

OCURRENCIA DE LA PRECIPITACIÓN EN LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA

POR

LAURA ELENA MADEREY R. y ARTURO JIMÉNEZ R.

Introducción

La península de Baja California, por su situación geográfica, se encuentra bajo la influencia del cinturón subtropical de altas presiones y aún cuando debido a su desplazamiento hacia el norte o hacia el sur, según sea verano o invierno, la afectan sistemas de circulación atmosférica productres de precipitación, constituye en su mayor parte una zona seca salvo en sus extremos norte y sur, en donde por efecto del relieve se logran pequeñas áreas relativamente húmedas.

Sufre una gran influencia del anticiclón del Pacífico, particularmente la vertiente occidental, lo que explica que los vientos dominantes sean de componente oeste durante la mayor parte del año y su aridez, pues aunque la presencia de la península provoca, especialmente en la estación cálida del año, la creación de una zona de baja presión por debajo de la altura de 850 mb. (1.500 m.) al norte de su territorio, los vientos que en ella convergen, difícilmente producen precipitación por la poca humedad que llevan y por la subsidencia de aire que prevalece por encima de los 850 mb.

Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México.

Estudios Geográficos
Tomo LIII, n.º 206, enero-abril 1992

En el invierno los fenómenos derivados de los sistemas atmosféricos de las latitudes medias (frentes y borrascas) llegan al noroeste de la península causando precipitación en toda su extensión pero caracterizando el régimen pluvial de la zona noroccidental.

En el verano y el otoño, la península queda bajo el influjo de los vientos del este y del sur y de los meteoros a ellos asociados, como son los ciclones tropicales, las ondas del este y las surgencias de humedad que provenientes del golfo de Tehuantepec viajan como brisas y penetran en el golfo de California provocando lluvias en la parte oriental de la península, aunque la lluvia que producen principalmente estos dos últimos es escasa. Los ciclones tropicales afectan notoriamente al extremo sur, determinando el régimen de lluvia de esta región.

En general, la parte central de la península constituye una zona de transición en cuanto a la precipitación que ocurre a lo largo de todo el año en su territorio.

Aunada a la escasez de precipitación se tiene la alta variabilidad que presenta la misma, 60% en la mayor parte de la península (2, pp. 46 y 49), ligeramente menor en los extremos noroeste y sureste por tener un régimen de lluvia establecido.

Por la escasez y, sobre todo, por lo incierto de la precipitación debido a los distintos sistemas de circulación atmosférica que afectan a la península de Baja California, resulta interesante el análisis de los valores extremos probables de precipitación, así como de la intensidad de la misma en el área de estudio.

Precipitaciones máximas y mínimas probables

En el estudio de estos valores se calcularon: la precipitación anual máxima y mínima probable, la precipitación del mes más húmedo máxima y mínima probable y la precipitación del mes más seco, máxima probable para los períodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años. Los métodos de cálculo que se emplearon son dos: la ley normal de Gauss y la función gamma incompleta.

La ley o curva normal de Gauss «se adapta bien a series largas de alturas pluviométricas anuales, considerando a los elementos de la serie en orden de sucesión» (8, p. 67) (orden creciente).

La función gamma incompleta «se ha encontrado de utilidad par ajustar y transformar las distribuciones de algunas variables meteorológicas asimétricas que se limitan a valores positivos, tales como la precipitación, la tensión del vapor de agua, el agua precipitable y la evaporación» (3, p. IV).

En la zona de estudio las series de las estaciones meteorológicas consideradas son lo suficientemente largas, pero por tratarse de una zona seca, en su mayor parte, la curva que resulta al realizar las gráficas de los valores de precipitación con la frecuencia de los mismos es francamente asimétrica y en la mayoría de los casos ni siquiera aparece completa aún en el mes más húmedo. En las figuras 2 y 3 se muestra objetivamente lo antes dicho. No obstante, se aplicaron los dos métodos con el fin de establecer comparaciones con los resultados obtenidos.

Los meses más húmedo y más seco no son los mismos para todas las estaciones, recuérdese que se tienen dos regímenes de precipitación: de verano y de invierno. Los meses húmedos oscilan entre agosto y septiembre o diciembre y febrero; los meses más secos entre abril y junio.

Curva normal de Gauss

En las figuras 4 y 5 izquierda se muestran las isolíneas que se trazaron con los valores calculados de acuerdo con la ley normal de Gauss para el período de retorno de 50 años.¹

Con este método, los valores resultantes revelan lo siguiente:

1. La precipitación mínima probable, inclusive la estimada para el mes más húmedo resulta cero.
2. Los valores máximos de precipitación esperados para el mes más seco, el mes más húmedo y anual, obviamente van siendo mayores a medida que aumenta el período de retorno.
3. Espacialmente los valores de máxima precipitación esperada se localizan en general, como es de suponer, en las zonas de máxima precipitación, es decir, en las zonas más altas situadas al norte y al sur de la península.

¹ La disposición de los valores máximos y mínimos y, por lo tanto, de las isolíneas, lógicamente resulta análoga para todos los períodos de retorno en ambos métodos.

OCURRENCIA DE LA PRECIPITACIÓN...

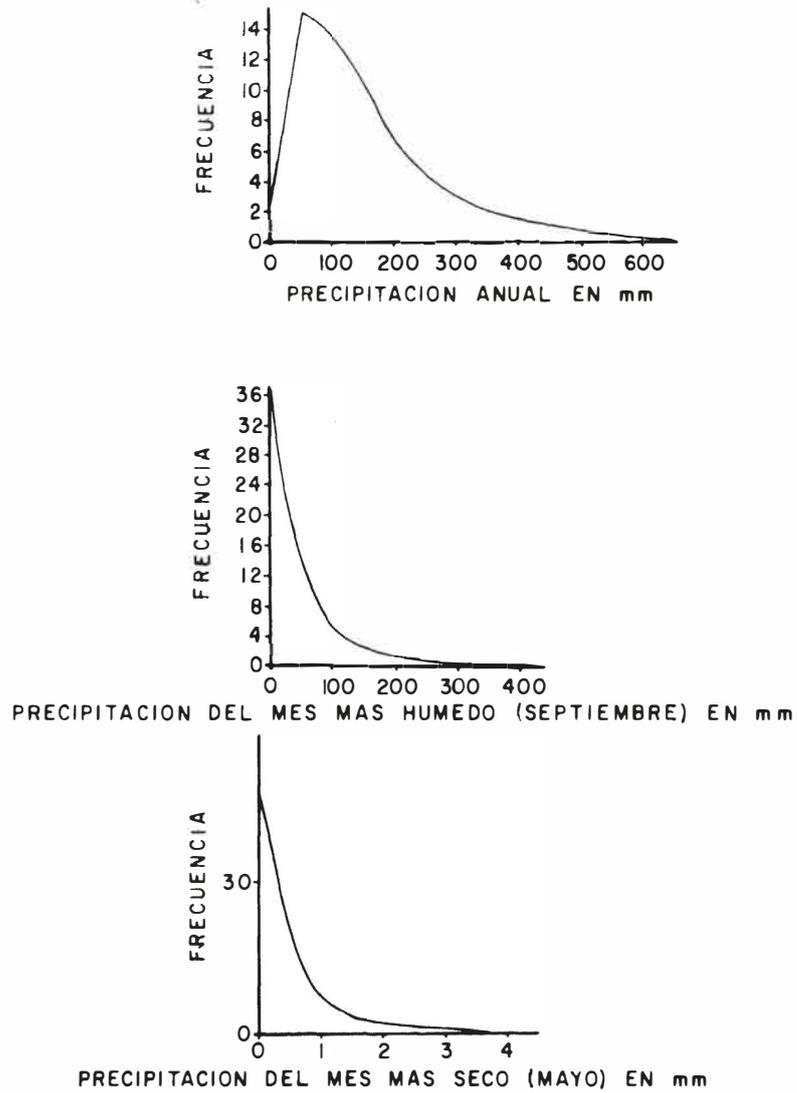


FIGURA 2.—Frecuencia de la precipitación en la estación Paz, Baja California Sur

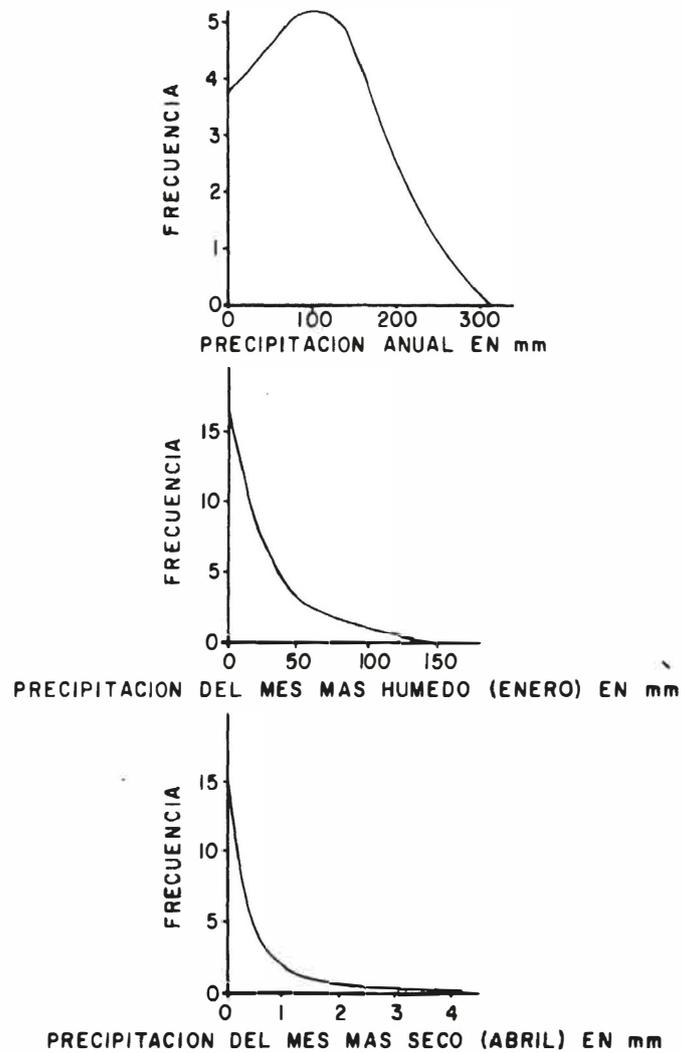


FIGURA 3.—Frecuencia de la precipitación en la estación El Arco, Baja California

4. Las precipitaciones máximas probables anuales y para el mes más húmedo se distribuyen de una manera más uniforme a lo largo del territorio de la península, que las precipitaciones máximas esperadas para el mes más seco. Estas últimas, dado que se trata del mes en el que se tiene menor humedad en el área de estudio se circunscriben notoriamente a las zonas más elevadas.

5. La cantidad de precipitación máxima esperada en la península se indica en el cuadro I.

CUADRO I
PRECIPITACIÓN MÁXIMA ESPERADA

<i>Tiempo</i>	<i>Período de retorno Año</i>	<i>Precipitación mm.</i>
Anual	10	150-1.500
	25	150-1.750
	50	200-2.250
	100	200-2.400
Mes más húmedo	10	50- 500
	25	50- 600
	50	50- 700
	100	50- 800
Mes más seco	10	0- 20
	25	0- 25
	50	0- 30
	100	0- 35

En el caso de la precipitación anual máxima probable y de la máxima probable del mes más húmedo, los valores máximos se tienen en la zona montañosa localizada al sur de la península, en la sierra de San Lázaro. Los valores más bajos al noreste de la península.

En el caso de la precipitación máxima probable del mes más seco, los valores mayores se presentan en el noroeste del territorio peninsular en las estribaciones de la sierra de Juárez.

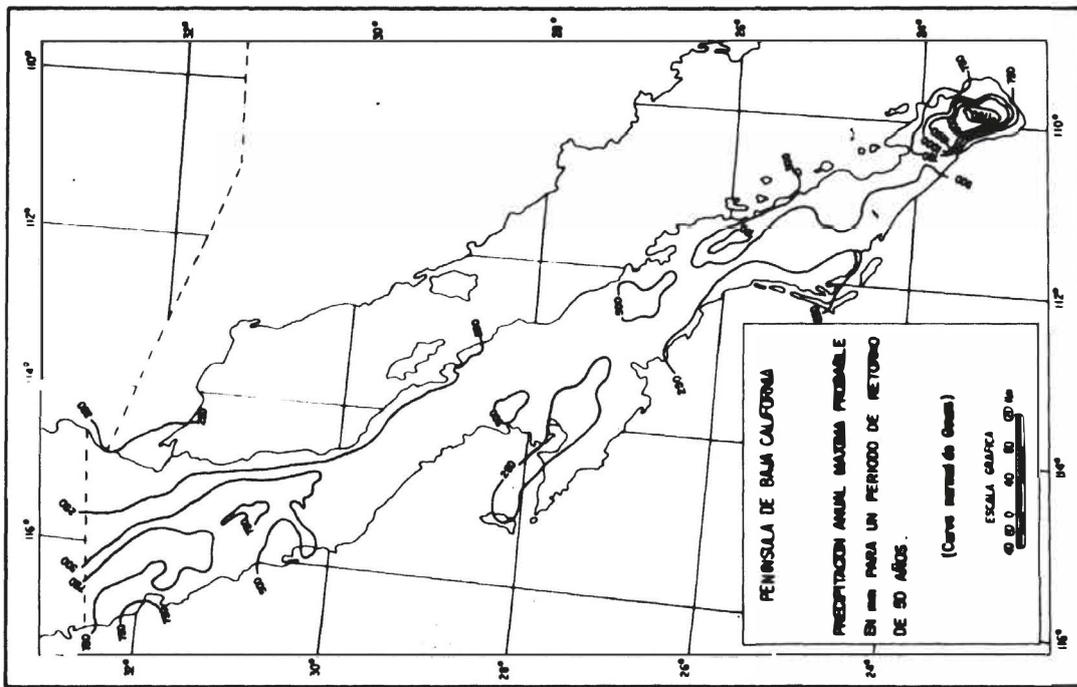
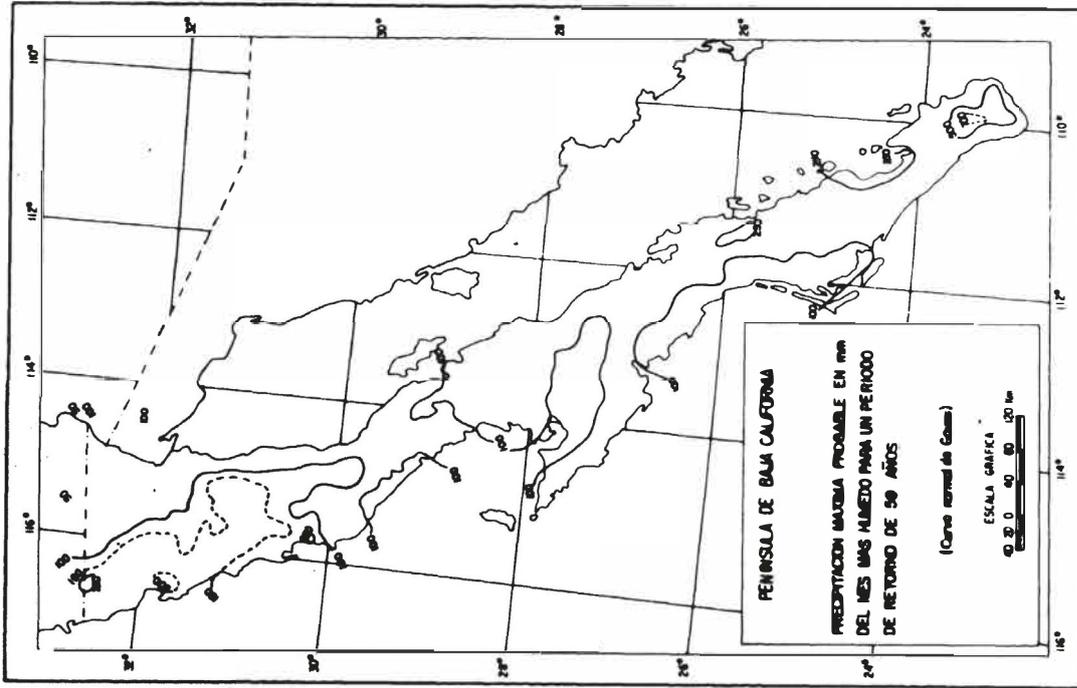


FIGURA 4.—Precipitación máxima probable en mm. para un periodo de retorno de 50 años (curva normal de Gauss). Izquierda, anual; derecha, mes más húmedo

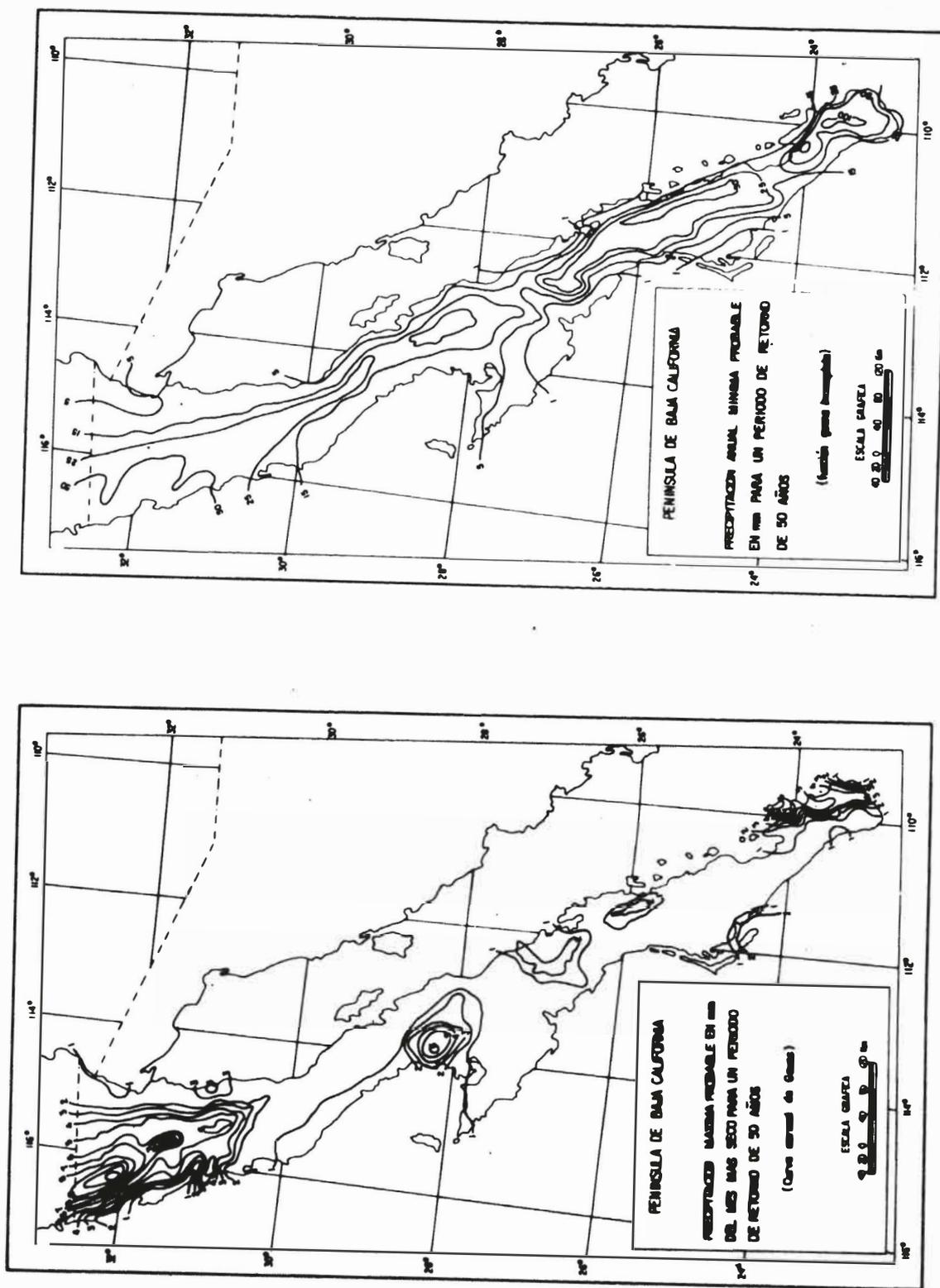


FIGURA 5.—Precipitación probable en mm. para un período de retorno de 50 años. Izquierda, máxima del mes más seco (curva normal de Gauss); derecha, anual mínima (función gamma incompleta)

Función gamma incompleta

En las figuras 5 dcha.-7 se exponen las isolíneas que indican la distribución de las precipitaciones extremas anuales, del mes más húmedo y del mes más seco estimadas mediante la gráfica de la función gamma incompleta obtenidas por García y otros (3) en la península de Baja California para el período de retorno de 50 años.

De los resultados de este método se puede decir:

1. Como en el método anterior lógicamente a medida que crece el período de retorno aumentan las alturas esperadas de precipitación máxima probable y disminuyen las de mínima probable.

2. La precipitación mínima probable para el mes más seco resulta cero y las del mes más húmedo, salvo para el período de retorno de 10 años, prácticamente también son nulas.

3. Las precipitaciones mínimas probables más altas, tanto para el mes más húmedo como anuales, se distribuyen de una manera más o menos uniforme aunque siempre destacan las zonas de mayor altitud. Los valores más altos se presentan en las sierras del norte y del sur de la península, teniendo más importancia en la parte sur.

4. Las precipitaciones máximas probables más altas, tanto las anuales como las del mes más húmedo, se concentran notoriamente en la sierra de San Lázaro al sur de la península.

5. La distribución de las precipitaciones máximas probables para el mes más seco presenta ciertas anomalías en cuanto a que las cantidades mayores no se registran solamente en las zonas montañosas donde generalmente suceden, sino en puntos aislados.

6. La cantidad de precipitación máxima probable y mínima probable se encuentra entre los límites que indica el cuadro II.

De los resultados obtenidos con ambos métodos, se observa:

1. Aunque en general la distribución de la precipitación anual, máxima y mínima probable se rige por el relieve, los datos logrados con la ley normal de Gauss se reparten más uniformemente con respecto a este factor.

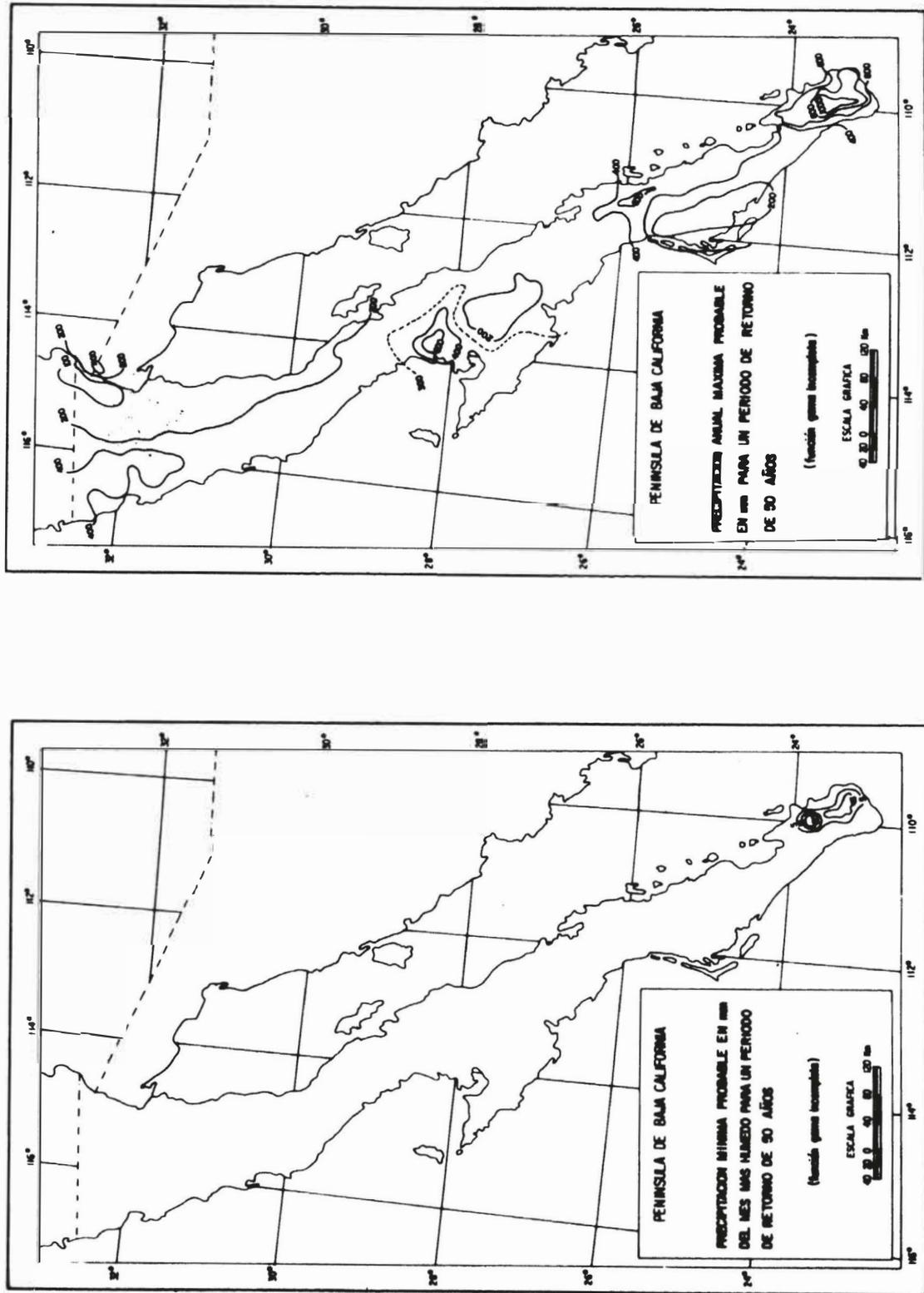


FIGURA 6.—Precipitación probable para un periodo de retorno de 50 años (función gamma incompleta). Izquierda, mínima del mes más húmedo; derecha, máxima anual

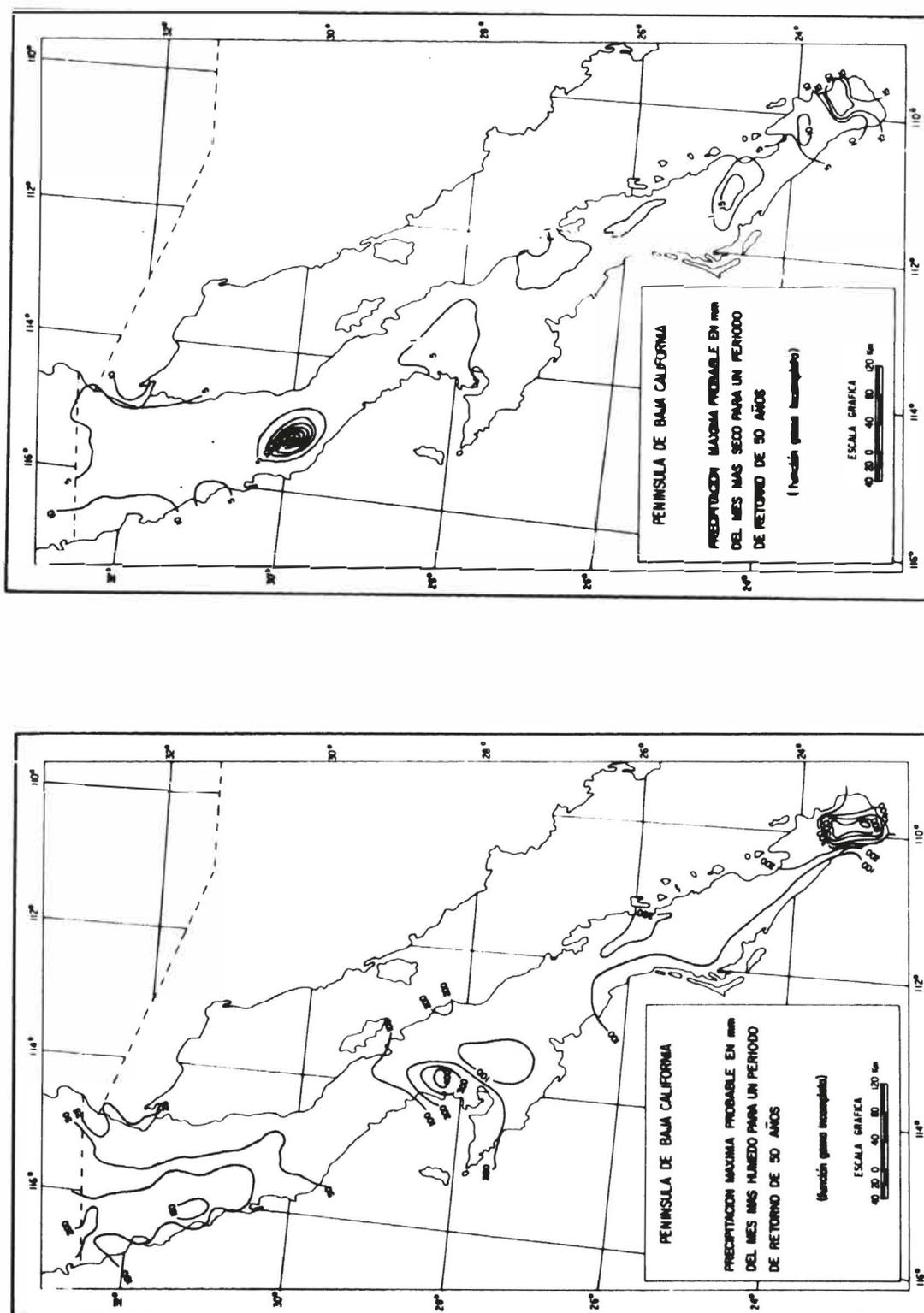


FIGURA 7.—Precipitación probable en mm. para un período de retorno de 50 años (función gamma incompleta). Izquierda, máxima del mes más húmedo; derecha, máxima del más seco

OCURRENCIA DE LA PRECIPITACIÓN...

CUADRO II
PRECIPITACIÓN MÁXIMA Y MÍNIMA PROBABLES

<i>Tiempo</i>	<i>Período de retorno Año</i>	<i>Precipitación mm.</i>
	Mínima probable	
Anual	10	0- 250
	25	0- 200
	50	0- 200
	100	0- 185
Mes más húmedo	10	0- 60
	25	0- 45
	50	0- 40
	100	0- 25
	Máxima probable	
Anual	10	100- 800
	25	100- 900
	50	100-1.000
	100	100-1.000
Mes más húmedo	10	15- 350
	25	25- 450
	50	25- 900
	100	25-1.000
Mes más seco	10	0- 10
	25	0- 25
	50	0- 60
	100	0- 60

2. Con el método de la función gamma incompleta se tienen valores de precipitación mínima probable anual y para el mes más húmedo, sin embargo es tan poca la cantidad, que se pueden considerar nulos para efectos de planeación para el aprovechamiento del volumen de agua que pudieran generar.

3. Generalizando, los resultados a los que se llega con la ley normal de Gauss son mayores o menores, según se trate de la precipitación máxima probable o de la mínima probable, que los que se tienen con la función

gamma incompleta. En los casos en los que esto no sucede (mes más húmedo y mes más seco para los períodos de retorno de 50 y 100 años) se trata de puntos aislados en los que los valores se disparan debido a condiciones locales o con más seguridad a las características del método empleado, pues para la aplicación de la ley normal de Gauss se desarrolló un programa de computadora para desarrollar la fórmula correspondiente, en cambio para obtener los valores de la función gamma incompleta se utilizaron las gráficas calculadas con este fin para cada una de las estaciones meteorológicas de la península de Baja California (3). Por otra parte al estimar la precipitación máxima probable con este sistema muchos valores resultaban ser infinitos a partir del período de retorno de 25 años; para tales situaciones se tomó el valor máximo de la serie como precipitación máxima probable, lo cual limita la posibilidad de tener una precipitación mayor que la que se encuentra en la serie, y si ésta es corta, el dato puede resultar falso.

4. Por todo lo expuesto anteriormente se puede considerar que si bien las series de precipitación de esta zona no se ajustan a la distribución normal de Gauss los resultados parecen ser más congruentes con la realidad que los obtenidos con la función gamma incompleta, la que debe aplicarse con reserva a pesar de que la precipitación en esta zona no tenga una distribución normal y parezca ajustarse a la distribución gamma.

Intensidad de la precipitación

Para conocer esta característica de la precipitación en la península de Baja California sólo se utilizaron 20 estaciones meteorológicas dado que fueron las únicas que reunieron los requisitos para este tipo de análisis. Por otra parte cabe hacer notar que la distribución de estas 20 estaciones no es uniforme en toda el área de estudio, la mayoría se concentra en la parte sur de la península y sólo 5 de ellas están ubicadas en el extremo noroeste (figura 8 izqda.).

La ocurrencia de la intensidad máxima por lo general se presenta, como es lógico suponer, en los meses de la época húmeda: en las estaciones de la zona sur se registra en agosto, septiembre y octubre; en la zona noroeste en noviembre, diciembre, febrero y aún marzo, aunque en esta última hay casos en los que se presenta en verano (figura 8 derecha).

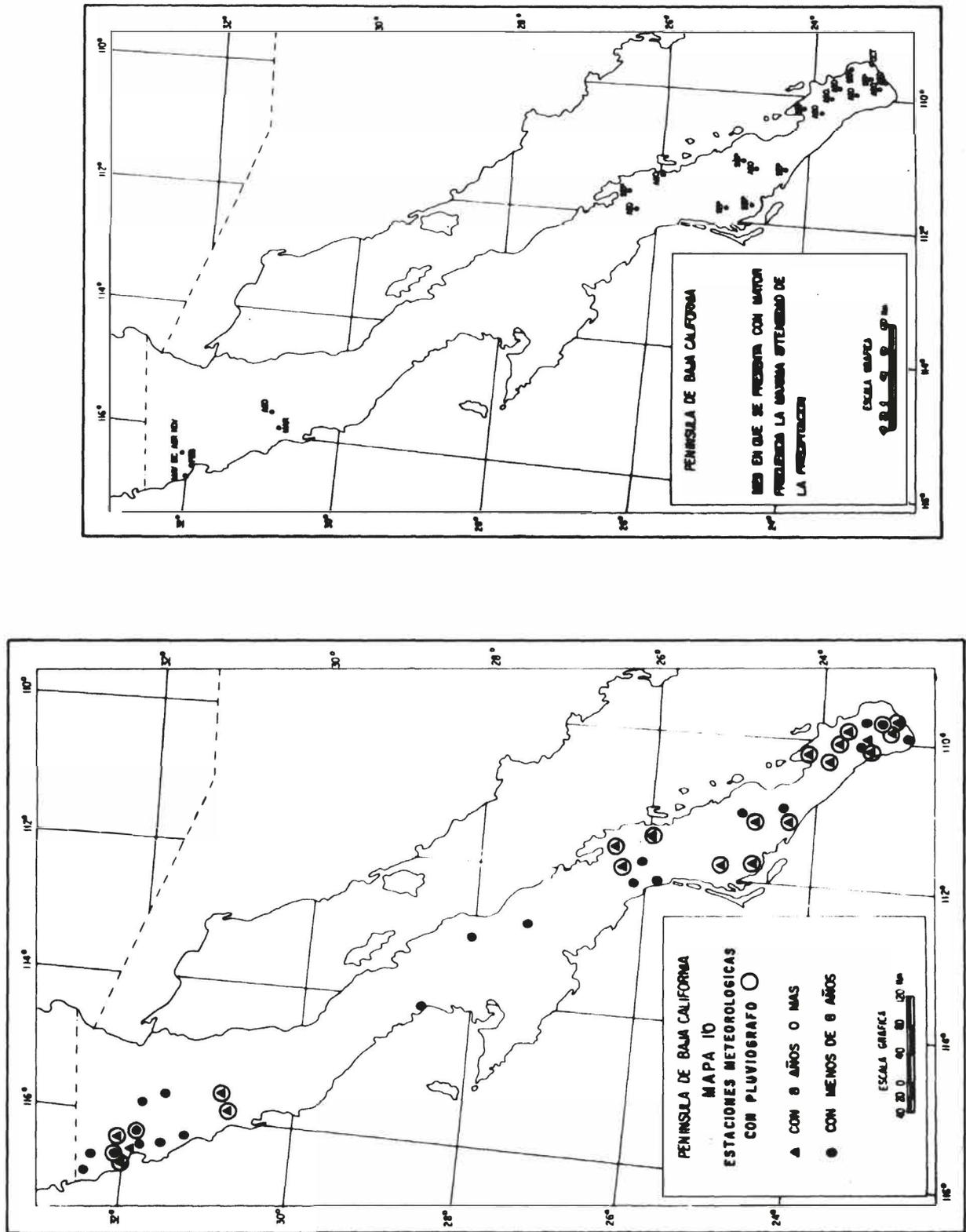


FIGURA 8.—Izquierda, estaciones con pluviógrafo; derecha, mes con mayor frecuencia de intensidad máxima

Para examinar la distribución geográfica de la intensidad máxima de la precipitación por un lado se escogieron las duraciones de 5 y 60 minutos y se trazaron las isolíneas en milímetros de agua precipitada, obteniéndose así la figura 9 en la que se observa como se incrementa la intensidad con la altitud. La intensidad más alta para 5 minutos se tuvo a una altitud de 1.695 msnm. con 13.1 mm. en la sierra de La Laguna la más baja a 160 msnm. con 3.1 mm. en la parte noroeste de la península. Asimismo la intensidad máxima más alta para 60 minutos de duración también se tuvo en la sierra de La Laguna a 360 msnm. y la más baja en el mismo lugar que la anterior con 9 mm.

Por otro lado se calcularon las intensidades máximas esperadas de la precipitación con las duraciones de 5, 10, 15, 30, 60 y 120 minutos y para los intervalos de recurrencia de 10, 25, 50 y 100 años, y se trazaron las isolíneas correspondientes (figuras 10 y 11). La disposición de éstas es similar a la de la figura 9, es decir, los máximos valores se tienen en las zonas más altas, aunque en la vertiente oriental de la sierra de La Giganta los valores siempre aumentan de la cima hacia las costas del golfo de California y del Océano Pacífico debido seguramente a que las masas de aire húmedo provenientes de estos cuerpos y las altas temperaturas del suelo dan lugar a precipitaciones de origen convectivo.

En la figura 12 se muestran las curvas de intensidad máxima-duración-frecuencia de dos de las estaciones meteorológicas que por la continuidad de la información y el mayor número de años de observación, se tomaron como representativas de las zonas norte y sur de la península: Agua Caliente, Baja California Norte y San Antonio, Baja California Sur.

Conclusiones

A lo largo del desarrollo de este trabajo se observan ciertos hechos que permiten hacer las siguientes deducciones y consideraciones acerca de la precipitación en la península de Baja California.

1. El relieve es determinante en la distribución de la precipitación en la península. Claramente se ve que los valores, tanto de las máximas y mínimas probables anuales y de los meses más húmedo y más seco como de las intensidades máximas de precipitación son mayores a medida que la altitud aumenta.

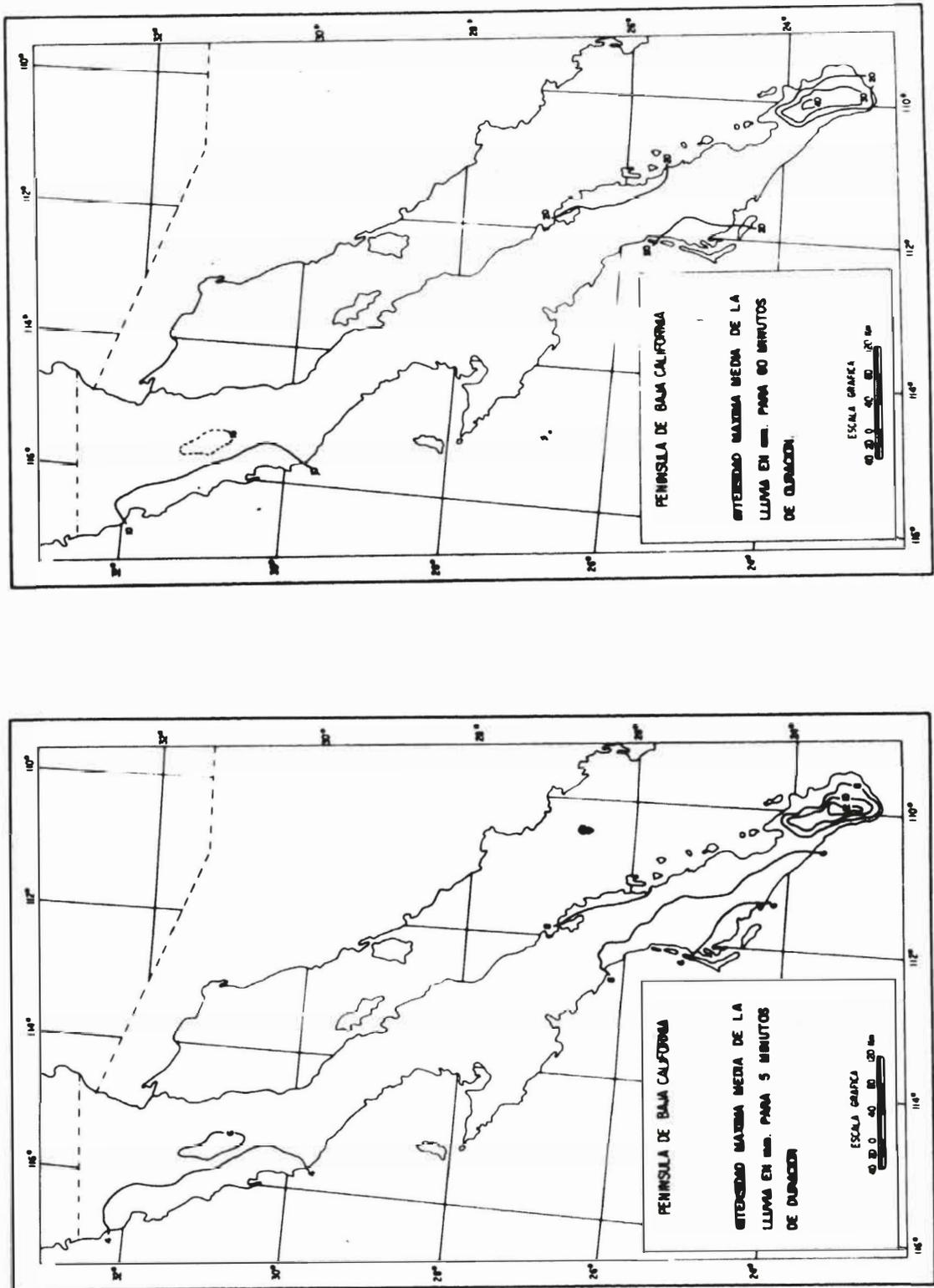


FIGURA 9.—Intensidad máxima media de la lluvia, en mm., para 5 minutos (izquierda) y 60 minutos (derecha)

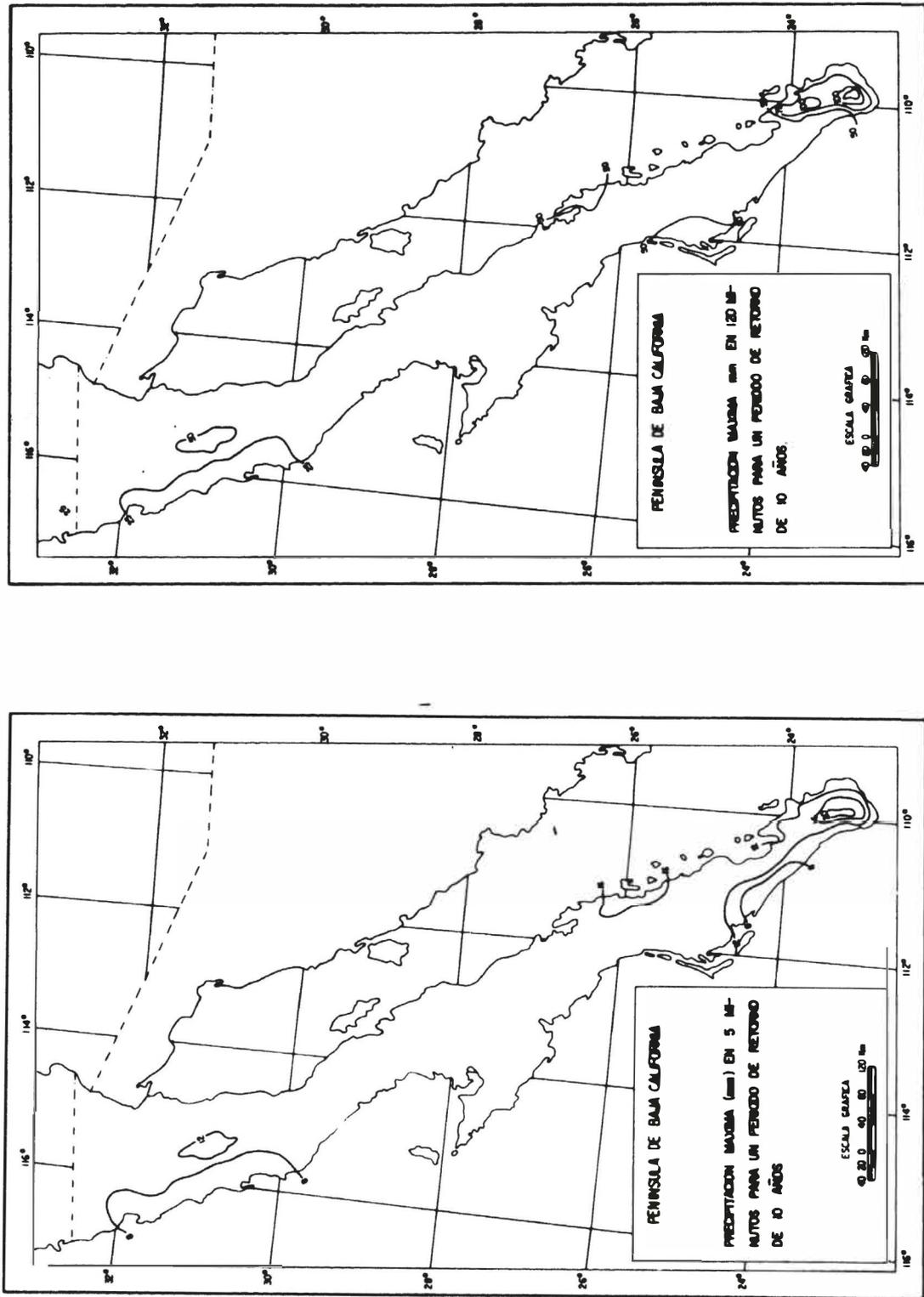


FIGURA 10.—Precipitación máxima, para un período de retorno de 10 años, en 5 minutos (izquierda) y 120 minutos (derecha)

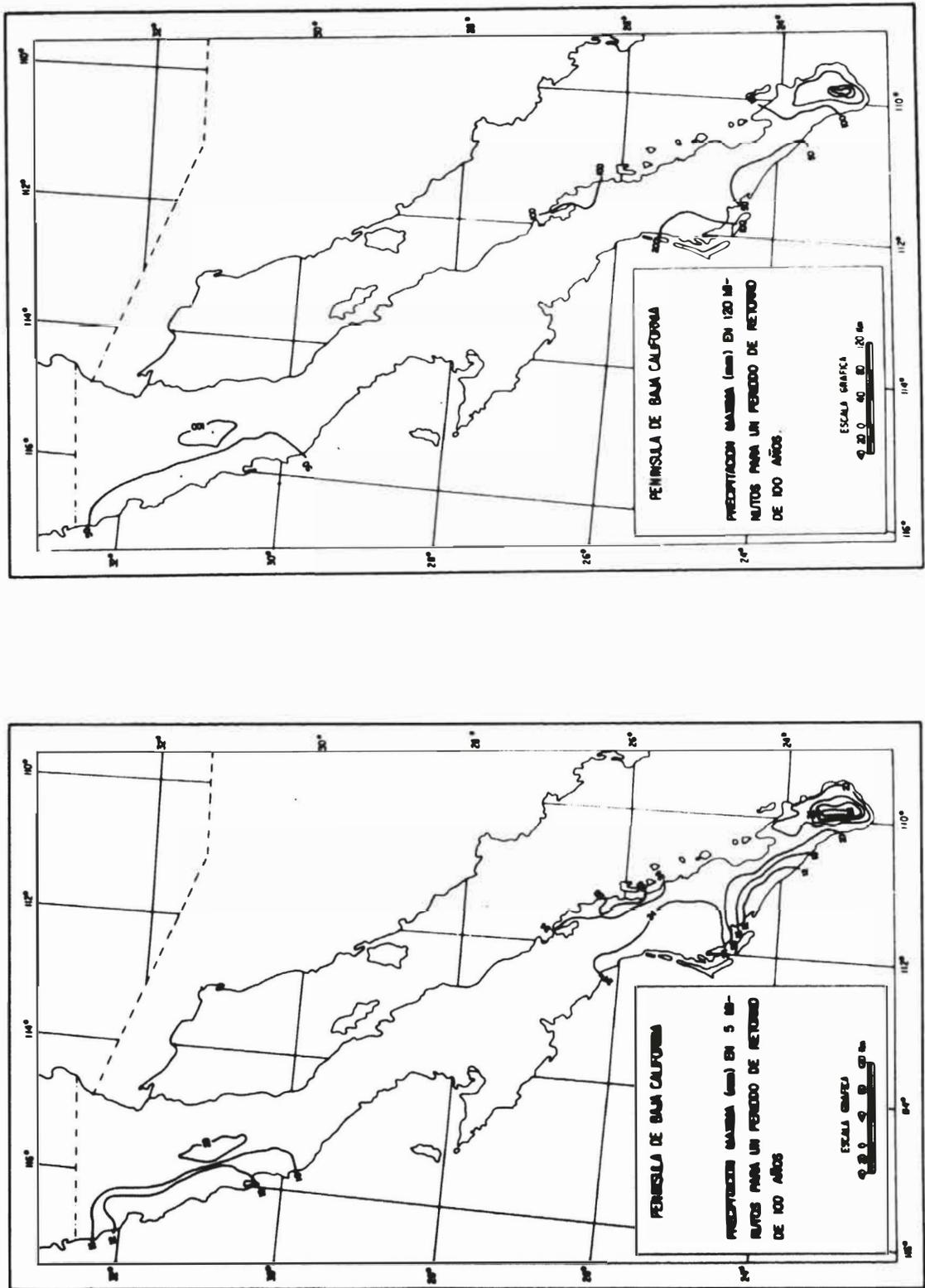


FIGURA 11.—Precipitación máxima, para un período de retorno de 100 años, en 5 minutos (izquierda) y 120 minutos (derecha)

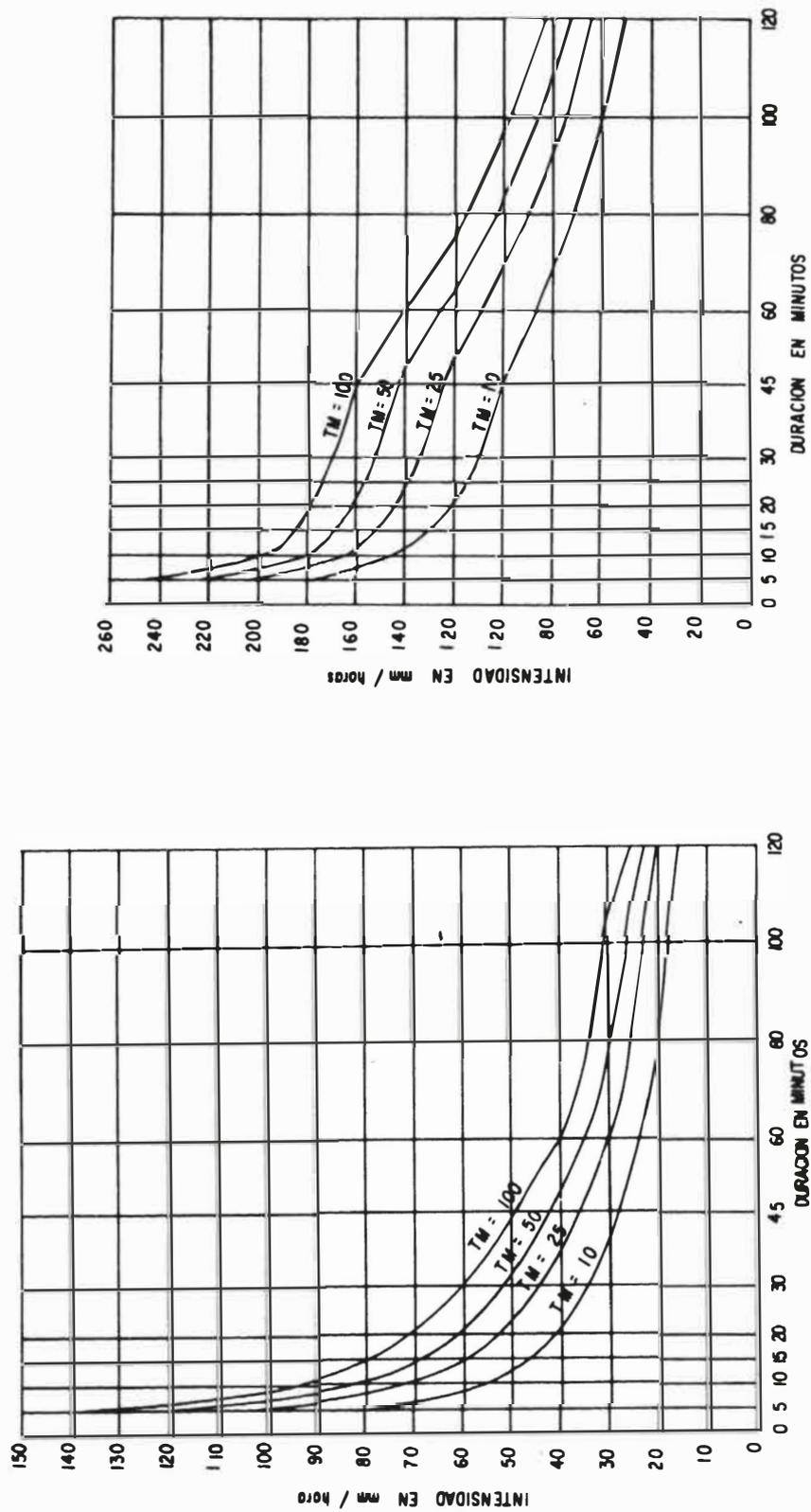


FIGURA 12.—Curvas de intensidad máxima de lluvia-duración-frecuencia. Izquierda, Agua Caliente (Baja California Norte); derecha, San Antonio (Baja California Sur)

2. Por la aridez y la variabilidad de la precipitación que se presentan en la península de Baja California, la precipitación resulta ser un fenómeno aleatorio, por lo que el cálculo o estimación de los valores máximos y mínimos probables ofrece dificultad y hasta cierto punto duda, como se pudo ver en el capítulo correspondiente; sin embargo, justamente por lo incierto de la precipitación, los datos obtenidos proporcionan una información útil acerca de los valores extremos que puede alcanzar la precipitación, especialmente en lo que se refiere a los máximos extremos.

3. La información sobre la intensidad de la precipitación es definitivamente insuficiente tanto por el número de estaciones meteorológicas como por el número de años de registro, de manera que los valores obtenidos aunque resultan interesantes no se puede afirmar nada definitivo y sólo puede considerarse como resultados de un estudio preliminar.

Reconocimiento

En la realización de este trabajo la recabación y procesamiento de datos estuvo a cargo de los licenciados Gerardo Bustos Trejo y Carlos Coronado Gallardo, y los programas de computación los elaboró el maestro Alberto López Santoyo.

BIBLIOGRAFÍA

1. CRUZ N., F. J.: *La climatología sinóptica de Sonora y Baja California*, tesis profesional, Colegio de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 1978.
2. GARCÍA, E. y MOSIÑO, P.: *Los climas de Baja California*, Memoria 1966-67 del Comité Nacional Mexicano para el Decenio Hidrológico Internacional, pp. 29-56, Instituto de Geofísica, UNAM. México, 1968.
3. GARCÍA, E. et al.: *Precipitación y probabilidad de la lluvia en la República Mexicana y su evaluación. Baja California Norte y Baja California Sur*. Instituto de Geografía, UNAM y Secretaría de la Presidencia, CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional). México, D.F., 1974.
4. JÁUREGUI, O. E.: «Algunos aspectos del clima de Sonora y Baja California. Equipatas y surgencias de humedad», *Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM. México, pp. 143-180.
5. LINSLEY, R. K.; KOHLER, M. A. y PAULHUS, J. L. H.: *Hidrología para ingenieros*. Madrid, Mc Graw Hill Book Company, 1967.
6. MADEREY R., L.: «La humedad y la vegetación en la península de Baja California», *Boletín VI del Instituto de Geografía*, UNAM. México, 1975, pp. 73-85.
7. MADEREY R., L. E.: «Intensidad de la Precipitación en el Valle de México», en prensa, *Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM.

8. NOGUEIRA G., L.: *Hidrología*. Edgard Blücher, Sao Paulo. Brasil, 1967.
9. PETERSEN, S. y SÁNCHEZ, F. D.: *Estudio de las precipitaciones medias en la cuenca hidrográfica del río Bogotá*, Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrografía (SCMH), Ministerio de Agricultura, publicación 21, pp. 2-79. Bogotá, Colombia, 1971.

RESUMEN.—*Ocurrencia de la precipitación en la península de Baja California*. La aridez y la alta variabilidad de la precipitación en la península de Baja California son factores que hacen interesante el análisis de los valores extremos de la precipitación así como la intensidad de la misma.

Se estiman los valores máximos y mínimos probables de precipitación anual, del mes más seco y del mes más húmedo y se trata la intensidad máxima de la precipitación mediante los valores máximos anuales para las duraciones de 5 y 60 minutos y de los expresados para las duraciones de 5, 10, 15, 30, 60 y 120 minutos en los períodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años. Finalmente se hace una serie de consideraciones en relación a los resultados observados.

PALABRAS CLAVE.—Variabilidad. Precipitación. Baja California.

ABSTRACT.—*Variability of rainfall in the peninsula of Baja California*. The aridity and the high variability of rainfall in the peninsula of Baja California are factors that make interesting the analysis of the extreme values of rainfall as well as of its intensity.

The probable maximum and minimum values of the annual precipitation, of the driest and the most humid months are estimated and the maximum rainfall intensity is treated by means of the maximum annual values for the durations of 5 and 60 minutes and the expected values for the durations of 5, 10, 15, 30, 60 and 120 minutes in the return periods of 10, 25, 50 and 100 years. Finally a series of considerations is made in relation to the observed results.

KEY WORDS.—Variability. Precipitation. Baja California.

RÉSUMÉ.—*Variabilité de la précipitation dans la péninsule de Baja California*. L'aridité et haut variabilité de la précipitation dans la péninsule de Baja California, sont de facteurs qui font intéressant l'analyse de les valeurs extremes de la précipitation, tellement comme l'intensité du même.

Les valeurs maximum et minimum probables de la précipitation annuel du mois plus sec et du mois plus humide sont estimées, et la maximum intensité de la précipitation est traité par le moyen de les valeurs maximums annuels, pour une durée de 5 et 60 minutes et les valeurs attendues pour une durée de 5, 10, 1, 30, 60 et 120 minutes, dans les périodes de retour, 10, 25, 50 et 100 années. Finalement, une série de considerations est réalisée en relation avec les résultats observées.

MORS CLÉ.—Variabilité. Précipitation. Baja California.