

Distribución geográfica y variabilidad climática de los regímenes pluviométricos en Baja California Sur, México

C. A. SALINAS ZAVALA¹, A. LEYVA CONTRERAS², D. LLUCH BELDA¹, E. DIAZ RIVERA¹

¹ *Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A. C. Apartado Postal 128, La Paz, B. C. S., MEXICO*

² *Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D. F., MEXICO*

(Manuscrito recibido 16 de enero, 1990; aceptado 12 de marzo, 1990)

RESUMEN

En este trabajo, se presenta el grupo de patrones anuales de precipitación pluvial, obtenido en 57 estaciones climatológicas de la parte sur de la península de Baja California, con 20 o más años de operación.

Desde el punto de vista del patrón medio anual, se distinguen tres épocas del año: la época I, de marzo a junio, corresponde al período seco; las épocas II y III, de julio a octubre y de noviembre a febrero, respectivamente, corresponden a dos periodos de lluvias.

Se obtiene una regionalización basada en el peso relativo de ambas épocas de lluvia que se relacionan con las características fisiográficas y climatológicas medias de la zona y que, en lo general, coinciden con la zonificación obtenida por diferentes autores con base en diferentes grupos de datos. No obstante, se propone un índice de transición climática cuya evolución en el tiempo señala que en diferentes años las influencias tropical y templada rebasan las regiones en que normalmente predominan.

La variabilidad de algunos fenómenos causales, asociados con las tendencias climáticas regionales, se analizan y discuten por medio de una aplicación original del análisis armónico.

ABSTRACT

In this work, the set of annual pluvial precipitation patterns obtained in 57 weather stations from the southern part of Baja California Peninsula (Mexico) during more than 20 years is presented.

Three distinctic periods are readily recognizable from the annual mean pattern stand point of view, as follows: Period I corresponding to the dry season from March to June; Period II corresponding to the rainy season from July to October; Period III corresponding to the rainy season from November to February.

A regionalization was obtained from the rainy regime based on the relative weight of both rainy periods, marked along the mean physiographical climatological zonal features, that in general terms correspond to the climatic zonation obtained by several authors based on different data sets.

Notwithstanding, the geographic distribution in accord with the mean physiographical and climatological characteristics of the zone of study, a transitional climatic index is proposed with after time development seems to indicate that in the different years the tropical and temperate influences go beyond the regions of predominance, as the analysis of the results show.

The variability of some causal phenomena associated with the zonal weather tendencies also are discussed and analyzed by means an original interpretation of the harmonic analysis.

Introducción

La zona de estudio del presente trabajo la constituye el estado de Baja California Sur, el cual se encuentra situado en la porción meridional de la península de Baja California, al noroeste de la

República Mexicana, entre los paralelos de 23° y de 28° latitud norte, y los meridianos de 109° y de 115° longitud oeste (Fig.1). El Estado tiene una longitud de 750 km y una anchura promedio de 100 km, aproximadamente, lo cual la convierte en una prolongada franja de tierra, sujeta a la influencia inmediata del Pacífico nororiental y del Golfo de California; cuenta aproximadamente con 2 700 km de litorales y se localiza, como el resto de la península, dentro de la zona subtropical de las altas presiones del Hemisferio Norte (García *et al.*, 1968).

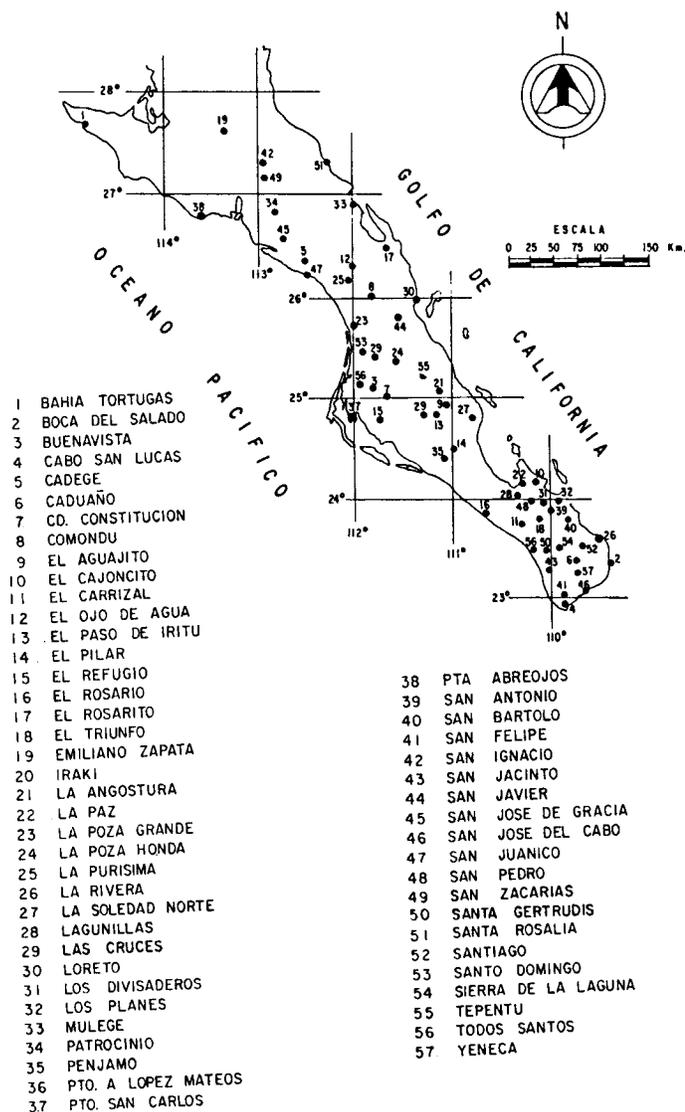


Fig. 1. Mapa de localización de las estaciones climatológicas analizadas.

En la parte sur, la zona presenta una serranía de origen volcánico, Sierra Gorda, con una elevación máxima de 2 164 m y una altura promedio de 600 m (Secretaría de Desarrollo, 1988) y que incluye las llamadas Sierra de San Lorenzo y Sierra de La Laguna. Estas cadenas montañosas descienden abruptamente hacia el Pacífico y lentamente hacia el Golfo de California. En la Sierra de la Laguna, arriba de los 1 000 m de altitud, se encuentra una zona boscosa de pino-encino,

con flora y fauna excepcionales dado el carácter de aislamiento geográfico en que se encuentran (Arriaga *et al.*, 1988).

Otras serranías, menos elevadas, pero importantes también en la definición de los regímenes pluviométricos del Estado, se localizan en la parte norte de la zona de estudio, a lo largo de la costa del Golfo de California: la Sierra de Santa Lucía, la Sierra de las Vírgenes y de la Giganta. Asimismo, en el extremo noroccidental del Estado, en la zona del Desierto del Vizcaíno, existen algunas elevaciones que ejercen influencia en la distribución de la precipitación pluvial, como son la Sierra de San Francisco, Santa Marta y San José del Pacífico (Salinas *et al.*, 1989).

Por su localización geográfica, la península está dentro del área de influencia, tanto del centro semipermanente de alta presión del Pacífico norte (CSAP), como de la corriente oceánica de California. Esta situación mantiene sobre ella condiciones de aridez, lo que ocasiona en general bajos niveles de precipitación pluvial. No obstante, en la época de verano-otoño, la región del SE se encuentra sometida a la influencia de la actividad ciclónica del Pacífico Tropical, la cual proporciona masas de aire húmedo que, al encontrar a su paso las elevaciones presentes en esa zona, especialmente en el área de la Sierra de la Laguna, origina lluvias de regular intensidad. Asimismo, en el NW, en la época de invierno-primavera, la cercanía de la corriente de California a las costas de la zona de estudio, crea condiciones para que el nivel de condensación se localice a baja altura, propiciando la formación de extensas capas de nubes estratiformes; esto, unido a la circulación aérea en la altura que acarrea masas de aire húmedo hacia el continente, da origen a lluvias de poca intensidad, aunque relativamente prolongadas. De esa manera, en la época de invierno-primavera, se tiene una segunda moda pluvial cuyo peso relativo en el total anual crece hacia el noroeste del Estado (García *et al.*, 1968).

Desde el punto de vista pluviométrico, la competencia de influencias entre el Océano Pacífico y el Golfo de California, así como entre el CSAP del Pacífico norte y la actividad ciclónica del Pacífico tropical, debe determinar la existencia de regiones caracterizadas por diferentes regímenes de precipitación pluvial.

Hastings *et al.* (1965), García *et al.* (1968), Rueda (1983), Reyes-Coca *et al.* (1985) y Salinas *et al.* (1988), utilizando métodos y criterios diferentes, han realizado trabajos importantes acerca de la determinación de las distintas unidades climáticas que existen en la Península de Baja California. Puede afirmarse que, en cuanto a la regionalización climática y la distribución geográfica de los patrones de lluvia en la península, no hay diferencias significativas entre estos autores; todos ellos coinciden en señalar una estratificación regional, que al ir de noroeste hacia sureste, se caracteriza por el paso de zonas con influencia templada a zonas con marcada influencia tropical; este esquema se observa de igual manera en el caso concreto de la parte meridional de la península, el estado de Baja California Sur: el extremo noroccidental -la región del Vizcaíno- que se extiende desde Laguna Ojo de Liebre hasta el norte de Bahía Magdalena, tiene un régimen pluviométrico anual con predominio de la moda de invierno, mientras que en la parte suroriental -la región de la Sierra de la Laguna- los volúmenes de lluvia fundamentales se reciben durante el verano; entre ambas se tienen otras zonas con regímenes pluviométricos transitorios.

Sin embargo, es natural esperar que los factores que determinan la regionalización climática de la Península de Baja California, de una región a otra y de un año a otro, sufran modificaciones que se traducen en alteraciones de los regímenes de lluvia normales. En este trabajo, además de comprobarse la existencia de una regionalización pluviométrica en el estado de Baja California Sur, se determina la variabilidad de la misma y se describen sus tendencias climáticas. Con base

en los datos de precipitación observados, se cuantifica el alejamiento de los patrones de lluvia anuales con respecto al promedio de cada región y se aplica a las series climáticas regionales el análisis armónico móvil (Leyva *et al.*, 1988) para determinar la variabilidad, en el tiempo y de región a región, de las amplitudes de algunos ciclos de interés climatológico.

El estudio de la climatología de la Península de Baja California en general y de los regímenes de lluvia como indicadores de cambio climático en particular, es importante para el control y aprovechamiento de los recursos naturales de la región, no sólo de la parte continental, es decir, de la península en sí, sino también de la parte oceánica. En efecto, los litorales que rodean el estado de Baja California Sur albergan un gran número de especies marinas de alto valor comercial y es una de las zonas, históricamente, de mayor producción (Ritter *et al.*, 1982). La distribución y abundancia de estas especies está condicionada por factores meteorológicos y oceanográficos y su variabilidad responde, en un alto porcentaje (Lluch *et al.*, 1986 y 1987) a cambios climáticos de diferentes escalas de tiempo. Dada la marcada influencia oceánica en la península, la determinación de la variabilidad climática en ella reflejará las variaciones de las condiciones oceanográficas y dará la posibilidad de estimar su efecto en la productividad marina.

Materiales y métodos

Para la realización de este trabajo se creó una base de datos de precipitación pluvial (valores totales mensuales), de las estaciones meteorológicas del estado de Baja California Sur con más de veinte años de operación (Salinas *et al.*, 1988) y la cual incluyó 57 estaciones (Fig. 1) operadas por la Oficina de Hidrometría de la Delegación Estatal en B. C. S. de la Comisión Nacional del Agua (C. N. A.).

Los datos que corresponden al periodo que va desde el inicio de la operación de cada estación hasta 1964 inclusive, se tomaron de Hastings (1964) y de Hastings *et al.* (1969). Los datos de 1965 a 1986 se obtuvieron directamente de los registros mensuales de la Delegación Estatal de la C. N. A. Los datos faltantes en las series se cubrieron con los valores normales de los meses correspondientes. Con excepción de las series de La Ribera (1947-1986), Los Planes (1952-1986), Santiago (1939-1986) y Todos Santos (1938-1986), las demás estuvieron incompletas, teniéndose en promedio 11 datos faltantes por estación; considerando que la longitud de las series es aproximadamente de 40 años, el número de datos faltantes representa el 2% del total. La falta de datos reduce, evidentemente, la confiabilidad de los resultados; sin embargo, al agrupar los datos por regiones y por épocas del año, para obtener las series promedio con las que se llevó a cabo el análisis, cabe esperar que la influencia de los errores aleatorios y de la substitución de los datos faltantes por los valores normales, se vea sustancialmente reducida.

Con base en el patrón anual de lluvia, promedio para todo el estado, se definieron las siguientes épocas pluviométricas:

época I: época de secas (marzo a junio)

época II: de lluvias de verano-otono (julio a octubre)

época III: de lluvias de invierno-primavera (noviembre a febrero del año siguiente)

El criterio cuantitativo utilizado para definir las regiones pluviométricas en que se subdivide

la zona de estudio lo constituye el parámetro, definido aquí como *índice de transición climática (ITC)*:

$$i_r = e_2 - e_3 \quad (1)$$

donde e_2 y e_3 representan los volúmenes relativos de lluvia (con respecto al total anual) de las épocas II y III, respectivamente. El dominio de esta magnitud lo constituye el intervalo (-1, 1); el valor mínimo le correspondería a estaciones que tuvieran un patrón pluviométrico anual caracterizado por lluvias solamente en la época de invierno-primavera, mientras que el valor más alto le correspondería a estaciones en las que sólo hubiera lluvias de verano-otoño. Como se sabe, durante la época de verano-otoño, al mismo tiempo que se intensifica la actividad ciclónica en el Pacífico tropical, el CSAP del Pacífico norte se aleja de las costas de California (Hastings, 1965); por esta razón, al patrón de lluvias para el cual se cumple que $e_2 > e_3$, se le denomina aquí de *tipo tropical*. En forma similar, dado que las lluvias de invierno-primavera coinciden con el acercamiento del CSAP del Pacífico norte a las costas de California y con el debilitamiento de la actividad ciclónica del Pacífico tropical, al patrón de lluvias para el cual se cumple que $e_2 < e_3$ se le denomina aquí de *tipo templado*.

Puede afirmarse entonces que el índice de transición climática aumenta cuando predominan condiciones tropicales y disminuye cuando predominan condiciones templadas.

Aunque el aumento del ITC puede deberse, tanto al incremento del peso relativo de las lluvias de verano-otoño como a la disminución del de las lluvias de invierno-primavera en los totales anuales, en ambos casos dicho aumento se interpreta como un reforzamiento de la influencia tropical y el consecuente debilitamiento de la influencia templada en el área en cuestión.

La delimitación de las regiones pluviométricas se llevó a cabo promediando en cada estación el ITC de la serie completa y agrupando las estaciones de acuerdo con las modas observadas en la distribución de frecuencias de dicho índice (Fig. 2). Sin embargo, también se tomaron en

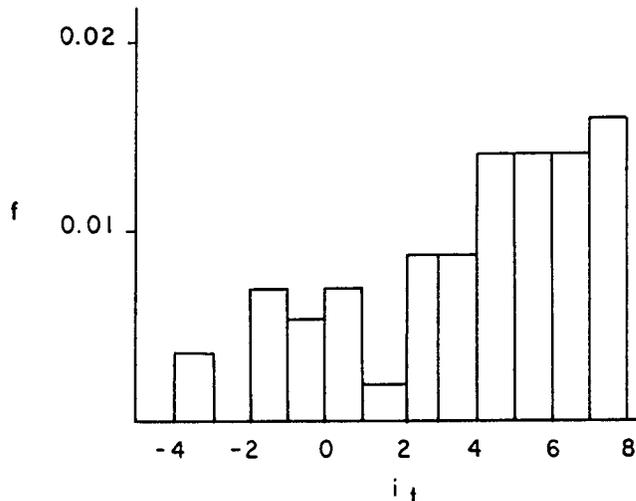


Fig. 2. Distribución de frecuencias del índice de transición climática medio de las estaciones (57 valores).

cuenta las características fisiográficas y climáticas de la zona de estudio. Cabe señalar que el uso del peso relativo de las lluvias de invierno como criterio para diferenciar un tipo climático de

otro, fue propuesto por García (1964) y utilizado por García y Mosiño (1968) para determinar la regionalización climática de la Península de Baja California. Como se demuestra más adelante, los resultados obtenidos por medio del índice de transición climática aquí propuesto, no contradice los obtenidos por dichos autores, quienes utilizaron un volumen de datos diferente.

Para analizar la variabilidad del ITC, tanto en el tiempo como de región a región, se utilizó el método de análisis armónico combinado con la técnica de los promedios móviles: se desarrollaron, en componentes armónicas, subseries de 23 años de longitud cada una, deslizando un año cada vez. Es decir, de cada serie regional del ITC se tomó la serie 1964-1986 y se obtuvo para la serie de los valores normalizados y estandarizados, las amplitudes de 11 armónicos, con períodos:

$$T = 23/i \quad (i = 1, 2, \dots, 11)$$

A continuación se tomó la serie 1963-1985, traslapada con la anterior y volvió a repetirse el mismo análisis, tantas veces como lo permitió la longitud de la serie. Esto abrió la posibilidad de determinar la variación de las amplitudes de los armónicos, no sólo de región a región, sino también de un intervalo móvil a otro. El armónico "cero", en este caso, constituye el promedio móvil del índice de transición, con período de alisamiento de 23 años.

Resultados

En la Fig. 2 se presenta la distribución de frecuencias del índice de transición medio de las estaciones analizadas. Si bien en el histograma podríamos hablar de dos grupos de valores, uno que va de -0.4 a 0.2 y otro que va de 0.2 a 0.8, la información *a priori* con que se cuenta acerca de la climatología de la península permite definir un mayor número de grupos de estaciones, climatológicamente diferentes entre sí.

Así, se definieron cinco grupos de estaciones de acuerdo con la siguiente gradación:

$i_r > +0.7$	Region pluviométrica	I
$+0.7 > i_r > 0.4$	" "	II
$+0.4 > i_r > +0.2$	" "	III
$+0.2 > i_r > -0.2$	" "	IV
$-0.2 > i_r$	" "	V

En la Fig. 3 se presenta la regionalización de la zona de estudio con base en el agrupamiento de las estaciones en función del ITC medio. En la Fig. 4 se muestra la distribución de volúmenes de lluvia por épocas para cada una de las cinco regiones obtenidas.

La región I está formada por estaciones que se encuentran en la zona de las mayores elevaciones del Estado, en la zona de la Sierra de la Laguna; el predominio de las lluvias de verano-otoño en esta región es evidente (Fig. 4). Englobando esta región y extendiéndose hacia el noreste por toda la vertiente oriental, hasta llegar a la altura de Santa Rosalía, se define la región II, en la cual el predominio de las lluvias de verano-otoño sobre las de invierno-primavera se reduce ligeramente. La definición de estas zonas coincide con lo reportado por Latorre y Penilla (1988) para la zona de las trayectorias más frecuentes de las tormentas y ciclones tropicales, originados en el Pacífico tropical.

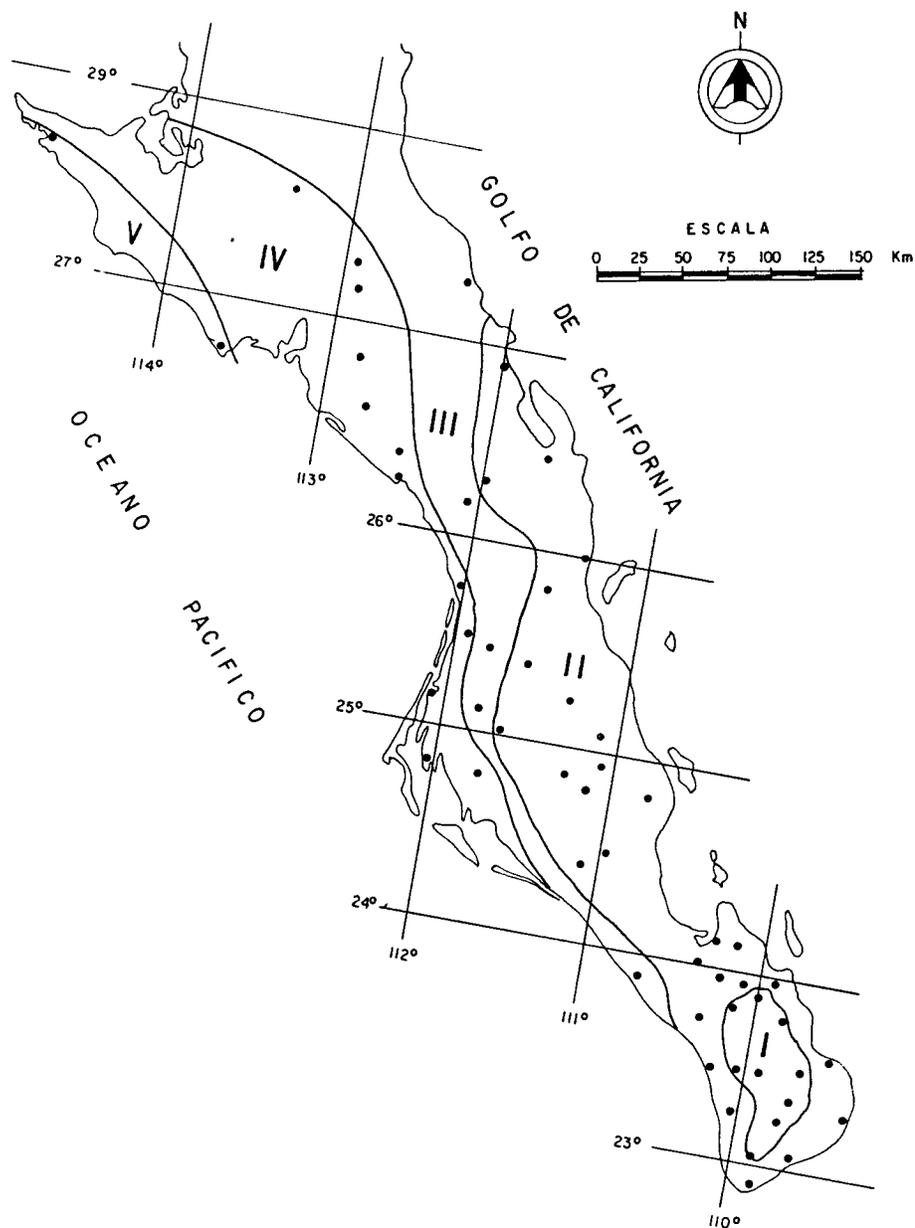


Fig. 3. Regionalización pluviométrica de la zona de estudio.

Las regiones III y IV se extienden desde Todos Santos y Bahía Magdalena, hacia el norte y a lo largo de la costa occidental, abarcando en su extremo norte la parte de la costa oriental localizada arriba de Santa Rosalía, el Desierto del Vizcaíno y la Laguna Ojo de Liebre. La región IV se caracteriza por iguales volúmenes de precipitación pluvial en las dos épocas de lluvias (Fig. 4) por lo que, en rigor, esta región puede considerarse, desde el punto de vista pluviométrico, de influencia mixta o de transición templado-tropical.

La región V, aunque representada únicamente por dos estaciones, lo cual estadísticamente no sustenta su separación como región independiente, muestra sin embargo un patrón anual de lluvias marcadamente diferente al resto del Estado; desde el punto de vista físico, ambas estaciones, Bahía

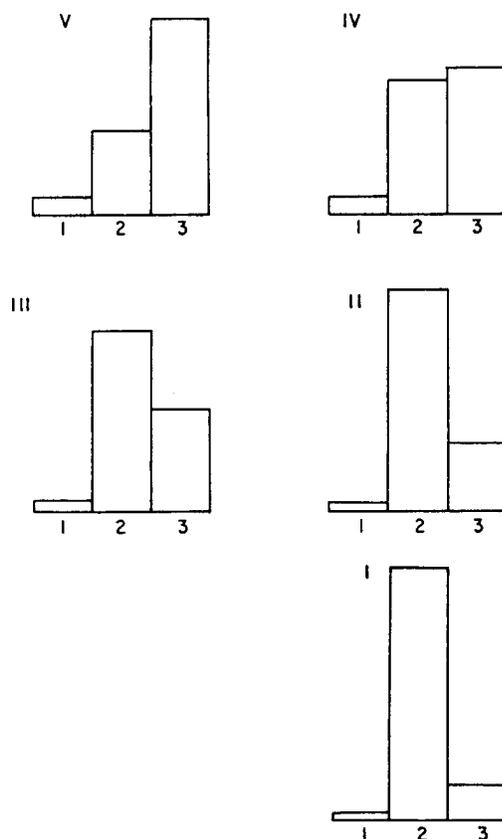


Fig. 4. Patrón anual de lluvias de las regiones pluviométricas I a V (volúmenes relativos).

Tortugas y Punta Abreojos, presentan, por su localización geográfica, una influencia más directa de la zona oceánica aledaña, fuertemente afectada por la Corriente de California, la cual condiciona una inversión de temperatura durante todo el año, excepto en la época invernal, cuando soplan en superficie fuertes vientos del océano al continente. Este carácter particular ha sido señalado anteriormente por García *et al.* (1968).

No obstante lo anterior, cabe esperar que esta regionalización climática, siendo válida en promedio, sufra modificaciones en el tiempo ya que la intensidad y cobertura de los fenómenos que la determinan no son constantes. En las Figs. 5 (a-e) se muestran las series del ITC para cada una de las regiones pluviométricas. En cada figura se marca el corredor $\pm\sigma$, es decir, de una desviación estándar alrededor del valor medio de la serie correspondiente, lo que permite distinguir fluctuaciones positivas (hacia la intensificación de la influencia tropical) y negativas (hacia la intensificación de la influencia templada) del ITC.

Dos características sobresalen en las Figs. 5 (a-e): a) la variabilidad del ITC, cuantificada a través de la desviación estándar de las series, crece de las regiones tropicales hacia las regiones templadas; b) las fluctuaciones negativas (eventos de temperización) son más intensas hacia las regiones de tipo tropical, mientras que las positivas (eventos de tropicalización) lo son en las zonas más templadas. La región IV, que debido a su patrón de tipo mixto hemos definido como de transición templado-tropical, muestra fluctuaciones tanto positivas como negativas y de intensidad aproximadamente igual.

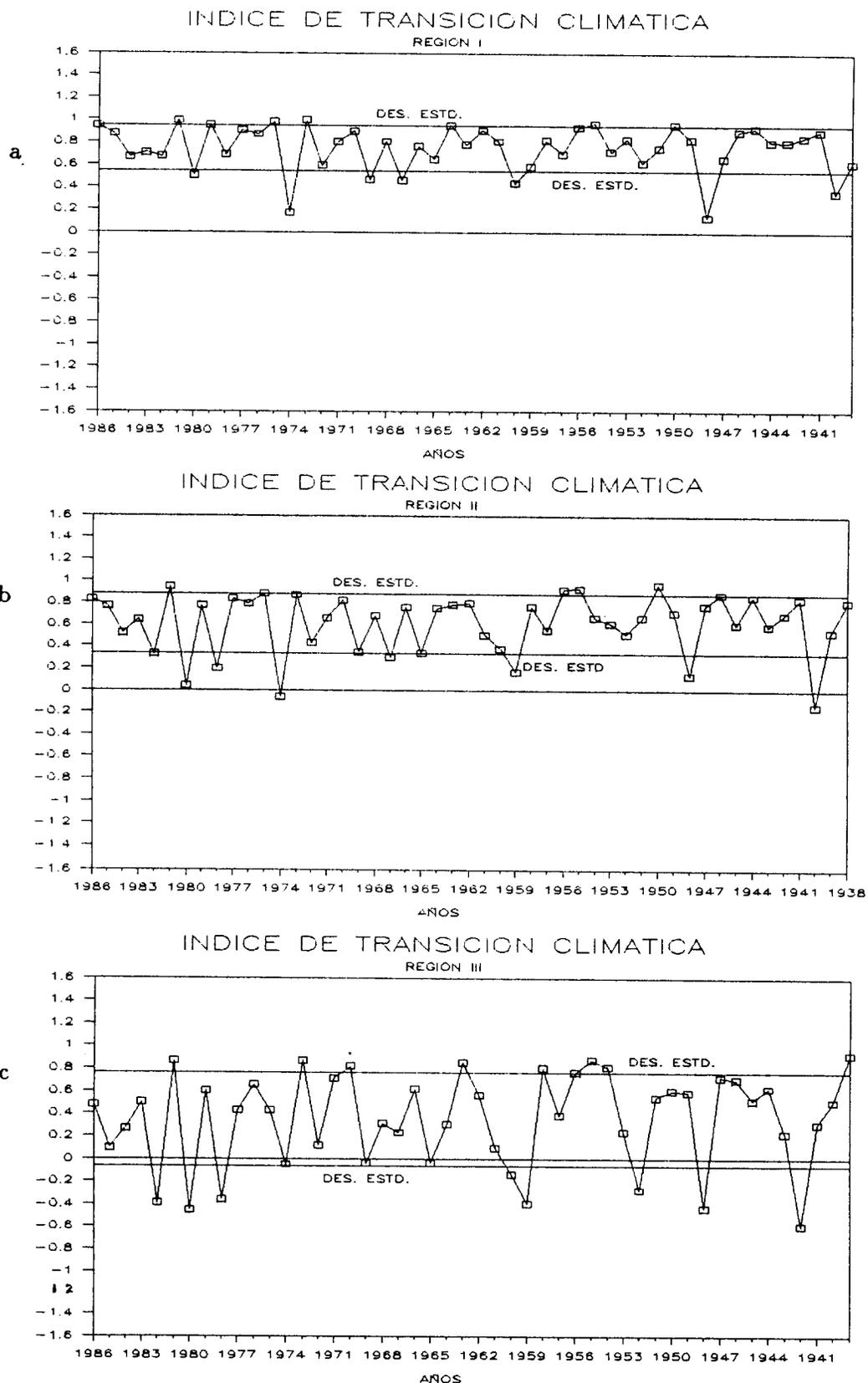
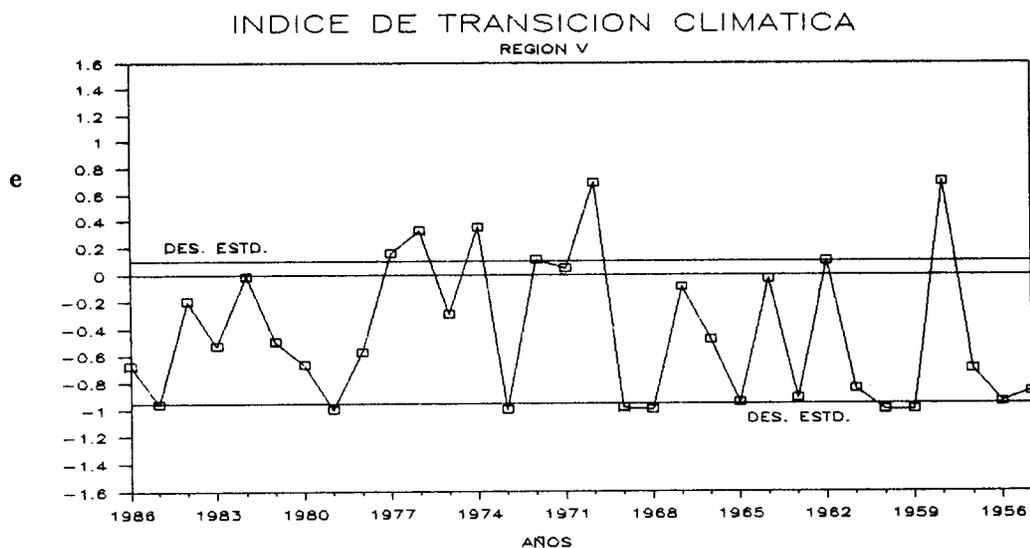
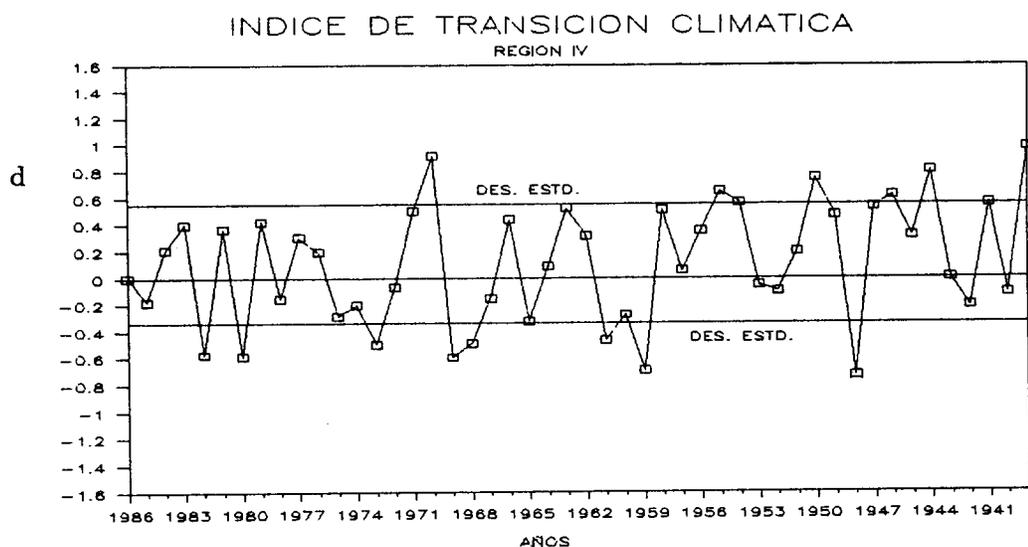


Fig. 5. Series de tiempo del ITC regional.



Por otro lado, los eventos de temperización tienen carácter general, es decir, abarcan más de una región simultáneamente. Puede decirse que en la zona de estudio hubo eventos importantes de temperización en los años: 1948, 1959-1960, 1965, 1969, 1973-1974, 1980 y 1982; entre los eventos más definidos, en las épocas más recientes, hay una separación aproximada de 5 años.

Con respecto a los eventos de tropicalización, es decir, fluctuaciones positivas del ITC, podemos decir que no tienen carácter general y se presentan comúnmente en una sola región. Así, en la región de la Sierra de la Laguna no han habido eventos de tropicalización, tal y como se han definido en este trabajo. En la región II se presentó solamente uno. En la región III se tienen cinco en total, cada 8 años aproximadamente y todos de poca intensidad. En la región IV sólo se detectaron tres: en 1939, 1944 y 1969. En la región V se registraron cuatro, con tendencia a hacerse cada vez menos intensos y más frecuentes. Solamente el evento de tropicalización de 1970 abarcó dos regiones al mismo tiempo: la IV y la V

El análisis armónico de los índices de transición regionales permitió estudiar varias señales, con periodos entre 2.1 y 23 años, las cuales representan ciclos de influencia templada y tropical alterada en las regiones pluviométricas. Los ciclos analizados pueden agruparse en ciertos intervalos ligados con periodicidades de fenómenos ya conocidos y tratados ampliamente en la literatura por su relación con los procesos climáticos: a) en el intervalo "cuasibianual" ("CBA"): de 2 a 3 años; b) en el intervalo "ENSO" (El Niño-Southern Oscillation): de 3 a 7 años y, tres señales aisladas con periodos de 7.7, 11.5 y 23.0 años, respectivamente. Las dos últimas están cerca del ciclo solar sencillo y del ciclo solar doble (promedios), respectivamente (Katz, 1971; Rueda, 1983; Bradley *et al.*, 1987; Ropelewsky *et al.*, 1987; Reyes-Coca, 1988).

En la Fig. 6 (a-e) se muestran los resultados del análisis armónico de la época 1964-1986. Como puede observarse, en el intervalo "CBA" hay dos modas (2.1 y 2.6 años) que se modifican ligeramente desde la región I hasta la región III, sufren una transición en la región IV y vuelven a aparecer en la región V, aunque con menor amplitud.

En el intervalo "ENSO" se observa también una evolución de las señales, de la región I a la región III, que consiste en un acentuamiento de las dos modas de este intervalo: 3.3 y 4.6 años. De la región III a la V, aunque permanece la estructura bimodal, hay un cambio de periodicidades: al mismo tiempo que la moda de 3.3 años aumenta de amplitud, el segundo máximo se desplaza de 4.6 a 5.8 años, pasando por una transición de la región IV.

En el intervalo de periodicidades mayores que 9 años, debido al reducido número de señales, el espectro se presenta muy suavizado. En este intervalo hay tendencia al predominio alternado de las ciclicidades al pasar de una región a otra. Así, el ciclo solar doble parece tener una influencia igual a la del ciclo solar sencillo en la región I, predomina en la región III y, con mayor intensidad, en la región V.

En general puede decirse que, al pasar de las regiones con patrones de lluvia "tropicales" a las regiones con patrones "templados", se observa una tendencia al reforzamiento de las señales de mayor período; en otras palabras, mientras en las regiones I, II y III las mayores amplitudes están en el intervalo "CBA", en las regiones IV y V destacan las señales de 5.8 y 23 años.

Los resultados del análisis armónico móvil se muestran en las Tablas 1 a 5: después de la columna que señala la época móvil correspondiente (definidas por medio del año inicial y el año final de la misma) y el promedio móvil, aparecen las columnas de las amplitudes de los armónicos: las tres primeras corresponden a los ciclos de 23, 11.5 y 7.7 años; las dos últimas al promedio de las amplitudes del intervalo "ENSO" y "CBA", respectivamente.

En la región I el predominio de la señal de 11.5 años y las del intervalo "ENSO" en las épocas 39/61 a 47/69 se ha visto substituido por la de la señal 7.7 años y las del intervalo "CBA" a partir de la época 49/71, aunque en las más recientes la de 7.7 años ha sufrido un debilitamiento parcial. La señal de 23 años ha permanecido débil en esta región durante todo el período de observación.

En la región II se observa una situación semejante en cuanto al predominio de las señales de 11.5 años y del intervalo "ENSO" en las primeras épocas, y de las de 7.7 años y del intervalo "CBA" a partir de la época 47/69. Como en el caso de la región I, también aquí la señal de 7.7 años se ha debilitado en las épocas más recientes. Asimismo, la señal relacionada con el doble ciclo solar, presenta amplitudes sistemáticamente débiles.

En el caso de la región III el predominio, hasta la época 57/79, ha correspondido a la señal de 7.7 años y a las del intervalo "ENSO"; a partir de la época 58/80 hasta la más reciente, sólo destacan

las del intervalo "CBA" con amplitudes moderadas. La señal relacionada con el ciclo solar sencillo tiene amplitudes moderadas en épocas intermedias. La señal de 23 años es sistemáticamente débil.

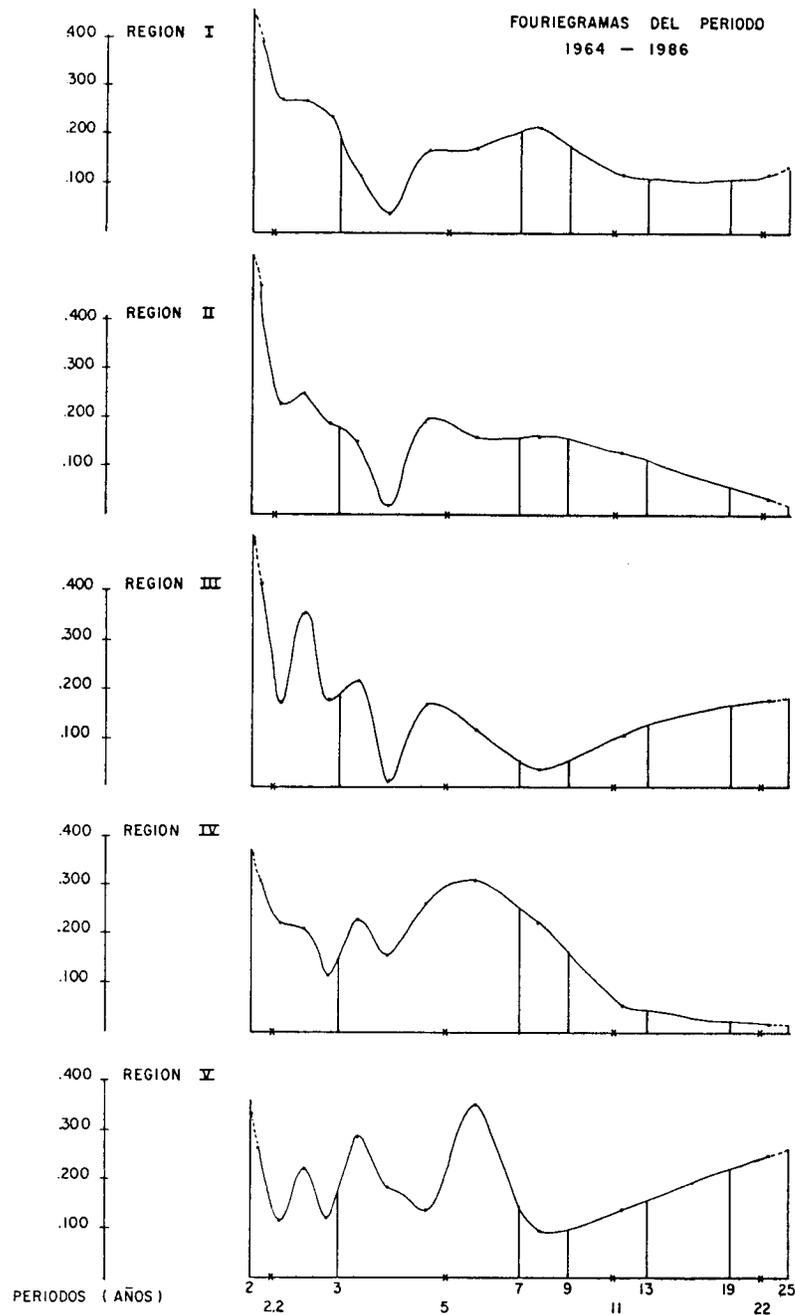


Fig. 6. Amplitudes de los armónicos del ITC en la época móvil 1964/1986, para las cinco regiones pluviométricas.

En la región IV se observa un cambio significativo en el comportamiento de las señales armónicas: las del intervalo "CBA" se muestran en general débiles y las del intervalo "ENSO" persistentes aunque con amplitudes moderadas. Contrariamente a lo que sucede en la región III con la señal de 7.7 años, en esta región es débil solamente al principio (épocas 39/61 a 44/66) para hacerse moderada y fuerte en todo el período posterior. Las señales relacionadas con los ciclos solares tienen también amplitudes moderadas hasta la época 50/72, a partir de las cuales se hacen sistemáticamente débiles.

La región V, aunque desafortunadamente con pocos datos, muestra sin embargo algunas características interesantes: el intervalo "CBA", la señal de 7.7 y la de 11.5 años, muestran poca contribución a la variabilidad del ITC, destacándose durante todo el periodo observado, la señal de 23 años y las del intervalo "ENSO". En esta región la señal de 23 años, relacionada como ya se dijo con el doble ciclo solar, presenta amplitudes fuertes.

En las Figs. 7 (a-e) se muestra la evolución en el tiempo del promedio móvil, con intervalo de alisamiento de 23 años, de las series regionales del ITC.

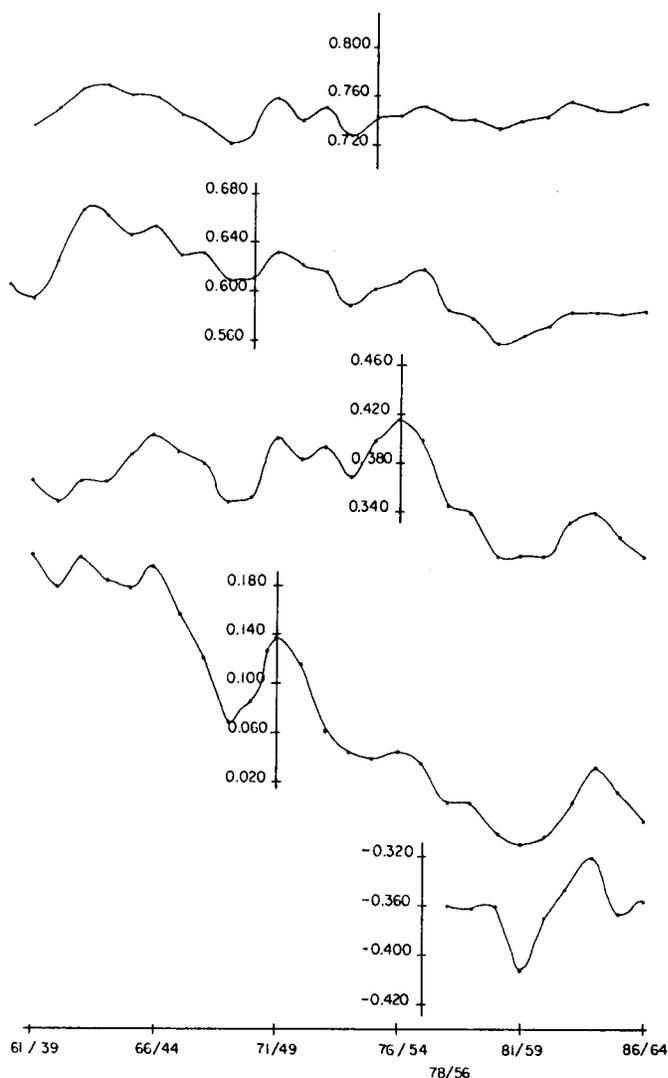


Fig. 7. Promedio móvil (con intervalo de alisamiento de 23 años) del índice de transición climática regional.

En la región I, el promedio móvil del ITC fluctúa alrededor de un valor medio constante y las variaciones se hacen sumamente pequeñas a partir de la época 53/75. En la región II hay una ligera tendencia a la temperización, es decir, a la disminución del ITC desde la época 41/63 hasta la 60/82, y de la 61/83 en adelante se hace constante. En la región III la curva de los promedios móviles es más variable, aunque puede decirse que desde la época 39/61 hasta la época 56/78 varía alrededor de un valor constante y que de la época 57/79 hasta la más reciente lo hace alrededor de otro. En la región IV la tendencia a la temperización es clara y persistente; aparentemente, en la región V es igual, pero la falta de datos anteriores a 1955 no permite confirmarlo.

Tabla No. 1. Amplitudes de los armónicos de las series móviles. Región 1

ANIN	AFIN	PMOV	23 años	11.5 años	7.7 años	~4.4 años (ENSO)	~2.5 años (CBA)
1964	1986	0.754	0.122	0.113	0.215	0.123	0.292
1963	1985	0.747	0.120	0.084	0.183	0.116	0.301
1962	1984	0.749	0.121	0.087	0.188	0.115	0.300
1961	1983	0.755	0.140	0.092	0.194	0.107	0.304
1960	1982	0.743	0.091	0.113	0.219	0.122	0.296
1959	1981	0.739	0.076	0.129	0.235	0.117	0.296
1958	1980	0.732	0.047	0.168	0.268	0.102	0.289
1957	1979	0.740	0.087	0.145	0.278	0.115	0.278
1956	1978	0.739	0.083	0.146	0.275	0.116	0.278
1955	1977	0.752	0.139	0.177	0.327	0.080	0.273
1954	1976	0.743	0.107	0.141	0.311	0.086	0.283
1953	1975	0.741	0.101	0.133	0.316	0.080	0.285
1952	1974	0.726	0.107	0.096	0.398	0.075	0.263
1951	1973	0.751	0.124	0.161	0.365	0.104	0.257
1950	1972	0.749	0.123	0.161	0.371	0.105	0.255
1949	1971	0.759	0.140	0.154	0.425	0.096	0.238
1948	1970	0.730	0.164	0.227	0.187	0.165	0.231
1947	1969	0.720	0.216	0.284	0.169	0.187	0.193
1946	1968	0.738	0.124	0.217	0.147	0.266	0.152
1945	1967	0.744	0.096	0.211	0.127	0.271	0.157
1944	1966	0.758	0.048	0.267	0.056	0.251	0.147
1943	1965	0.760	0.049	0.276	0.048	0.250	0.148
1942	1964	0.768	0.081	0.320	0.061	0.253	0.134
1941	1963	0.766	0.070	0.315	0.049	0.259	0.130
1940	1962	0.748	0.028	0.283	0.064	0.244	0.166
1939	1961	0.735	0.089	0.327	0.125	0.225	0.148

ANIN: Año inicial
 AFIN: Año final
 PMOV: Valor medio

La Fig. 7 muestra algunas características singulares. Por ejemplo, el mínimo de 47/69 y el máximo de 49/71 son comunes a todas las regiones (la región V carece de datos), aunque con una clara tendencia a disminuir hacia las regiones tropicales. Podría decirse lo mismo del mínimo de 59/81 y del máximo de 62/84.

Tabla No. 2. Amplitudes de los armónicos de las series móviles. Región II

ANIN	AFIN	PMOV	23 años	11.5 años	7.7 años	~4.4 años (ENSO)	~2.5 años (CBA)
1986	1964	0.584	0.035	0.132	0.160	0.131	0.282
1985	1963	0.582	0.028	0.126	0.156	0.131	0.283
1984	1962	0.583	0.032	0.129	0.160	0.131	0.282
1983	1961	0.583	0.030	0.128	0.158	0.131	0.281
1982	1960	0.571	0.041	0.131	0.163	0.143	0.284
1981	1959	0.564	0.062	0.146	0.180	0.134	0.281
1980	1958	0.556	0.092	0.177	0.211	0.127	0.274
1979	1957	0.578	0.028	0.123	0.211	0.183	0.250
1978	1956	0.585	0.034	0.116	0.225	0.176	0.253
1977	1955	0.617	0.150	0.206	0.349	0.074	0.261
1976	1954	0.609	0.123	0.180	0.337	0.083	0.271
1975	1953	0.602	0.098	0.157	0.384	0.082	0.278
1974	1952	0.586	0.075	0.152	0.417	0.090	0.253
1973	1951	0.617	0.156	0.156	0.368	0.133	0.210
1972	1950	0.621	0.165	0.149	0.356	0.134	0.217
1971	1949	0.633	0.202	0.124	0.403	0.118	0.202
1970	1948	0.610	0.160	0.195	0.266	0.174	0.218
1969	1947	0.608	0.165	0.205	0.263	0.176	0.214
1968	1946	0.631	0.130	0.144	0.260	0.242	0.165
1967	1945	0.628	0.135	0.143	0.269	0.242	0.161
1966	1944	0.652	0.111	0.224	0.170	0.233	0.158
1965	1943	0.645	0.119	0.191	0.197	0.231	0.164
1964	1942	0.660	0.100	0.265	0.209	0.219	0.177
1963	1941	0.664	0.096	0.274	0.222	0.214	0.178
1962	1940	0.624	0.191	0.244	0.062	0.186	0.232
1961	1939	0.612	0.235	0.283	0.090	0.181	0.206
1960	1938	0.626	0.185	0.232	0.042	0.217	0.189

ANIN: Año inicial
AFIN: Año final
PMOV: Valor medio

Conclusiones

La regionalización obtenida confirma la existencia de una relación directa entre los patrones anuales de precipitación pluvial y los factores climatológicos que predominan sobre la zona de estudio. Las regiones obtenidas muestran una estratificación casi longitudinal que, por la posición de la península, va de SE a NW pasando de regiones con mayor influencia tropical a regiones con mayor influencia templada.

Tabla No. 3. Amplitudes de los armónicos de las series móviles. Rengión III

ANIN	AFIN	PMOV	23 años	11.5 años	7.7 años	~4.4 años (ENSO)	~2.5 años (CBA)
1986	1964	0.304	0.176	0.106	0.032	0.129	0.282
1985	1963	0.320	0.151	0.133	0.066	0.143	0.277
1984	1962	0.340	0.129	0.184	0.113	0.141	0.265
1983	1961	0.333	0.139	0.166	0.105	0.150	0.260
1982	1960	0.305	0.194	0.146	0.147	0.168	0.256
1981	1959	0.305	0.195	0.146	0.148	0.168	0.256
1980	1958	0.302	0.203	0.154	0.153	0.167	0.254
1979	1957	0.339	0.138	0.071	0.208	0.227	0.203
1978	1956	0.346	0.126	0.057	0.223	0.218	0.211
1977	1955	0.399	0.174	0.151	0.354	0.161	0.203
1976	1954	0.416	0.209	0.191	0.361	0.160	0.190
1975	1953	0.398	0.162	0.156	0.385	0.168	0.200
1974	1952	0.367	0.075	0.153	0.437	0.196	0.150
1973	1951	0.393	0.140	0.114	0.395	0.216	0.129
1972	1950	0.381	0.118	0.144	0.408	0.211	0.130
1971	1949	0.401	0.159	0.092	0.448	0.202	0.138
1970	1948	0.351	0.117	0.193	0.292	0.218	0.184
1969	1947	0.347	0.124	0.202	0.289	0.220	0.180
1968	1946	0.379	0.082	0.203	0.287	0.238	0.163
1967	1945	0.388	0.074	0.218	0.272	0.238	0.166
1966	1944	0.405	0.067	0.259	0.229	0.247	0.154
1965	1943	0.388	0.085	0.220	0.264	0.247	0.142
1964	1942	0.364	0.126	0.176	0.254	0.257	0.150
1963	1941	0.364	0.125	0.176	0.254	0.257	0.150
1962	1940	0.349	0.163	0.207	0.227	0.246	0.160
1961	1939	0.365	0.127	0.165	0.252	0.247	0.158

ANIN: Año inicial
 AFIN: Año final
 PMOV: Valor medio

La regionalización, obtenida aquí con ayuda de los valores promedio del índice de transición climática, coincide en lo fundamental con la regionalización obtenida por otros autores con diferentes volúmenes de información. Esto demuestra la existencia de regiones con características pluviométricas determinadas por la acción de factores climáticos permanentes, aunque de intensidad variable, de región a región y de un año a otro.

Tabla No. 4. Amplitudes de los armónicos de las series móviles. Región IV

ANIN	AFIN	PMOV	23 años	11.5 años	7.7 años	~4.4 años (ENSO)	~2.5 años (CBA)
1986	1964	-0.011	0.019	0.049	0.227	0.241	0.213
1985	1963	0.012	0.061	0.047	0.270	0.235	0.213
1984	1962	0.033	0.111	0.095	0.313	0.223	0.194
1983	1961	0.003	0.046	0.037	0.294	0.230	0.182
1982	1960	-0.026	0.056	0.078	0.348	0.225	0.176
1981	1959	-0.031	0.066	0.089	0.355	0.218	0.177
1980	1958	-0.025	0.051	0.076	0.341	0.217	0.186
1979	1957	0.003	0.015	0.085	0.376	0.235	0.134
1978	1956	0.000	0.008	0.079	0.371	0.240	0.133
1977	1955	0.035	0.087	0.155	0.427	0.202	0.142
1976	1954	0.046	0.109	0.174	0.427	0.208	0.131
1975	1953	0.035	0.089	0.162	0.438	0.204	0.131
1974	1952	0.043	0.102	0.163	0.425	0.204	0.135
1973	1951	0.060	0.128	0.147	0.393	0.210	0.137
1972	1950	0.115	0.216	0.096	0.385	0.186	0.133
1971	1949	0.138	0.254	0.088	0.425	0.180	0.138
1970	1948	0.085	0.194	0.163	0.295	0.186	0.206
1969	1947	0.068	0.210	0.208	0.299	0.196	0.189
1968	1946	0.121	0.184	0.133	0.264	0.234	0.157
1967	1945	0.156	0.190	0.167	0.212	0.248	0.169
1966	1944	0.197	0.200	0.251	0.111	0.251	0.168
1965	1943	0.179	0.199	0.211	0.144	0.248	0.177
1864	1942	0.184	0.198	0.221	0.144	0.244	0.180
1963	1941	0.204	0.175	0.231	0.177	0.235	0.185
1962	1940	0.176	0.217	0.250	0.117	0.210	0.211
1961	1939	0.205	0.151	0.187	0.147	0.205	0.230

ANIN: Año inicial
AFIN: Año final
PMOV: Valor medio

Tabla No. 5. Amplitudes de los armónicos de las series móviles. Región V

ANIN	AFIN	PMOV	23 años	11.5 años	7.7 años	~4.4 años (ENSO)	~2.5 años (CBA)
1986	1964	-0.357	0.249	0.143	0.096	0.240	0.180
1985	1963	-0.367	0.264	0.127	0.103	0.233	0.181
1984	1962	-0.321	0.176	0.218	0.160	0.224	0.198
1983	1961	-0.349	0.225	0.163	0.102	0.225	0.208
1982	1960	-0.370	0.252	0.140	0.086	0.224	0.203
1981	1959	-0.413	0.312	0.174	0.149	0.214	0.188
1980	1958	-0.361	0.238	0.082	0.064	0.256	0.193
1979	1957	-0.362	0.238	0.084	0.063	0.255	0.193
1978	1956	-0.360	0.239	0.080	0.067	0.253	0.196
1977	1955	-0.373	0.229	0.094	0.045	0.254	0.196

ANIN: Año inicial
 AFIN: Año final
 PMOV: Valor medio

En la parte sureste del Estado se destaca una región formada por una serie de estaciones localizadas en las inmediaciones de la Sierra de la Laguna y a la cual le corresponden en promedio los valores más altos del ITC de toda la zona de estudio. Sus características fisiográficas, entre las que destaca el comprender las mayores elevaciones de la zona de estudio, le permiten recibir con mayor eficiencia la influencia de la actividad ciclónica del Pacífico tropical y, en particular, la de los ciclones que penetran en la zona. La región V, localizada sobre la costa noroeste del estado y representada en nuestra base de datos únicamente por dos estaciones: Bahía Tortugas y Punta Abreojos, presenta el patrón de lluvias con el mayor volumen de precipitación pluvial de la época de invierno-primavera; no puede dejar de señalarse que es precisamente en esta zona, en donde la corriente fría de California se acerca más a la costa de la península durante esta época y donde se forman grandes capas de nubes estratiformes que causan precipitaciones de poca intensidad pero prolongadas. La región señalada como de régimen mixto (región IV) puede considerarse de mayor efectividad, en cuanto a las posibilidades de aprovechamiento de la precipitación pluvial, por la existencia de dos épocas de lluvia a lo largo del año, aunque los volúmenes de lluvia sean menores que los que se presentan en la región meridional del Estado.

Por otro lado, si bien el análisis del ITC promedio nos llevó a la conclusión de la existencia de condiciones climáticas medias, las series históricas del ITC muestran que dicha regionalización sufre variaciones importantes en el tiempo. Así, los eventos de temperización (fluctuaciones del ITC mayores que una desviación estándar) abarcan varias regiones simultáneamente y presentan una periodicidad aproximada de 5 años mientras que los eventos de tropicalización son más localizados y no presentan una periodicidad aparente. Sin embargo, el análisis armónico destaca dos periodicidades características: una que corresponde al intervalo "ENSO" y que se presenta con mayor intensidad en las regiones IV y V y que podría estar relacionada con la influencia de tormentas y ciclones tropicales; y otra, en región I, II y III, con periodicidad del intervalo "CBA" y que podría estar relacionada con la actividad ciclónica general del Pacífico tropical.

Los resultados obtenidos por medio del análisis del índice de transición climática, apuntan a la conclusión de que hacia la zona templada la influencia de los ciclones en las lluvias de verano-otoño, produce una mayor variabilidad del ITC con periodicidades que caen dentro del intervalo "ENSO" (ver tabla 1-d). Esto se refleja en un incremento monótono de la desviación estándar de las series y en un cambio gradual del peso de las señales "CBA" hacia las señales "ENSO", de las regiones tropicales hacia las regiones templadas. El comportamiento de las señales relacionadas con los ciclos solares sugieren que su influencia se incrementa hacia las regiones templadas, aunque no en forma monótona.

La evolución en el tiempo de las amplitudes de los armónicos, obtenida por medio de la combinación del análisis armónico y la técnica de los promedios móviles, reveló la ausencia de tendencia climática en la región I (Sierra de la Laguna). En el resto de las regiones hay tendencias a la temperización, que son más evidentes en la región IV, la región considerada de transición templado-tropical.

Comparando las curvas de los promedios móviles con la evolución de las amplitudes de los demás armónicos, puede advertirse que la estabilidad climática de la región I coincide con el predominio de las señales del intervalo "cuasibianual", sobre todo en las épocas móviles más recientes. En cambio en la región IV, en donde se obtiene una tendencia clara a la temperización, hay un predominio de la señal de 7.7 años, pero las señales "ENSO", si bien de amplitudes moderadas, son más persistentes.

Se concluye también, que los mares de la zona de transición templado-tropical del pacífico mexicano, en la cual se ubica esta parte de la península, ejercen una marcada influencia en la climatología de tierra. Por consiguiente, a partir de la determinación de las variaciones climáticas observadas en las estaciones peninsulares, se tiene la posibilidad de estimar las variaciones que se llevan a cabo en las zonas oceánicas aledañas (Douglas, 1985). Es decir, además de la posibilidad de regulación de los recursos terrestres de la zona, puede estimarse la climatología oceánica de las aguas circundantes y su relación con la variabilidad de las poblaciones de especies marinas.

REFERENCIAS

- Arriaga, L. y A. Ortega (Eds.), 1988. La Sierra de la Laguna de Baja California Sur. Publicación No. 1, Centro de Investigaciones Biológicas de B. C. S., 237 pags. con ilustraciones.
- Bradley, R. S., H. F. Díaz, G. N. Kiladis and J.K. Eischeid, 1987. ENSO signal in continental temperature and precipitation records. *Nature*, **327**, 6122, pp. 497-501.
- Douglas, A. V., 1985. Geophysical estimates of sea surface temperatures off western North America since 1671. CalCOFI Rep., Vol. XXI, pp. 102-112.
- García, E., 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Primera edición, Instituto de Geografía, UNAM, México, D. F.
- García, E., P. Mosiño A., 1968. Los climas de la Baja California. En: Comité Nacional Mexicano para el Decenio Hidrológico Internacional, Instituto de Geofísica, UNAM. Memoria 1966-1967 Editor: Ing. R. del Arrenal C., México, D. F.
- Hastings, J. R. (Ed.), 1964. Climatological Data for Baja California. Technical Report on the Meteorology and Climatology of Arid Regions. No. 14. Tucson: University of Arizona. Institute of Atmospheric Physics.

- Hastings, J. R., R. M. Turner, 1965. Seasonal precipitation regimes in Baja California, Mexico. *Geografiska Annaler*: 47 A, pp. 204-223.
- Hastings, J. R., R. R. Humphrey (Eds.), 1969. Climatological data and statistics for Baja California. Technical Report on the Meteorology and Climatology of Arid Regions. No. 18. Tucson: University of Arizona, Institute of Atmospheric Physics.
- Katz, A. L., 1971. Rasgos típicos de la circulación atmosférica y de su interacción de gran escala con el Océano Atlántico en el meridiano de 30°W. Abril-Mayo de 1970. En: "La Ciclicidad Cuasibianual y la Circulación en la Atmósfera y en el Océano." A. L. Katz (red. en jefe). Editorial Hidrometeorológica. Leningrado, 1971, 192 págs. (en ruso).
- Kousky, V. E., T. M. Kagano, I. F. A. Cavalcanti, 1984. A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus*, 36 A, No. 5, 490-504.
- Latorre, C., L. Penilla, 1988. Influencia de los ciclones en la precipitación de Baja California Sur. *Atmósfera*, 1, No. 2, 99-112.
- Leyva-Contreras, A., C. A. Salinas Z., F. de LaChica B., E. Díaz 1988. Determinación de la variabilidad en los componentes armónicos de la precipitación en Baja California Sur, México. III Congreso Interamericano de Meteorología, 14-18 de noviembre de 1988, México, D. F.
- Lluch-Belda, D., F. J. Magallón and R. A. Schwartzlose, 1986. Large Fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: Possible causes. *CalCOFI Rep.* Vol. XXVII, pp. 136-140.
- Lluch-Belda, D., F. J. Magallón and R. A. Schwartzlose, 1987. Causas Posibles de las fluctuaciones en la abundancia de sardina en la costa de las Californias. Memorias del Simposio sobre Investigación en Biología y Oceanografía Pesquera en México. Abril 1987. CICIMAR-IPN. La Paz B. C. S., México.
- Reyes-Coca, S., P. Rojo-Salazar, 1985. Variabilidad de la precipitación en la península de Baja California. *Rev. Geofísica*, No. 22/23.
- Reyes-Coca, S., A. Mejía-Trejo, D. L. Cadet 1988. Tropical cyclone activity in the eastern Pacific in relation to the ENSO phenomenon. To be submitted to the *Monthly Weather Review*.
- Ritter-Ortiz, W. S., S. Guzmán-Ruiz, 1982. Efectos Meteorológicos y Oceanográficos en la productividad del Océano Pacífico del Este". *Revista Geofísica*, 17, 23-39.
- Ropelewski, C. F., M. S Halpert, 1987. Global and regional precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 1606-1626.
- Rueda, F. S, 1983. Reconstrucción de la precipitación en las costas noroccidentales de México a través de información dendrocronológica. Tesis de Maestría en Ciencias Pesqueras, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B. C. S., México.
- Salinas-Zavala, C. A., A. Leyva-Contreras (Eds.), 1989. Totales mensuales de precipitación pluvial en Baja California Sur. Informe Técnico. Centro de Investigaciones Biológicas de B. C. S. y Delegación Estatal de la S. A. R. H. en Baja California Sur. La Paz, B. C. S., México.
- Salinas-Zavala, C. A., A. Leyva, F. de LaChica, E. Díaz, 1988. Distribución geográfica de los regímenes térmicos y pluviométricos en Baja California Sur, Mexico. *CalCOFI Conference*, Arrowhead C. A. USA. Nov. 7-10, 1988. Abstract.

Salinas-Zavala, C. A., E. Díaz-Rivera, 1989. Climatología y Meteorología. En: "El Desierto del Vizcaíno". Publicación del Centro de Investigaciones Biológicas de B. C. S., A. C. (en revisión).

Secretaría de Desarrollo, Gobierno del Estado de Baja California Sur, 1988. Baja California Sur. Datos básicos 1987-1988. La Paz, B. C. S., México.