

## **Anomalías de precipitación en Baja California Sur durante 1990. Posibles causas**

**C. A. SALINAS-ZAVALA, D. B. LLUCH-COTA, S. HERNÁNDEZ-VÁZQUEZ,  
D. LLUCH-BELDA**

*Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A. C. Ap. Postal 128, La Paz, B. C. S., México*

(Manuscrito recibido 2 de julio, 1991; aceptado en forma final 4 de oct., 1991)

### **RESUMEN**

Las lluvias durante 1990 en el estado de Baja California Sur, México, fueron muy abundantes; siendo el tercer registro más importante desde 1950. Con objeto de identificar las características del patrón estacional de lluvias durante ese año, se analizaron algunos indicadores temporales: peso relativo de las épocas de lluvia de verano e invierno, variación interanual en ambas costas, presencia de ciclones de origen tropical, y algunos indicadores espaciales como el comportamiento de las regiones pluviométricas del estado. Los resultados obtenidos se comparan con aquellos registrados durante el año de 1983, caracterizado como de abundantes lluvias en el estado derivadas de una intensa actividad tropical asociada a un evento ENSO muy fuerte. El análisis comparativo de los indicadores seleccionados muestra que las condiciones que dieron origen a las abundantes lluvias durante 1990 fueron diferentes a las de 1983. Finalmente, el comportamiento espacial de los regímenes pluviométricos durante 1990 se asocia a la condición térmica anómala imperante durante ese año y parte de 1991 en las aguas oceánicas adyacentes a la costa occidental del estado.

### **ABSTRACT**

During 1990, rainfall over Baja California Sur, México, reached very high values, accounting for the third highest record since 1950. The characterization of the seasonal precipitation pattern on that year was intended, by the analysis of some rainfall temporal indicators: relative contribution of the summer and winter precipitation, interannual variation among both coasts and tropical hurricanes occurring over the area; as well as some spatial ones; like the modification of the average previously defined precipitation spatial distribution (regions) over the state. Results are compared with those registered during 1983, a year with high precipitations derived from by a particularly intense ENSO event. The comparative analysis of the selected indicators shows that the conditions originating high rainfall values during 1990 were quite different than the conditions on 1983. The spatial behavior of the precipitation regimes during 1990 is associated with a persisting and high SST warm anomaly occurred over the west coast of Baja California during 1990 and the first part of 1991.

### **Introducción**

Después de varios años de sequías en el estado de Baja California Sur (1985-1988), el invierno de 1989-1990 marcó el inicio de un periodo de abundantes lluvias que perduró a lo largo del año.

El análisis de la variabilidad climática, en particular el de la precipitación pluvial, resulta crítica para lugares como éste en donde gran parte de la actividad económica depende del agua precipitada. En la parte meridional de la Península se han descrito dos sistemas importantes de aportes de lluvia en el estado. Por un lado, y reconocido tradicionalmente como el más importante, está la presencia de los sistemas convectivos de origen tropical que producen lluvias

durante los meses de verano-otoño y que van asociados con la presencia de ciclones y tormentas tropicales. Por otro lado está el sistema de inestabilidad atmosférica que se produce durante el invierno al romperse la inversión térmica provocada por la corriente oceánica fría de California, lo que permite que el aire se vuelva inestable y favorezca las precipitaciones. Estas precipitaciones se asocian también con la presencia de frentes fríos, vaguadas polares y el corrimiento hacia el Norte de la celda semipermanente de alta presión en el Pacífico nororiental. El sistema climático antes descrito condiciona el clima mediterráneo en la porción noroeste de la Península (Hastings y Turner, 1965; García y Mosiño, 1968).

Desde los primeros trabajos publicados sobre la climatología de la Península de Baja California se reconoció la influencia que los mares adyacentes tienen sobre ésta (Blake, 1935; Hastings y Turner, 1965; García y Mosiño, 1968; Markham, 1972). Adicionalmente, se ha discutido la importancia relativa que los mares -Golfo de California, Pacífico nororiental e incluso el Golfo de México- tienen en el aporte de vapor de agua hacia el Desierto Sonorense (Brenner, 1974; Reyes y Cadet, 1988; Adang y Gall, 1989). La existencia de relaciones causa-efecto entre el comportamiento térmico del océano y las condiciones climáticas imperantes en las porciones de tierra adyacentes a él se han propuesto recientemente (Douglas *et al.*, 1982; Namias, 1991).

Particularmente, Carleton *et al.* (1990), han propuesto algunos mecanismos de interacción océano-atmósfera para explicar los volúmenes de precipitación anual acumulada en el estado de Arizona, EUA, para años caracterizados como secos y húmedos. De estos mecanismos, destaca la relación propuesta entre las anomalías de temperatura superficial del mar en el Pacífico nororiental, justo frente a los mares occidentales de México, y el total de lluvia registrada.

La relación entre el clima oceánico y los volúmenes de precipitación pluvial, suficientemente documentada, ha llevado a analizar la variabilidad climática interanual con objeto de dilucidar algún sentido periódico en ella. La primera relación de este tipo ha sido asociada con el fenómeno climatológico global conocido como ENSO (Rueda, 1983; Reyes y Rojo, 1985; Bradley *et al.*, 1987; Nicholls, 1988; Cavazos y Hastenrath, 1990); sin embargo, se ha sugerido que en las conexiones extratropicales es necesario considerar no sólo aquellos eventos climáticos de origen ecuatorial, sino también a los sistemas climáticos propios de latitudes medias, con objeto de tener una idea más clara de la variabilidad interanual en estas latitudes (Namias, 1985). Uno de estos fenómenos es el conocido como "mid-latitude warming" el cual acarrea agua oceánica cálida del océano Pacífico central del norte hacia la costa occidental de las Californias (Norton *et al.*, 1985).

En el presente trabajo se dan elementos para mostrar que un sistema oceánico de origen extratropical moduló las abundantes y persistentes lluvias registradas durante 1990 en el estado de Baja California Sur.

## Datos

Los datos analizados en este trabajo son los totales mensuales de precipitación pluvial de las estaciones climatológicas con veinte o más años de operación en el estado de Baja California Sur, los cuales fueron descritos en un trabajo previo (Salinas-Zavala *et al.*, 1990). Adicionalmente, en este trabajo se utilizaron los datos correspondientes a la estación climatológica denominada Punta Eugenia, localizada en los 27°51' LN y los 115°04' LW, con una elevación de 15 msnm.

Ya que el estado de Baja California Sur se encuentra localizado en una zona de transición climática, en ese mismo trabajo y con base en el patrón anual de precipitación de cada una de las estaciones, se propuso la utilización del parámetro denominado Índice de Transición Climática (ITC) para identificar el predominio de alguna de las dos épocas de lluvias que se presentan en el estado cada año. Este parámetro está definido como:

$$ITC = e_2 - e_3$$

donde  $e_2$  y  $e_3$  representan los volúmenes relativos de precipitación, con respecto al total anual, de

las épocas de lluvia de verano (julio-octubre) y de invierno (noviembre-febrero) respectivamente; la época e1 se considera la época seca del año (marzo-junio). Este mismo parámetro fue calculado para un año caracterizado como de intensa actividad convectiva de origen tropical: 1983, y para el año que se analiza: 1990, con la salvedad de que en este último la época con lluvia de invierno (e3), sólo comprendió los meses de noviembre y diciembre.

Se ha propuesto también una gradación del ITC para definir las distintas regiones pluviométricas promedio en el estado de Baja California Sur (Salinas-Zavala *et al.*, 1990):

ITC > +0.7	Región pluviométrica	I
+0.7 > ITC > +0.4	"	II
+0.4 > ITC > +0.2	"	III
+0.2 > ITC > -0.2	"	IV
-0.2 > ITC	"	V

Para el caso de las mediciones de temperatura superficial del mar, se utilizó la base de datos denominada Experimental CD-ROM NODC-01 compilada por el National Oceanic and Atmospheric Administration (Topoly *et al.*, 1989), con la cual se calculó el patrón anual de temperatura de los cuadrantes definidos por un grado de longitud y latitud del área analizada comprendida entre los 20-40°LN y los 105-135°LW. Estos patrones fueron comparados contra los registros digitalizados de los mapas de isotermas superficiales generados cada cuatro días por la misma agencia estadounidense para el área antes mencionada, se tomaron los mapas de 1990 y 1991 que más se acercaran al día 15 de cada mes. De esta manera, se generaron mapas de anomalías de temperatura superficial para el año de 1990 y para los meses de febrero y marzo de 1991.

## Resultados

Los volúmenes de precipitación promedio registrados durante 1990 estuvieron por arriba del promedio histórico computado desde 1950. Estos valores son superados únicamente por los obtenidos durante 1958-1959 y 1982-1983, años caracterizados por la presencia de eventos tipo ENSO clasificados como fuertes y muy fuertes respectivamente (Quinn *et al.*, 1987). (Fig. 1). Durante 1990 una masa de agua oceánica anómalamente cálida se origina en el Pacífico norte central y aparece en el área analizada durante el mes de abril, la información revela un movimiento de ésta en sentido W-E alcanzando la costa de las Californias en el mes de mayo, permaneciendo ahí a lo largo del año y alcanzando anomalías positivas de hasta cinco grados centígrados en una amplia zona oceánica adyacente a la Baja California (Fig. 2). La descripción y discusión más detallada acerca de la presencia de este fenómeno oceanográfico durante 1990, puede ser consultado en (Lluch-Cota *et al.*, 1991). La información correspondiente a los primeros meses de 1991 muestra que la anomalía cálida persistió durante los meses de febrero y marzo (Fig. 3).

Con objeto de identificar el efecto que el vapor de agua producido por el calentamiento oceánico antes mencionado tuvo en la precipitación pluvial registrada en el estado de Baja California Sur, se muestran las respuestas de cada una de las regiones pluviométricas, tanto en sus volúmenes totales de lluvia registrada como en el comportamiento espacial de los distintos patrones anuales de precipitación que las determinan, y se comparan estos resultados con los valores promedio y los que se manifestaron durante el evento de tropicalización anómalo tipo ENSO de 1983.

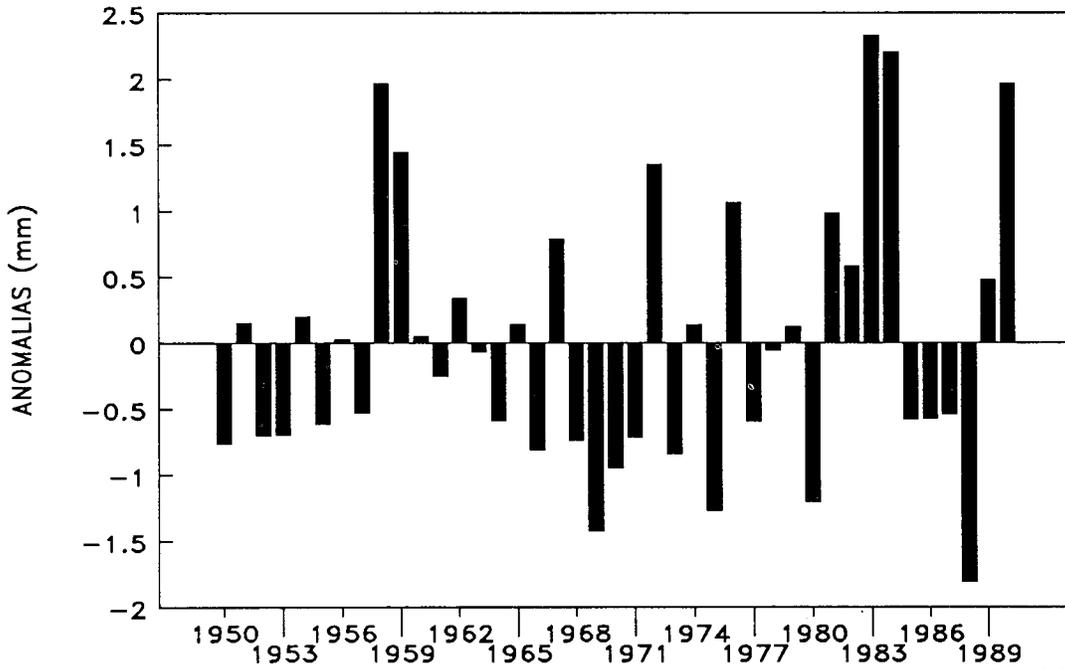


Fig. 1. Anomalías de precipitación pluvial promedio anual en el estado de Baja California Sur, México. (51 estaciones climatológicas).

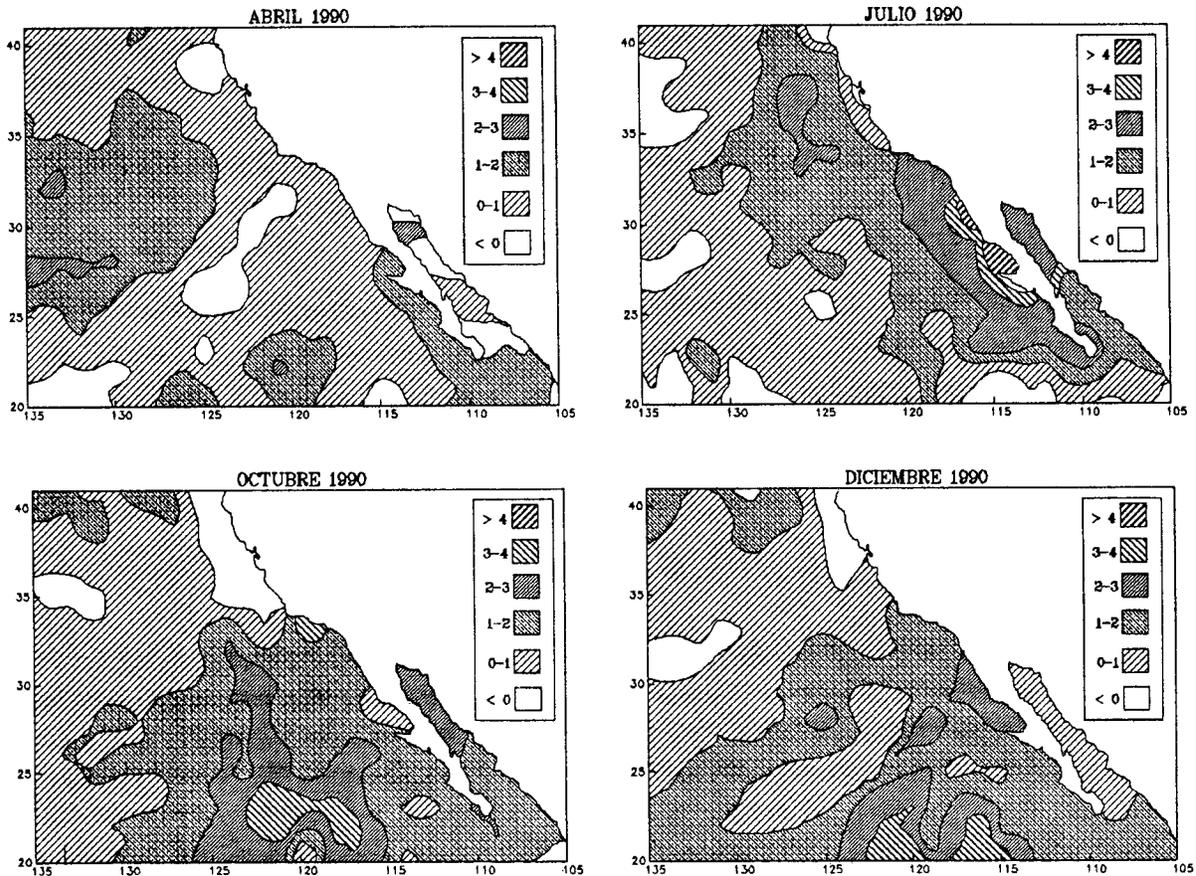


Fig. 2. Anomalías de temperatura superficial del mar (TSM), para cuadrantes de un grado localizados frente a la costa occidental de la Península de Baja California durante 1990. La escala señala anomalías de temperatura en grados centígrados.

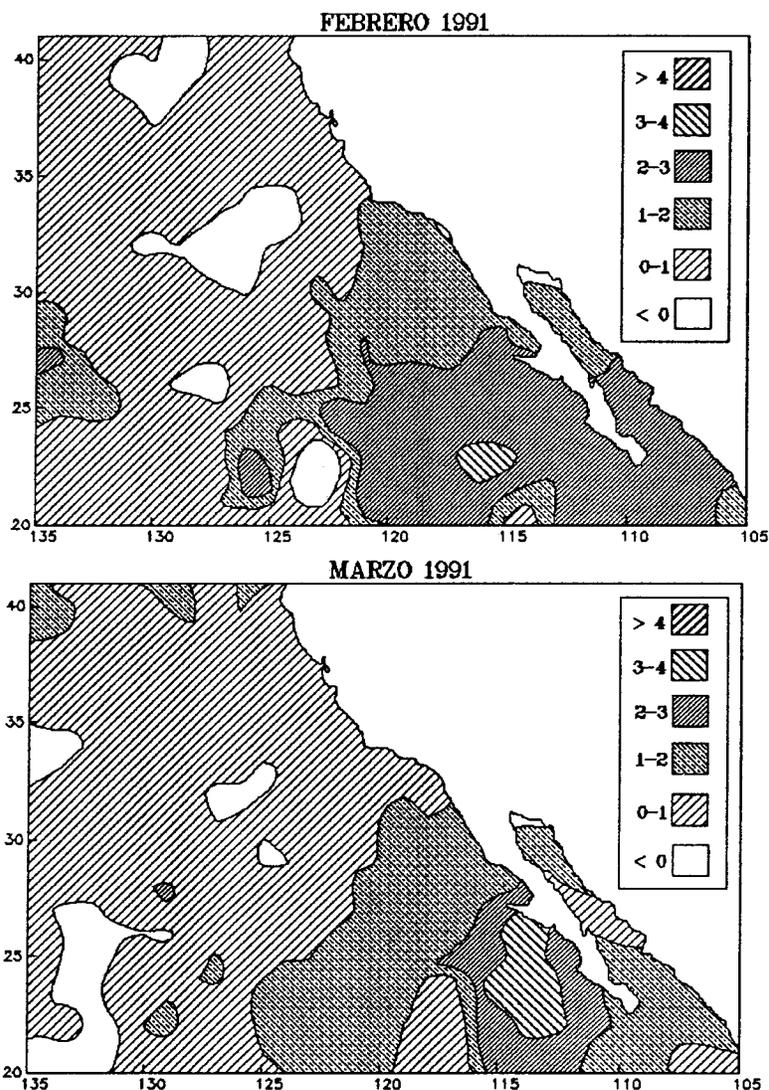


Fig. 3. Anomalías de temperatura superficial del mar (TSM), para los cuadrantes de un grado localizados frente a la costa occidental de la Península de Baja California durante los meses de febrero y marzo de 1991. La escala es la misma que en la figura anterior.

### Variación en los volúmenes de precipitación pluvial durante 1990

#### *Ciclones tropicales*

Aunque se reconoce la importancia que la actividad convectiva tiene en los volúmenes de lluvia que se presentan en el estado de Baja California Sur, generalmente se asocian éstos, sobre todo en su porción meridional, con la presencia de ciclones y tormentas tropicales; sin embargo, se ha podido determinar que la contribución de estos fenómenos meteorológicos a la precipitación total anual en el estado -cuando menos durante el periodo de 1960 a 1979- es de aproximadamente el 20%; aunque se reconoce que en dos años: 1967 y 1977 llegó a ser el 47% y 69% respectivamente (Latorre y Penilla, 1988).

La afirmación de que las perturbaciones atmosféricas de origen tropical no tienen un efecto tan importante en los totales anuales de precipitación en la porción sur de la Península, se había

sugerido anteriormente (García y Mosiño, 1968). Estos autores explicaron lo anterior con base en el efecto inhibitor que produce la presencia de la corriente oceánica fría de California.

Sin embargo, se ha mencionado que estos fenómenos meteorológicos pueden tener una amplia repercusión en los volúmenes de precipitación registrada en México en años en los cuales se incrementa su presencia en el Pacífico mexicano, lo que coincide con años de evento EL NIÑO, determinándose que entre más intensos son estos eventos, más al norte será el efecto en la precipitación pluvial en la Península de Baja California (Mosiño y Morales, 1988; Reyes y Rojo, 1985).

El periodo de mayor frecuencia de ciclones en el Pacífico oriental va de junio a octubre pudiendo extenderse este rango en años extremos desde mayo a diciembre, tal y como ocurrió durante 1983 (Gunther, 1984); de estos ciclones, el periodo en el que afectan las costas sudcalifornianas y por consiguiente tienen algún efecto en la precipitación, comprende los meses de julio a octubre siendo el mes más frecuente el mes de septiembre (Serra, 1971; Latorre y Penilla, 1988); adicionalmente estos autores han calculado que el número más frecuente de ciclones que afectan las costas de Baja California Sur es de dos por año (Fig. 4).

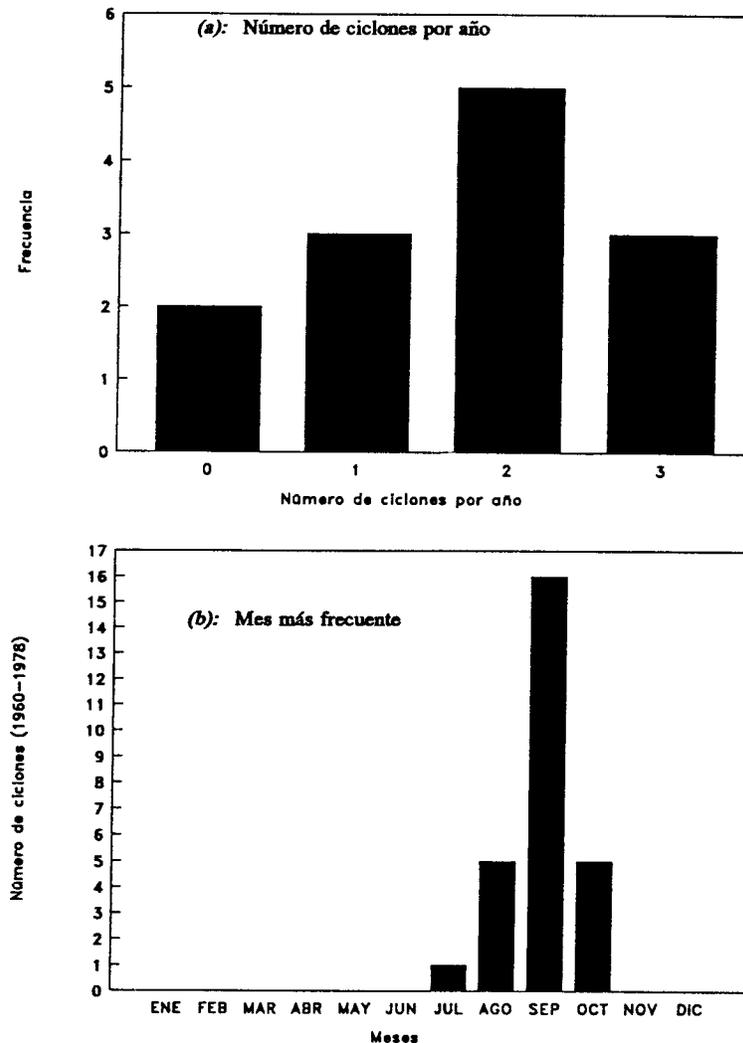


Fig. 4. Distribución de frecuencias de las perturbaciones atmosféricas que afectan las costas de Baja California Sur, México: a) número más frecuente; b) mes de aparición más frecuente. (Información tomada de Latorre y Penilla, 1988).

Durante el año de 1990 los ciclones que tuvieron influencia en la precipitación pluvial en el estado de Baja California Sur, considerando los criterios propuestos fueron dos: el ciclón "Fausto" (6 de julio al 11 de julio), y el ciclón "Raquel" (30 de septiembre al 2 de octubre). Dos perturbaciones adicionales tuvieron influencia en la porción sur del estado durante el mes de agosto: el huracán Hernán y la tormenta Giselle; sin embargo, durante los días en los cuales se acercaron a las costas del estado estos fenómenos -23 al 27 de agosto-, solamente para el día 27 de agosto se registraron en promedio 8.5 mm en la porción sur del estado (San José del Cabo: 17.0 mm; Santiago 2.5 mm; y La Ribera 6.2 mm).

Tanto el número de ciclones que tienen influencia en la precipitación del estado de Baja California Sur, como el periodo en el que se presentan, se registraron durante 1990 dentro de los valores más frecuentemente observados.

### Comportamiento regional de los volúmenes de precipitación durante 1990

El análisis individual de las series de totales anuales de precipitación, reveló que los volúmenes de lluvia durante 1990 fueron registros históricos máximos en ciertas porciones del estado. A

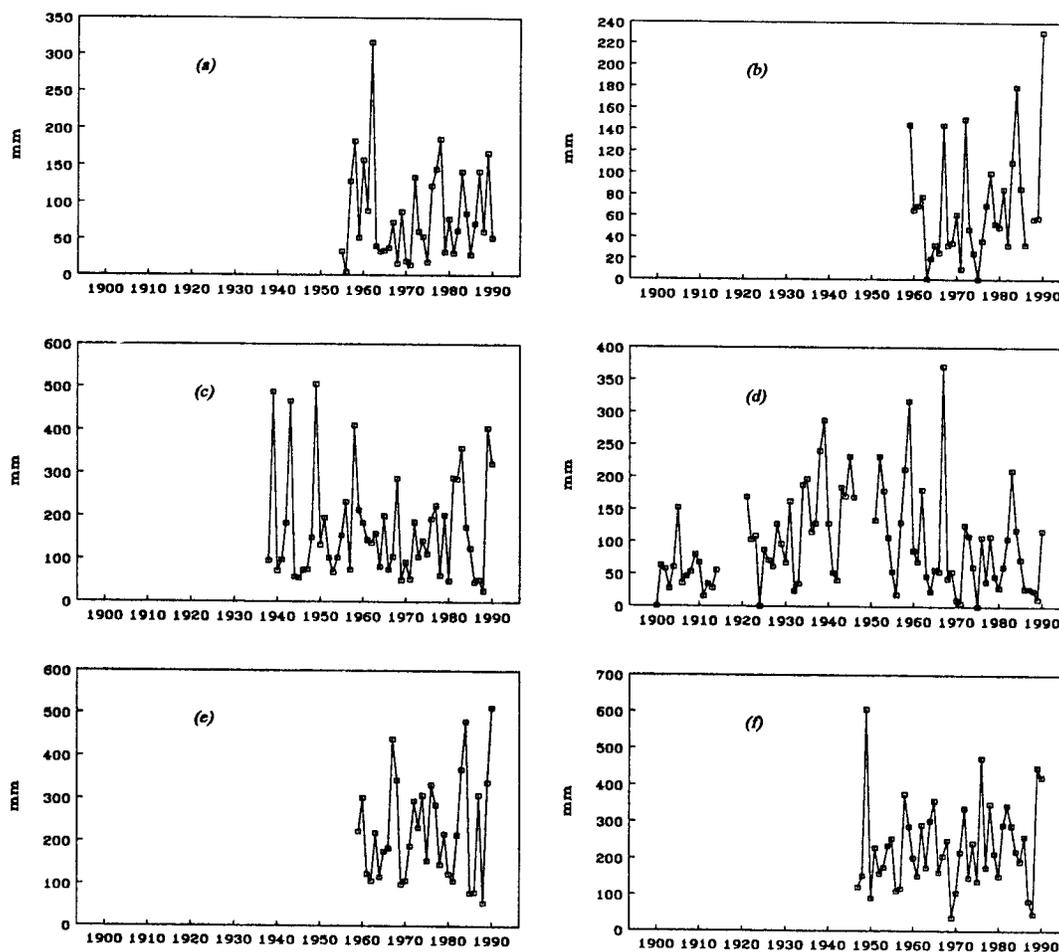


Fig. 5. Series anuales de precipitación pluvial de estaciones representativas de las distintas zonas geográficas del estado de B. C. S.; a) costa occidental norte; b) costa occidental centro; c) costa occidental sur; d) costa oriental norte; e) costa oriental centro; f) costa oriental sur.

pesar de que no existen estudios específicos en la Península de Baja California, sobre el efecto que tienen las tierras elevadas en los procesos que conducen a la formación y distribución de la precipitación, la distribución peculiar de la lluvia durante 1990 se podría asociar con la orografía del estado, tal y como lo señala Mosiño en 1966: "... este aspecto puede comprenderse en función de los efectos característicos de la altitud en la producción de máximos de precipitación a barlovento de las montañas y mínimos a sotavento de ellas ..."; lo cual nos permite inferir sobre la dirección de la cual provino la humedad. La Figura 5 muestra los volúmenes de precipitación de estaciones climatológicas que se consideraron representativas de las siguientes zonas del estado: costa occidental norte, centro y sur; costa oriental norte, centro y sur.

Como se señala, las estaciones climatológicas localizadas en el margen occidental y donde las serranías se acercan más a esta costa, registraron grandes volúmenes de lluvia, llegando a ser años de registro pluviométrico máximo en la porción central y muy abundantes en la porción sur (Figs. 5b, 5c). Por el contrario, las ubicadas en la porción noroccidental del estado, en donde no existen elevaciones orográficas importantes, no registraron grandes volúmenes de precipitación (Fig. 5a).

Aunque el presente trabajo carece del análisis de los flujos superficiales de humedad, consideramos que por el lado del Golfo de California, en la porción norte, el efecto de la humedad generada durante el calentamiento anómalo de las aguas del Pacífico sudcaliforniano al parecer no tuvo una influencia tan significativa en los volúmenes de precipitación como en las zonas anteriormente citadas (Fig. 5d); sin embargo, las porciones central y sur registran volúmenes comparativamente altos en sus series anuales de precipitación, siendo también el máximo registro de lluvia para el primer caso y muy abundantes para el segundo (Figs. 5e, 5f).

### **Variación en los patrones de precipitación anual durante 1990**

Como se mencionó anteriormente en el estado de Baja California Sur, de manera general se identifican tres distintos patrones anuales de precipitación: a) de mayores lluvias durante los meses estivales (jul-oct) que se dan en las estaciones climatológicas localizadas en el sur y por el margen oriental del estado; b) de lluvias invernales (nov-feb) que se presentan en las estaciones que se localizan en el norte y hacia la costa occidental; y c) un patrón intermedio de lluvias tanto de verano como de invierno para las porciones restantes del estado. La proporción con la cual se presentan cada una de las épocas de lluvia define las cinco regiones pluviométricas descritas para el estado (Salinas-Zavala *et al.*, 1990).

La Figura 6 muestra el peso relativo de cada una de las épocas de lluvia por región pluviométrica y para los años de abundantes lluvias que se han venido analizando: 1990 y 1983; recordemos que la época III del año de 1990 sólo incluye los meses de noviembre y diciembre.

La región I, localizada al sur del estado y delimitada por las inmediaciones de la Sierra de La Laguna y La Victoria, presenta valores relativos de precipitación en las épocas II y III muy similares al patrón promedio durante los años de 1983 y 1990; sin embargo, una diferencia sustancial se presenta durante la época I (época de secas) en esta región; mientras que en un año de intensa y quizás prematura actividad convectiva de origen tropical, se manifiestan altos volúmenes de precipitación durante esta época del año, como ocurrió en 1983; durante 1990 el peso relativo de los valores de precipitación de esta época fueron más cercanos al patrón promedio.

Conforme analizamos los distintos patrones de precipitación en sentido sur-norte (de la región II a la IV), se observa que durante 1990 el peso relativo de la época de verano estuvo por debajo del promedio, a diferencia de lo que ocurrió durante 1983 cuando el sistema productor de lluvias provenientes de regiones tropicales se intensificó. Adicionalmente y en el mismo sentido sur-

norte, se observa que la época de lluvias invernales se incrementa cada vez más, incluso llegando a ser mayor que la de verano en la región III, donde en promedio el comportamiento es inverso. Estas mismas características se presentan en la región IV pero todavía más acentuadas, en la que se observa que durante el año de 1983 la época de verano estuvo por arriba del patrón a diferencia de lo que se observa para la región III.

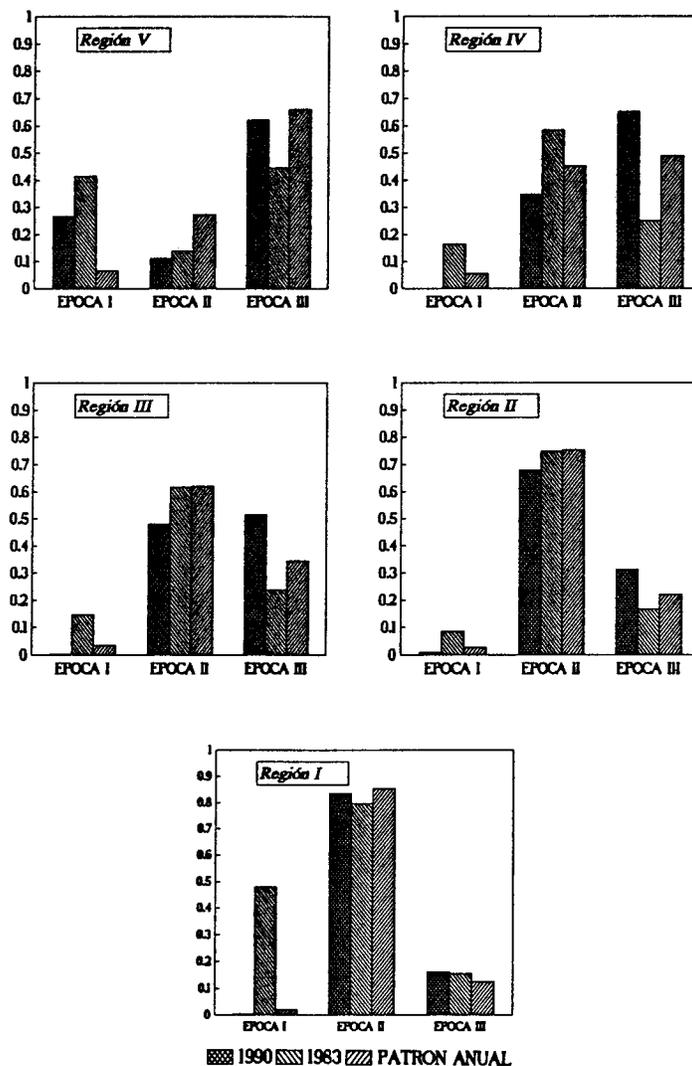


Fig. 6. Peso relativo de las épocas de lluvia: Epoca I (mar-abr); Epoca II (jul-oct); Epoca III (nov-feb), durante los años de 1990 y de 1983 comparados con el valor patrón de las diferentes regiones pluviométricas del estado de B. C. S., México.

El caso de la región pluviométrica V es todavía más particular. Los cambios que se observan se refieren más a las primeras dos épocas de lluvia que a la última, la cual en términos generales es la predominante en esta región. En ambos años la precipitación se manifiesta por arriba del promedio en la primera época, siendo mayores los valores en el año de 1983; sin embargo, durante la época de lluvias de verano los valores registrados en 1990 y 1983 estuvieron por debajo del patrón promedio para la región. La figura muestra que la época invernal se comporta de manera cercana a lo normal durante 1990; a diferencia de 1983 que muestra una baja considerable.

Tabla 1.  
Comparativo de los valores del índice de transición climática (ITC), para un año EL NIÑO (1983), el año de 1990 y el intervalo promedio.

Región	1983	1990	Intervalo promedio
I	0.64	0.67	$ITC > 0.7$
II	0.58	0.37	$0.7 > ITC > 0.4$
III	0.38	-0.03	$0.4 > ITC > 0.2$
IV	0.33	-0.31	$0.2 > ITC > -0.2$
V	-0.31	-0.51	$-0.2 > ITC$

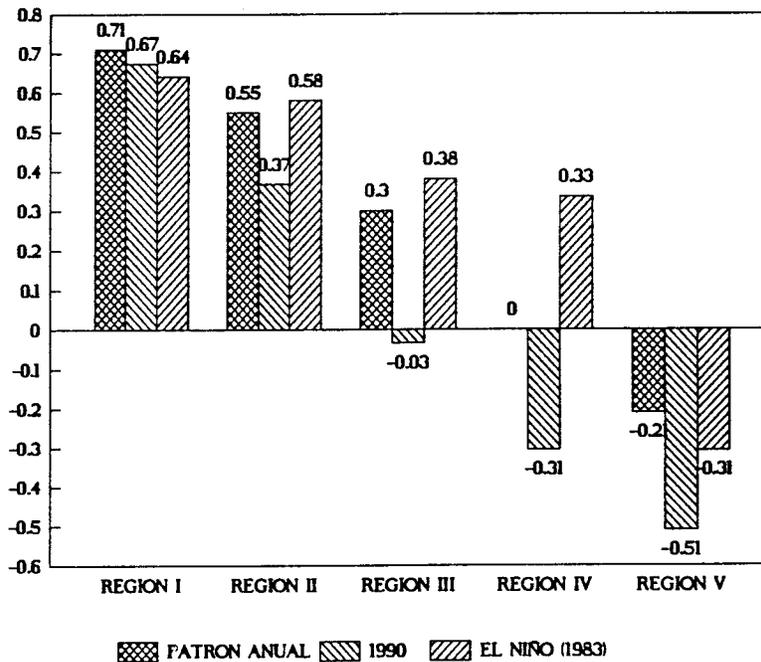


Fig. 7. Valores del índice de transición climática (ITC) para los años de 1990 y 1983 comparados con los valores promedio de las distintas regiones pluviométricas del estado de Baja California Sur.

Con objeto de resaltar la diferencia en los cambios de patrón presentes durante 1990, se muestran en la Tabla 1 los valores del índice de transición climática (ITC) calculados para el intervalo promedio, el año de 1983 y 1990 para cada una de las regiones pluviométricas del estado de Baja California Sur. La Figura 7 se construye con estos mismos valores para mostrar que la región netamente transicional entre un régimen pluviométrico y otro es la región IV, ya que como se observa en la figura, durante el año de 1983, caracterizado por una intensa actividad tropical, los valores del ITC para esta región fueron positivos, mientras que para el año de 1990 fueron negativos. Esta diferencia indica que los mecanismos que produjeron las abundantes lluvias durante 1990 y 1983 son distintos. Finalmente, la Figura 8 muestra la sustitución espacial de los patrones de precipitación para un año caracterizado como ENSO fuerte y para el año de 1990.

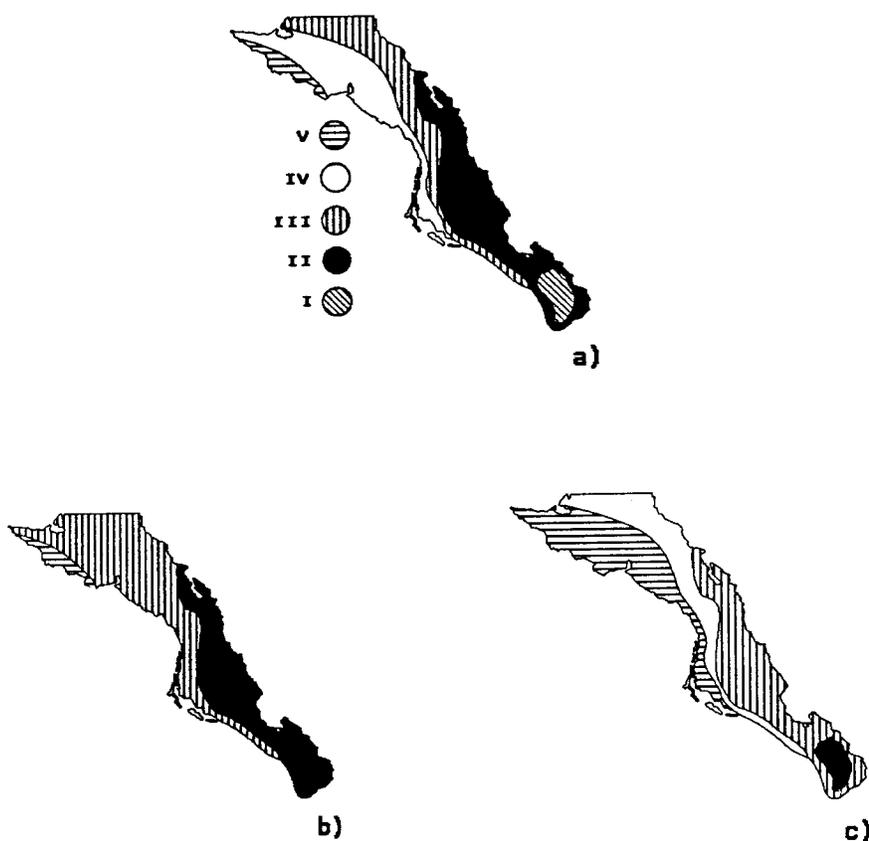


Fig. 8. Comportamiento espacial de las regiones pluviométricas del estado de Baja California Sur: a) distribución promedio de los límites geográficos; b) distribución de los límites geográficos durante el año de 1983; c) distribución durante 1990. Los números romanos indican la región pluviométrica correspondiente.

### Conclusión y discusión

Como se menciona en la parte de introducción, las lluvias invernales se han asociado tradicionalmente a la influencia de sistemas climatológicos propios de altas latitudes, tales como la presencia de vaguadas o frentes polares que dejan sentir su influencia en la Península de Baja California, las cuales por consiguiente se asocian con bajas temperaturas ambientales.

En la literatura especializada se sugirió que durante el invierno de 1989-1990 los precursores de un evento ENSO parecían iniciarse en el Pacífico ecuatorial (Janowiak, 1990) sin embargo, dos meses después se reportó que dicha señal había cesado, alcanzando su condición normal para el mes de marzo (Kousky y Halpert, 1991).

Los resultados presentados aquí muestran que las abundantes lluvias registradas durante 1990 en el estado de Baja California Sur, y probablemente en el resto del noroeste de México (Reyes-Coca *et al.*, 1991), se derivaron de un mecanismo productor de lluvia diferente a los anteriormente descritos para la Península de Baja California, incluyendo fenómenos de escala sinóptica como los ENSO.

Esta afirmación se sustenta en que los patrones anuales de precipitación durante 1990 para los diferentes regímenes pluviométricos, se comportaron en forma diferente a los que se presentan durante eventos de tropicalización, como el que se manifestó en 1983. Mientras que en estos

eventos el patrón anual se modifica en la cantidad de lluvia registrada durante las épocas I y II (meses de influencia ciclónica), independientemente de la región pluviométrica de que se trate, durante el año de 1990 los patrones de precipitación se vieron modificados mayormente en el componente de lluvia que se registra en la última parte del año, la época III. Con ello, se produce el consiguiente corrimiento de los patrones de precipitación de invierno en sentido norte-sur, a diferencia del corrimiento sur-norte que presentan los patrones de precipitación de verano durante los eventos de tropicalización tipo ENSO.

Por otro lado, el análisis de los volúmenes de precipitación total anual para las diferentes regiones orográficas del estado, muestra que la cantidad de lluvia registrada durante 1990 fue mayor en aquellas que se localizaron en las laderas occidentales de las serranías que cruzan la Península, indicando que la humedad presente en el ambiente, provenía de la costa aledaña al océano Pacífico.

El caso particular de la porción central del Golfo de California, región que también registró volúmenes máximos de precipitación durante 1990 (Fig. 4e), se puede explicar con base en las abundantes lluvias presentes durante los meses de julio y agosto (casi tres veces el promedio histórico) que, cuando menos para el mes de agosto, no fueron producto de ninguna influencia ciclónica, sino de actividad convectiva muy intensa, posiblemente incrementada por la presencia de vientos del Sur que en esa época del año se dejan sentir en la costa oriental de la Península. Además esta región registró alrededor de 100 mm de precipitación acumulada durante los meses de noviembre y diciembre (Fig. 9), siendo su promedio histórico acumulado para estos meses de 25 mm (Salinas y Leyva, 1988).

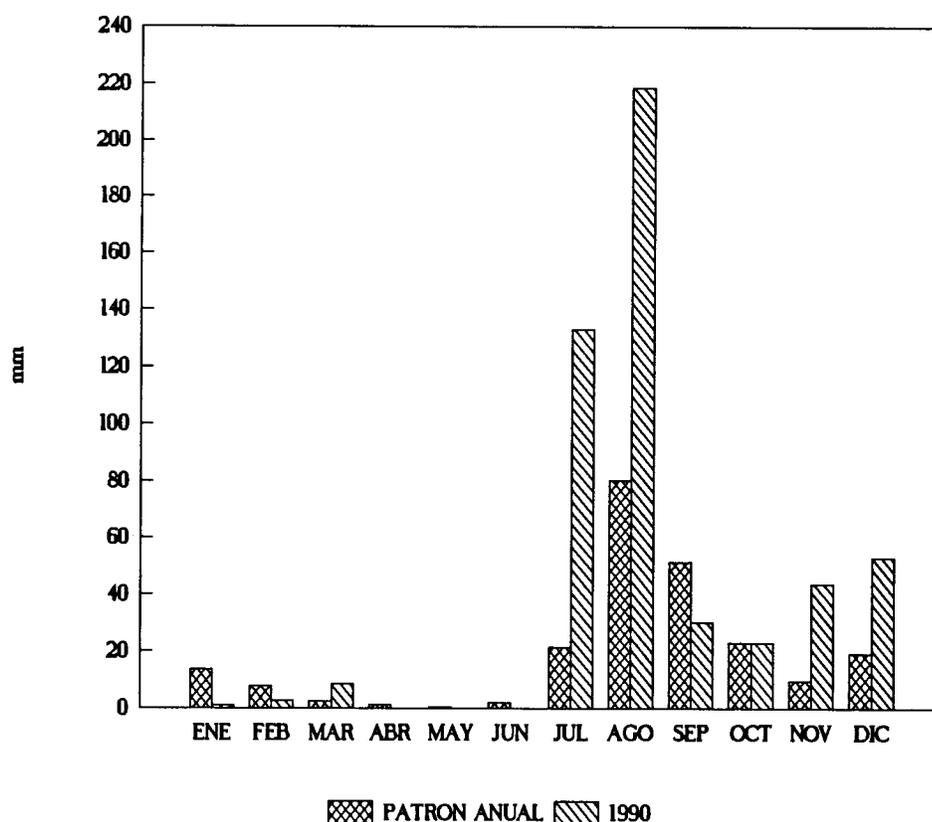


Fig. 9. Totales mensuales de precipitación pluvial durante 1990 en la región centro de la costa oriental del estado de Baja California Sur, México.

Respecto a la actividad ciclónica que afecta año con año al estado de Baja California Sur, la información muestra que se mantuvo dentro de los valores más frecuentemente observados durante 1990.

Puede concluirse que la masa de agua cálida presente durante 1990 en las costas de Baja California Sur, produjo aire marítimo lo suficientemente cálido y húmedo durante todo el año para provocar las abundantes lluvias convectivas durante el verano, pero sobre todo la intensificación de un sistema productor de lluvias de invierno diferente a los anteriormente descritos. Es importante mencionar que en el análisis de las lluvias invernales presentes durante 1990 no se consideraron aquellas que se presentaron durante los primeros dos meses de 1991, las cuales debieron de haber estado relacionadas con la última fase de la anomalía oceánica cálida que cesó en febrero de ese año, lo que podría acentuar aún más el corrimiento hacia el sur de las regiones pluviométricas invernales en el estado de Baja California Sur.

El estudio y detección de este tipo de sistemas productores de precipitación, resulta de la mayor importancia para el estado de Baja California Sur, ya que nos dan elementos para entender el origen de abundantes lluvias convectivas durante el verano, no asociadas a actividad ciclónica. Asimismo, dadas las características de la lluvia que dichos sistemas producen durante el invierno, tales como: lluvias no torrenciales, de varias horas de duración, de mayor cobertura y sobre todo durante la época del año en que la temperatura ambiente es baja, propician que la efectividad de la precipitación se incremente.

### Agradecimientos

Tanto los datos de precipitación pluvial como la información de las perturbaciones atmosféricas que afectaron al estado de Baja California Sur durante 1990 fueron proporcionados por la Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del Agua, por lo que agradecemos el apoyo brindado. Agradecemos también los valiosos comentarios de uno de los revisores anónimos que enriquecieron el manuscrito original.

### BIBLIOGRAFIA

- Adang, T. C., and R. L. Gall, 1989. Structure and dynamics of the Arizona monsoon boundary. *Mon. Wea. Rev.*, **117**, 1423-1438 pp.
- Blake, D., 1935. Mexican West Coast Cyclones. *Mon. Wea. Rev.*, **63**, 344-348 pp.
- 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), 497-501 pp.
- Brenner, I. S., 1974. A surge of maritime tropical air-Gulf of California to the southwestern United States. *Mon. Wea. Rev.*, **102**, 375-389 pp.
- Carleton, A. M., A. C. Duane and P. J. Weser, 1990. Mechanisms of interannual variability of the Southwest United States Summer Rainfall Maximum. *J. Climate*, **3**(9), 999-1015 pp.
- Cavazos, T. and S. Hastenrath, 1990. Convection and rainfall over Mexico and their modulation by the southern oscillation. *Int. Jour. Climatol.*, **10**, 377-386 pp.
- Douglas, A. V., D. R. Cayan and J. Namias, 1982. Large-Scale in the North Pacific and North American Weather Patterns in Recent Decades. *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 1851-1862 pp.
- García, E., P. Mosiño, 1968. Los climas de Baja California. En: Comité Nacional Mexicano para el Decenio Hidrológico Internacional, Instituto de Geofísica, UNAM, Memoria 1966-1967. Editor: Ing. R. del Arenal C., México D. F. 29-56 pp, 1 mapa.

- Gunther, E., 1984. Cyclones in the Eastern Pacific. One of the most active on record. *Weatherwise*, **37-39** pp.
- Hastings, J. R. and R. M. Turner, 1965. Seasonal precipitation regimes in Baja California, Mexico. *Geografiska Annaler*, **47A**, 204-223 pp.
- Janowiak, E. J., 1990. The Global Climate of December 1989-February 1990: Extreme Temperature Variations in North America, Persistent Warmth in Europe and Asia, and the Return of ENSO-like Conditions in the Western Pacific. *J. Climate*, **3**, 685-709 pp.
- Kousky, E. V. and M. S. Halper, 1991. The Global Climate of March-May 1990: An abnormally Warm Season in Both Hemispheres. *J. Climate*, **4**, 80-105 pp.
- Latorre, C. y L. Penilla, 1988. Influencia de los ciclones en la precipitación de Baja California Sur. *Atmósfera*, **1(2)**, 99-112 pp.
- Lluch-Cota, D. B., D. Lluch-Belda, S. Hernández-Vázquez and C. A. Salinas-Zavala, 1991. Anomalous Warm Sea Surface Temperature Over North Mexican and California Pacific Waters During 1990. (Sometime a *Journal of Climate*).
- Markham, C. G., 1972. Baja California's Climate. *Weatherwise* 64-76 pp.
- Mosiño A., P. 1966. Factores determinantes del clima en la República Mexicana con referencia especial a las zonas áridas. S. E. P., Inst. Nac. Antrop. Hist., Depto. de Preshistoria, Pub. No. 19. 22 pp.
- Mosiño A., P. y Morales A., T., 1988. Los ciclones tropicales, El Niño y las lluvias en Tacubaya, D. F. *Geof. Int.* **27(1)**: 61-82 pp.
- Namias, J., 1985. Extra-tropical Connections. JSC/CCCO Int. Conf. on the TOGA Scientific Programme, Paris, France, 17-21 Sept. 1984; WCRP Publ. Ser. No. 4.
- Namias, J., 1991. Spring and Summer 1988 Drought over the Contiguous United States -Causes and Prediction. *J. Climate* **4(1)**, 54-65 pp.
- Nicholls, N., 1988. El Niño-Southern Oscillation and Rain Variability. *J. Climate* **1(4)**, 418-421 pp.
- Norton, J., D. McLain, R. Brainard and D. Husby, 1985. The 1982-83 El Niño Event of Baja and Alta California and Its Ocean Climate Context. In: *El Niño North: Niño effects in the Eastern Subarctic Pacific Ocean* (Eds) Warren S. Wooster and David L. Fluharty; 44-72 pp.
- Quinn, W. H., V. T. Neal, and S. E. Antunez de Mayolo, 1987. El Niño Occurrences Over the Past Four and a Half Centuries. *J. Geophys. Res.*, **92(C13)**, 14, 449-14, 461 pp.
- Reyes-Coca, S. y P. Rojo-Salazar, 1985. Variabilidad de la precipitación en la Península de Baja California, *Rev. Geofísica*, No. **22/23**.
- Reyes, S. and D. L. Cadet, 1988. The southwest branch of the North American monsoon during summer 1979. *Mon. Wea. Rev.* **116**, 1175-1187 pp.
- Reyes-Coca, S., F. Miranda, J. G. Espinoza-Ibarra y J. García-López, 1991. Datos de superficie de la red del noroeste de México (Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Durango) Parte I. Series de tiempo de valores diarios de temperatura y precipitación. Reporte Técnico CIOFIT9104. Estudios del Balance de Agua. TRAVASON-SWAMP; Pub. EBA No. 6. CICESE-TSON-CNA, Ensenada, B. C. México, 181 pp.
- 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, 127 pp, 5 Apéndices.

- Salinas-Zavala, C. A., A. Leyva-Contreras (Eds.), 1988. Base de Datos pluviométricos: Totales mensuales. Baja California Sur. Publicación Interna. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A. C. y Delegación estatal de la S. A. R. H. en Baja California Sur, La Paz, B. C. S., México; 211 pp.
- Salinas-Zavala, C. A., A. C. Leyva, D. Lluch-Belda y E. Díaz-Rivera, 1990. Distribución geográfica y variabilidad climática de los regímenes pluviométricos en Baja California Sur, México. *Atmósfera* **3**, 217-237 pp.
- Serra, S., 1971. Hurricanes and Tropical Storms of the West Coast of Mexico. *Mon. Wea. Rev.* **99**(4); 302-308 pp.
- Topoly, P. J., P. R. Hadsell and R. J. Abram, 1989. Experimental CD-ROM NODC-01; Pacific Ocean Temperature and Salinity Profiles. National Oceanographic Data Center, Informal Report No. 10. National Oceanic and Atmospheric Administration, U. S. Department of Commerce, U. S. A.