

CONDICIONES CLIMATICAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA Y SUS ISLAS

Ma. Engracia Hernández*

RESUMEN

El objetivo primordial de este estudio es conocer la climatología de un área para la que no existen estudios en la materia, y establecer las posibles causas que la originan. No hay estaciones meteorológicas con más de un año de servicio en las islas, por lo que las condiciones de temperatura y precipitación se interpolan de las existentes en las áreas continental y peninsular adyacentes, tomando en consideración la fisiografía y los estudios de vegetación sobre algunas islas; información que se resume en dieciséis mapas.

El área en estudio presenta clima seco considerado dentro del grupo de los muy áridos, pero con características de continentalidad, muy específicas, propias de la zona y debidas a circulación atmosférica, a la configuración del golfo y a la existencia de cordilleras que la aíslan de la influencia moderadora del océano.

SUMMARY

The main object of this paper is to study an area which has not been studied from the climatology point of view, and to establish the possible causes of the observed climatic characteristics. No climatic records are available from the islands, temperature and precipitation were obtained by interpolation from the information on climate of the two sides of the Gulf and using the local topography of islands and vegetation studies as indicators. The information is summarized in sixteen maps.

This area has a very dry climate, but it has particular continental characteristics due to the general circulation of atmosphere, to the shape of the Gulf and to the presence of high cordilleras that enclose the area and isolate it from the effect of the adjacent ocean.

INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como finalidad conocer las condiciones climáticas que prevalecen en el golfo de California y sus islas, así como tratar de establecer las posibles causas que las originan.

* Investigadora. Instituto de Geografía, UNAM.

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

La combinación de tales fluctuaciones físicas medioambientales y sus contrastes han tenido consecuencias importantes para la biota que habita las islas y zonas costeras de esta región, y han dado como resultado un área biológicamente diversa; las islas, libres del influjo humano, han representado hábitats aislados y nichos para la evolución de incalculable número de especies endémicas tanto de plantas como de animales.

Conocer el comportamiento de la temperatura, la precipitación y los vientos, así como otras características climáticas de la zona, es básico para estudiar su biogeografía.

Situación geográfica.

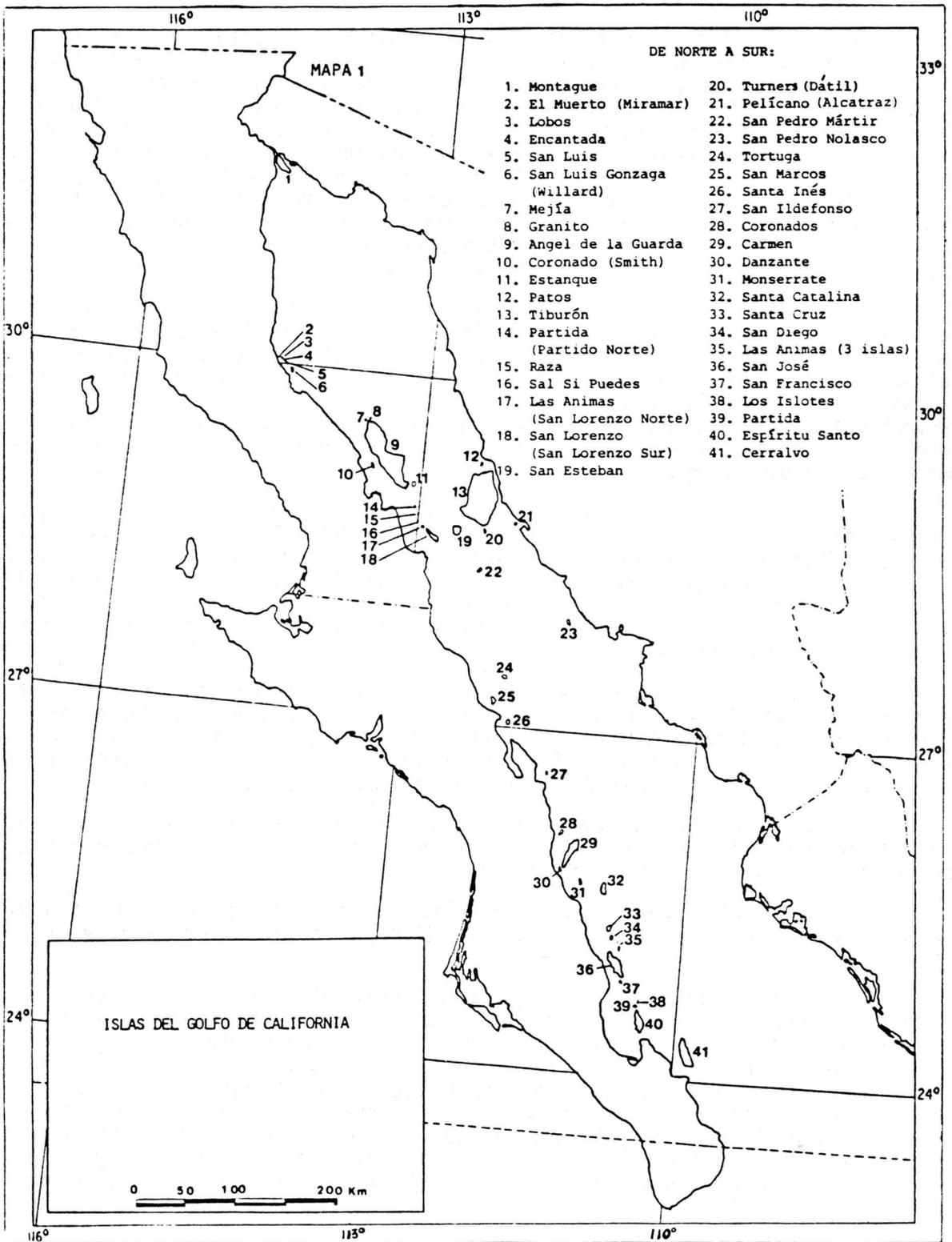
El golfo de California constituye una estrecha faja de agua localizada al noroeste de México, entre la península de Baja California y el continente, desde la desembocadura del río Colorado hasta una latitud norte aproximada de 22°52' (boca del golfo), con una dirección noroeste-sureste. Su longitud es de 1 090 km; la amplitud, medida de costa a costa, varía de 100 a 200 km. Recibe también los nombres de Mar Bermejo o Mar de Cortés.

Se considera una fosa profunda, resultado de la separación horizontal respecto al continente, que crece con velocidades promedio de 4-6 cm/año; se calcula que su formación se inició hace sólo 4-5 millones de años. Es notable la diferencia de profundidades: en su cabecera es somero por la acumulación de sedimentos provenientes esencialmente del río Colorado; en cambio, en el extremo sur sobrepasa los 3 600 m de profundidad (Lugo, 1985).

El golfo cuenta con más de ochenta y cinco islas (Secretaría de Marina, 1987) gran parte localizadas en las costas, preferentemente del lado occidental; la mayoría de ellas son remanentes geológicos de la separación de la península del continente.

Las islas más grandes (mapa 1) son: Tiburón, con 1 208 km², cuya altitud máxima es de 1 219 m; Ángel de la Guarda, con un área de 895 km², es, además, la de mayor longitud (67.5 km), con una máxima altitud de 1 315 m. Cuatro islas más tienen una superficie superior a los 100 km²: San José, 194 km²; Cerralvo, 164 km²; Carmen, 151 km² y Miramar, 113 km². Las demás islas tienen superficies comprendidas entre 0.3 km² (isla Lobos) y 43 km² (isla San Esteban).

En el mapa 1 se muestra la localización geográfica de las islas cuyo estudio tanto de flora como de fauna ya se ha iniciado; las demás, aunque de menores dimensiones, albergan un gran número de aves y animales marinos cuyo estudio sería interesante proseguir.



Circulación atmosférica.

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

En efecto, Reyes et al (1984), al analizar las condiciones del viento de ba- ja troposfera del golfo (1 a 3 km sin considerar la capa superficial), en un período de 7 años, concluye que la región norte es afectada durante todo el año por las ma- sas de aire provenientes del oeste, que obedecen al anticiclón del Pacífico ubicado al poniente de la península de Baja California. Tanto en la región sur como en la central dominan en invierno vientos con una clara componente del oeste y noroeste, como se demuestra en el mapa del viento dominante de enero, en la región, elaborado por Pérez Villegas (1988).

Como ya ha sido señalado por algunos autores (Roden, 1964, Cody, 1983), el efecto moderador del Océano Pacífico sobre el clima del golfo y tierras vecinas se reduce considerablemente a causa de la barrera que representa la cadena montañosa de 1 000 a 2 000 m de altitud que, casi sin interrupción, corre de norte a sur a lo largo de la península. En esta forma se aminoran las posibilidades de penetración del aire húmedo del Pacífico, desde el poniente hacia la región en estudio, tanto horizontal como verticalmente.

Durante la época invernal se presentan surgencias de aguas frías en la costa oriental del golfo de California, ocasionadas por la fricción de los vientos prove- nientes del norte (Roden, 1964). Este fenómeno ocasiona inversión de temperatura, lo que provoca el abatimiento de ella y un retraso en la fecha de ocurrencia de la máxima en las costas orientales del golfo con respecto a las occidentales.

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

Jáuregui (1978) indica que en el golfo, durante esta época, se presenta en los niveles bajos un fuerte gradiente térmico (10°C) entre el extremo norte y la boca del golfo.

En verano la influencia del anticiclón Bermuda-Azores solo se ejerce de una manera indirecta, ya que la presencia del continente al este enmascara su acción; sin embargo, durante esta época, la circulación opuesta, vientos del este logran penetrar hasta el norte del golfo interaccionando con los vientos del noroeste, for- mándose una zona frontal que puede desarrollarse hasta la región media. En esta última zona se dejan sentir, además, vientos del noroeste y sureste con una predomi- nancia de esta última dirección, especialmente cuando un ciclón tropical amenaza penetrar en el área peninsular o en el Mar de Cortés, circunstancia que pone de ma- nifiesto la influencia, aunque sea marginal, del anticiclón Bermuda-Azores sobre el área en cuestión.

Según se deduce del mapa de viento dominante en el mes de julio (Pérez Villegas, op cit), no es posible determinar una tendencia general en la dirección del viento, para todo el golfo, porque hacia la desembocadura del río Colorado es muy clara la dirección sureste; mientras que al norte de la isla Ángel de la Guarda (N° 9 mapa 1) es del oeste, en la parte central se observa que la dirección es del sur y sureste también, y en la boca del golfo es muy variable.

Una vez iniciado el verano, debido al fuerte calentamiento experimentado por el terreno, la baja térmica del noroeste de México y Arizona se vuelve más acentuada; simultáneamente el anticiclón del Pacífico se desplaza hacia el noroeste, al mismo tiempo que se intensifica, lo que provoca un aumento en el gradiente de presión superficial.

Se ha señalado que una inversión térmica también se presenta, durante el verano, en el Mar de Cortés. Por otro lado, el gradiente térmico, que en invierno es bastante marcado y decrece de norte a sur, a lo largo del golfo, se invierte y debilita en el verano, quedando el aire más caliente en la parte boreal del golfo, mientras que el aire más fresco se localiza en la boca del mismo (Jáuregui, en prensa).

La forma usual de la advección de aire húmedo inestable procedente del Pacífico, a la cuenca del golfo, en el verano, es desde el sur, por la boca del mismo golfo, donde no hay obstáculos para su penetración; Hales (1972) fue el primero en proponer el probable mecanismo que determina dichas incursiones de aire húmedo: considera al golfo y áreas adyacentes como un canal natural de poca amplitud, delimitado al oeste por las sierras de la península de Baja California y al este por las laderas de la Sierra Madre Occidental. Las características de las masas de aire del verano varían de muy calientes secas (tipo continental), en el extremo norte, a frescas y húmedas (tipo tropical) en la boca del golfo.

La condición inicial para que tenga lugar la penetración de humedad es que llegue a la boca del golfo una perturbación tropical o una masa nubosa de tipo convectivo de extensión considerable, la que es impulsada hacia la región ocupada por aire caliente menos denso, en la porción norte de la región, donde la presión es menor. A medida que avanza la masa de aire fresco y húmedo hacia el norte y lateralmente hacia el este, se calienta desde abajo y se desestabiliza al deslizarse sobre las aguas tibias del Mar de Cortés y los caldeados suelos de sus márgenes. El resultado es una barrera de nubes convectivas que cruzan el golfo y se extienden hasta los parteaguas de ambas vertientes, siendo el impulso principal de esta penetración en el sentido longitudinal del golfo; el mayor desplazamiento de la masa de aire ocurre sobre el mar, donde la fricción es mínima, extendiéndose la influencia del fenómeno hasta Arizona. Estas incursiones de aire húmedo, durante el verano afectan la temperatura y pluviosidad de la región.

Jáuregui (op cit) describe el caso de una incursión de aire húmedo que produjo precipitaciones en Sonora y Baja California y cuya evolución y características responden al modelo propuesto por Hales.

En el verano las tormentas y ciclones tropicales constituyen otros sistemas atmosféricos que producen lluvias en la región del golfo de California.

Idso (1976) cita la presencia de una tormenta violenta, a la que denomina "chubasco", en las proximidades del canal del Infiernillo, entre isla Tiburón (N° 13, mapa 1) y Sonora, en julio de 1967.

Jáuregui (en prensa) hace un análisis de las trayectorias de los ciclones en el período comprendido entre los años 1953-77 y señala que en los meses de junio y julio tales perturbaciones sólo llegan a la región de la boca del golfo y después se disipan, posiblemente debido a que las temperaturas del agua del Mar de Cortés, en estos meses son comparativamente frías.

En agosto y septiembre, con el avance de las aguas más tibias hacia el norte de los 22°, las trayectorias de los ciclones tropicales penetran más en la región en estudio, sobre todo en su mitad sur. En octubre un gran número de las tormentas recurvan hacia el golfo; sin embargo, sólo una porción mínima llega a afectarlo al norte de las islas Tiburón y Ángel de la Guarda.

Metodología.

No hay estaciones meteorológicas con más de un año de servicio en las islas, por lo que las condiciones climáticas del golfo se interpolaron de las existentes en las áreas continental y peninsular adyacente.

En el presente trabajo se utilizaron los datos de temperatura y precipitación medias mensuales y anuales de 87 estaciones actualizados hasta 1980 (mapa 2a). Fueron tomados de la última edición de Modificaciones al Sistema de Clasificación de Köppen, de García (1988).

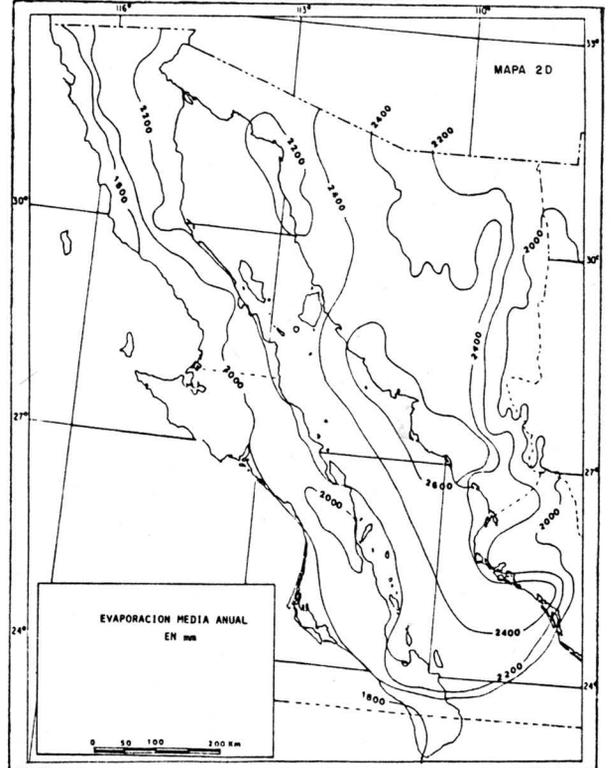
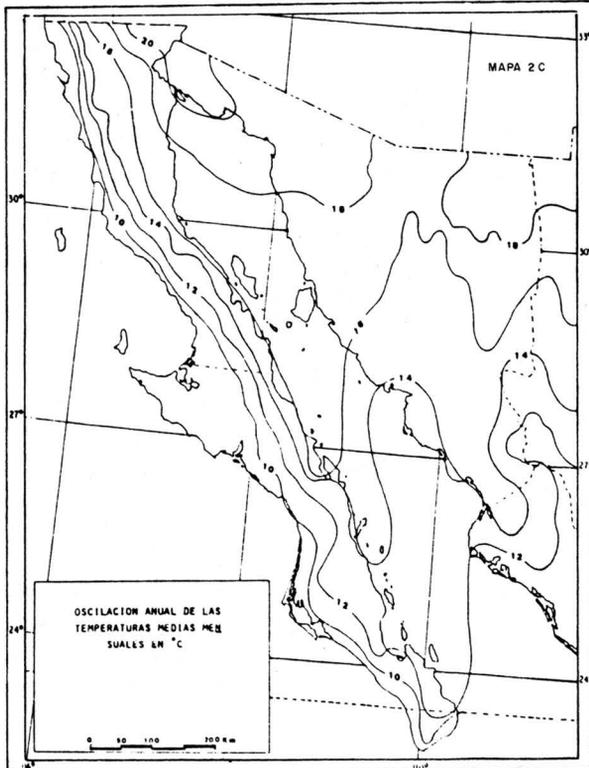
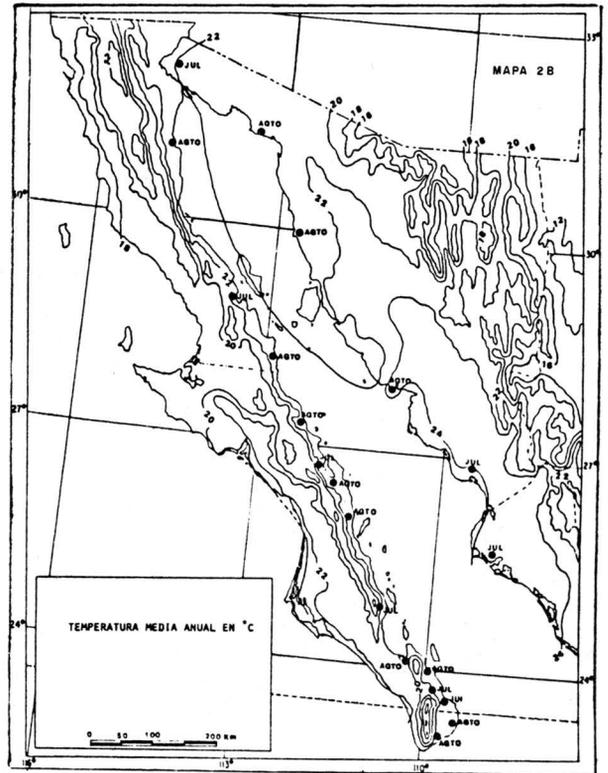
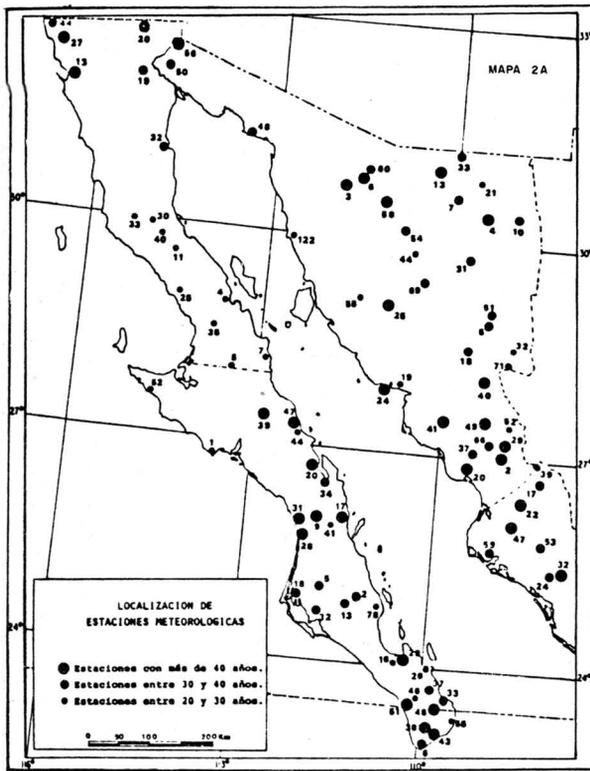
Además, se obtuvieron de los registros del SMN (SARH) y de INEGI (SPP) promedios de temperatura máxima y mínima extrema, temperaturas absolutas, número de días con precipitación apreciable, y precipitación máxima en 24 horas. Se trazaron isolíneas anuales de los siguientes datos climáticos:

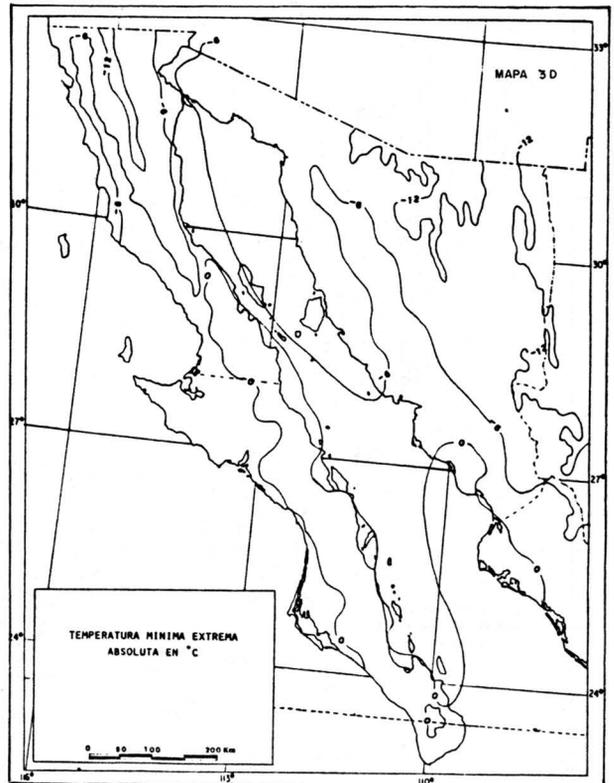
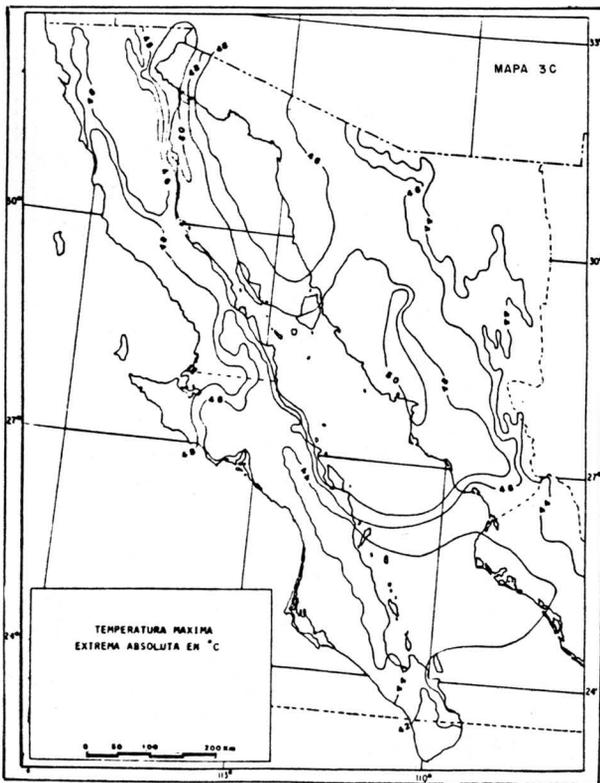
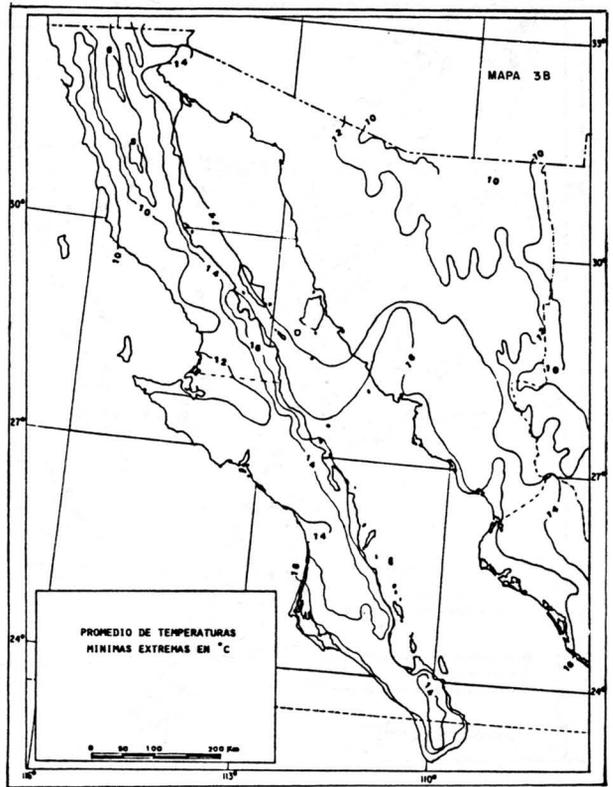
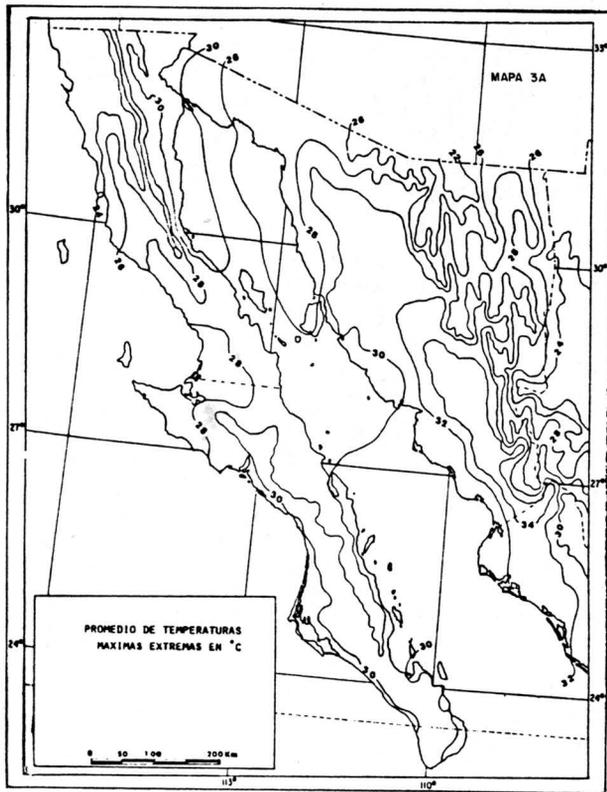
- Mapa 2a. Temperatura media anual.
- Mapa 2c. Oscilación anual de las temperaturas medias anuales.
- Mapa 2d. Evaporación media.
- Mapa 3a. Promedio de temperaturas máximas extremas.
- Mapa 3b. Promedio de temperaturas mínimas extremas.
- Mapa 3c. Temperatura máxima extrema absoluta.
- Mapa 3d. Temperatura mínima extrema absoluta.
- Mapa 4a. Precipitación total.
- Mapa 4b. Porcentaje de precipitación mayo a octubre.
- Mapa 4c. Número de días con precipitación apreciable al año.
- Mapa 4d. Intensidad de la precipitación mayo a octubre.
- Mapa 5a. Régimen de lluvias.
- Mapa 5b. Porcentaje de lluvia invernal.
- Mapa 5c. Índice de Lang (precipitación total anual/temperatura media anual).
- Mapa 5d. Climas.

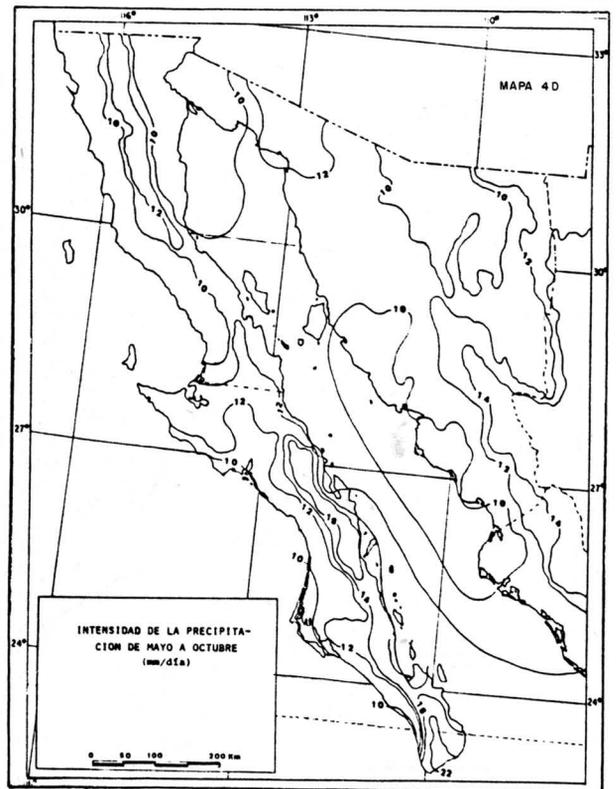
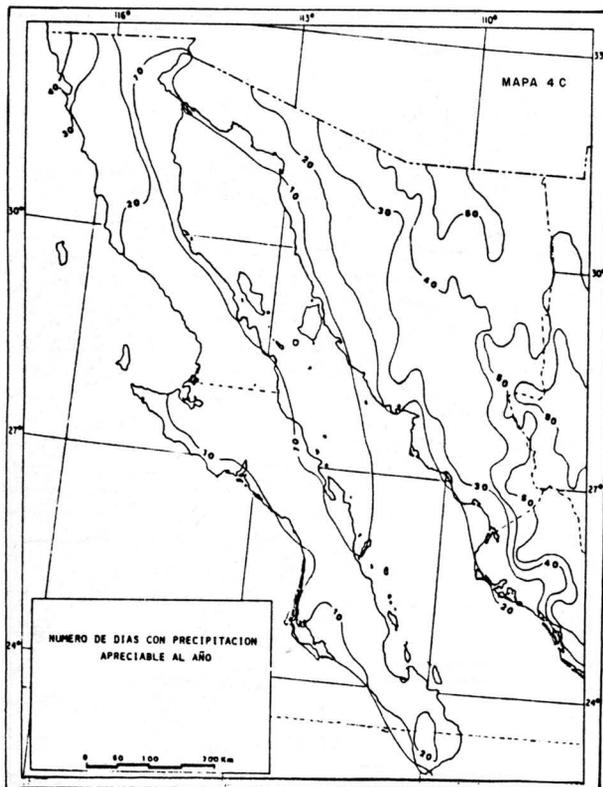
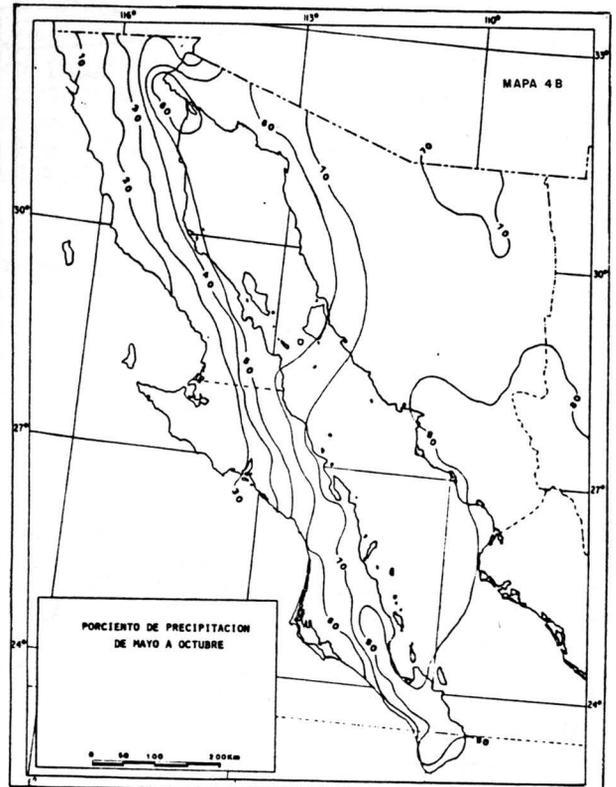
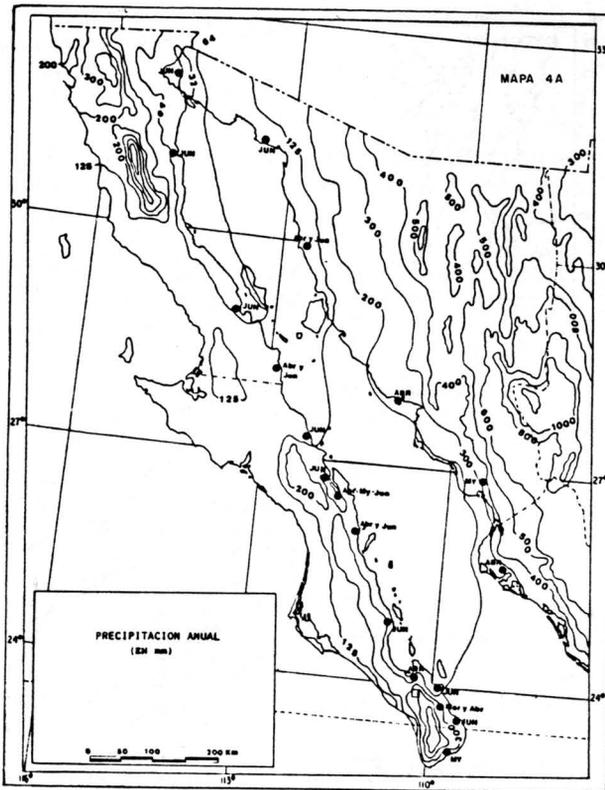
Se trabajó a una escala original de 1:4 000 000, tomando como base los siguientes trabajos de García et al: "Los climas de la Baja California" (1968) y "Cartas de Climas 1:250 000" (1988), principalmente, enriquecidos con las investigaciones realizadas por Reyes Coca et al (1984), así como con la carta topográfica a escala 1:250 000, del INEGI (SPP).

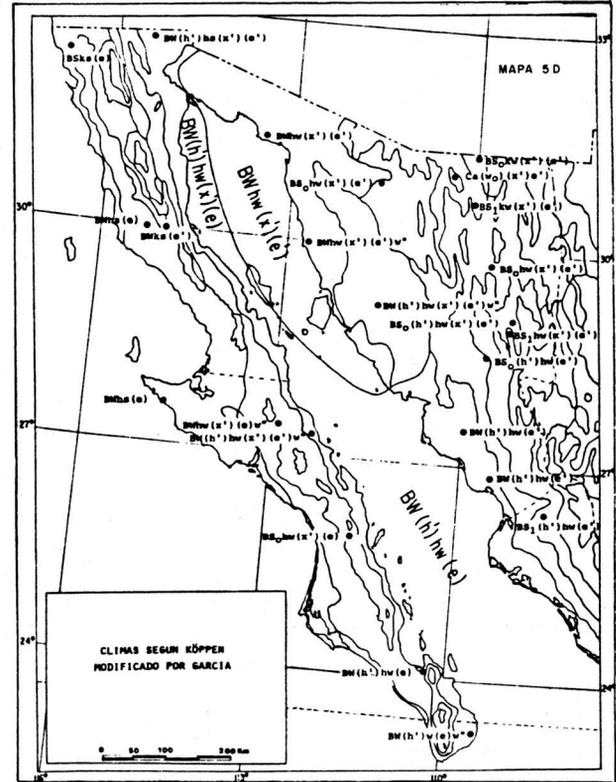
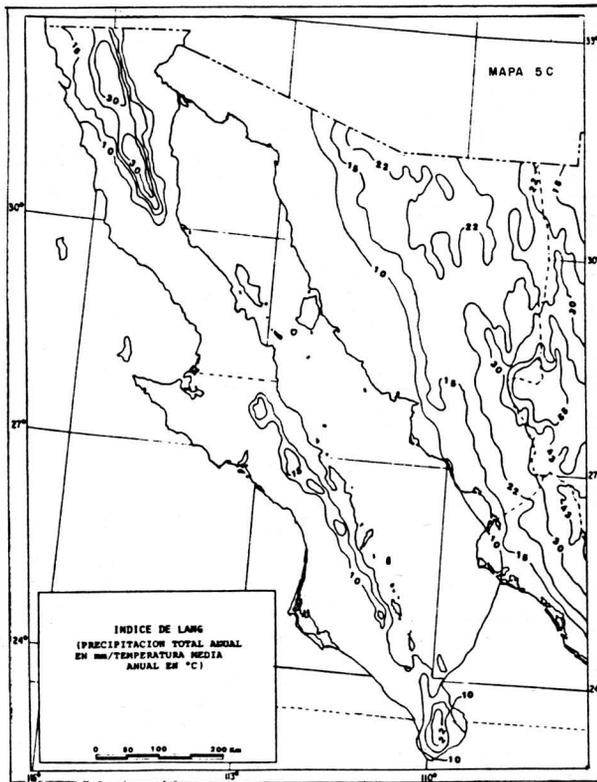
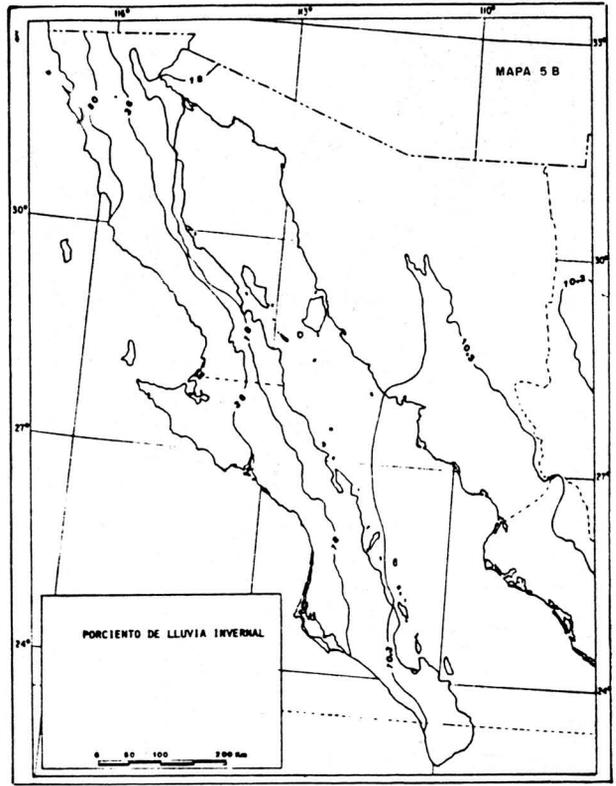
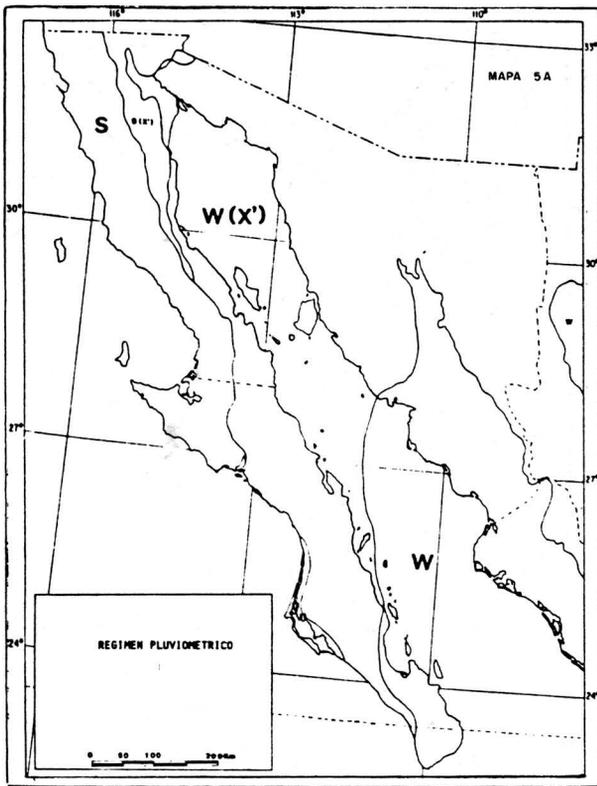
Temperatura.

Al analizar la carta de isotermas medias anuales (fig. 2b), se observa que la temperatura en el golfo se incrementa de norte a sur y es algo mayor a lo largo









de la costa de Baja California que en la de Sonora y Sinaloa, en tal forma que se pueden delimitar en el área en estudio dos zonas térmicas, una cálida con temperatura mayor a 22°C, que abarca más de la mitad de la zona en cuestión, pues comprende las porciones noroeste, centro y sur, y una semicálida, con temperatura entre 18 y 22°C (García, 1988) que incluye el área noreste en la que quedan comprendidas la parte occidental de las islas Montague y Ángel de la Guarda, así como islas Mejía, Granito, Estanque, San Esteban, Turners, Tiburón y Patos.

En este mapa se señala con su inicial el mes más cálido; puede observarse que en la mayor parte del área es agosto, exceptuando las costas orientales, al sur del paralelo 28°, en donde el máximo se presenta en julio. El mes más frío es enero, en todo el golfo.

En el mapa 2c se observa que la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales (la diferencia en temperatura entre el mes más frío y el más caliente) varía entre 12 y 20°C.

Los valores más bajos se localizan en la boca del golfo, en cambio, el extremo norte presenta la mayor oscilación (más de 20°C), como en la isla Montague (N° 1, mapa 1). Las islas comprendidas entre San Felipe, BCN, y Mulegé, BCS. De acuerdo con el sistema de Köppen modificado por García (1988) toda el área al norte puede ser considerada como muy extremosa (más de 14°C).

La isolínea de 12°C se localiza aproximadamente en la boca del golfo; toda esta área es considerada como extremosa, con oscilación entre 7 y 14°C.

Se nota que las isolíneas de oscilación hacen una curva hacia el sur, del lado occidental del golfo, lo que significa que las islas del occidente son más extremosas que las del oriente.

En el mapa de promedio de temperaturas máximas extremas (figura 3a) se aprecia que las temperaturas varían de 26 a 32°C; las más bajas (menores de 28°C) se localizan en el extremo noreste del golfo, en cambio las más altas (mayores de 30°C) se presentan en el extremo noroeste, así como en la porción austral del golfo: hacia el sur de Guaymas, Son. y de Mulegé, BCS.

Por otra parte, el mapa 3b, de promedio de temperaturas mínimas extremas, señala que la zona más fría, con temperatura inferior a los 14°C, se localiza en el noreste y abarca las islas Mejía, Granito, Ángel de la Guarda, Estanque, San Esteban, Turners, Tiburón y Patos; los valores más altos, mayores a 16°C, se presentan al sur de Guaymas, Son. y Santa Rosalía, BCS. La costa noroeste presenta temperaturas de 14 a 16°C; se observa que la parte oriental del golfo es como un grado más fría que la occidental.

En sus estudios realizados, Oliver (1972) emplea las temperaturas mínimas y máximas promedio para determinar grandes regiones de vegetación natural en diferentes regiones de la Tierra, y dice que la vegetación de las zonas desérticas cálidas se desarrolla en áreas con temperaturas máximas que oscilan entre 26.4 y 56.6°C y entre 1.6 y 23.6°C de mínima, lo cual es congruente con las temperaturas del área en estudio.

El mapa de temperatura máxima extrema absoluta (mapa 3c) muestra el valor más alto registrado desde que se estableció la estación de observación; los valores más altos en el período considerado corresponden al extremo noroeste del golfo, en

donde San Felipe registró 57°C; en cambio, en el extremo noreste se alcanzaron menos de 46°C (45°C en Puerto Peñasco y 43°C en Puerto Libertad). Contrario a lo que se podría esperar, por su menor latitud, se observan valores menores a 44°C en la boca del golfo.

El mapa de temperatura mínima extrema absoluta (figura 3d) señala que el valor más bajo registrado desde que existen las estaciones fue inferior a -6°C, en el noreste, abarcando la parte oriental de las islas Montague y Ángel de la Guarda, así como las islas Mejía, Granito, Estanque, San Esteban, Turners, Tiburón y Patos. El resto de las islas queda dentro del rango de -6°C a 0°C; sólo en la boca y en la porción sureste del golfo se presentan valores mayores a 0°C.

Es curioso observar que, de la mitad norte del golfo, la porción oriental registró temperaturas considerablemente más bajas que la occidental y que hacia el sur ocurre lo contrario.

Las diferencias térmicas que se presentan en el golfo se pueden atribuir a que durante la época invernal los vientos del oeste desplazan el agua superficial y ocasionan surgencias de aguas frías en la costa oriental (Rodén, 1964). Este fenómeno ocasiona un desplome de la temperatura en la porción noreste del golfo, la cual alcanza valores menores que los que se presentan del lado occidental y de los encontrados en la llanura de Sonora.

Es necesario hacer la aclaración de que, en cada isla, las variaciones locales del relieve pueden traducirse en diferencias térmicas, de tal suerte que es factible encontrar condiciones más frescas en las partes de mayor altitud, como es el caso particular de las islas San José, con elevaciones de 633 m; Espíritu Santo, con altitudes de 595 m; Cerralvo, con 768 m; San Esteban, con 540 m, y Tiburón que presenta dos sierras: la menor, situada al oeste, con altitudes mayores a 500 m y la de Kunkaak, al oriente, con valores superiores a 700 m.

Las variaciones en el relieve favorecen la formación de microclimas como, por ejemplo, el aumento de temperatura en el interior de una cañada, cambios en la cantidad de insolación por efecto de barrera, etc.; verbigracia, la isla Ángel de la Guarda presenta dos pequeñas sierras ubicadas a lo largo de la isla, encontrándose las partes más altas (más de 800 m) en las porciones norte y sur; estas elevaciones producen el efecto de barrera orográfica, pues evitan que la disminución de la temperatura ocasionada por las surgencias de aguas frías de la costa oriental del golfo se propague a la vertiente occidental de la isla, lo que propicia que ésta sea más caliente que la oriental.

Por otra parte, los altos valores de la oscilación térmica del golfo de California señalan que, a pesar de ser un sistema acuoso, el clima es más continental que oceánico, lo que puede deberse a su aislamiento orográfico por la presencia, al oeste, del sistema montañoso que recorre casi sin interrupción a la península, en tal forma que la influencia moderadora del Océano Pacífico es fuertemente reducida (Roden, 1964). En efecto, los valores de la oscilación dentro del golfo son mayores que en el litoral occidental de la península, a la misma latitud (mapa 2c).

El mapa 2d representa la evaporación media anual del período considerado; la evaporación representa la pérdida de agua de la atmósfera y está en cierta medida relacionada con la temperatura y con la humedad contenida en el aire; como es de esperarse, donde hay menor evaporación, del orden de 2 000 mm, es en la porción noreste, al norte del paralelo 30°, que es la más fría, aumentando hacia el sureste, en

la costa continental del golfo, a valores mayores a 2 400 mm, y aun superiores a 2 600 mm en los alrededores de Guaymas, Son. También se presentan valores menores a 2 000 mm en la boca del golfo, en donde la humedad atmosférica es mayor.

Precipitación.

La fig. 4a muestra la distribución de la precipitación total anual promedio; se aprecia que la cantidad de lluvia recibida en el área en estudio varía de unos 32 mm a 250 mm anuales.

Con base en estas cantidades de precipitación, el golfo se puede dividir en cuatro zonas: la noroeste, con valores entre 32 y 64 mm de lluvia; el parteaguas de las sierras de Ángel de la Guarda sirve como límite hacia el este de esta zona. La noreste, entre 64 y 125 mm, abarca hasta la isla Tiburón y Santa Rosalía, BCS. La tercera, con valores entre 125 y 200 mm de precipitación anual, comprende, por el oeste de Santa Rosalía, a la isla Cerralvo, y por el este, desde la isla Tiburón hasta el paralelo 27°. Finalmente, la zona sur comprende la región de los Cabos y la costa noroeste de Sinaloa, en donde los valores de la precipitación son mayores a 200 mm, por lo que resulta menos seca que las anteriores.

No se puede dejar de mencionar que el comportamiento de la precipitación en el golfo de California, que se ha venido planteando en los párrafos anteriores, sufre modificaciones locales; es decir, en cada isla las variaciones y la orientación de sus elevaciones pueden traducirse en diferencias de precipitación, de tal suerte que es factible encontrar condiciones menos húmedas en las vertientes que se encuentran más resguardadas, como es el caso de la isla Tiburón cuya vegetación revela un gradiente de precipitación que decrece de este a oeste, la vegetación del lado oeste se encuentra a la sombra pluviométrica de la sierra Kunkaak y es notablemente más xeromórfica que la del lado oriental que bordea al canal del Infiernillo (Felger, 1976).

También la vertiente occidental de la isla Ángel de la Guarda (fig. 4a) recibe menos lluvia al año (inferior a 64 mm) que la oriental, debido a la elevación y orientación que guardan sus sierras con respecto a la llegada de humedad, por la boca del golfo, proveniente del Pacífico.

De acuerdo con Shreve (1951), se presentan en el área en estudio dos tipos de vegetación del desierto sonorense: "matorral alto" (sarcocauliscent desert) y "matorral microfilo" (microphyllous desert). El primero se desarrolla en la faja litoral de Baja California Sur, excepto al sur de La Paz; también se presenta en la costa de Sonora, cerca de la isla de Tiburón y en las principales islas del golfo, exceptuando la porción occidental de Ángel de la Guarda. Entre las plantas dominantes se encuentran árboles bajos de Cercidium, Bursera hindsiana y Jatropha y cactus del género Opuntia y especialmente Phachycereus pringlei.

El matorral microfilo se encuentra en la vertiente oeste de Ángel de la Guarda y en las costas que rodean el norte del golfo; se caracteriza por una mayor incidencia de arbustos de hojas o foliolo pequeño, con muy pocas especies leñosas, en el que Larrea tridentata es común; este género sobresale en escasez en la mayoría de las islas del golfo. La distribución de este matorral se extiende a las zonas más secas de México (Rzedowski, 1978).

En el mapa 4a se indica con su inicial el mes más lluvioso, en las estaciones, del área en estudio; puede apreciarse que a lo largo de toda la costa californiana es septiembre, mientras que la costa opuesta, al norte de isla Tiburón, es octubre, y al sur es agosto.

Por otra parte, en toda la región el mes más seco es junio, con excepción de la costa oriental de Sonora y Sinaloa, al sur de la isla Tiburón, en donde los meses más secos son abril o mayo. Hay estaciones de la porción central y sur, en el occidente del golfo, que no reciben precipitación alguna en uno, dos o tres meses (abril, mayo o junio).

La distribución de la lluvia en el año puede apreciarse mejor en el mapa de isolíneas de porcentaje de lluvia del período mayo a octubre, respecto de la total anual (mapa 4b), considerado por García (op. cit.) como la época de lluvias en el centro y sur del país. Se observa que en la porción noroeste la precipitación de la mitad caliente del año (mayo a octubre) representa de 50 a 60% de la anual y aumenta hacia el sureste hacia cerca de 90%.

Se ha dicho ya que en la zona en estudio la lluvia se incrementa de noroeste a sureste; la cantidad de precipitación depende en gran medida del número de días con lluvia mayor de 0.1 mm. En el mapa correspondiente (fig. 4c) se puede observar una zona donde sólo llueve durante 10 días al año; abarca el norte y centro del golfo, por el lado oriental hasta la isla Tiburón y por el lado occidental hasta Loreto. Hay otra área, hacia el sur, de 10 a 20 días de precipitación apreciable al año.

Para tener una idea más completa del comportamiento de la lluvia en el Mar de Cortés, se consideró adecuado calcular la "intensidad de la lluvia" o fuerza con que cae ésta, que puede valorarse por la relación entre la cantidad total de lluvia (P) y el número de días con lluvia apreciable (N); es decir, $I = \frac{P}{N}$

Se calculó la intensidad de la lluvia del período mayo a octubre (mapa 4d), para todas las estaciones, dentro de la zona.

Se pueden observar tres áreas bien marcadas, la primera al noroeste, con valores menores a 10 mm/día; mismo valor que se presenta en la costa oriental del golfo, entre isla Tiburón y Topolobampo, Sin. La tercera, con intensidades mayores a 12 mm/día, se localiza sobre el oeste del golfo, al sur de Mulegé, BCS, que alcanza intensidades mayores de 22 mm/día en la región de Los Cabos.

De esto se infiere que la invasión de aire húmedo en verano es por la boca del golfo, y que la precipitación se distribuye en pocos días. No obstante, 22 mm/día no da idea de la presencia de los llamados "chubascos" (Hales, 1972), en cambio, los registros de precipitación máxima en 24 horas indican que en un solo día puede llover más del 100% de la precipitación media anual; es decir, que la lluvia cae en forma torrencial.

De acuerdo con su periodicidad estacional, o sea su distribución en el año, sólo se observa el régimen de lluvias de verano (mapa 5a), pero con variación en el porcentaje de lluvia invernal (mapa 5b), que denota la influencia de los diferentes fenómenos meteorológicos a que se encuentra sometida el área en el transcurso del año.

Las porciones norte y centro del golfo son las que presentan mayor cantidad de lluvia invernal, que decrece de 18 a 10.2% respecto a la anual, lo cual la clasifica en el régimen de verano, pero con alto porcentaje de lluvia invernal $w(x')$ (García, 1988), lo que se traduce en una mayor efectividad de ella para el crecimiento de las plantas, ya que a menor temperatura existe menor evaporación. Al sur de Guaymas, por el lado este, y de la isla del Carmen, en la porción peninsular, el régimen de lluvias es el típico de verano; es decir, con menos de 10.2 de precipitación invernal, por tanto, la cantidad de lluvia recibida en esta área, aunque sea mayor, al coincidir con la época más caliente del año disminuye su efectividad en el crecimiento de las plantas.

Sin embargo, las lluvias de verano en el desierto sonorense son muy importantes no solamente para un grupo grande de plantas anuales, las llamadas "efímeras de verano", sino, también, para muchos matorrales de origen tropical y subtropical, por ejemplo, *Bursera*, *Jatropha*, a los que les brotan sus hojas y flores después de estas lluvias (Cody, et al, 1983).

El mapa 5c de índice de aridez de Lang (precipitación total anual en mm/temperatura media anual en °C), en general, muestra valores de P/T menores a 10, excepto al sur de La Paz y de Topolobampo, Sin., con valores de 14.7, los cuales clasifican a la zona como árida en extremo, concordando con la distribución de los tipos de vegetación antes mencionados.

El clima del golfo de California, según el Sistema de Köppen Modificado por García (op cit), corresponde al subgrupo climático muy árido; es decir, BW, dentro del cual se encuentran diferentes grados de pluviosidad y de temperatura, lo que se traduce en la presencia de tres subtipos climáticos (mapa 5d):

- 1.- BW $hw(x')(e')$ clima muy árido, semicálido, con régimen de lluvias de verano, alto porcentaje de lluvia invernal y muy extremo; se encuentra localizado en la porción noreste del golfo.
- 2.- BW $(h')hw(x')(e)$ clima muy árido, cálido, con régimen de lluvias de verano, con alto porcentaje de lluvia invernal y extremo; se localiza en las porciones noroeste y centro, si bien en esta última la oscilación es menor y, por tanto, cambia de muy extremosa (e') a extremosa (e).
- 3.- BW $(h')hw(e)$ clima muy árido, cálido, con régimen de lluvias de verano y extremo, se ubica hacia el sur de Guaymas, en el continente, y de la isla del Carmen, en la península, o sea que coincide con el límite del régimen de lluvias ya descrito.

CONCLUSIONES

El golfo de California y sus islas presentan un clima seco considerado dentro del grupo de los muy áridos, pero con características muy específicas, propias de la zona, debidas a la circulación atmosférica, a la configuración del golfo y a la existencia de cordilleras, factores que modifican esta circulación.

Una de las más notables de estas peculiaridades climáticas es que, a pesar de ser un sistema acuoso, el clima resulta ser más continental que oceánico debido a su aislamiento orográfico por la presencia al oeste del sistema montañoso que recorre casi sin interrupción a la península y que reduce fuertemente la influencia

moderadora del Océano Pacífico. Esta característica es más marcada al norte; en efecto, los climas de esa área son los más extremos del país.

Por otra parte, las condiciones de temperatura así como las de precipitación presentan un incremento noreste-suroeste. Es importante, también, señalar que existen diferencias térmicas entre el lado este y el lado oeste del Mar de Cortés; es decir, es más caliente a lo largo de la costa de Baja California que en las costas de Sonora y Sinaloa, a causa de las surgencias de agua existentes en estas costas.

Sin embargo, en cuanto a temperaturas máximas absolutas, de la mitad del golfo hacia el sur, la porción oriental registró temperaturas considerablemente más altas que la occidental.

En cuanto a la precipitación anual, se puede decir que, en promedio, la costa oeste recibe solamente la mitad de la lluvia que se presenta en la costa este.

Es también importante para las plantas que habitan en el golfo de California y en sus islas la estacionalidad de la distribución de la lluvia, pues aunque sólo se observa el régimen de lluvias de verano, se registra mayor cantidad de precipitación invernal en las porciones norte y centro de la zona en estudio y menor porcentaje al sur, lo que denota que la mitad norte participa de las lluvias invernales que caracterizan a la costa occidental de la península, en tanto que la mitad sur recibe lluvias estivales producidas por las penetraciones de humedad y las tormentas y ciclones tropicales que entran por la boca del golfo.

Una característica nefasta para el desarrollo de las plantas de la zona es que, además de la escasa cantidad de precipitación recibida al año (de 32 mm), ésta se presenta en fuertes chubascos, por lo que el número de días con lluvia apreciable resulta muy bajo; es decir, menor de 20 al año.

Por último, cabe mencionar que cada isla puede presentar variaciones locales de temperatura y precipitación debidas a diferencias en altitud, en orientación de las sierras, y a la posición geográfica en sí, lo que puede dar lugar a microclimas que determinan la densidad y diversidad de la vegetación característica de la zona en estudio.

Se espera que este estudio sea de utilidad en el conocimiento y en el mejor uso de los recursos de la región.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Brenner, I. 1974. "A surge of Tropical Air-Gulf of California to SW U.S." Mo. Weather Rev. 102; 375-389. Boston.
- Felger, R.S. and C.H. Lowe. 1976. "The island and coastal vegetation and Flora of the northern part of the Gulf of California". Nat. Hist. Mus. Contrib. in Sci. Los Angeles: Natural History Museum of Los Angeles County. (285): 59 pp
- Cody, M., R. Moran and H. Thompson. 1983. "The plants". In: Case, T. J. and M. L. Cody (Ed), 1986. Island biogeography in the Sea of Cortes. USA: University of California Press. (49-97).

- García, E. y Mosiño, P. 1968. Los Climas de Baja California. En: Memoria 1966-67 del Comité Mexicano para el Decenio Hidrológico Internacional. México: Instituto de Geofísica, UNAM. 29-56.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) México: Offset Larios. 217 p.
- García, E., R. Vidal y E. Hernández. 1988. Carta de Climas, escala 1:250 000 según el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García. México: Sistemas de Información Geográfica.
- Hales, J. 1972. "Surges of maritime tropical air northward over the gulf of California" Mo. Weather Rev. 100 (4): 298-306. Boston.
- Idso, S.B. 1976. "Chubasco". Weather. 31 (7): 224-226.
- Jáuregui, O.E. y F. Cruz. 1978. "Algunos aspectos del Clima de Sonora y Baja California". Boletín del Instituto de Geografía. 10: 143-180. México: UNAM.
- Jáuregui, O.E., _____. Las perturbaciones tropicales en el Golfo de California. En prensa.
- Lugo, H.J. 1985. "Morfoestructuras del fondo oceánico mexicano". Boletín del Instituto de Geografía. 15: 9-39. México: UNAM.
- Pérez Villegas, G. 1988. "El viento superficial en el noroeste de México". Boletín del Instituto de Geografía. 18: 31-50. México: UNAM.
- Reyes Coca, S., E. Pavía, J. Candela y R. Troncoso, 1984. Estudio preliminar de las condiciones meteorológicas y climáticas alrededor del golfo de California. 1a. Parte: Análisis del viento. Ciencias Marinas. 10(2): 9-26. México.
- Roden, G. 1964. "Oceanographic aspects of Gulf of California". In: Memoir N° 3. 30-58. California: The American Association of Petroleum.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. México: Limusa. 237-261.
- Secretaría de Gobernación y Secretaría de Marina. 1987. Islas Mexicanas. Régimen Jurídico y Catálogo. 35-49. México: Las Secretarías.
- Shreve, F. 1951. "Vegetación of The Sonoran Desert". Carn. Inst. Wash. Publ. (591): 1-192.