



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS



VARIABILIDAD CLIMATICA EN LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
O C E A N O L O G O

PRESENTA :

PACIANO ROJO SALAZAR

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA MEXICO, DICIEMBRE DE 1985.

VARIABILIDAD CLIMATICA EN LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA.

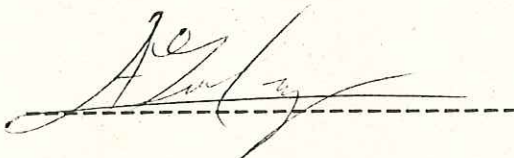
TESIS
QUE PRESENTA
PACIANO ROJO SALAZAR

APROBADA POR



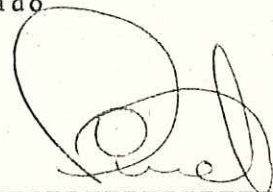
M.C. Sergio Reyes Coca.

Presidente del jurado



M.C. Adolfo González Calvillo.

Sinodal propietario



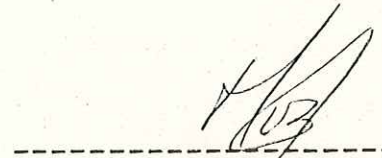
M.C. René Pinet Plasencia.

Sinodal propietario



M.C. Salvador Farreras S.

Sinodal suplente



Oc. Héctor Santiago Vélez M.

Sinodal suplente

RESUMEN

Se utilizan técnicas estadísticas, funciones empíricas ortogonales y análisis espectral, para estudiar las diferentes características climáticas en la Península de Baja California. El conjunto de datos base consiste de valores mensuales de precipitación y temperatura media del aire, para 85 observatorios climatológicos, durante 1957 a 1983. Las estadísticas muestran que Baja California tiene una faja de aridez extrema que atraviesa oblicuamente la Península. Para la temperatura se muestra mayor variabilidad sobre la región del Golfo que del Pacífico. El análisis de componentes principales sobre precipitación anual describen las áreas de máxima varianza, donde las lluvias regionales presentan grandes fluctuaciones y las regiones de baja varianza generalmente presentan poca lluvia. La lluvia estacional representada por el primer modo describe el patrón general de lluvia en Baja California; los dos segundos modos estacionales de precipitación describen la distribución espacial y temporal más definida sobre los dos regímenes existentes de precipitación en la Península, siendo el invernal más variable que el de verano. El análisis muestra que la región noroeste presenta una señal anual predominante; mientras que las regiones del Golfo, Baja Central y Sur no son muy marcadas. Se observa que las regiones Noroeste y Central de la Península reciben lluvia abundante durante los años del fenómeno de El Niño - Oscilación Austral.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar al M. C. Sergio Reyes Coca por haber aceptado la dirección de esta tesis; por todo su apoyo y oportunidades que me brindó durante la realización de la misma. Al M. C. Gerard Vogel por su ayuda, en la implementación de los programas y tratamiento de datos. Al P.O. Rogelio Hasimoto B. por su valiosa ayuda en la generación de los símbolos matemáticos de este escrito. Al P.O. Enrique Garcia por su magnifico trabajo de las figuras y portada. A Javier Garcia por la ayuda de ordenar y almacenar los datos en cinta magnética.

A los compañeros de la sección de Meteorología: Javier Garcia, Hector Santos, Enrique Garcia, David Villalobos, Olga Ramirez, Ninfa Díaz, Victor Rivera, Rogelio Hasimoto y Edgardo Ursua, por todo su apoyo y compañerismo durante mi estancia en el CICESE.

A la División Hidrométrica de Ensenada a cargo del Sr. Vicente Guerrero Olvera, le agradezco por habernos proporcionado los datos climatológicos que sirvieron de base para este trabajo.

A mis maestros en el transcurso de mis estudios de licenciatura, que en forma importante han influido en mi formación profesional. A los compañeros de generación y de trabajo por su amistad y apoyo.

A los sinodales, les agradezco sus valiosos comentarios que hicieron al revisar este trabajo y por su comprensión durante el desarrollo conducente a la presentación profesional.

Finalmente, pero de manera muy especial, quiero agradecer a mi madre, Graciela Salazar de Rojo y a mis hermanos, por el apoyo y cariño que me han brindado durante toda mi vida; y Gina, mi compañera, por su cariño, paciencia y compañía y a mis hijas por su ternura.

Este trabajo forma parte del proyecto de Meteorología de Centro América y México y fue parcialmente financiado por el CONACYT bajo el proyecto número PCECBNA-021026.

INDICE

1	INTRODUCCION.....	1
1.1	Introducción.....	1
1.2	Antecedentes.....	5
1.3	Objetivos.....	7
2	MATERIALES Y METODOS.....	8
2.1	Area de Estudio.....	8
2.2	Datos.....	11
2.3	Métodos de Análisis.....	13
3	RESULTADOS.....	20
3.1	Análisis Estadístico Básico.....	20
3.2	Componentes Principales.....	26
3.2a	Precipitación Anual.....	26
3.2b	Precipitación Estacional.....	27
3.2c	El fenómeno (ENOA).....	36
3.3	Análisis Espectral.....	42
4	DISCUSIONES.....	44
4.1	Análisis Estadístico Básico.....	44
4.2	Componentes Principales.....	47
4.2a	Precipitación Anual.....	47
4.2b	Precipitación Estacional.....	49
4.2c	Fenómeno ENOA.....	51
4.3	Análisis Espectral.....	53
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
5.1	Conclusiones.....	55
5.2	Recomendaciones.....	57
	LITERATURA CITADA.....	59

LISTA DE FIGURAS

Fig.1.- Sierras en Baja California.....	9
Fig.2.- Red de estaciones climatológicas en la Península.....	12
Fig.3.- Temperatura promedio mensual en la Península de Baja California.....	21
Fig.4.- Precipitación promedio mensual en la península de Baja California.....	22
Fig.5.- Desviación estándar de temperatura media del aire para toda la Península.....	24
Fig.6.- Desviación estándar de precipitación media para toda la Península.....	25
Fig.7.- Primer modo de precipitación anual para toda la Península.....	28
Fig.8.- Segundo modo de precipitación anual para toda la Península.....	29
Fig.9.- Tercer modo de precipitación anual para toda la Península.....	30
Fig.10.- Primer modo de precipitación de verano para toda la Península.....	32
Fig.11.- Segundo modo de precipitación de verano para toda la Península.....	33
Fig.12.- Primer modo de precipitación de invierno para toda la Península.....	34
Fig.13.- Segundo modo de precipitación de invierno para toda la Península.....	35
Fig.14.- División de la península en tres regiones de distinto regimen de precipitación: (P1) Noroeste, (P2) Central y (P3) Sureste.....	37

Fig.15.- Series originales del Indice Austral y la suma de los
coeficientes de precipitación para las 3 regiones.....39

Fig.16.- Series filtradas del Indice Austral y de la suma de los
coeficientes sobre precipitación para las 3 regiones.....40

Fig.17.- Espectros de cuatro series de precipitación, que
comprende las regiones: Noroeste, Golfo Norte, Baja Central
y Sur de la Península de Baja California.....43

LISTA DE TABLAS

TABLA I.- Correlaciones de series (originales y filtradas) del Índice Austral con las tres regiones climáticas de la Península.....41

TABLA II.- Suma de la magnitud de los tres primeros coeficientes de precipitación para cada región climática en los de El Niño - Oscilación Austral.....41

CAPITULO I

1 INTRODUCCION.

1.1 Introducci3n

El clima en cualquier lugar se define como las condiciones promedio del tiempo en ese lugar (Leith , 1978). Una definici3n m1s amplia del sistema global incluye todas las propiedades estadísticas de la atm3sfera, tierra y mar. Estas definiciones consideran variaciones regulares de largo periodo de los factores clim1ticos (precipitaci3n, temperatura del aire y mar direcci3n del viento, duraci3n de la exposici3n del sol, etc.) como parte fundamental del clima.

Es importante recordar que el clima no debe solo considerarse como un conjunto de estadísticas meteorol3gicas, sino como la descripci3n cualitativa y cuantitativa de los fen3menos t3picos y no t3picos que permiten establecer tales estadísticas. Por otra parte, cuando el comportamiento temporal de estos factores no sigue el patr3n regular establecido por las estadísticas

básicas de los mismos, es decir que se presentan anomalías en el comportamiento de los mismos factores, entonces se dice que existe una cierta variabilidad climática.

El clima ha sufrido, en el pasado, innumerables y constantes cambios y es obvio suponer que tendrá otros en el futuro. A través de los tiempos, ayudó a moldear civilizaciones que en épocas recientes han tenido que ajustarse a las características presentes. Esta adaptación ha sido particularmente importante en la agricultura y en la producción de alimentos.

A partir de la década de 1970, se hizo notoria una relación directa entre los fenómenos planetarios (como las circulaciones Monzónicas, el fenómeno de El Niño y la Oscilación Austral), y los fenómenos regionales (tales como el clima en Norte América, sequías e inundaciones en Africa y Sudamérica etc.)

En la región noroeste de México, las características dominantes del clima son: cambios extremos de temperatura y baja precipitación. La lluvia, en la parte norte de la Península de Baja California, se caracteriza por tener un régimen eminentemente invernal, además está sujeta a los vientos del oeste en el invierno y se

encuentra bajo la influencia del cinturón subtropical de altas presiones en verano. Esto, aparte de limitar el vapor de agua disponible, tiene como consecuencia largos periodos de insolación. Esta situación está parcialmente mejorada en la región del Pacífico donde la corriente fría de California produce regulares nieblas que transportan humedad a la tierra, sobre todo al noroeste de la Península, aunque sin perder su carácter extremoso seco (Hastings, 1965). Al sur de la Península, en la región de los Cabos, llegan tormentas tropicales conocidas como chubascos ó ciclones tropicales; estas se forman durante los meses de Mayo a Noviembre y se desplazan a lo largo de la vertiente del Pacífico (García y Reyes, 1985).

Es curioso notar que los ciclones tropicales, que a latitudes bajas producen lluvias abundantes, a su paso por la Península no precipitan grandes cantidades de agua, especialmente si sus trayectorias se alejan hacia el oeste de la misma. Esto probablemente se deba a que, al pasar sobre las aguas frías de la corriente de California no disponga ya de su fuente principal de energía, que como se sabe, es el calor latente de evaporación proveniente de la superficie del mar (García y Mosiño, 1976).

Dentro de los factores más notables en la determinación del clima están la altura sobre el nivel del mar y la latitud geográfica. El primer factor se manifiesta en una disminución notoria del campo de temperatura y en un aumento general del campo de precipitación con la altura. El factor de la latitud hace que la superficie isotérmica presente un marcado declive hacia el norte, debido principalmente a las diferencias de insolación y a la duración del día; el campo de lluvia es más variable y no es clara su dependencia en la latitud. Además la topografía es también factor importante para este estudio, así como la influencia de la corriente de California. Por otra parte, respecto a los contrastes de temperatura, es bien sabido que el litoral norte del Mar de Cortés es el más extremo de toda la Península, no obstante su cercanía al cuerpo de agua que lo baña.

Además de la importancia que un estudio científico de precipitación y temperatura tiene en la determinación del clima de un lugar, y su variabilidad en el tiempo, en general, su utilidad puede extenderse a muy diversos campos de la vida diaria tales como: diseño de estructuras y construcciones de puertos, navegación marina y aérea, pesquerías, agricultura, acuacultura, etc.

Los principales estudios sobre la climatología de Baja California fueron hechos por Mosiño en 1967, Hastings en 1965, Markham en 1972; ninguno de estos trabajos hace referencia a fenómenos de escala planetaria, sino que se concentran en describir los patrones climáticos.

1.2 Antecedentes.

Hastings (1965), estudiando los regímenes estacionales de precipitación en Baja California, encuentra que el lado del Pacífico recibe su máxima precipitación en invierno, igual que la costa oeste de los Estados Unidos de Norteamérica. Otro estudio, realizado por García y Mosiño (1967), sobre los climas de la Baja California, clasificó la Península en provincias climáticas que podemos distinguir como provincia del noroeste, central y sureste. Debido a la gran diversidad en el relieve, se puede encontrar, dentro de cada provincia, diferentes grados de pluviosidad y de temperatura; lo que se traduce en la presencia de diversos tipos y subtipos climáticos. Otro estudio más sobre los climas de Baja California, es el presentado por Markham (1972), quien estudió los parámetros de

precipitación y temperatura. Encuentra en su análisis, que la lluvia en Baja California se extiende desde La Rumorosa hasta el extremo sur de la Península. Recientemente, Rueda (1983) estudió patrones climáticos de la región tomando como indicador de éstos la precipitación en la Península de Baja California. En su análisis encuentra que los patrones de variación en precipitación de las diferentes localidades en la Península de Baja California, no son homogéneos.

Entre otros estudios realizados en nuestro país podemos mencionar a, Jáuregui (1976), quien sugiere que las fluctuaciones de precipitación observadas en México desde hace un siglo se pueden explicar por cambios que ocurren en la intensidad de la circulación global de las corrientes planetarias. Mosimó (1976), describe la sequía de 1943 en la República Mexicana, la cual estuvo sujeta a una circulación atmosférica bastante anómala que produjo una extensión inusitada y una intensidad notable de la sequía intraestival con repercusiones graves en la economía del país.

Además existen otros trabajos fundamentales, no propios de esta zona, que sirven de antecedente al presente, de los cuales podemos citar a: Lyons (1982), que en un intento de reducir la complejidad de los

patrones de lluvia y sus variaciones, utilizó el análisis de funciones empíricas ortogonales para identificar cualitativamente la dominante espacial y temporal de lluvia en Hawai. Lamarche (1978) establece que el incremento en el impacto de la variabilidad climática sobre la humanidad nos conduce con urgencia a entender mejor cómo trabajan los sistemas climáticos de la tierra.

1.3 Objetivos.

Los objetivos de este trabajo son:

i).- Actualizar los estudios climatológicos en la Península de Baja California, desde 1957 hasta 1983.

ii).- Relacionar cualitativamente la variabilidad climática en la Península de Baja California con el fenómeno de El Niño y Oscilación Austral.

CAPITULO II

2 MATERIALES Y METODOS.

2.1 Area de Estudio.

La Península de Baja California está situada en el extremo noroeste de la República Mexicana. El relieve de la Península (Fig.1) consiste de cadenas montañosas que se suceden unas a otras en sentido longitudinal, separadas a menudo por puertos de altitud relativamente baja. Estas cadenas recorren la Península en toda su longitud conservándose siempre muy próximas al litoral del Golfo de California. Están formadas por sierras paralelas unas a otras entre las que se extienden pequeños valles alargados. La altura de estas sierras decrece hacia el oeste donde descienden a una llanura mas o menos amplia que bordea el Océano Pacífico. La altura de las crestas de las cadenas no es homogénea pues las mayores altitudes se encuentran entre los paralelos 30° y 32°N en donde reciben los nombres de Sierra de Juárez y de San Pedro Mártir, que se encuentra separadas por el Valle de la Trinidad. La máxima altura de la Península situada sobre San Pedro Mártir es el

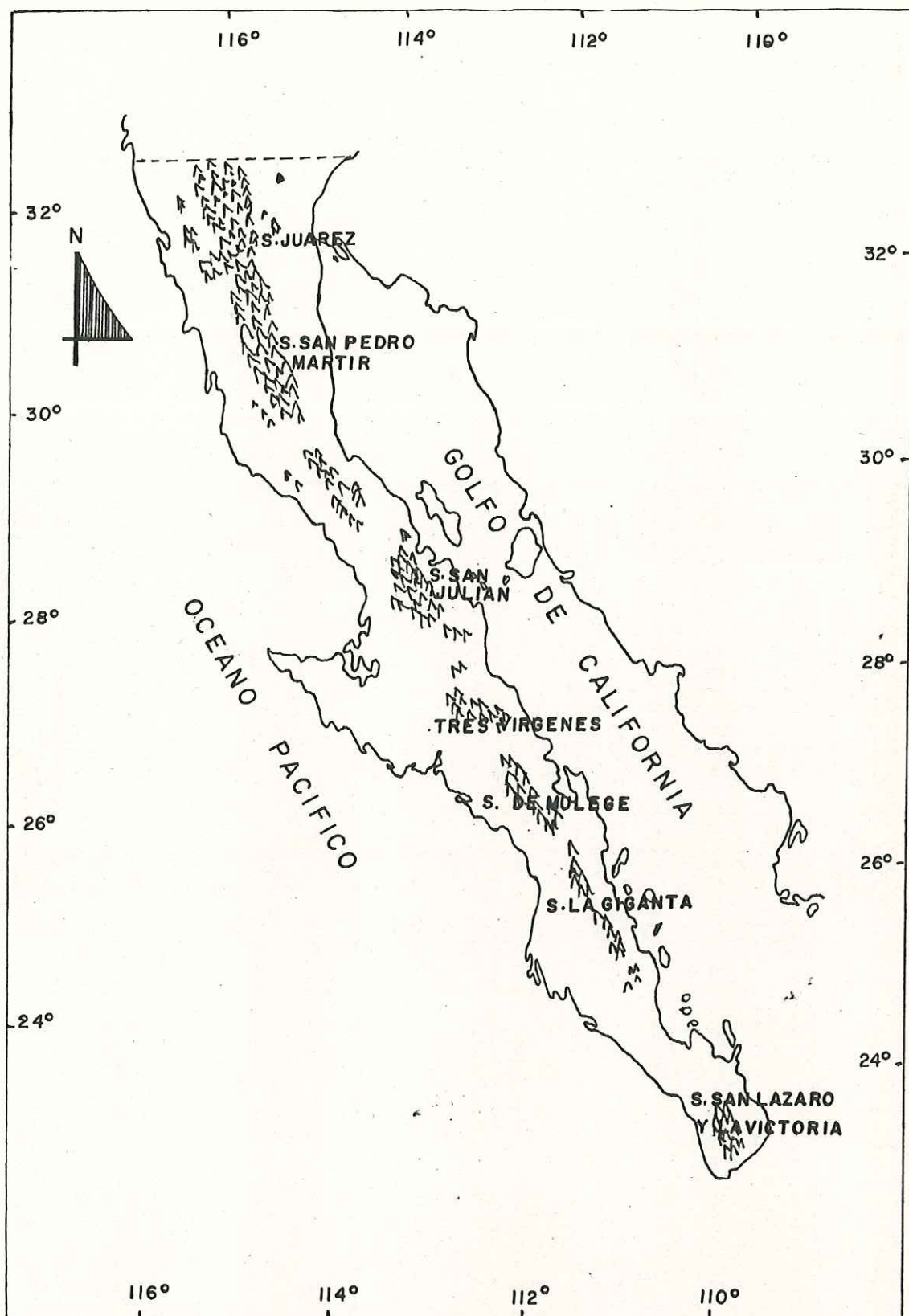


Fig.1-- Sierras de Baja California.

cerro de la Encantada (3,078 m.). Entre los paralelos 24° y 30°N las cadenas se aproximan aún más al Golfo de California y sus alturas varían de 800 a 1,500 m. Entre los cuales pueden mencionarse las Sierras de Santa Isabel, San Luis y la Giganta, San Julian, Las Tres Vírgenes y Mulege.

Las montañas del extremo sur quedan separadas de las del resto de la Península a la latitud de 24°N por un valle de 20 kms. de ancho y de altura menor de 100 m. entre estas son dignas de mencionar las sierras de San Lázaro, San Lorenzo, La victoria y de La Laguna que descienden abruptamente hacia el Pacífico formando cabos muy separados como el Cabo San Lucas y el Cabo Falso por el este descienden lentamente hacia el Golfo de California.

La parte media de la Península es la más ancha, ya que una serie de pequeñas series de montañas avanza hacia el noroeste formando una especie de espolón que se proyecta sobre el Pacífico y limita por el sur y oeste a la Bahía Sebastián Vizcaino. La llanura costera del Pacífico tiene anchura variable sus mayores extensiones se encuentran al sur del paralelo 28°N en donde reciben el nombre de llano Berrendo y al sur del paralelo 26° en donde se llama Llanura de Magdalena.

2.2 Datos.

El conjunto de datos utilizados en este estudio consiste de valores medios mensuales de temperatura y precipitación para toda la Península de Baja California, México. Debido a la gran variación de los datos de lluvia y temperatura entre cada estación, se sacaron anomalías de promedios de todas las series y se normalizaron entre la varianza de cada estación. El uso del dato normalizado, asegura que el análisis de funciones empíricas, reflejan un mejor campo del autovector de la distribución real de la varianza sobre el dominio entero. De las 176 estaciones climatológicas existentes en toda la red de la Península, solo se escogieron, 73 estaciones para el parámetro de temperatura y 85 estaciones para la precipitación por contar estas con un registro continuo. Estos datos fueron proporcionados por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Se localizaron cada una de estas estaciones en una carta geográfica (ver Fig.2). El periodo usado se extiende de 1957 a 1983. En general, la distribución geográfica de estas estaciones es más o menos buena, ya que abarca casi el total de la Península excepto la parte más alta de la Sierra de San Pedro

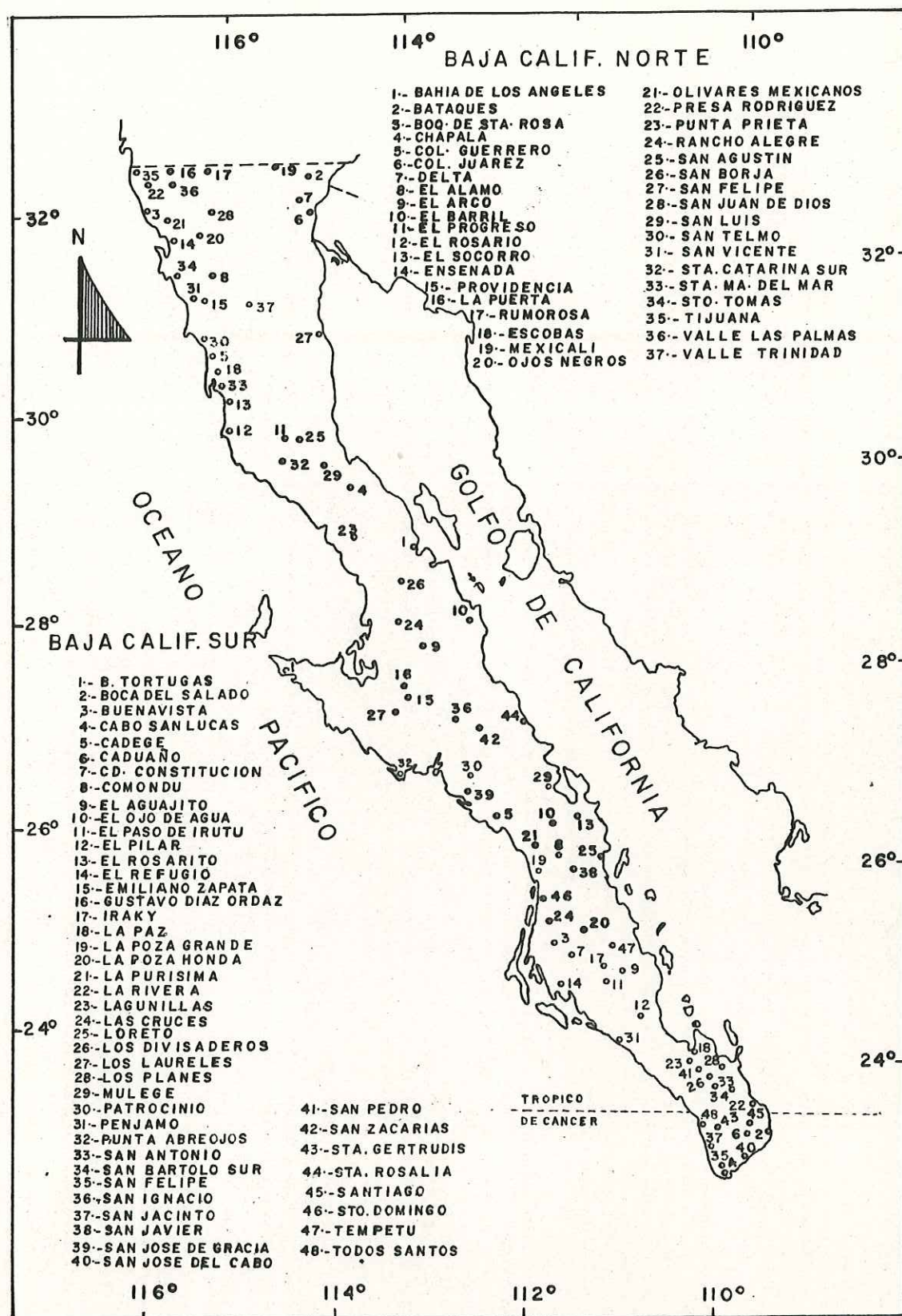


Fig.2 Red de estaciones climatológicas de la Península de Baja Calif.

Martir y algunas pequeñas regiones del desierto. La confiabilidad de los datos es buena.

2.3 Métodos de Análisis

Con el fin de obtener una visión general de los datos, sus tendencias y variaciones temporales, así como sus diferencias ó similitudes entre estaciones, se somete al siguiente análisis: a).- Estadística general, b).- Funciones empíricas ortogonales, y c).- Análisis espectral.

a).- Estadística general.- Se obtienen promedios mensuales, desviación estándar y series de tiempo para observar sus tendencias y magnitudes.

b).- Funciones Empíricas Ortogonales. Las funciones empíricas ortogonales han tenido una amplia aplicación en muchas ramas de la ciencia. En estadística general, el método se conoce más comúnmente bajo el nombre de componentes principales. Lorenz (1956) da una explicación detallada del método con aplicaciones meteorológicas; Stidd (1967) utilizó el método, en un análisis de precipitación media mensual en Nevada, Kutzbach (1967), también usó las funciones empíricas

ortogonales, en un análisis de presión superficial, temperatura y precipitación en Norte América.

La utilidad principal de las funciones empíricas ortogonales, consiste en que acomoda la varianza total, de todas las series consideradas, en modos ortogonales entre sí. Cada uno de estos modos representa un determinado porcentaje de la varianza total de todas las series. Esto permite, eliminando a los modos de poca varianza, identificar las constituyentes más importantes. El método consiste en hacer una descomposición ortogonal en base a una rotación de las variables originales a nuevos ejes ortogonales; de la que se obtienen los autovalores (varianza de las nuevas variables) y los autovectores, a partir de la matriz de correlación. La suma de todos los autovalores da la energía total presente en las series. Los autovectores de esta matriz reciben el nombre de 'funciones empíricas ortogonales' y se relacionan con la estructura espacial de los distintos modos. Además son ortogonales entre sí y forman una base completa, a partir de la cual podemos expandir las series originales.

El procedimiento para computar autovectores de una matriz de datos ha sido descrita en la literatura por Grimmer, (1963); Kidson, (1975); Weare et al, (1976).

Para una descripción breve ver a Bedi y Bindra, (1980).

Las variables se presentan dentro de una matriz $M \times N$, donde M es el número de variables (en nuestro caso son las estaciones) y N es el número de observaciones en tiempo.

Por lo tanto la matriz de correlación es:

$$R = \begin{bmatrix} 1 & r(X_1, X_2) \\ r(X_2, X_1) & 1 \end{bmatrix}$$

Los elementos de la diagonal son las varianzas del dato normalizado igual 1. A partir de esta matriz se obtienen los autovalores.

Posteriormente se obtiene la ecuación característica R para encontrar la primera componente principal a partir de la ecuación del determinante.

$$|R - \lambda I| = 0$$

En su forma matricial nos queda:

$$\begin{bmatrix} 1-\lambda & r(X_1, X_2) \\ r(X_2, X_1) & 1-\lambda \end{bmatrix} = 0$$

Expandiendo el resultado de esta matriz, en forma de un polinomio de grado (n) , se obtienen las raíces características.

Por medio de los autovalores se obtienen los autovectores sustituyendo los (λ_i) dentro de la estructura de la matriz R la cual representa N ecuaciones simultaneas.

$$(R - \lambda_i I) e_{ij} = 0$$

Donde:

I es la matriz unitaria.

λ_i es un autovalor.

e_{ij} representa un autovector.

A partir de esta ecuación podemos obtener los coeficientes. La solución a estas ecuaciones se pueden obtener en forma matricial.

$$\begin{bmatrix} 1-\lambda & r_{12} \\ r_{21} & 1-\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_{11} \\ e_{22} \end{bmatrix} = 0$$

Los autovectores representan una combinación lineal, donde los (F_n) son la suma de los productos de las variables normalizadas por su respectivo autovector.

$$F_n = \sum_{i=1}^M C_{in} e_{ij}$$

Donde:

e_i representa un autovector asociado con el i -ésimo autovalor.

C_{in} son los coeficientes de expansión de el i -ésimo autovector para las n -ésimas observaciones en tiempo.

En este caso, el número total de (n) observaciones es igual a 324 (27 años de medias mensuales de precipitación). Las (M) variables representan los 85 observatorios climatológicos; de aquí, 85 autovalores y autovectores son obtenidos.

La fracción total de la varianza (V_k) es explicada por la suma de los autovalores y el cociente nos dará el porcentaje de la varianza de cada modo que esta asociado al autovalor.

λ

$$V_k = \frac{\sum_{i=1}^M \lambda_i}{\sum_{i=1}^M \lambda_i} \times 100$$

$$\sum_{i=1}^M \lambda_i$$

Donde:

λ representa i-ésimo autovalor.

c).- El análisis de Fourier descompone a la serie de tiempo, en una suma de componentes sinusoidales cuyos coeficientes son la transformada de Fourier discreta de la serie (Bloomfield, 1976). Por lo tanto las oscilaciones en una serie de tiempo pueden ser descritas en términos sinusoidales a través del análisis espectral, que es un método que describe la tendencia de las oscilaciones para ciertas frecuencias que aparecen en los datos, en lugar de las oscilaciones mismas. El paso de la representación de tiempo de la serie en frecuencia (o espectro) se efectúa mediante la transformada de Fourier, que en su forma continua es:

$$Z(w) = \int_{-\infty}^{\infty} Z(t) \exp(-2\pi i w t) dt$$

$$Z(t) = \int_{-\infty}^{\infty} Z(w) \exp(2\pi i w t) dw$$

Donde:

$Z(t)$ es la señal de la serie de tiempo original.

$Z(w)$ es la representación en frecuencia de la serie de tiempo.

En la práctica se utiliza la transformada de Fourier discreta que se calcula con algoritmo de la transformada rápida de Fourier, (Cooley-Tukey 1976). El método directo de la transformada rápida de Fourier, es la computación de los coeficientes de Fourier de la serie de tiempo. La transformada rápida de Fourier, es simplemente un método eficiente de computar la transformada discreta de Fourier de una serie finita.

CAPITULO III

3 RESULTADOS.

3.1 Análisis Estadístico Básico

En la Fig.3 se muestran los promedios de medias mensuales de temperatura para un registro de 27 años, de 73 estaciones climatológicas a lo largo de la Península de Baja California. Estos resultados muestran que la temperatura promedio en la costa noroccidental es del orden de 16° C a 18° C y de 14° C a 18° C en la parte alta de la sierra de San Pedro Mártir, y la Sierra de Juárez. En la vertiente oriental de la Península, en el Valle Bajo del Río Colorado y parte del Golfo de California la temperatura promedio de 20° a 22° C.

En la Fig.4, se muestran los promedios mensuales para la precipitación de 85 observatorios climatológicos con un periodo de 27 años de registro en toda la Península. Estos resultados muestran que Baja California tiene una faja de aridez extrema (con menos de 10 mm. de

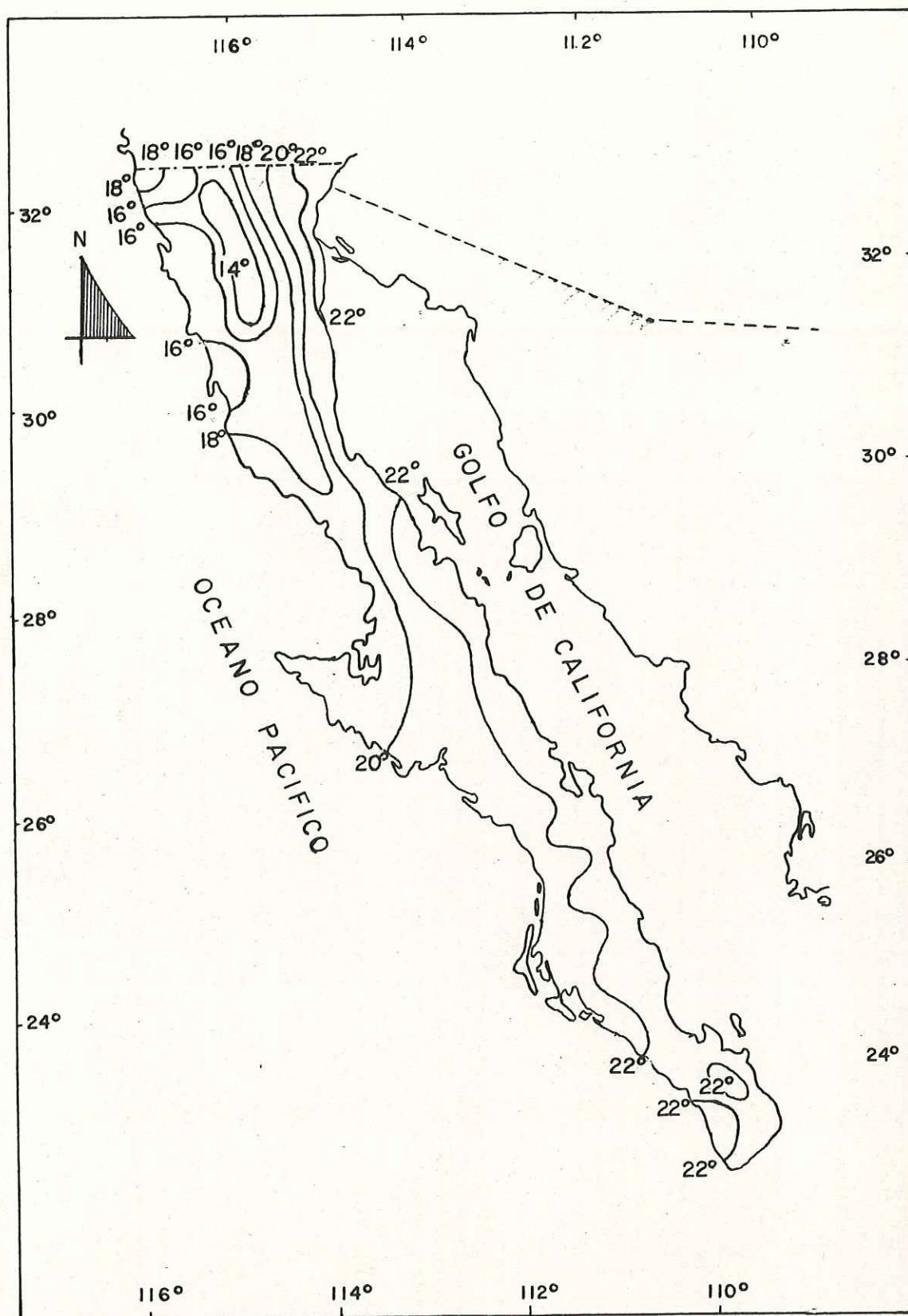


Fig.3 Temperatura promedio mensual (en °C) para un periodo de 27 años de toda la Península.

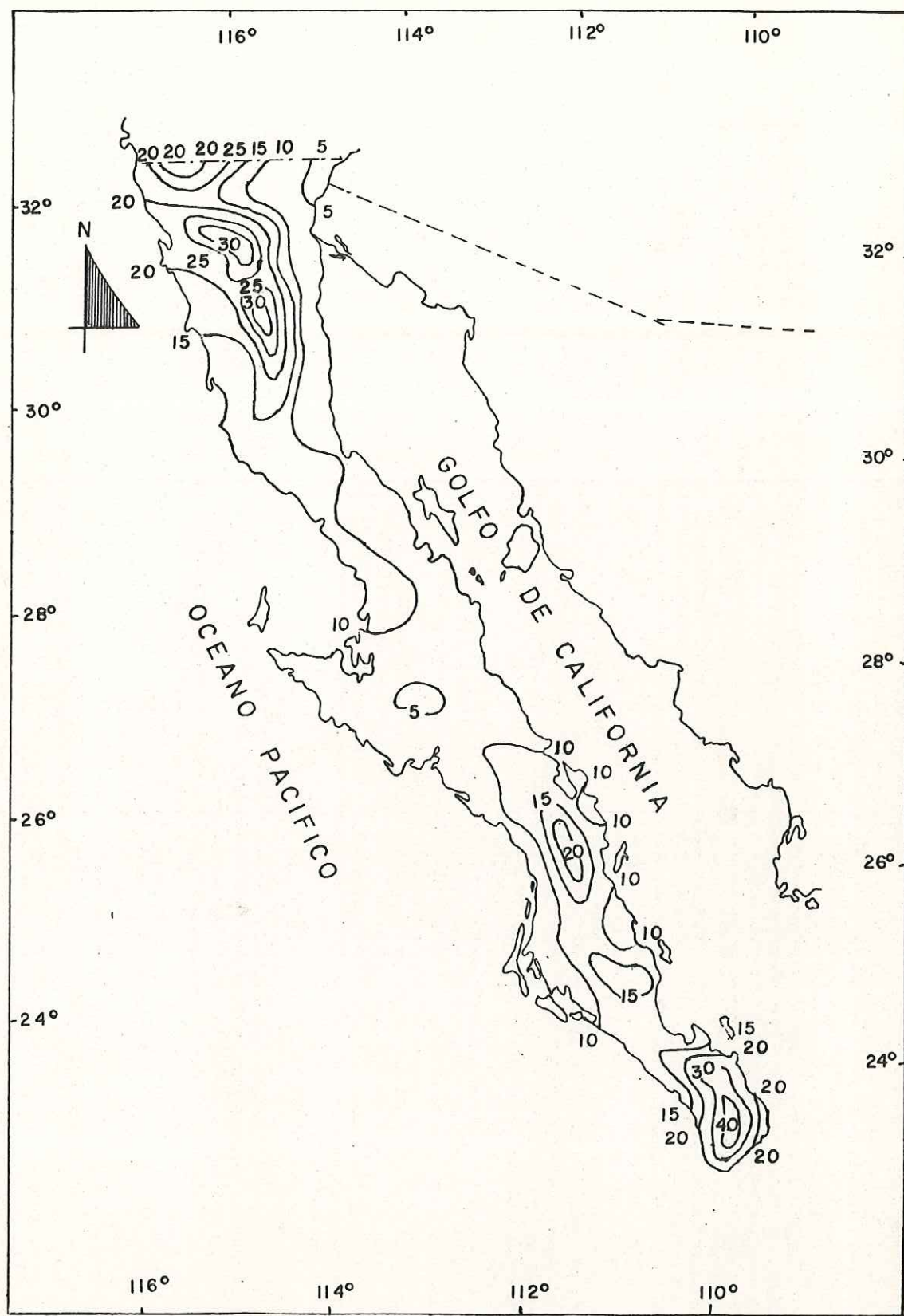


Fig.4 Precipitación promedio mensual (en mm.) para un periodo de 27 años de toda la Península.

lluvia promedio al mes), que atraviesa oblicuamente la Península, de norte a sur, desde la parte baja del Río Colorado en donde la precipitación promedio mensual es de 5 mm. La zona central del desierto de Vizcaíno carece de lluvia casi por completo y su precipitación no es mayor de 10 mm. por mes. Sin embargo, en la parte alta de las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir se suma el factor orográfico, la precipitación promedio mensual es de 25 a 30 mm. Asimismo, la precipitación promedio mensual aumenta en el extremo sur a 40 mm.

Los valores de la desviación estándar (isolíneas) sobre temperatura (Fig.5) son mayores en toda la región cercana al Golfo y parte baja del Río Colorado y menores en la parte Noroeste del Océano Pacífico y Sierras de San Pedro Mártir y Juárez.

Las isolíneas de la desviación estándar sobre precipitación (Fig.6), muestran valores más variables, encontrándose los máximos en la región Noroeste del litoral del Pacífico, incluyendo la parte montañosa de las Sierras de San Pedro Mártir y Juárez. La región sur de la Península también presenta valores de máxima precipitación.

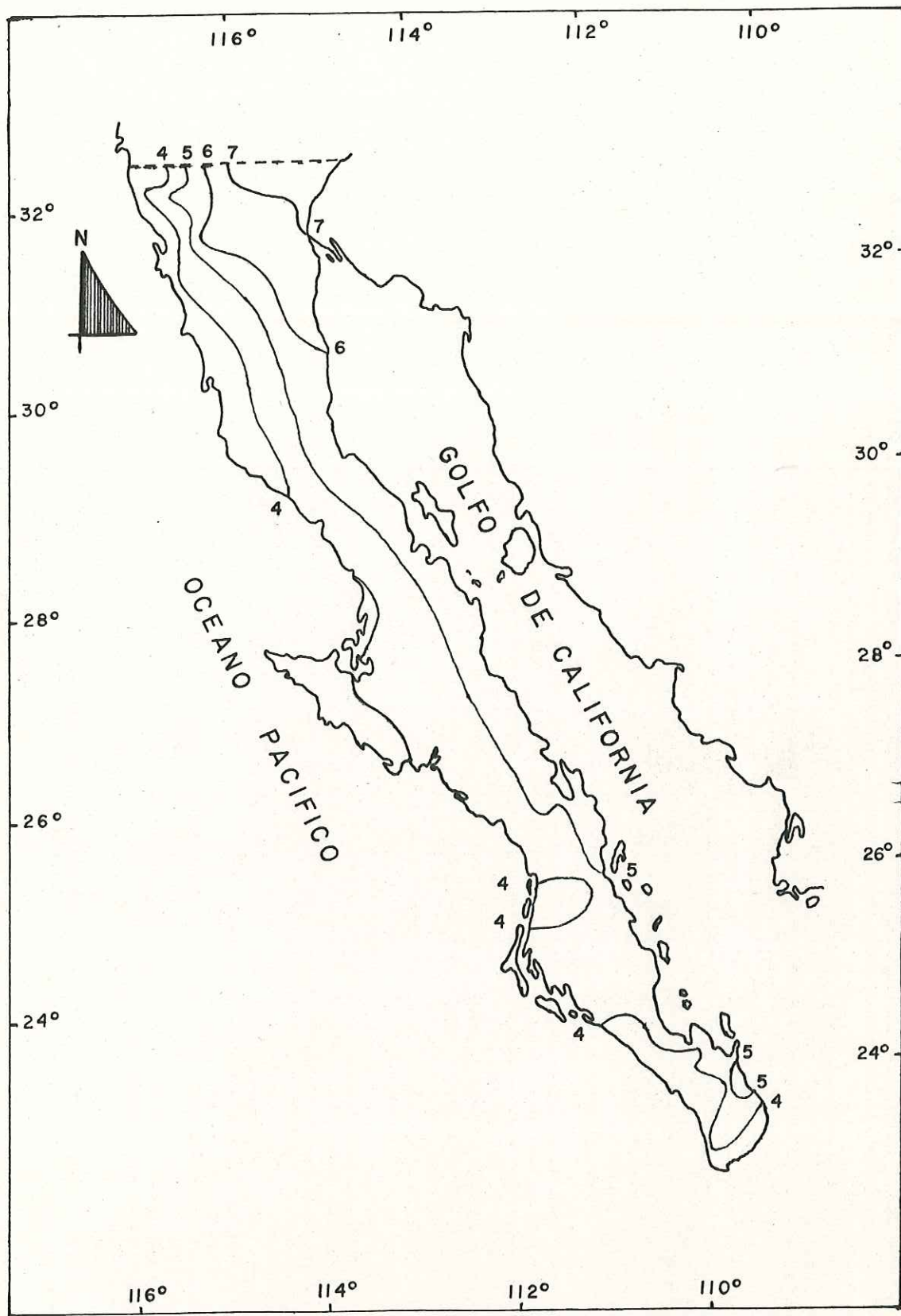


Fig.5 Isolíneas de desviación estandar de temperatura para toda la Península para el periodo de 1957-1983.

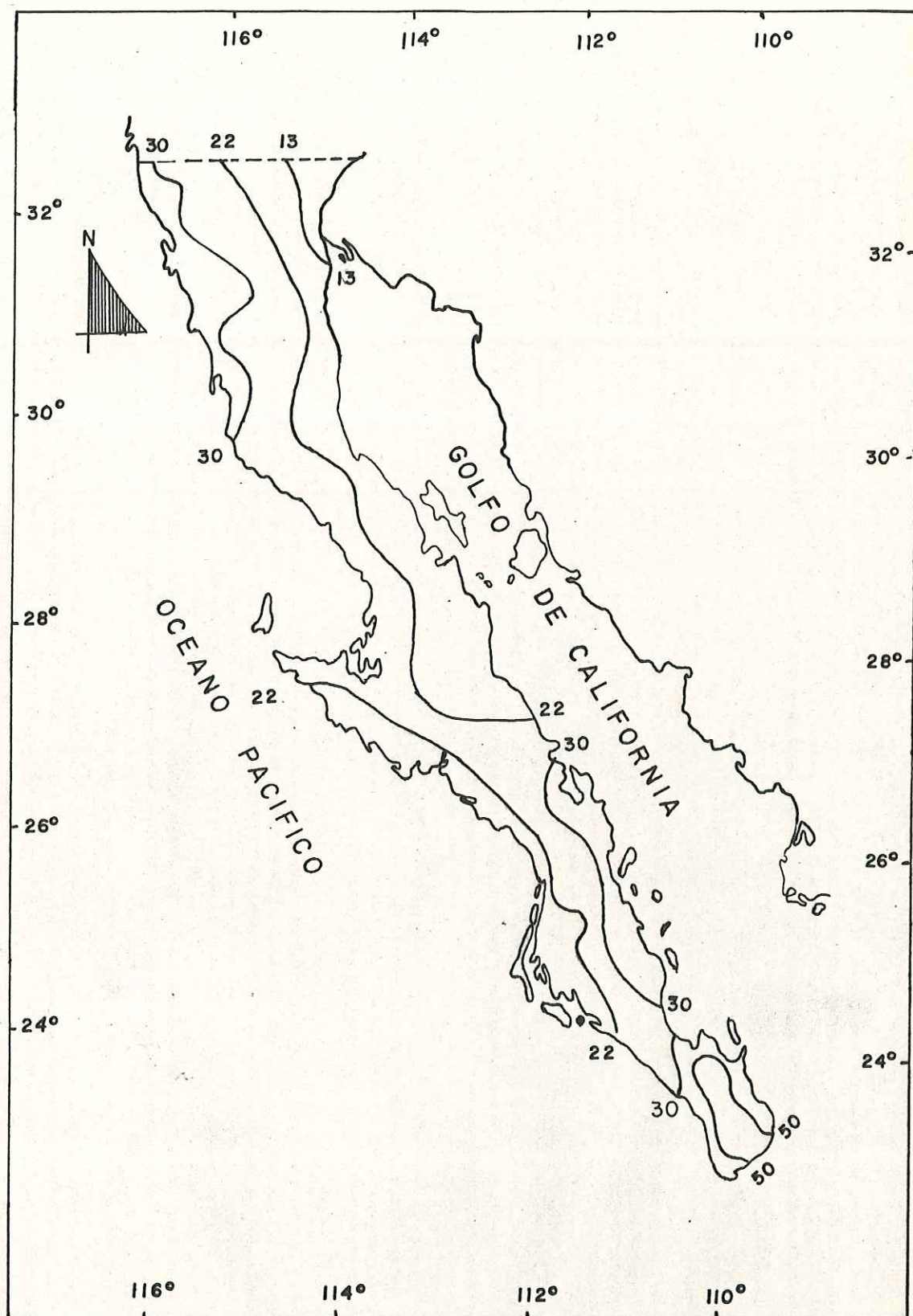


Fig.6.--Isolíneas de desviación estandar de precipitación para toda la Península para el periodo de 1957-1983.

3.2 Componentes Principales.

El análisis de componentes principales se aplicó a la 85 estaciones de precipitación para toda la Península.

Generalmente lo más importante del análisis de funciones empíricas ortogonales es que los autovectores describen la relación de áreas de máxima varianza. Para el caso particular de precipitación, las regiones con alta varianza son relacionadas con lluvia abundante y las regiones de baja varianza con poca precipitación.

El análisis de funciones empíricas ortogonales representa al conjunto de datos como una serie de 85 funciones, cada una de estas da una distribución de precipitación, respectivamente a lo largo de la Península. El uso del conjunto de datos de las funciones empíricas permite seleccionar los autovectores de mayor importancia (i.e. aquellos que están representando la mayor parte de la varianza). El conjunto original de datos puede ser reproducido multiplicando cada autovector por la amplitud de su coeficiente en tiempo.

3.2a.- Precipitación Anual.

En la Fig.7 se muestra la distribución espacial (autovectores) y la representación en tiempo (coeficientes de expansión) del primer modo que representa el 40.2% de la varianza total. Su coeficiente de expansión presenta solo amplitudes positivas para toda la señal.

La Fig.8 presenta, la distribución en espacio y tiempo del segundo modo, que explica el 12.9% de la varianza total. Su estructura espacial y temporal presentan signos positivos y negativos. Al norte de la Península le corresponden valores positivos del autovector y negativos al sur de ésta.

En la Fig.9 se muestra la distribución espacial y temporal del tercer modo que representa el 6.72% de la varianza total. Su estructura espacial presenta valores positivos en la región central y parte occidental de la Península, y negativos en el extremo sur y noroeste de la misma, también su coeficiente de expansión presenta ambos signos.

3.2b.- Precipitación Estacional.

En la sección anterior, se presentaron los resultados del análisis de componentes principales sobre

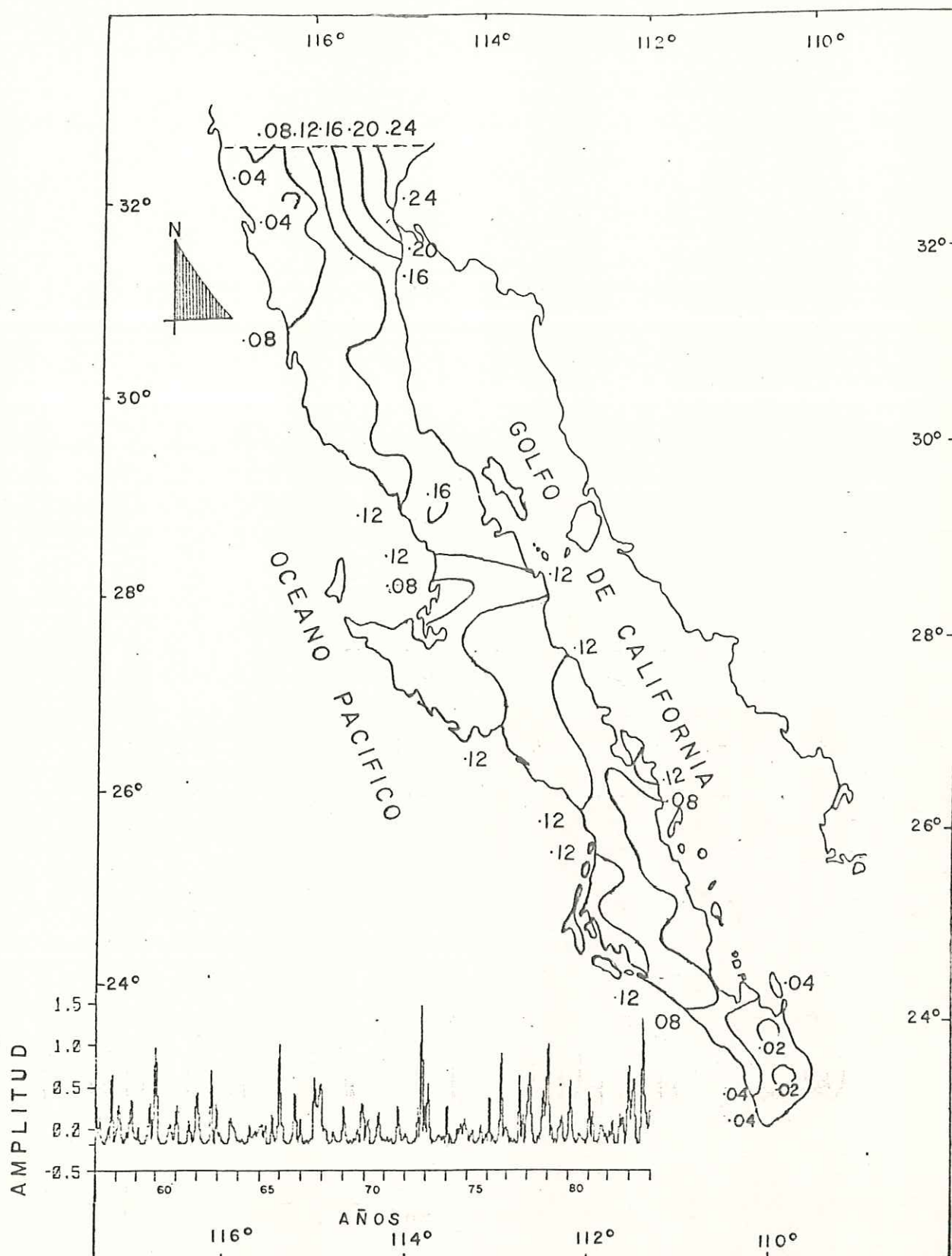


Fig. 7.- Primer modo de precipitación anual. Explica 40.2% de la varianza. La figura de isolíneas es la estructura espacial (autovector) y la gráfica es el coeficiente de expansión.

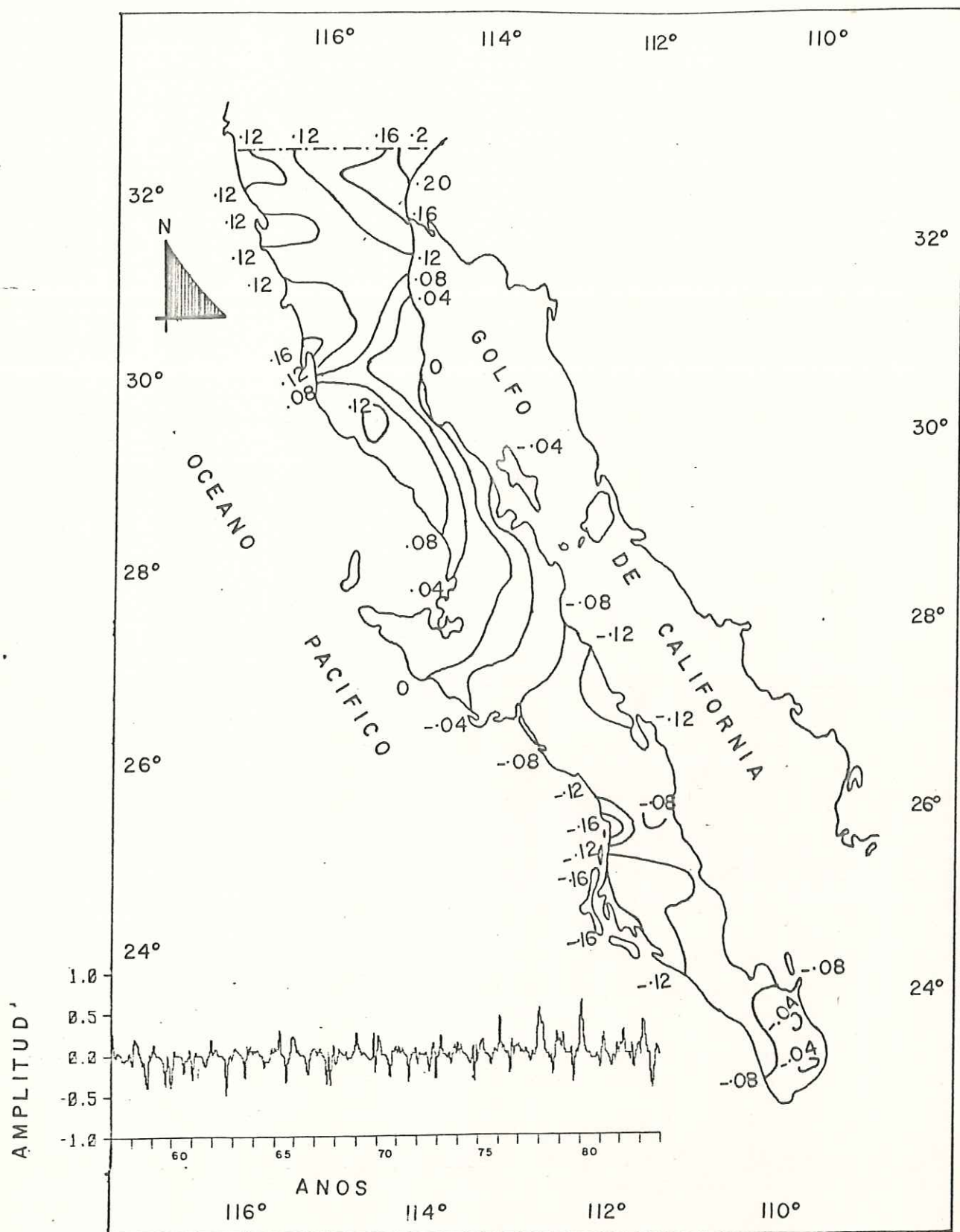


Fig. 8.- Segundo modo de precipitación anual. Explica el 12.9% de la varianza, la figura de isolíneas es la estructura espacial y la gráfica es el coeficiente de expansión.

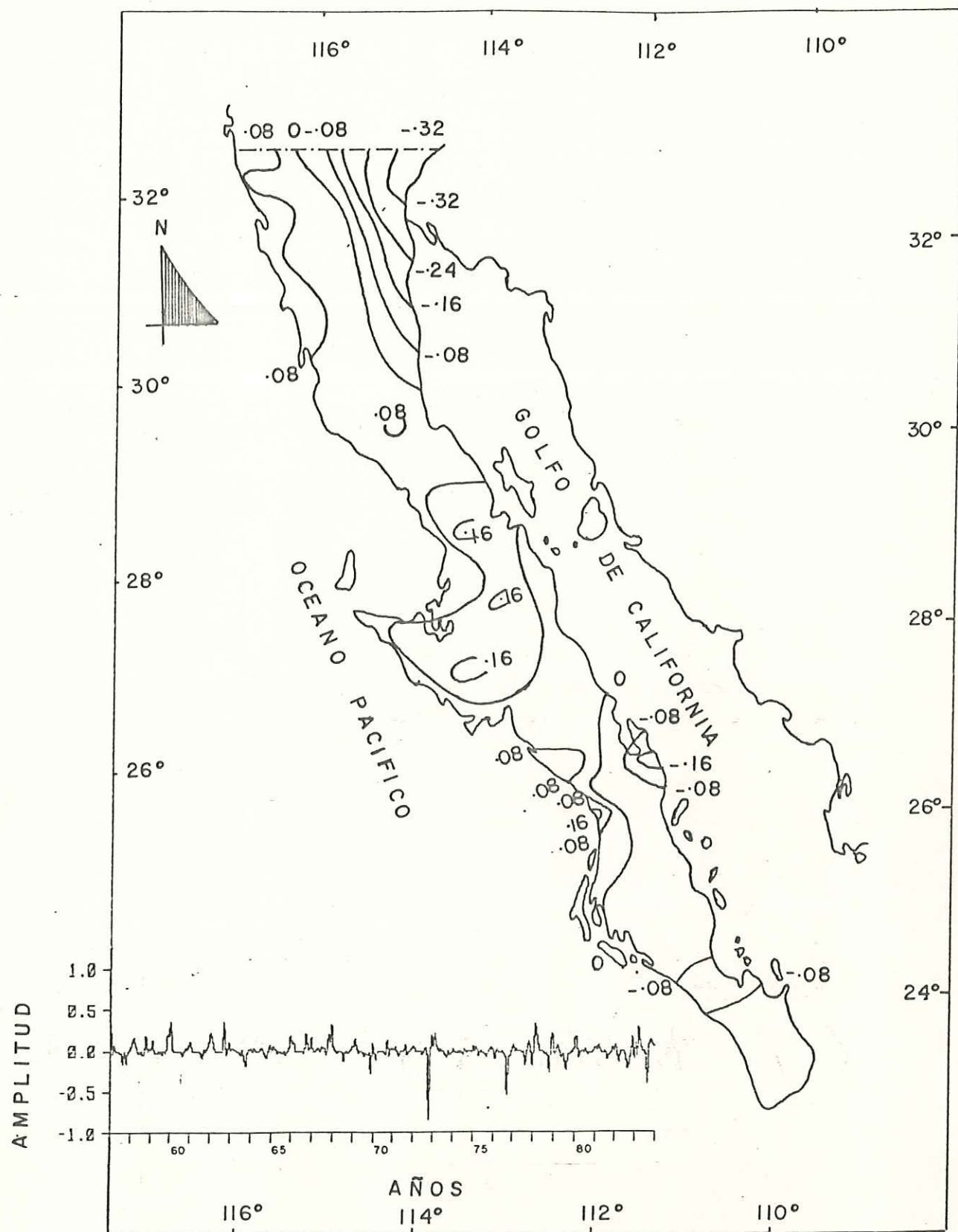


Fig.9.- Tercer modo de precipitación anual. Explica 6.72% de la varianza, la figura de isolíneas es la estructura espacial y la gráfica es el coeficiente de expansión.

precipitación anual en la Península. Sin embargo, son importantes también los resultados sobre precipitación estacional. Se aplicó este análisis para dos estaciones, que llamamos verano (mayo-octubre) e invierno (noviembre-abril).

En la Fig.10, se presenta la estructura espacial y temporal del primer modo sobre precipitación de verano. Representa el 45.8% de la varianza total.

La Fig.11 muestra la distribución espacial y temporal del segundo modo de precipitación de verano, que representa el 12.5% de la varianza total. Este autovector muestra valores negativos para casi toda la Península, excepto para una pequeña porción de la costa occidental que son de signo positivos. Su coeficiente de expansión presenta fuertes amplitudes correspondientes a este patrón de lluvia.

En la Fig.12, se presenta la distribución espacial y temporal del primer modo de precipitación invernal, que explica el 44.8% de la varianza total. Este autovector muestra valores positivos en toda el área geográfica estudiada.

La Fig.13 muestra la distribución espacial y

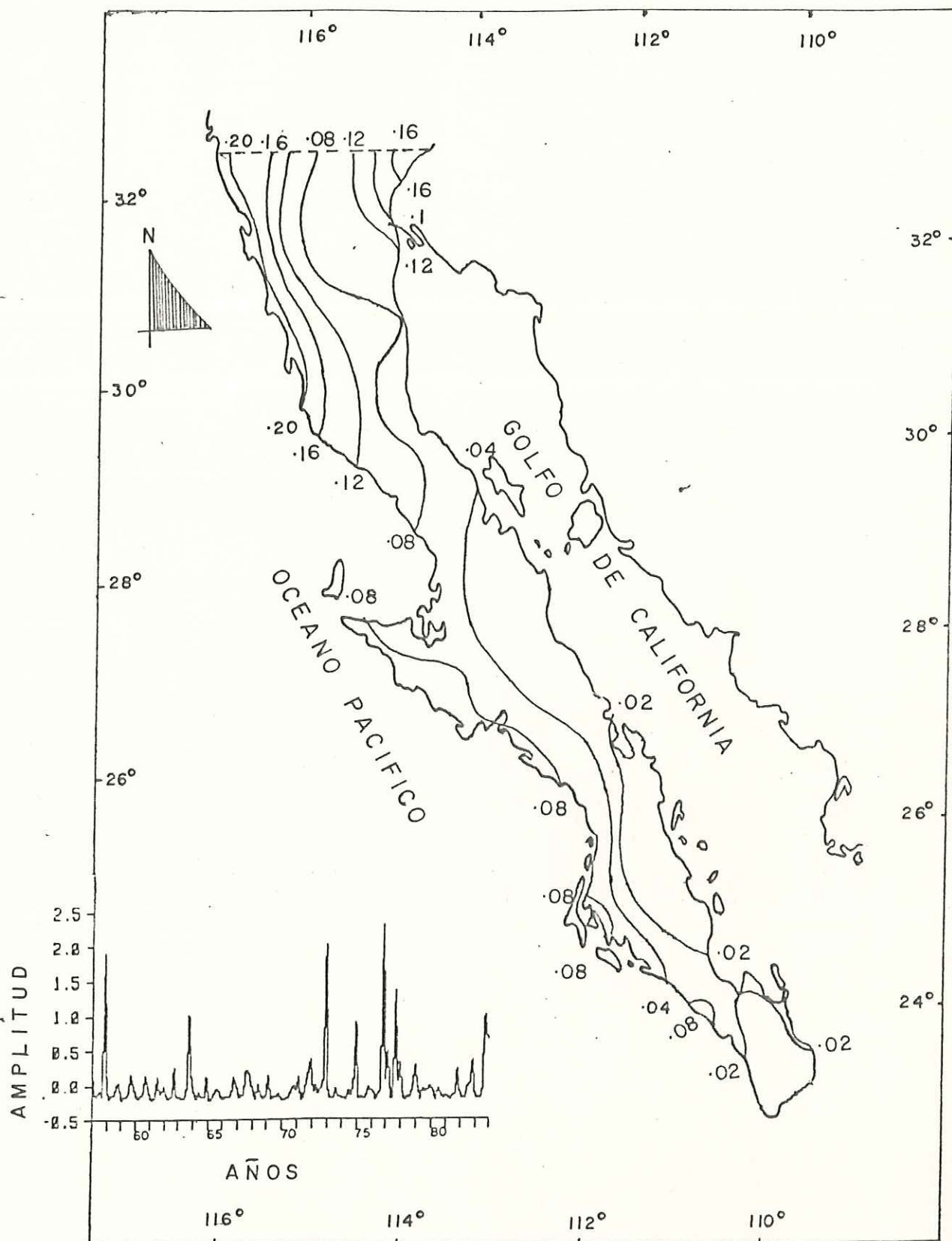


Fig. 10.- Primer modo de precipitación de verano. Explica el 45.8% de la varianza, la figura de isolíneas es la estructura espacial, la gráfica es el coeficiente de expansión y el eje de tiempo indica intervalos de 6 meses de mayo a octubre.

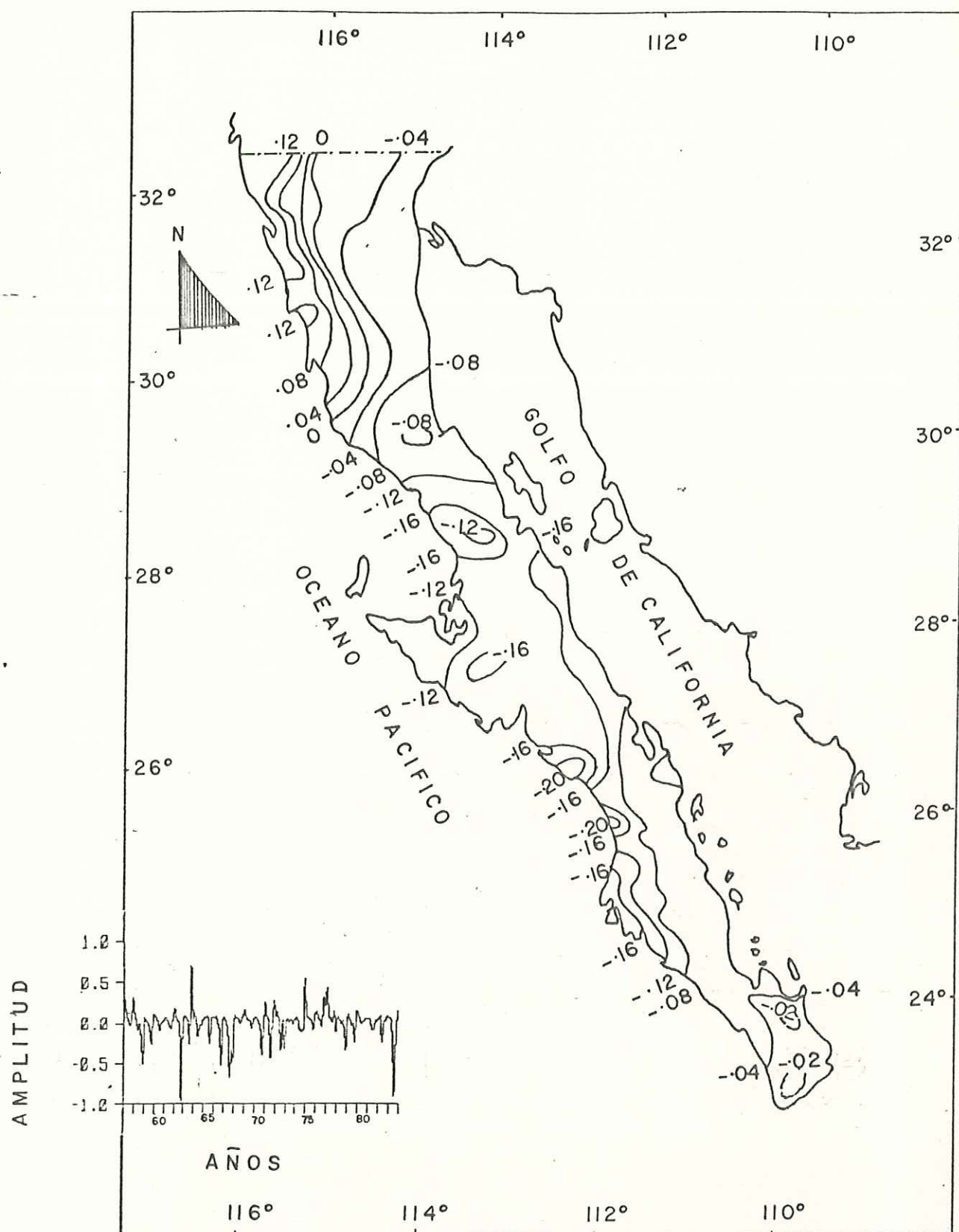


Fig. II.- Segundo modo de precipitación de verano. Explica el 12.5% de la varianza, la figura es la estructura espacial, la gráfica es el coeficiente de expansión y eje de tiempo indica intervalos de 6 meses de mayo a octubre.

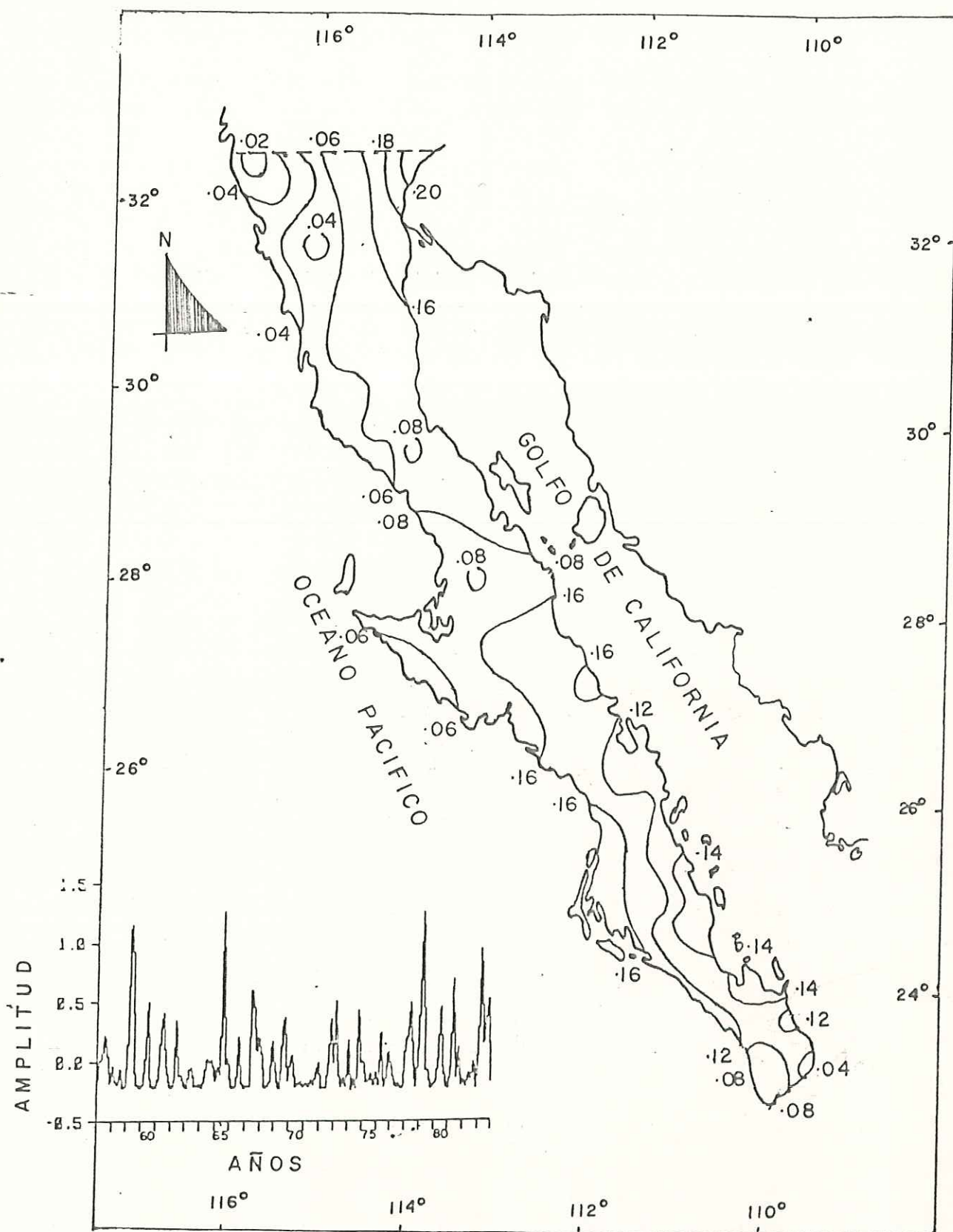


Fig.12.- Primer modo de precipitación de invierno. Explica el 44.8% de la varianza, la figura de isolíneas es la estructura espacial, la gráfica es el coeficiente de expansión y el eje de tiempo indica intervalos de 6 meses de noviembre-abril.

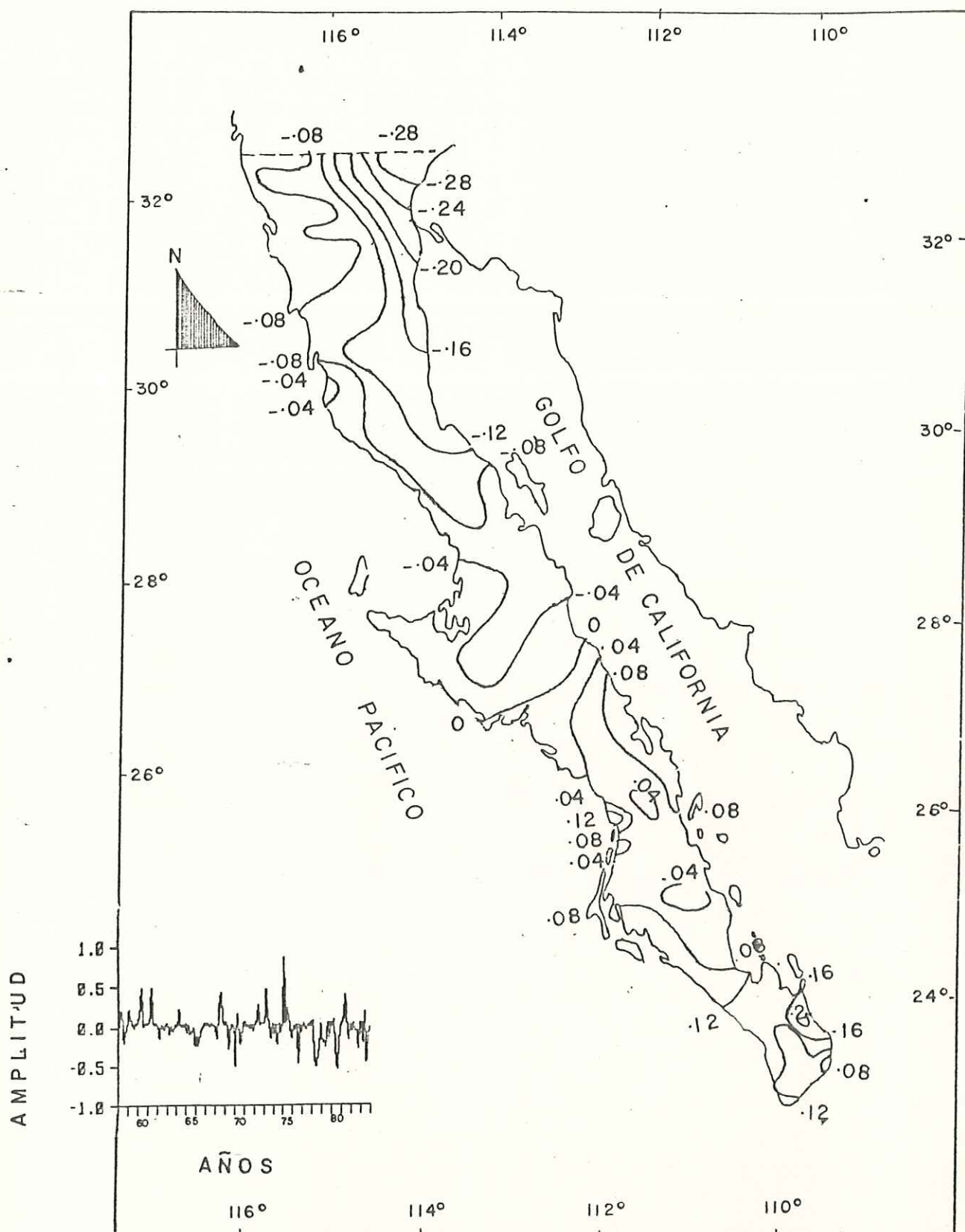


Fig. 13.- Segundo modo de precipitación de invierno. Explica el 14.2% de la varianza, la figura de isolíneas es la estructura espacial, la gráfica es el coeficiente de expansión y el eje de tiempo indica intervalos de 6 meses de noviembre - abril.

temporal de segundo modo de precipitación invernal, que representa el 14.2% de la varianza total. Su autovector presenta valores negativos en la porción norte de la Península y positivos al sur de esta; también su coeficiente de expansión presenta ambos signos, correspondiéndole a este patrón, el de mayor amplitud negativa.

3.2c.- El fenómeno (ENOA).

El fenómeno El Niño - Oscilación Austral (ENOA) se asocia a valores anómalos de diferencias de presión atmosférica sobre el nivel del mar entre Tahiti (17.5°S y 149.6°W) y Darwin, Australia (12.4°S , 130.9°E) y a la anormalmente alta temperatura superficial del mar observada en la región ecuatorial del Océano Pacífico. En esta tesis se asocia la diferencia de presión atmosférica entre estas islas (Índice Austral) a los coeficientes de expansión de la precipitación anual observada en la Península de Baja California.

Para esto, se divide la Península en tres regiones principales (Rojo y Reyes, 1985) cuyos regímenes de precipitación son distintos (Fig.14), se aplica el método de funciones empíricas a cada subconjunto de estaciones y se comparan visual y numéricamente la suma de los tres

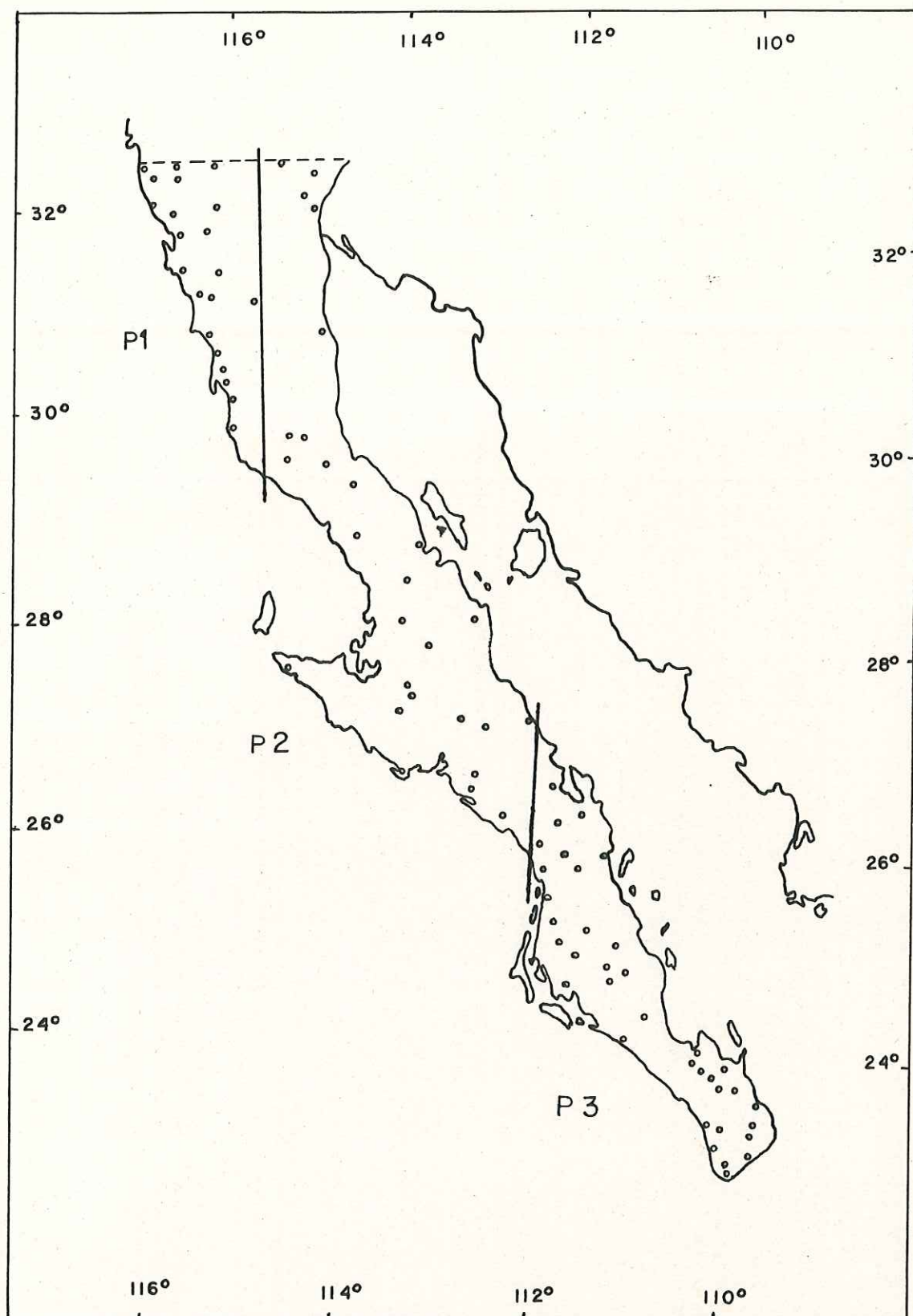


Fig.14.- División de la Península de Baja California en tres regiones de distinto regimen de precipitación: P1 Noroeste, P2 Central y P3 Sureste.

primeros modos de cada región entre ellas mismas y con el Índice Austral (Fig.15).

Las mejores correlaciones obtenidas para las series originales (Tabla I), son entre las regiones Noroeste y Central. Por otro lado, si se filtran las frecuencias altas, correspondientes a 2 años, se obtiene una mayor correlación en las mismas series y la correlación más alta obtenida con el Índice Austral es también con las series antes mencionadas.

En la (Fig.16), se presentan las series filtradas. En general se puede observar que cuando el Índice Austral es alto positivo, hay poca precipitación en las tres regiones de la Baja California; por lo contrario, cuando el Índice Austral es mínimo negativo (i.e. cuando se pueden presentar eventos de El Niño) entonces la precipitación tiende a aumentar. Este aumento en la precipitación en Baja California no se observa siempre en las tres regiones sino que varía (ver Tabla II).

Los números entre paréntesis se refieren a la suma de los tres modos de precipitación filtrados. Precipitación alta, regular y baja se refiere a comparaciones para cada región. Máxima precipitación se observó en la región Noroeste durante 1977- 78 aunque

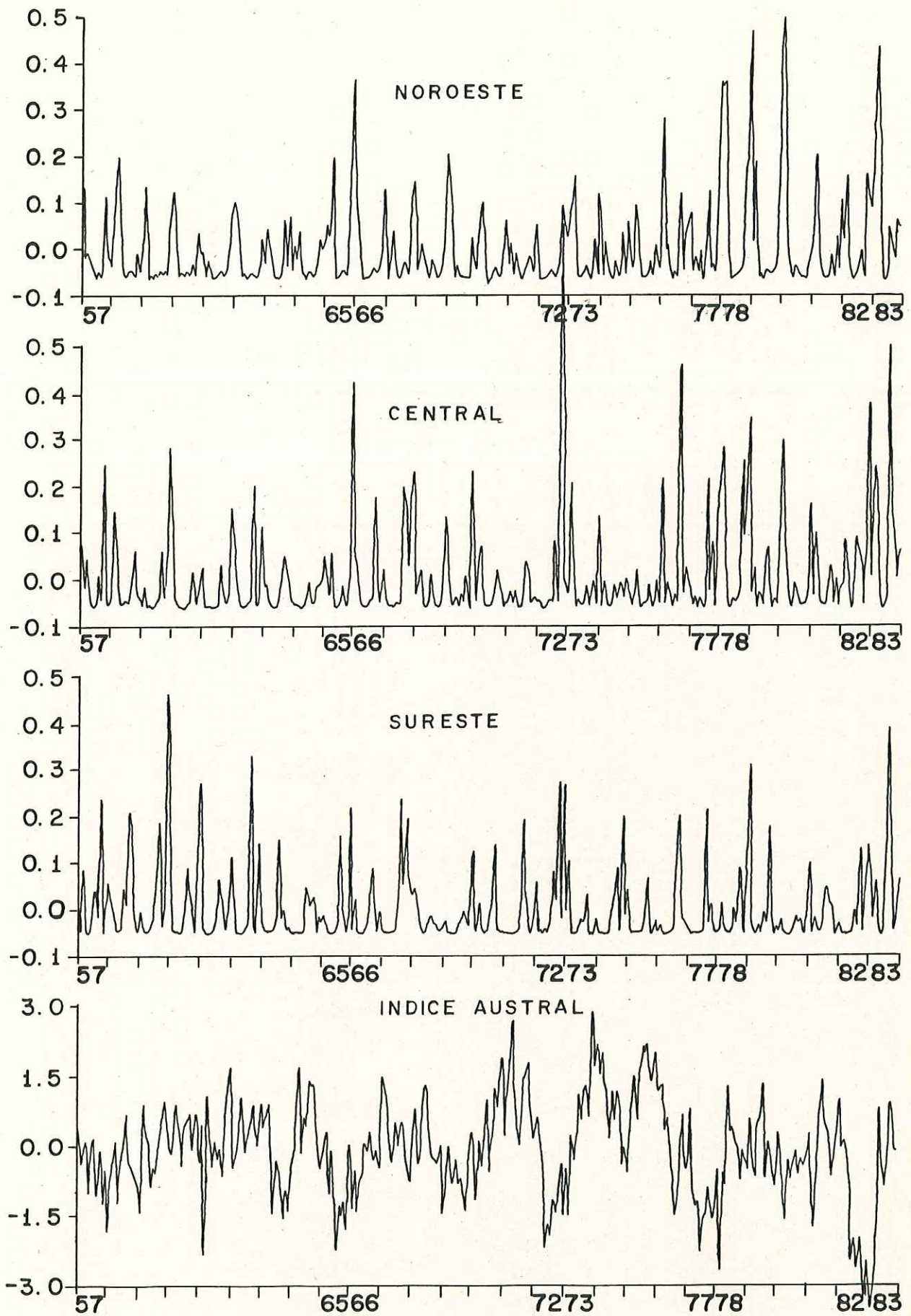


Fig.15.- Series originales del Indice Austral y la suma de los tres primeros coeficientes de expansión sobre precipitación anual para las tres regiones.

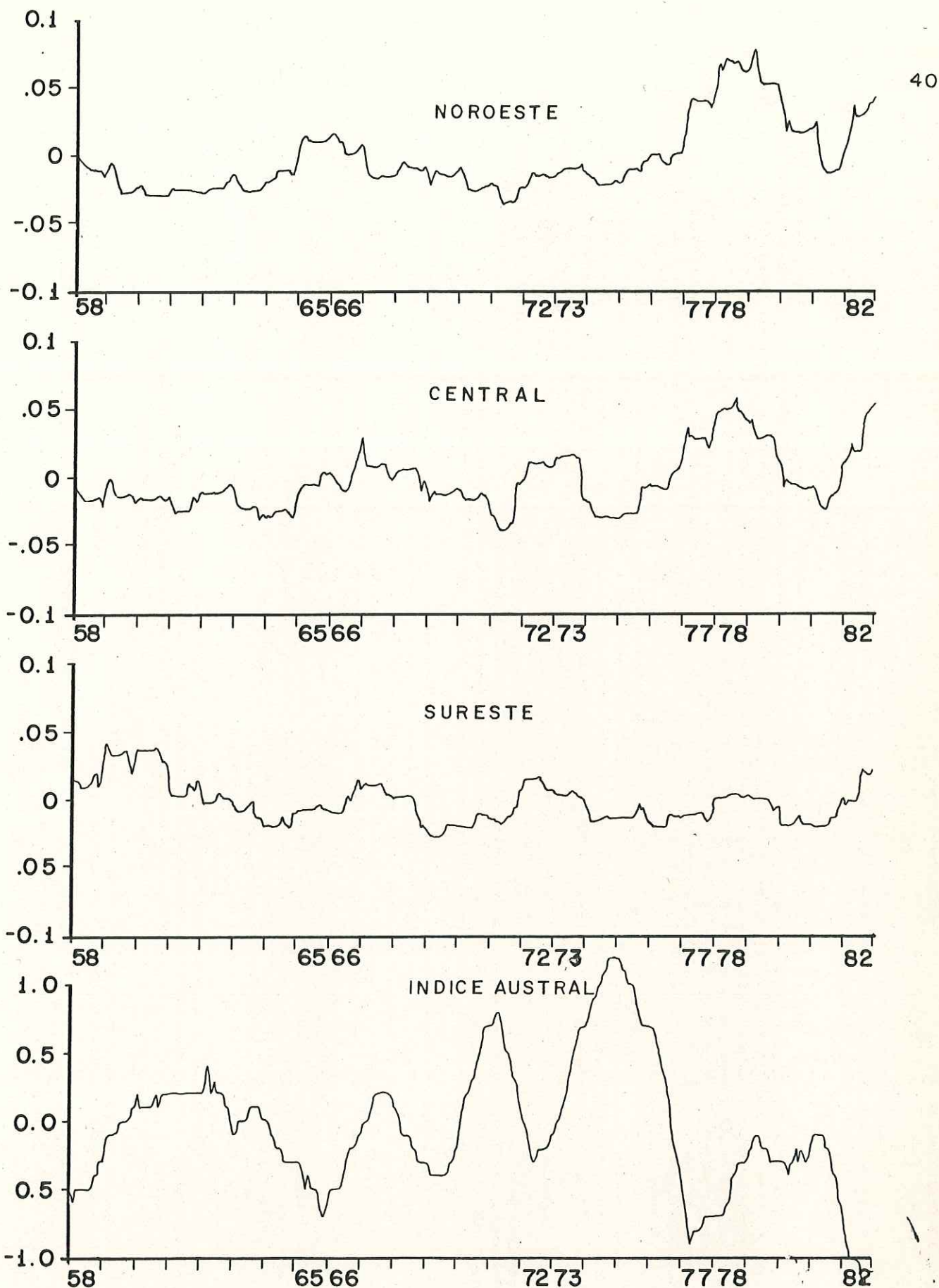


Fig.16.- Series filtradas del Indice Austral y la suma de coeficientes sobre precipitación para las tres regiones.

TABLA I

Correlaciones de series originales y filtradas sobre precipitación con la Oscilación Austral y entre regiones.

SERIES	ORIGINALES	FILTRADAS
P1—0A	-0.264	-0.576
P2—0A	-0.345	-0.593
P3—0A	-0.167	-0.139
P1—P2	0.663	0.828
P1—P3	-0.135	-0.447
P2—P3	0.419	0.211

TABLA II

Suma de los tres primeros coeficientes de expansión de precipitación anual para las 3 zonas, para estimar la lluvia durante El Niño

ENOA	P1	P2	P3
57—58	BAJA (.003)	BAJA (-0.008)	REGULAR (.016)
65—66	REGULAR (0.016)	BAJA (.004)	BAJA (-0.007)
72—73	BAJA (-0.013)	REGULAR (0.015)	REGULAR (0.015)
77—78	ALTA (0.071)	ALTA (0.051)	BAJA (0.001)
82—83	ALTA (0.042)	ALTA (0.055)	REGULAR (0.022)

este invierno no se consideró un evento de El Niño completamente desarrollado.

3.3 Análisis Espectral.

El análisis espectral se aplicó a las series de precipitación que tienen 50 años en su registro. Los resultados se muestran en la Fig.17; la región noroeste presenta señal anual fuerte, las regiones, del Golfo Norte, y Baja Central presentan señales anuales y semianuales no muy marcadas. La región Sur su señal es más complicada, presenta 3 picos significativos respectivamente, de 1 año, 6 meses y 4 meses. Los espectros fueron calculados con una confiabilidad del 80%.

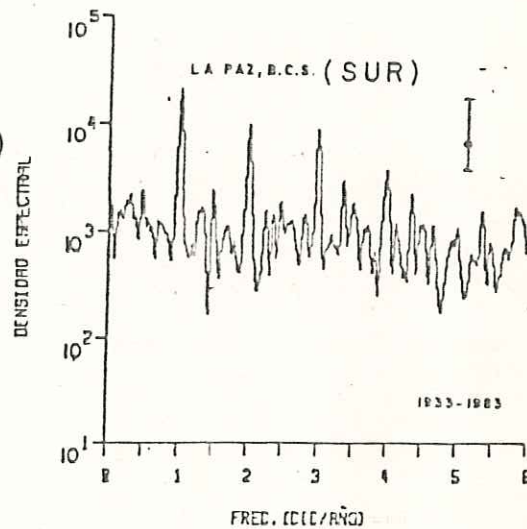
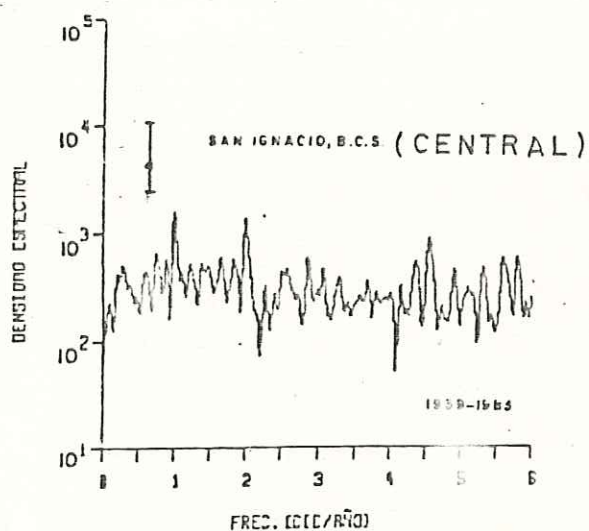
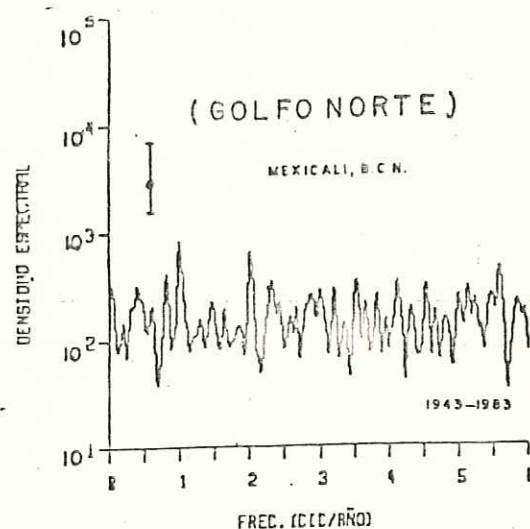
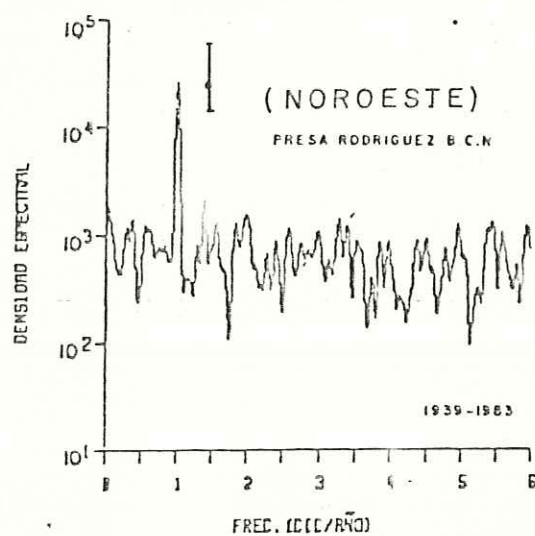


Fig.17.- Espectros de series de precipitación, que tienen hasta 50 años en su registro y comprende las regiones: Noroeste, Golfo Norte Baja Central y Sur de la Península, con intervalo de confianza al 80%.

CAPITULO IV

4 DISCUSIONES

4.1 Análisis Estadístico Básico.

La Fig.3 nos muestra la distribución promedio de la temperatura del aire. El factor quizás más notable que afecta este parámetro, es la altura sobre el nivel del mar, que se puede comprobar con la isotérma de 14°C que cruza sobre de las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir; además la temperatura sobre la zona del Río Colorado tiene un promedio mensual de 22°C , lo cual contrasta notablemente con lo que ocurre en la costa occidental de la Península, donde la temperatura promedio es del orden de 16°C . Sin embargo la diferencia de temperatura mensual, respecto a las costas occidentales con el Golfo de Cortés, es debido a la influencia de la corriente fría de California que afecta la parte occidental de la Península.

En efecto, la explicación de los hechos anteriores se encuentra en la estructura térmica vertical de la

atmósfera sobre las costas occidentales del continente, donde se sabe que existe una inversión de temperatura muy acentuada durante el solsticio de verano. Esta inversión de temperatura abarca solamente una capa de aire relativamente delgada dentro de la cual la temperatura, en vez de disminuir hacia arriba, como es lo normal dentro de la atmósfera, aumenta con la altitud, lo que implica un enfriamiento o amortiguamiento de los movimientos verticales del aire.

La Fig.4 muestra la precipitación promedio mensual de un registro de 27 años para toda la Península. Gran parte de Baja California presenta un porcentaje elevado de aridez extrema (con 10 mm. de precipitación mensual.) que atraviesa oblicuamente la Península de norte a sur, desde el bajo Río Colorado hasta el litoral del Pacífico. Esta región está localizada en el cinturón de altas presiones caracterizada por movimientos descendentes de las masas de aire secas y calientes.

La región del litoral del Pacífico, hasta el paralelo 26°N recibe lluvia durante los meses de invierno, cuando desaparece la inversión de temperatura. El sur de la Península recibe lluvia de verano, tipo aguaceros, que a veces son torrenciales y van acompañados de tormentas eléctricas que son más

frecuentes e intensos en la costa del Mar de Cortés, participando del carácter de la lluvia propia de las tierras bajas de Sonora y Sinaloa, sobre las que la actividad convectiva relacionada con alguna perturbación tropical y con el vapor de agua que generalmente se transporta a lo largo de la costa del Pacífico durante los meses de Mayo a Noviembre (Reyes y Cadet, 1985).

Las isolíneas de la desviación estándar sobre temperatura, nos explican la variabilidad regional de la temperatura del aire sobre la Península. Como se puede observar en la Fig.5, la mayor variabilidad de temperatura se encuentra en el bajo Río Colorado; hacia el sur la variabilidad de temperatura disminuye lentamente. La temperatura en el norte de la Península es más alta del lado del Golfo de California que del lado del Pacífico, pero a medida que se avanza hacia el sur, las condiciones térmicas se van igualando.

La Fig.6 nos muestra las isolíneas de la desviación estándar sobre precipitación en la Península. La mayor variabilidad en la lluvia se encuentra en las regiones montañosas ó cercanas a estas, en la parte occidental y en el sur de la Península; y la menor variabilidad de la lluvia se encuentra en la región del bajo Río Colorado y en la región central.

4.2 Componentes Principales.

4.2a.-Precipitación Anual.

El primer modo sobre precipitación anual (Fig.7), explica el 40.2% de la varianza. Su estructura espacial concuerda con el índice de la desviación estándar, que presenta mayor variabilidad donde el autovector es pequeño y menor variabilidad cuando este es grande. Su coeficiente de expansión presenta máximos de mayor significancia ocurridos en los años 1959-60, 1965-66, 1972-73, 1977-78 y 1982-1983. Los demás años presentan lluvia normal y abajo de lo normal. La zona sur y noroeste de la Península indican mayor precipitación; mientras que la zona central y noreste, sobre el Golfo, indican menor cantidad de lluvia.

El modo dos de precipitación anual (Fig.8) explica el 12.9% de la varianza total. Su estructura espacial presenta valores positivos en la sección norte de la Península y negativos al sur de ésta. La distribución de este patrón de lluvia, nos muestra los dos distintos regimenes climatológicos presentes en Baja california (invierno y verano) y estan separados por la isolinea cero. Su coeficiente de expansión presenta amplitudes

positivas para la región norte de la Península. Que durante los años sesentas y principio de los setentas fue un periodo benigno, con valores cercanos a la normal en la lluvia; poco después, durante 1976-77, 1977-78, 1979-80 y 1982-83, se detectaron altos valores de precipitación. La región sur presenta pequeñas amplitudes negativas para un largo periodo y las más significativas corresponden a los años de 1958, 1962, 1967, 1979 y 1983.

Se puede decir que cuando el coeficiente es dominante, sugiere que una estación es anómalamente húmeda; mientras cuando el coeficiente es pequeño se puede decir que se tiene un periodo seco.

El modo tres (Fig.9), representado por 6.72% de la varianza total, revela valores negativos en la parte noreste de la Península, positivos en la parte central y costa occidental de ésta. Este patrón presenta anomalías negativas, su distribución de lluvia ocurre durante eventos convectivos en la Península, los cuales ocurren en verano (García y Reyes, 1985). Su coeficiente de expansión, presenta las señales de mayor significancia que corresponde a lluvia convectiva bastante anómala ocurrida a finales de Septiembre de 1972 y principio de Octubre de 1976 asociados con tormentas tropicales

(Joanne y Liza respectivamente). Igualmente en 1983 también asociada al gran número de tormentas tropicales, aunque no incidió directamente en la Península. Este resultado es similar al obtenido, por Markham (1972).

3.2b.- Precipitación Estacional.

El primer modo de precipitación de verano (Fig.10), representa el 45.8% de la varianza total. Las isolíneas del autovector representan la distribución espacial de lluvia de verano; que se extiende regularmente por la parte central, oriental de las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir y sur de la Península. La representación en tiempo, nos muestra que los veranos de abundante lluvia durante los 27 años de estudio son, 1957, 1963, 1972, 1974 1976, 1977 y 1983. La distribución espacial de este patrón de lluvia; muestra que estas son más fuertes en la región sur de la Península. Como se dijo anteriormente este patrón de lluvia, es ocasionado por fenómenos y masas de aire de origen tropical.

Para el segundo modo de precipitación de verano (Fig.11) explica el 12.5% de la varianza total. Su estructura espacial presenta valores negativos que abarcan casi la totalidad de la Península; y valores positivos en la costa occidental, que rara vez presenta

lluvia en esta época. Su representación en tiempo, presenta señales de máxima precipitación correspondientes a los años 1962, 1966-67, 1972-73 y 1983. En los años 1963, 1975 y 1977 se observa un coeficiente positivo, indicando lluvia en el noroeste durante estos veranos.

El primer modo de precipitación de invierno (Fig.12), explica el 44.8% de la varianza total. Su estructura espacial, presenta pequeñas irregularidades siendo estas más fuertes en la costa occidental del Pacífico, Sierras de San Pedro Mártir y de Juárez y un valor pequeño en la región sur. Su coeficiente de expansión presenta señales importantes de lluvia invernal ocurridos en los años 1959-60, 1965-66, 1979-80 y 1983.

El segundo modo de precipitación de invierno (Fig.13.), representa el 14.2% de la varianza total. Su representación espacial presenta valores negativos que abarcan la región norte, la cual recibe lluvia en esta época del año. Pequeñas áreas en la parte sur, presentan eventos aislados con lluvia abundante. Su representación en tiempo, muestra amplitudes negativas de mayor importancia de precipitación que corresponden a los inviernos de 1969-70, 1975-76, 1977-78, 1979-80 y 1982-83

ocurridos en los 27 años de estudio.

4.2c.-Fenómeno ENOA.

El Niño y el índice de la Oscilación Austral se conoce como la señal más predominante de la variabilidad interanual de escala planetaria. Bjerknes (1966,69), postula que el agua tibia ecuatorial en un año de Niño, incrementa la evaporación, la convección y consecuentemente puede existir una mayor precipitación. La energía sobrante es exportada hacia el norte, donde modifica significativamente la circulación de las masas de aire en latitudes medias.

La precipitación, sin embargo no es regular en toda la península y varía de región a región. La Tabla I muestra que la precipitación de la región dos es más parecida a la de la región uno (con correlaciones 0.663 y 0.828). Esto nos indica que la región Central y Norte del Golfo de California son mayormente afectados por perturbaciones extratropicales durante el invierno; mientras que es menos afectada por eventos tropicales de verano. Las correlaciones entre la región uno y tres es baja y negativa, indicando que no hay mucha relación entre estas lluvias, además las épocas de lluvias son opuestas, como ya se ha discutido.

Por otro lado, el Índice Austral muestra la mejor correlación con la región dos, indicando que esta es grandemente afectada por las perturbaciones en el Índice Austral (tanto durante en invierno como en verano). Por otro lado, la región uno y dos muestran mayor correlación con el Índice Austral (-0.576 , -0.593) que la región tres (-0.139), lo cual puede indicar que el evento de El Niño sea de mayores efectos para la precipitación de invierno que para la de verano. Esto se puede entender si recordamos que es durante los meses invierno (Diciembre-Febrero) cuando se presentan los valores mínimos del Índice Austral.

Finalmente, es interesante discutir las precipitaciones observadas durante los eventos de El Niño de 1965-66, 1972-73, 1976-77 y 1982-83.

Fuertes anomalías de diferencias de presión están asociadas a veces con grandes cantidades de lluvia principalmente en las regiones Noroeste y Central de la Península con lluvia en invierno y verano. Las Figs.15 y 16 muestran la relación que existe entre el Índice Austral y la precipitación en Baja California. Nuestros resultados muestran que este índice asociado directamente con el fenómeno de EL Niño de 1965-66, donde la diferencia de presión fue anormalmente negativa y la

precipitación en el Centro y Noroeste de la Baja California fue significativa. Posteriormente en 1972-73 se desarrolló otro Niño, la diferencia de presión presentó un alto valor negativo y la precipitación tubo un gran impacto en la región Central de la Península. El fenómeno ENOA en 1976-77 con características anómalas en la presión atmosférica, alta temperatura superficial del agua del mar ocasionó que a finales de 1977 la lluvia fuera máxima en las dos regiones antes mencionadas. Finalmente el último evento de El Niño ocurrido 1982-83, la diferencia de presión obtuvo el máximo valor negativo que las anteriores y la lluvia afectó tanto la parte Noroeste, Central y Sureste de la Península.

4.3 Análisis Espectral.

Para identificar, la mejor señal de oscilación, se obtuvo el espectro de Fourier, para series de tiempo sobre precipitación, con un periodo hasta 50 años (Fig.17). Las señales espectrales obtenidas de mayor significancia son: La señal anual corresponde al ciclo de invierno (norte) y de verano (sur) en la precipitación. la señal semianual corresponde a lluvias durante invierno y verano para la misma región. Es interesante notar que esta señal tiene muy poca energía

en la Presa Rodríguez indicando que en el noroeste de la Península solo es importante la lluvia en invierno. Por el contrario, Mexicali (Golfo Norte) y San Ignacio (Central), tienen señales semi-anales muy altas, indicando que llueve en ambas estaciones. La Paz muestra también considerable energía en la señal semi-anual y la de 4 meses; indicando que llueve en ambas estaciones y que además es afectada por fenómenos tropicales (tormentas y huracanes) de verano.

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.-Conclusiones.

Con el análisis estadístico básico, aplicado a las series de precipitación y temperatura de toda la Península de Baja California se encontraron los siguientes resultados:

1).- Para el caso de la temperatura del aire, se encontró que existe mayor variabilidad en toda la región del Golfo de California, comparada con la región de la costa occidental y Sierras de San Pedro Mártir y Juárez.

2).- Para la precipitación se encontró que la mayor cantidad de lluvia en la Península, está asociada con los fenómenos tropicales y el factor orográfico.

El análisis de funciones empíricas ortogonales, aplicado a las series de precipitación en la Península de Baja California, ha sido capaz de resolver los patrones

dominantes de lluvia anual y estacional. Los resultados importantes son:

3).- El primer modo precipitación anual, indica que existe una diferencia cuantitativa de lluvia de año con año.

4).- El segundo modo de precipitación anual, esta asociado con la precipitación estacional en la región sur y norte de la Península.

5).- El tercer modo de precipitación anual, muestra algunas de las incidencias de huracanes a la Península.

6).- Los primeros dos modos de precipitación estacional (verano e invierno) muestran al igual que el anual, que existen diferencias respecto a la cantidad de lluvia en cada época.

7).- Los segundos modos de precipitación estacional, muestran la distribución espacial y temporal de mayor significancia para cada una de las estaciones.

8).- La lluvia en Península esta relacionada directamente con el Indice Austral (ó el fenómeno de El Niño), en las regiones Noroeste y Central durante verano

e invierno. ha presentado lluvia abundante.

9).- En el análisis espectral de las series de precipitación con un registro hasta 50 años procesados, se identificaron la señal anual, semianual y de 4 meses.

5.2.-Recomendaciones.

Algunas recomendaciones que se pueden mencionar para proseguir este estudio y futuras investigaciones son:

i).- Es necesario determinar y analizar las correlaciones entre la lluvia y otras fluctuaciones ecuatoriales en el Pacífico, tales como la temperatura del mar, intensidad de la corriente de chorro subtropical etc.

ii).- Buscar mecanismos para explicar la variabilidad interanual de la lluvia en Baja California Sur, que será necesario investigar fluctuaciones de macroescala en los patrones del viento superior y el comportamiento de la dinámica de la corriente de chorro

subtropical.

iii).- Realizar correlaciones con datos hidrológicos, para estimar una relación directa con la agricultura regional.

CAPITULO V

LITERATURA CITADA.

Bjerknes, J., 1966: A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature, *Tellus*, 18, 820-829.

Bejerknes, J., 1969: Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, 97, 163-172.

Blomfield, P., 1976: Fourier analysis of time series: An Introduction., Cap. I, II, V., John Wiley and Sons, New York., pp. 1-41, 94-96.

Bedi H. S. y Bindra M. M. S., 1979: Principal Components of Monsoon Rainfall. *Tellus* (1980), 32, 296-298.

Grimmer, M., 1963: The space_filtering of monthly surface temperature data in terms of pattern, using empirical orthogonal functions. *Quart. Jour. Roy. Meteor. Soc.*, 39, 395-408.

Garcia y Mosiño, 1967: Los Climas de Baja California, Instituto de Geografía de la U.N.A.M. México D. F. pp.27

García, J y S. Reyes, 1985: Promedios mensuales del lugar y tiempo de origen de las perturbaciones tropicales en el Océano Pacífico Oriental. Reporte técnico, No. OC8501; CICESE. Ensenada, B. C. México, pp.25.

Hastings, J. R. 1965: Seasonal Precipitation Regimenes in Baja California, México. Geografiska Annaler, 47p 203-223.

Jáuregui E., 1977: Algunos aspectos de las fluctuaciones climáticas que ocurrieron en los últimos cien años en México. Memoria de la reunion sobre fluctuaciones climáticas y su impacto en las actividades humanas; CONACYT, Méx. pp. 238.

Kutzbach, J. E. , 1967: Empirical eigenvectors of sea level pressure, surface temperature and precipitation complexes over North America. Jour. Appl. Meteor., 6; 791-802.

Kidson, J. W., 1975: Tropical eigenvector analysis and

the Southern Oscillation. Mon. Wea. Rev., 103; 187-196.

Lamarche V. C. 1978: Tree-ring evidence of past climatic variability, Nature, 276; 334-338.

Leith, C. E., 1978: Predictability of Climate μ Nature, 276; 352-355. pp. 352-355

Lorenz, N. N., 1956: Empirical Ortogonal Funtions and statistical weather prediction. Sci. rept. NO.1, contract AF19 (604)-1566, depto. Meteorology, M.T.I. Cambridge, Mass. 49p

Mosiño P., 1977: La Sequia en México. Memoria de la reunion sobre fluctuaciones climáticas y su impacto en las actividades humanas μ CONACXT, México. pp. 238.

Markham G. , 1972: Baja Californias Climate, Weatherwise, 64-76.

Ramage, C. S., 1975: Preliminary discussion of the meteorology of the 1972-73 El Niño. Bull., Amer. Meteor. Soc., 56; 234-242.

Reyes S. y D. L. Cadet, 1985: Precipitable water and atmospheric surface flow patterns over the tropical Americas. Monthly Weather Rev. en prensa

Rojo, P. y S. Reyes. variabilidad Climática en la Península de Baja California. Reunion anual de la U. G. M. Oaxaca, Oax. Méx. Nov. 1985.

Rueda Fernandez , 1983: Análisis estadístico de la precipitación en Baja California, en base a datos climáticos y dendrocronológicos; Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas de la Paz B. C., Méx. Tesis de Maestria en Ciencias. La Paz, B. C. S. pp. 126.

Stidd C. K., 1967: The use of eigenvectors for climate estimates. Jour. Appl. Meteor. , 6; 255-264.

Steven U. Lyons, 1982: Empirical Orthogonal Function Analysis of Hawaiian J. of Appl. Meteor., 1713-1729.

Trenberth, 1983: Signal versus noise in the southern oscillation. Tropical Atmosphere Newsletter. No. 21 September.

Quinn, W. H., 1974: Monitoring and predicting El Niño
invasions. Jour. Appl. Meteor., 13; 825-830.

Weare, B. C., A. R. Navato and R. E. Newell, 1976:
Empirical orthogonal analysis of Pacific sea surface
temperatures. Jour. Phys. oceanogr., 6 671-678.