Boston.
- Hernández, E. 1989. "Condiciones climáticas del golfo de California" Boletín del Instituto de Geografía. (20) 71-86, UNAM
- Idso, S. B. 1976. "Chubasco". Weather. 31 (7). 224-226.
- Jáuregui, O. E. y F. Cruz 1978. "Algunos aspectos de Clima de Sonora y Baja California Equipatas y Surgencias de humedad". Boletín del Instituto de Geografía. 10: 143-180. México: UNAM
- Jáuregui E. 1989 "Los ciclones del Norte de México y sus efectos sobre la precipitación" Ingeniería Hidráulica en México. Sep-Dic. 45-50.
- Jáuregui, O. E., 1990. "Las perturbaciones tropicales en el golfo de California. En Prensa México.
- Latorre D. y L. Penilla. 1988 "Influencia de los ciclones en la precipitación de Baja California Sur" atmósfera. 1 (2): 99-112
- Mosiño, P. 1979, "Clima del Golfo de California en el semestre centrado en el invierno" En prensa México
- Mosiño, P. 1981 " The variability of rainfall in Mexico and determination by means of the Gamma Distribution" Geog. Ann. stockholm 63.A (1-2) 1-10
- Pérez Villegas, G. 1988. "El viento superficial en el Noroeste de México" Boletín del Instituto de Geografía 18. 31-50. México. UNAM.

Reyes Coca, S., E. Pavia, J. Candela y R. Troncoso. 1994. Estudio preliminar de las condiciones meteorológicas y climáticas alrededor del Golfo de California. 1ª Parte: Análisis del viento. *Ciencias Marinas México* 10 (2): 9-26.

Reyes, S. y P. Rojo. 1985. "Variabilidad de la precipitación en la Península de Baja California" *Rev. Geof.* 22 (123): 11-128.

Reyes, S., M.W. Douglas y R. A. Maddox 1994 "El monzón del Suroeste de Norteamérica, (TRAVASON-SWAMP) *Atmósfera* 7 (2): 117-137

Ritter- Ortiz, W. S. Guzmán- Ruiz. 1982 " Efectos meteorológicos y oceanográficos en la producción del océano Pacífico del Este" *Geofísica* 17: 23-39

Roden, G. 1964. "Oceanographic aspects of Gulf of California" *IN: Memoir No. 3*, 30-58. California: The American Association of Petroleum.

Rosengaus, M. y J. Sánchez. 1990 "Gilbert: ejemplo de huracanes de gran intensidad" Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. C.N.A.

Rzedowski, J. 1990. *Vegetación de México*. México: Limusa. 237-261.

Salinas, C. A. Leyva, D. Lluch, E. Díaz 1990 "Distribución Geográfica y variabilidad climática de los regímenes pluviométricos en Baja California Sur". México, *Atmósfera*. 3 (3): 217-237.

Secretaría de Gobernación y Secretaría de Marina. 1987. "Islas Mexicanas". Régimen Jurídico y Catálogo. México. 35-49.

Secretaría de Gobernación y UNAM. 1998. *Las islas del golfo de California*. México. 3-231.

Shreve, F: 1951. "Vegetation of The Sonoran Desert". *Carn. Inst Wash. Publ.* (591): 1-192.

Vidal R. 1995. "Condiciones Pluviométricas en los estados del Norte de México" *Investigaciones Geográficas. UNAM.* (29): 41-64.