

**VI**

**LAS OBSERVACIONES OCEANOGRÁFICAS  
EN MÉXICO DURANTE EL  
AÑO GEOFÍSICO INTERNACIONAL**

*por J. Merino y Coronado\**

\* Vocal de Oceanografía de la Comisión Mexicana del A.G.I.

## INTRODUCCION.

Al iniciarse el Año Geofísico Internacional no estaba México preparado para llevar a cabo ningún programa extenso de observaciones oceanográficas, ya que ni la Comisión Mexicana del A. G. I., ni el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma contaban con barcos equipados para esta clase de trabajos, ni con presupuesto para rentarlos u operarlos. Tampoco los tenía la Secretaría de Marina. Por esa razón el C. Presidente de la Comisión, Ing. Ricardo Monges López, se comprometió, en nombre de México, a realizar únicamente observaciones y trabajos relacionados con el estudio de las mareas, utilizando para ellos las estaciones de la Red Mareográfica que opera el Departamento de Oceanografía del Instituto de Geofísica en colaboración con la Secretaría de Marina, contando con la ayuda del Inter American Geodetic Survey.

Este informe cubre algunos de los resultados obtenidos exclusivamente por el autor a partir de las observaciones citadas y no podemos decir que sea completo. El material obtenido es bastante grande y, para analizarlo en forma total con los medios a nuestra disposición, se requeriría un tiempo bastante mayor.

Sin embargo, como todos los datos se enviaron y se continúan enviando a los centros A y B (Estados Unidos y la Unión Soviética) de recolección de datos, otros geofísicos podrán obtener más conclusiones, o resultados de diferentes tipos.

### 1. OBSERVACIONES REALIZADAS.

Durante todo el tiempo que duró el A. G. I. y después de éste, durante la Cooperación Geofísica Internacional que aún subsiste, se llevaron a cabo las siguientes observaciones, mismas que se hacían en todas las estaciones mareográficas desde la organización por el autor del Departamento de Oceanografía en 1952:

- a) Alturas horarias de la marea,
- b) Altura y hora de ocurrencia de pleamares y bajamares,
- c) Temperatura del agua del mar, y
- d) Densidad del agua del mar.

Con las observaciones a) y b) se calcula el nivel medio del mar en el o los períodos de tiempo que se deseen y con las observaciones c) y d) se calcula la salinidad del agua marina.

## 2. INSTRUMENTOS UTILIZADOS.

### *Precisión y grado de confianza de las medidas.*

Para las observaciones mareográficas se utilizaron mareógrafos "Standard" del U. S. Coast and Geodetic Survey (Oficina Estadounidense de Geodesia y Levantamientos de Costa). Estos mareógrafos son de registro continuo con lápiz, sobre un rollo de papel que se cambia cada mes.

El papel avanza unos 25 mm por hora y las horas se marcan automáticamente en la curva de registro de la marea, gracias a un reloj incluido en el aparato, que se contrasta cada día. Los tiempos son enteramente de confiar, ya que aun errores de 5 minutos por día en la marcha del reloj, carecen de importancia.

Las escalas de reducción de la gráfica, usualmente de 1:6 o de 1:9, permiten leer la curva con una precisión de 0.05 pies, precisión que no es necesaria como lo saben todos los oceanógrafos.

Para las observaciones de temperatura y densidad del agua se utilizaron hidrómetros y termómetros de los usados por el U. S. Coast and Geodetic Survey citado. Los termómetros, con escala Fahrenheit, marcados de grado en grado y los hidrómetros o densímetros, con divisiones que permiten la lectura directa hasta el cuarto decimal. A pesar de todo, la precisión de las medidas y su confiabilidad dejan mucho que desear, por las razones siguientes:

- a) Los termómetros, con escala Fahrenheit, no fueron contrastados nunca en los laboratorios de la Universidad y se supuso que las indicaciones de la columna de mercurio, así como las divisiones de la escala, eran correctas.
- b) Cuando el observador estaba provisto de dos termómetros, nunca se hicieron lecturas comparativas de ambos. Al romperse uno, se le enviaba otro sin más trámite.
- c) Los densímetros tampoco fueron contrastados nunca para determinar su error de escala o los errores debidos a diferencias de temperatura.

Estas prácticas viciadas, de las que el autor se reconoce parcialmente responsable, no han sido corregidas y parece que son comunes en casi toda América Latina, según informes a nuestra disposición.

Además, las medidas se hacen sobre una muestra que se toma con un balde o cubo, del agua de mar que está debajo del muelle mismo donde se halla instalado el mareógrafo. A menudo caen cerca las aguas de drenaje o de desagüe de los muelles, los barcos, o parte de la ciudad. Por fin, las observaciones de densidad del agua no fueron hechas a la misma hora en todas las estaciones, ni en ninguna de ellas tomada separadamente.

Las medidas pluviométricas utilizadas en nuestro estudio fueron suministradas por el Servicio Meteorológico Mexicano y, dentro de lo que sabemos, se ajustan generalmente a las normas internacionales para observaciones meteorológicas.

### 3. ESTACIONES DE OBSERVACION.

Durante el Año Geofísico Internacional funcionaron 16 estaciones mareográficas, de las cuales 7 estaban instaladas en el Golfo de México, 8 en las costas del Pacífico y una, la de Isla Socorro, en la isla citada, del grupo de las islas de Revillagigedo, en pleno Océano Pacífico. La tabla que sigue da las coordenadas geográficas de las estaciones de observación y la Fig. 1 muestra su localización en la Carta de la República.

TABLA I. ESTACIONES MAREOGRAFICAS

*Costas del Golfo de México*

<i>Estación</i>	latitud N	longitud W	Establecida en
Tampico, Tamps.	22°13'00"	97°51'19"	Desembocadura de río
Tuxpan, Ver.	21°00'00"	97°20'00"	Desembocadura de río
Veracruz, Ver.	19°11'28"	96°07'28"	Mar abierto
Alvarado, Ver.	18°46'14"	95°45'56"	Desembocadura de río
Coatzacoalcos, Ver.	18°08'56"	94°24'40"	Desembocadura de río
Cd. del Carmen, Camp.	18°38'22"	91°50'16"	Laguna
Progreso, Yuc.	21°18'00"	89°39'30"	Mar abierto

*Costas del Pacífico*

Salina Cruz, Oax.	16°09'37"	95°12'11"	Puerto artificial
Acapulco, Gro.	16°50'26"	99°54'44"	Bahía
Manzanillo, Col.	19°03'15"	104°19'46"	Bahía
Mazatlán, Sin.	23°11'55"	106°25'20"	Bahía
Topolobampo, Sin.	25°36'01"	109°02'52"	Cerca de desembocadura de río
Guaymas, Son.	27°55'28"	110°53'31"	Bahía
La Paz, B. C.	24°09'41"	110°20'44"	Bahía
Ensenada, B. C.	31°51'10"	116°38'09"	Mar abierto

*Océano Pacífico*

Isla Socorro, Col.	18°42'28"	111°02'49"	Mar abierto
--------------------	-----------	------------	-------------

Como se ha dicho ya, todas las estaciones estaban dotadas de la misma clase de equipo, con excepción de la de Isla Socorro, Col.

Se las clasificó, atendiendo a los resultados de las observaciones, en tres categorías:

- a) Estaciones de cuencas semicerradas, que incluyen todas las del Golfo de México y las establecidas en el Mar de Cortés o Golfo de California, que son Mazatlán, Topolobampo, Guaymas y La Paz.
- b) Estaciones de costa abierta: Salina Cruz, Acapulco, Manzanillo y Ensenada.
- c) Estaciones oceánicas: Isla Socorro.

#### 4. NIVEL MEDIO DEL MAR, ANUAL.

Por definición, el nivel medio del mar es el promedio aritmético de todas las alturas horarias observadas durante un período dado, *sin aplicar corrección alguna*.

Los datos obtenidos en el Golfo de México, ilustrados en la Fig. 2, ofrecen algunas particularidades. En las dos únicas estaciones establecidas en mar abierto y lejos de las desembocaduras de los ríos importantes, se observa que el nivel medio del mar alcanzó una altura mínima en 1954. Subió en 1955 y se mantuvo alto, con ligeras variaciones, hasta 1958 en que comenzó a bajar de nuevo hasta alcanzar el valor observado en 1959. Estas variaciones no son muy grandes a pesar de todo, pues alcanzan, en las dos estaciones citadas, una amplitud que no llega a los 6 cm (0.2 pies) como lo muestra la figura.

El fenómeno puede considerarse como general, dada la distancia que separa Progreso y Veracruz. Además, se observa también la misma forma de la curva en Tampico y Alvarado, que son estaciones de río y un descenso significativo en los dos años en que funcionó la estación de Tuxpan (1958-1959). Es natural que en estas estaciones las variaciones sean mayores, del orden de unos 9 o 10 cm de amplitud para Tampico y algo menos para Alvarado. Es significativo, sin embargo, que el fenómeno parezca ser el mismo u obedecer a una causa parecida a pesar de la localización tan distinta de Tampico, Alvarado y Tuxpan por una parte y Veracruz y Progreso por otra.

La curva de la estación de Coatzacoalcos ofrece una excepción a partir de 1959, probablemente debida a las avenidas del río de su mismo nombre.

En general, se observa que el nivel medio del mar en las costas del Golfo de México pasó por un mínimo en 1953 o 54, alcanzó un máximo en 1958 para todas las estaciones y volvió a bajar en 1959. La amplitud de las osci-

laciones observadas no pasa, sin embargo, de los 6 a 8 cm cuando no hay fenómenos hidrológicos o meteorológicos que la alteren. Ignoramos la causa del fenómeno descrito.

En las costas del Pacífico se observa que el nivel medio del mar pasó por un mínimo durante los años de 1954 (Salina Cruz), 1955 (Mazatlán, La Paz y Acapulco) y 1956 (Guaymas). En la actualidad (1959) el nivel medio del mar está bajando en todas las estaciones excepto en Ensenada, donde se observa que simplemente la pendiente de la curva disminuyó de 1958 a 1959.

La amplitud de la variación es más grande en el Pacífico que en el Golfo de México. Es del orden de unos 12 cm (0.4 pies) en Salina Cruz; de unos 14 cm en Mazatlán; de 12 cm en La Paz y de unos 15 cm en Acapulco. (Fig. 3).

La Paz, Mazatlán y Acapulco presentan curvas de nivel medio anual muy parecidas, a pesar de la gran distancia que separa los dos primeros puertos del último.

Mazatlán, La Paz y Topolobampo exhiben curvas casi iguales, como era de esperarse: los tres puertos están localizados en el Golfo de Cortés.

Acapulco y Salina Cruz muestran curvas también parecidas, aunque su similitud no es tan grande como la de las curvas obtenidas con los datos de Mazatlán y La Paz.

Como en el caso del Golfo, ignoramos la causa de esta variación a largo plazo del nivel medio del mar. Sin embargo podemos decir que, por tratarse de un fenómeno aparentemente general, la causa que la produce ha de actuar en escala planetaria. De todos modos, siete años de observaciones constituyen un período de tiempo bastante corto para sacar conclusiones útiles y definitivas.

Las variaciones anuales del nivel medio del mar y sus causas probables han sido discutidas por muchos autores, tanto europeos como americanos y la bibliografía es amplia en este campo. A ella remitimos al lector.

##### 5. VARIACIONES ESTACIONALES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR EN EL GOLFO DE MEXICO.

Como hemos dicho ya, las estaciones mareográficas del Golfo de México pueden clasificarse en dos grandes grupos: las que están instaladas lejos de la desembocadura de los grandes ríos y aquéllas que se encuentran precisamente en esas desembocaduras.

Observando los datos de nivel medio del mar mensual suministrados por las dos únicas estaciones del primer grupo, Veracruz, Ver. y Progreso, Yuc., vemos inmediatamente que existe una marcada e intensa variación estacional,

con máximos en el mes de octubre y mínimos en febrero y máximos secundarios en junio y mínimos secundarios en julio o agosto.

Estas variaciones estacionales son tan constantes, que basta con mostrar la curva correspondiente a dos años: 1957 y 1958. Además, las curvas son prácticamente iguales en Veracruz y en Progreso (Fig. 4), lo cual indica que se trata de un fenómeno de carácter general. La amplitud de la oscilación es del orden de 30 cm (1 pie) en ambas estaciones.

Las estaciones localizadas en la desembocadura de los ríos presentan variaciones similares. En la Fig. 5 se ilustran las variaciones estacionales del nivel medio mensual para los puertos de Tampico, Alvarado, Coatzacoalcos y Ciudad del Carmen, durante los años de 1957 y 1958.

La periodicidad es tan grande, que basta con mostrar esos dos años. En efecto, la forma de la curva se repite prácticamente año con año, mostrando siempre grandes máximos en el mes de octubre (a veces en noviembre) y mínimos hacia febrero.

Como es de esperarse, la amplitud de las oscilaciones del nivel medio del mar es bastante mayor de 30 cm (1 pie) y llega a veces hasta 65 cm y aún algo más. No debe olvidarse que las estaciones están colocadas en la desembocadura de grandes ríos.

La periodicidad de las variaciones del nivel medio del mar mensual a través de los años, se muestra muy bien en las gráficas de las figuras 6 y 7, las cuales indican también la amplitud de las oscilaciones. Se han tomado dos estaciones representativas, localizadas ambas bien dentro del Golfo de México: Veracruz, alejada de los grandes ríos y Coatzacoalcos, en la desembocadura del río del mismo nombre. Ambas cubren un período de 7 años de observaciones, desde 1953, hasta 1959 (Coatzacoalcos tiene un año más, 1952). A pesar de la localización tan diferente, se observará que, tomando en cuenta las diferencias de amplitud, el fenómeno es prácticamente el mismo en ambas estaciones: Veracruz, Ver., Fig. 6 y Coatzacoalcos, Ver., Fig. 7.

Existen varios fenómenos meteorológicos que están o pueden estar relacionados con las variaciones del nivel medio del mar. Muchos autores se han ocupado del asunto en los países extranjeros y nosotros hicimos una publicación al respecto, dando algunos resultados provisionales, en los Anales del Instituto de Geofísica Vol. 2 año de 1956.

Los norteamericanos encontraron una relación entre los deshielos en Alaska, Canadá y el Norte de los Estados Unidos y el nivel medio del mar en las costas del Pacífico. Los soviéticos y los suecos hallaron lo mismo con relación al Báltico; los italianos encontraron también variaciones estacionales en el Adriático. Nosotros comenzamos a estudiar el fenómeno dividiendo nuestras estaciones en dos grandes grupos: aquellas establecidas en cuencas más o menos cerradas como el Golfo de México y el Golfo de Cortés o de California y las estaciones instaladas en las costas abiertas al océano.

Tanto en el Golfo de Cortés como en el de México desembocan grandes ríos cuyo régimen está bastante bien conocido. Poseemos, además, datos pluviométricos aceptables de las tierras adyacentes, al menos en lo que se refiere al Golfo de México y datos de la presión atmosférica y la temperatura media del aire de muchas estaciones a lo largo de las costas.

La acción de la presión atmosférica sobre el nivel del mar puede calcularse con bastante precisión. En efecto, la presión ejercida por 1 cm de agua de mar es de 1.005 mb.

Expresado en otra forma, podemos decir que en el sistema de vasos comunicantes mercurio-agua de mar (que expresa las variaciones del sistema aire-agua de mar) una variación de 1 cm en la columna de mercurio, corresponderá como primera aproximación a una variación de unos 13 cm de la columna de agua de mar.

Como las variaciones de la presión media observada en nuestras costas no llegan, en general, a ese valor, las solas variaciones estacionales de esa presión no son suficientes para explicar más que una parte pequeña del fenómeno.

Las variaciones de salinidad pueden explicar otra porción de las variaciones estacionales del nivel medio del mar observadas en nuestras costas. Estas variaciones son, en última instancia, variaciones de densidad del agua del mar.

La densidad del agua del mar puede variar por las siguientes causas:

- a) Por variaciones de la temperatura del agua;
- b) Por concentración debida a evaporación y
- c) Por dilución debida a las lluvias y al aporte de agua de los grandes ríos. (En México no hay deshielos).

Ya hemos dicho que las observaciones de temperatura y densidad del agua no son merecedoras de una absoluta confianza, sobre todo las últimas. Sin embargo, como la temperatura del agua no experimenta en general variaciones bruscas durante el día ni grandes oscilaciones anuales, como es el caso de las aguas de países tropicales, podemos trazar algunas gráficas de la temperatura media mensual del agua del mar y compararlas con las gráficas de la temperatura media del aire: la variación estacional de ambas es evidente, como era de esperarse y prácticamente idéntica.

Las densidades del agua de mar se han calculado, como se dijo ya, a partir de lecturas de un densímetro que da cuatro cifras decimales. Se reducen a 15°/4°. Es decir, están dadas para agua de mar a 15°C comparada con agua a 4°C.

Las gráficas de la densidad del agua del mar, de la temperatura de la



misma y la temperatura del aire se dan, para algunas estaciones, en las figuras 8 a, b y c, 9 a, b y c y 10 a, b y c.

Las simples variaciones de temperatura no pueden explicar tampoco la totalidad de las variaciones estacionales del nivel medio del mar. Queda la precipitación pluvial.

Un estudio de los datos meteorológicos de las estaciones pluviométricas del Golfo de México permite afirmar, tomando en cuenta la topografía, que los datos obtenidos en la costa pueden considerarse, al menos en primera aproximación, como representativos del régimen de lluvias de la región entera. Por esa razón es lícito comparar las variaciones mensuales de nivel medio del mar en una estación, con la precipitación pluvial en la misma estación. Es lo que presentamos en las figuras 11, 12 y 13 y en las figuras 14, 15 y 16. El primer juego de gráficas corresponde a Progreso, Yuc., y el segundo a Coatzacoalcos, Ver. Ambos cubren un período de 6 años: de 1953 a 1958, ambos inclusive.

No es necesario insistir sobre la similitud de las curvas de nivel medio del mar mensual y precipitación pluvial mensual. El fenómeno es muy similar en las dos estaciones y se obtiene la misma correspondencia entre las dos curvas si se toman otras estaciones: Alvarado o Tampico en desembocadura de río y Veracruz, alejada de la desembocadura de los grandes ríos.

Los coeficientes de correlación entre precipitación y nivel medio del mar, calculados en la computadora electrónica de la Universidad, son superiores a 0.8 para Progreso y 0.7 para Coatzacoalcos.

Haciendo gráficas o tablas de ambos fenómenos durante períodos de 10 días, la correspondencia es aún mayor, pero se observa un desfase: el agua de la lluvia tarda algo así como una semana o 10 días en llegar al mar y distribuirse a lo largo de la costa para hacer subir el nivel medio del mar.

*Conclusiones:* En el Golfo de México hay una estrecha correlación entre la precipitación pluvial y el nivel medio del mar. Las variaciones estacionales de éste pueden explicarse en su mayor parte por las inyecciones de agua dulce de los ríos y por el agua de la lluvia. El resto del fenómeno se puede explicar por variaciones de densidad debidas a variaciones de temperatura, a variaciones de la presión y a otras causas más, que son poco importantes.

#### 6. VARIACIONES ESTACIONALES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR EN EL GOLFO DE CORTES.

Después de observar las variaciones estacionales en el Golfo de México, es lógico pensar que una acción similar habría de tener lugar en el Golfo de Cortés, que también es una cuenca semicerrada.

Puede pensarse también que el Golfo citado ofrece una oportunidad para comprobar en la práctica las consideraciones teóricas conocidas por todos los oceanógrafos acerca de la forma de la superficie libre del mar en un canal estrecho y largo. En efecto, colocado prácticamente en una posición Norte Sur, la influencia de la rotación terrestre sobre las corrientes de flujo y refluo habría de ser notable. Tal es el caso observado y puede decirse, después de observar los mareogramas de Mazatlán y Guaymas en la costa oriental y de La Paz en la occidental, que cuando la corriente de flujo va hacia el norte, el nivel del mar es más alto en la costa oriental que en la occidental y viceversa durante la corriente de refluo.

Es bien sabido, por otra parte, que en el fondo del Golfo de Cortés las mareas son muy grandes, mientras que en la entrada son relativamente pequeñas. En Puerto Peñasco, donde hubo una estación mareográfica durante algunos años, son frecuentes las amplitudes de marea de 6 y 7 metros, mientras que en Mazatlán rara vez pasan del metro. Este es un fenómeno de resonancia fácilmente explicable por analogía con un recipiente largo y estrecho, de sección transversal rectangular, al cual se le imprima un movimiento oscilatorio, vertical y periódico. Sin embargo, no tenemos aún suficientes datos de observación para atacar el problema con una base experimental.

Sabemos también, por información recibida de los marinos que surcan esas aguas, que las corrientes son muy fuertes cerca de las islas de Tiburón y Angel de la Guarda y que al norte de Guaymas existe una región donde las mareas son muy pequeñas. Ambas cosas eran de esperarse si se toman en cuenta la forma y la posición del Golfo de Cortés. Pero no tenemos datos suficientes para explicar el comportamiento de dicho Golfo, excepto de una manera puramente cualitativa.

Al Golfo de California o Golfo de Cortés desembocan también grandes ríos. Aun cuando no poseemos datos pluviométricos suficientes para hacer una estimación correcta de la cantidad total de agua de lluvia caída en toda la vertiente, consideramos que —en primera aproximación— los datos suministrados por las estaciones de la costa son bastante representativos.

En estas condiciones, los datos de la precipitación pluvial y los del nivel medio del mar han de mostrar una correlación bien definida: un incremento en las lluvias ha de corresponder a una elevación del nivel medio del mar y si examinamos ambas medidas en intervalos cortos, ha de observarse que existe un cierto retraso del segundo con respecto a la primera. Las aguas de escurrimiento toman un cierto tiempo en llegar hasta el mar, tiempo que varía según la región, distancia de las montañas, permeabilidad del suelo, superficie de la vertiente y otros factores más. Tal parece ser el caso.

En las estaciones mareográficas del Golfo de California se observa también una periodicidad marcada en las variaciones del nivel medio mensual

del mar, con máximos hacia julio y septiembre y mínimos hacia marzo y abril. En la Fig. 17 podemos observar las variaciones citadas ocurridas durante 1957 y 1958 (Año Geofísico Internacional) en Guaymas, Mazatlán, La Paz y Topolobampo, comparadas con las que ocurrieron en Ensenada, que está fuera del Golfo.

Ensenada muestra una curva algo similar, pero los valores absolutos de las variaciones son menores: la curva es también más suave. Las variaciones estacionales que aquí se observan han sido estudiadas por Munk, Patullo y otros investigadores norteamericanos.

En el fondo del Golfo de California o de Cortés, desemboca el gran Río Colorado, que trae aguas de territorio norteamericano del cual no disponemos de datos.

La zona adyacente a las costas del Golfo es bastante seca. Esto es particularmente válido para las costas de la Península de Baja California, de modo que es de esperar que el fenómeno de las variaciones estacionales del nivel medio del mar, tan claramente descrito en las gráficas correspondientes al Golfo de México, no aparezca tan claro en el Golfo de Cortés o de California. Aquí es probable que la evaporación juegue un papel más importante, pero no tenemos datos al respecto.

Las figuras 18, 19 y 20 muestran la correlación entre la precipitación pluvial mensual en Mazatlán, Sin., y las variaciones del nivel medio del mar, para el período comprendido entre 1953 y 1958.

Las figuras 21, 22 y 23 muestran lo mismo para el puerto de Guaymas, Son. Ambos están en la costa oriental del Golfo de California.

En las figuras 24, 25 y 26 se muestra lo mismo, para el puerto de La Paz, B. C., en la costa occidental del Golfo de Cortés, en una zona bastante seca.

#### CONCLUSIONES:

A pesar de la falta de suficientes datos de carácter climatológico y a pesar de que las condiciones del Golfo de Cortés o de California son bastante diferentes, se observa claramente el mismo fenómeno descrito para el Golfo de México: el nivel medio del mar experimenta variaciones estacionales relacionadas con la precipitación pluvial, de una manera análoga a las relaciones observadas en el Golfo de México. Las causas del fenómeno parecen ser las mismas.

#### 7. VARIACIONES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR EN LA COSTA DEL PACIFICO.

En la costa del Pacífico se observan generalmente dos máximos anuales de precipitación: uno en junio o julio y el otro en septiembre u octubre. Este detalle es importante.

El nivel medio del mar experimenta variaciones estacionales, pero éstas no son tan periódicas como las que se observan en las "cuencas semicerradas" que hemos descrito ya. Aparecen mínimos y máximos anuales que no se repiten siempre en los mismos meses, como podemos observarlo en una estación típica tal como Acapulco. La Fig. 27 ilustra las variaciones mensuales en ese puerto, desde 1953 hasta 1959, ambos inclusive.

Sin embargo, a pesar de que los máximos y los mínimos no ocurren en la misma época todos los años, sí observamos que, para cada año, la forma de la curva de las variaciones mensuales del nivel medio del mar es muy aproximadamente la misma para todas las estaciones: Salina Cruz, Oax., Acapulco, Gro. y Manzanillo, Col. La magnitud de las oscilaciones es aproximadamente del mismo orden para todas. La Fig. 28 ilustra el caso de dos años, 1957 y 1958. En gracia a la brevedad no reproducimos las gráficas de otros años, ya que las características son parecidas. En la misma Fig. 28 aparece, en la parte superior, la gráfica correspondiente a los datos de la única estación oceánica que funcionó parte del Año Geofísico Internacional: Isla Socorro, Col. Aparentemente las variaciones del nivel del mar siguen también un ciclo estacional, pero diferente. La magnitud de las oscilaciones es también mucho menor. No tenemos, sin embargo, más que unos pocos datos todavía marcadamente insuficientes. (Posteriormente, en 1959, un ciclón destruyó el mareógrafo de la isla y no fue posible instalar otro).

Los coeficientes de correlación entre la precipitación pluvial y las variaciones del nivel medio del mar mensual ya no son tan altos para las estaciones establecidas en mar abierto y es evidente que intervienen otros factores, además de la precipitación, cuya importancia es mayor. Las figuras 29, 30 y 31 ilustran con claridad lo que se ha dicho anteriormente, al mostrar las variaciones mensuales del nivel medio del mar y la precipitación pluvial para Acapulco, Gro., desde 1953 hasta 1958. Las figuras 32, 33 y 34 muestran las gráficas de los mismos fenómenos para el puerto de Salina Cruz, Oax.

El fenómeno observado era de esperar. En efecto, una "cuenca semicerrada" necesita algún tiempo antes de que adquiriera nuevamente su equilibrio hidrostático cuando este equilibrio ha sido alterado por la inyección de agua dulce, por excesiva evaporación, o por cualquier otra causa. Ese tiempo es mucho menor para el mar adyacente a una costa abierta.

Los datos correspondientes a la estación mareográfica de Ensenada, B. C., cubren un período de tiempo demasiado corto para pretender obtener conclusiones. Por otra parte, esa estación está muy cerca de San Diego, Cal., estación cuyos datos han sido estudiados extensamente por los oceanógrafos de los Estados Unidos del Norte.

#### 8. VARIACIONES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR EN ISLA SOCORRO, COL.

La única estación oceánica del Instituto de Geofísica era la establecida en Isla Socorro, Col., y funcionó solamente parte del tiempo del A. G. I. La Fig. 28 muestra que existe una variación estacional del nivel medio mensual del mar. Los pocos datos a nuestra disposición no permiten hacer otra cosa que publicarlos para que los puedan aprovechar aquellos países que, con mejores medios que México, contaban durante el A. G. I., con estaciones mareográficas establecidas en islas alejadas de los continentes.

#### 9. TABLAS DE ALGUNOS VALORES DE LAS OBSERVACIONES HECHAS EN EL GOLFO DE MEXICO.

Los datos de nivel medio del mar y de temperatura y densidad del agua fueron tomados por los observadores del Instituto de Geofísica, en cooperación con la Secretaría de Marina. Los datos de temperatura media del aire, precipitación pluvial mensual y presión atmosférica media, son datos oficiales del Servicio Meteorológico Mexicano, de la Secretaría de Agricultura y Ganadería. Más información relativa a los citados fenómenos, puede obtenerse dirigiéndose a las instituciones mencionadas, en México, D. F., México.

Los niveles del mar están referidos al cero de la regla primitiva del mareógrafo. Las cotas de los diversos bancos de nivel establecidos en los puertos y referidas a dicho cero o al nivel medio del mar, pueden obtenerse igualmente del Instituto de Geofísica.

Las variaciones del nivel medio del mar se dan en pies para comodidad de los navegantes.

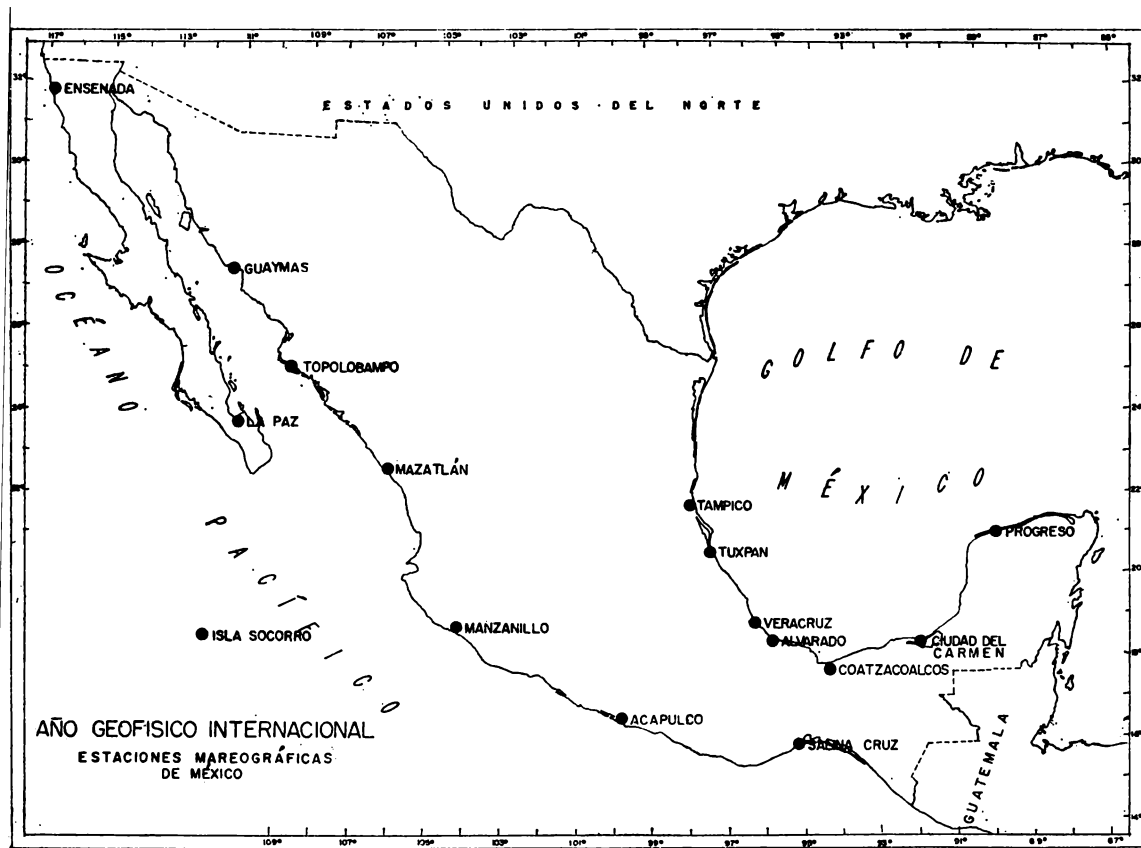


FIG. 1. Estaciones mareográficas de México durante el A.G.I.

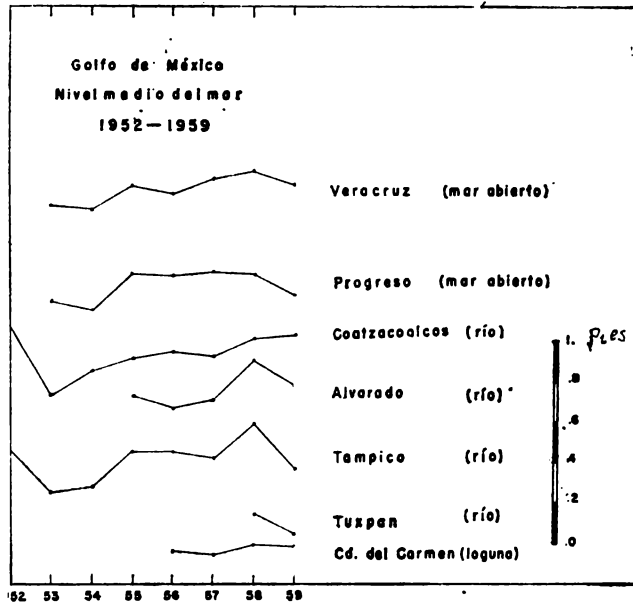


FIG. 2. Nivel medio del mar, anual, en el Golfo de México.

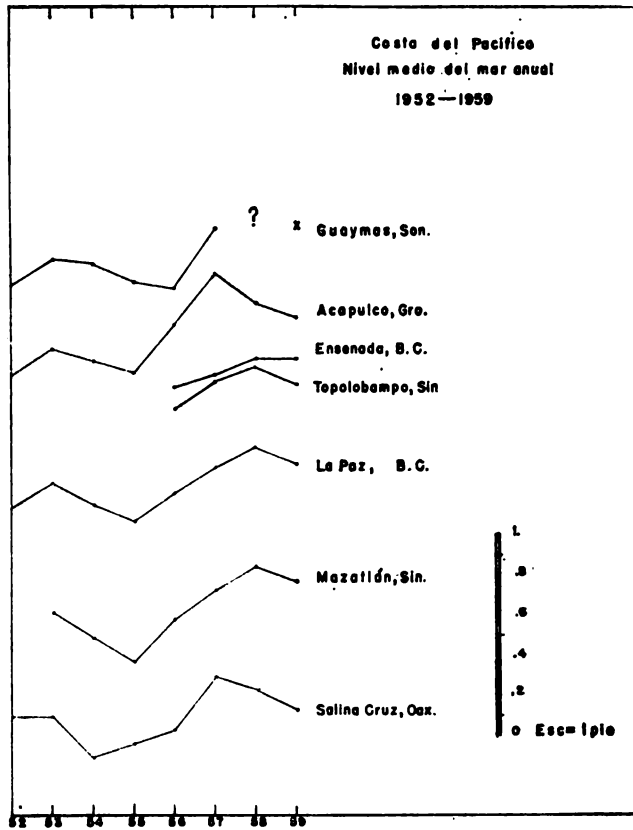


FIG. 3. Nivel medio del mar, anual, en la costa del Pacífico.

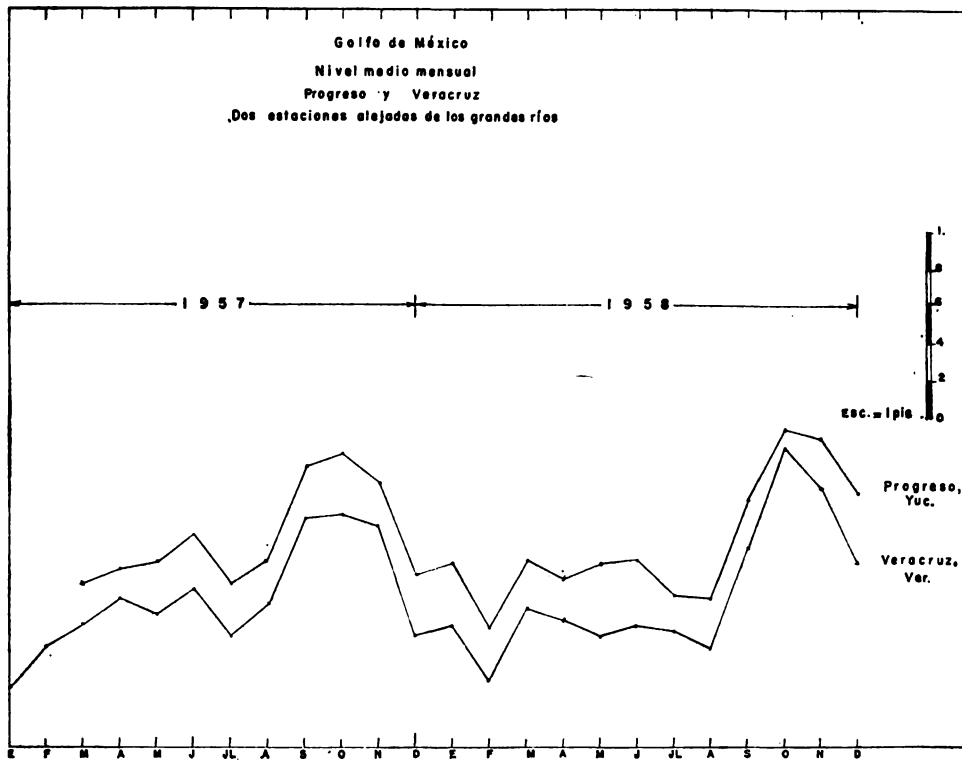


FIG. 4.

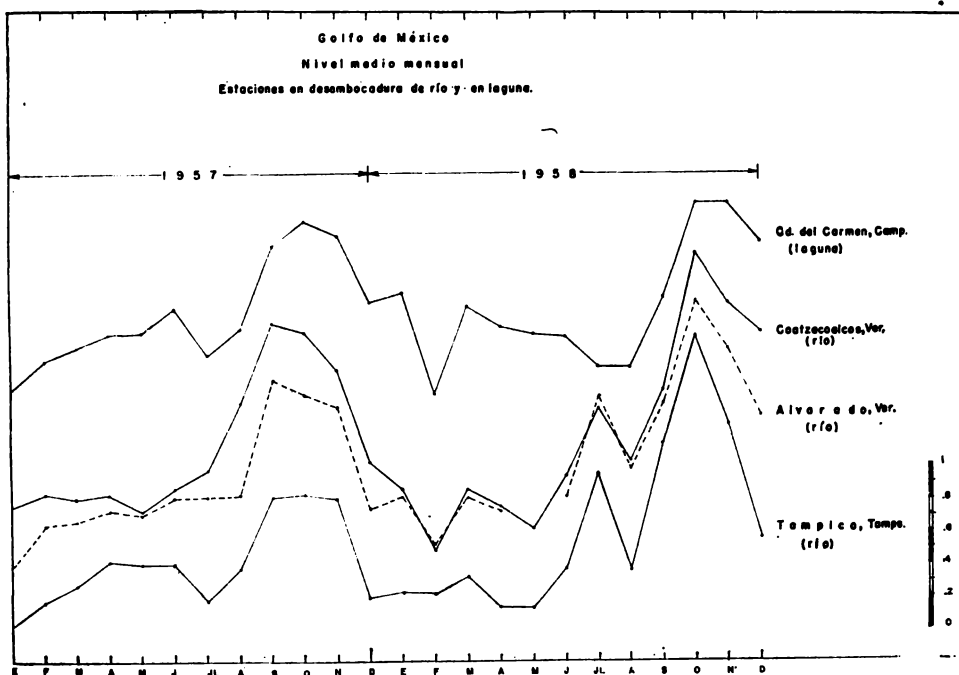


FIG. 5.



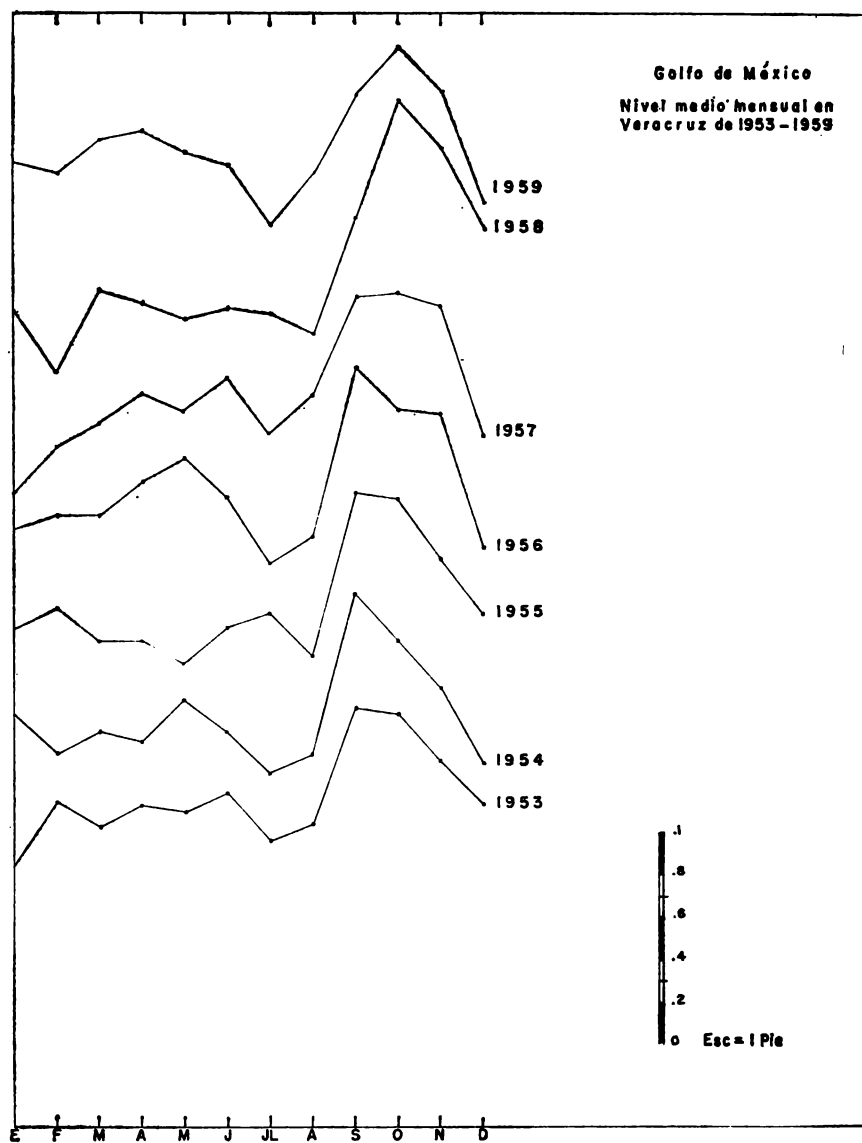


FIG. 6. Variación del nivel del mar mensual en Veracruz, Ver.

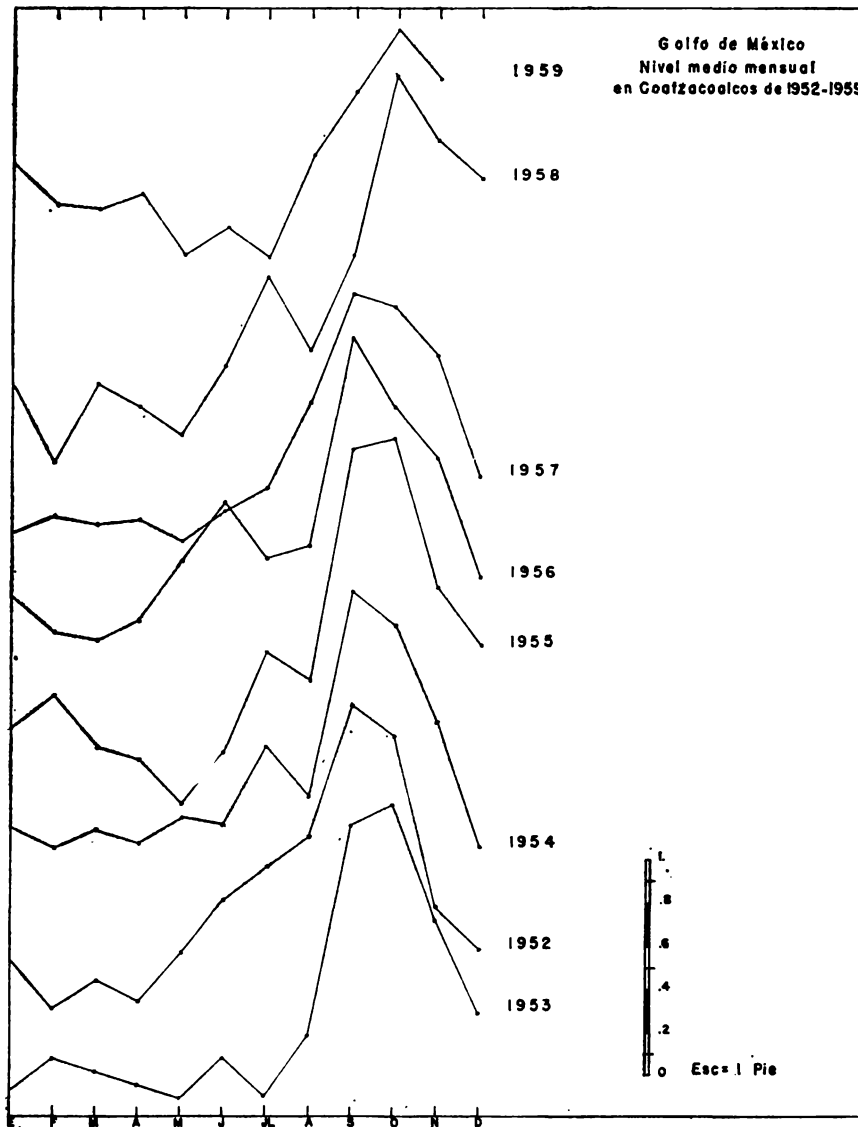


FIG. 7. Variación del nivel del mar mensual en Coatzacoalcos, Ver.

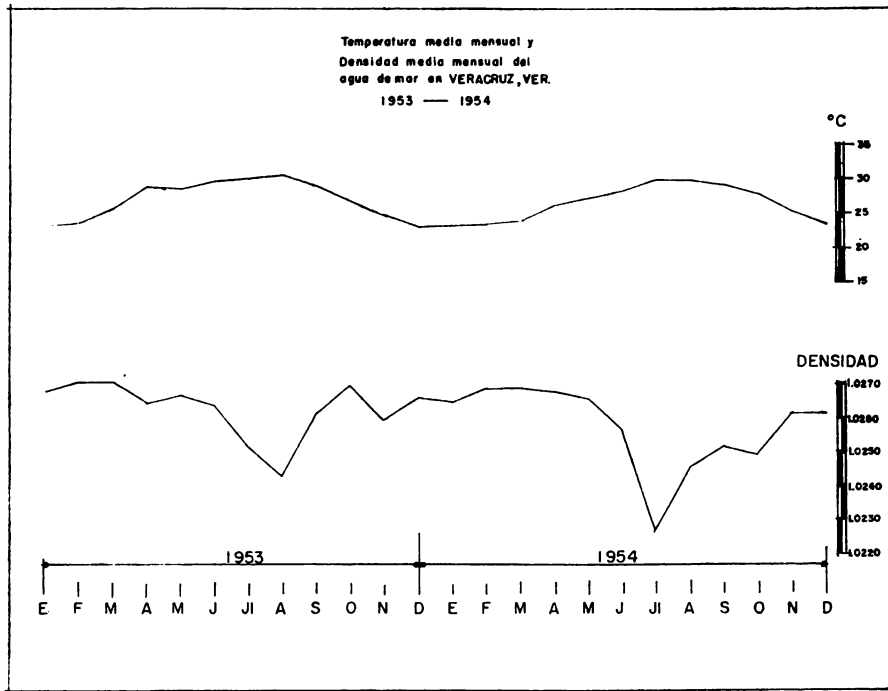


FIG. 8a. Temperatura y densidad medias mensuales del agua en Veracruz, Ver.

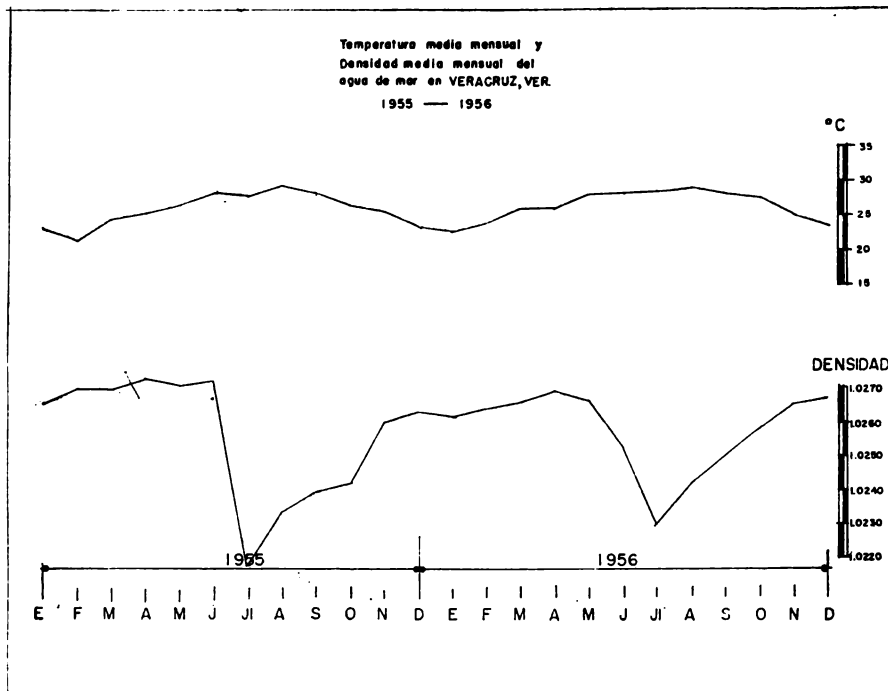


FIG. 8b. Temperatura y densidad medias mensuales en Veracruz, Ver.

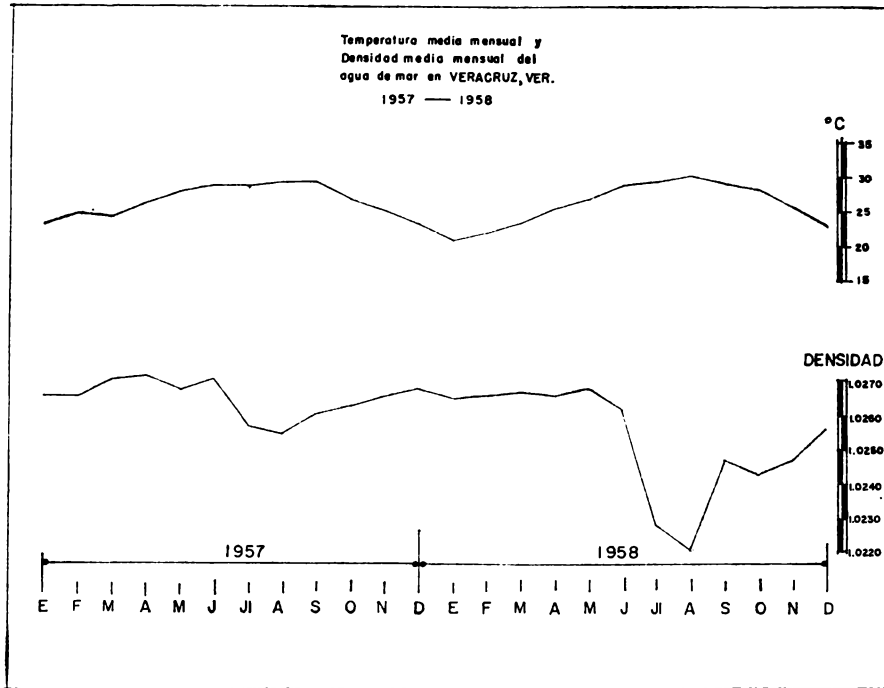


FIG. 8c. Temperatura y densidad medias mensuales del agua en Veracruz, Ver.

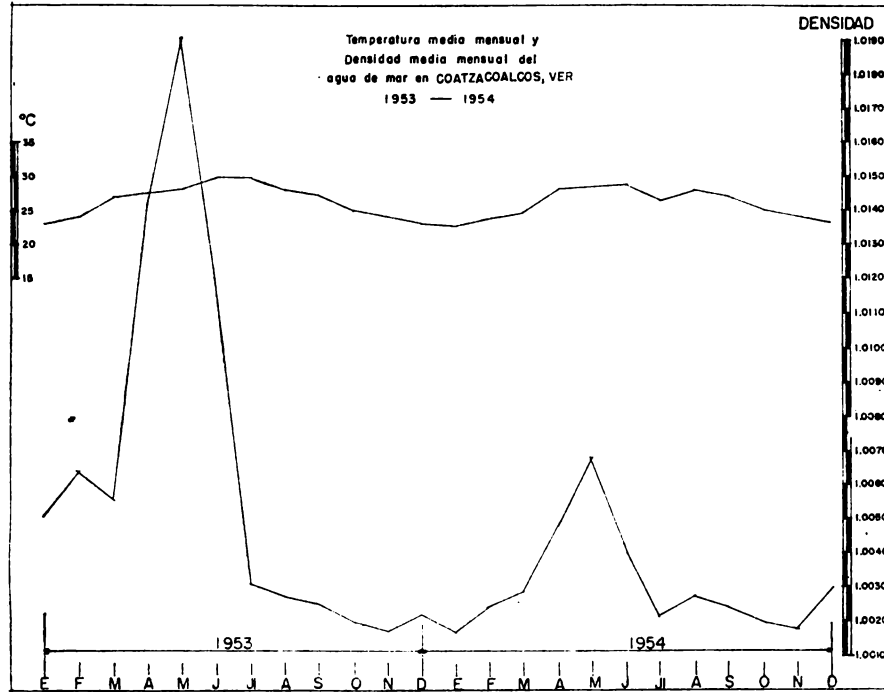


FIG. 9a. Temperatura y densidad medias mensuales del agua en Coatzacoalcos, Ver.

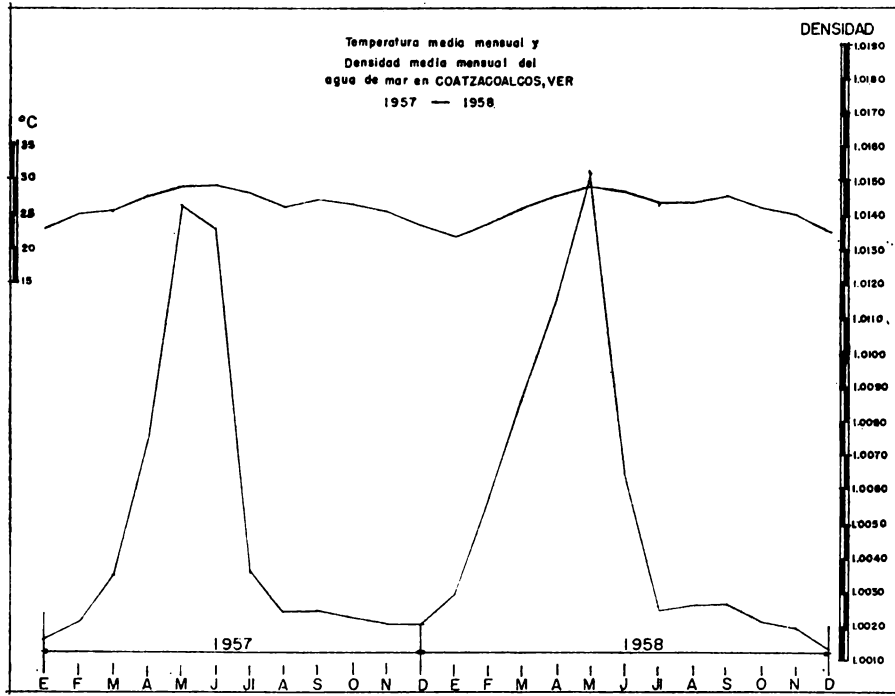


FIG. 9b. Temperatura y densidad medias mensuales del agua en Coatzacoalcos, Ver.

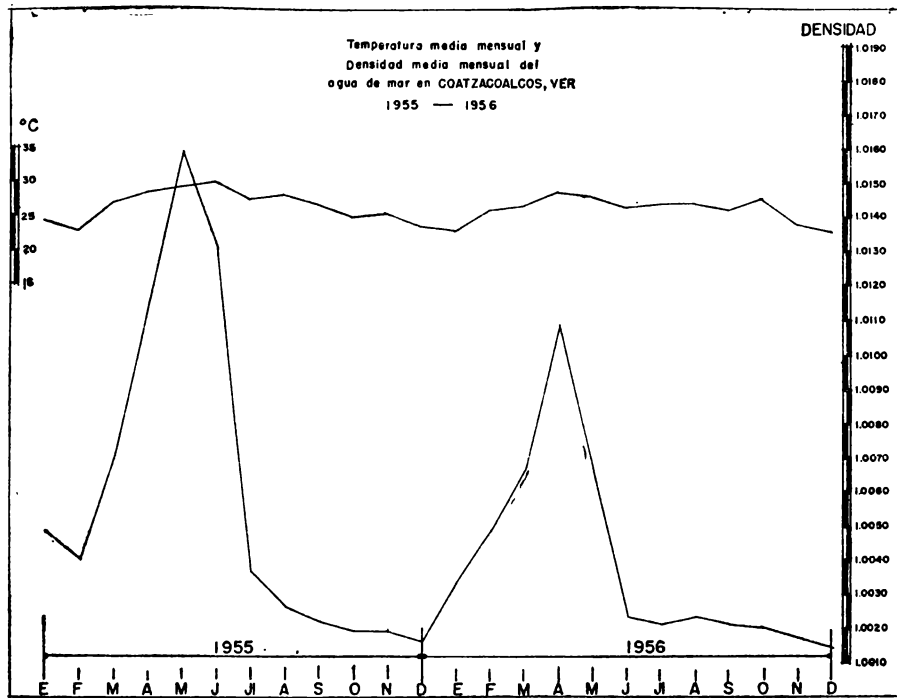


FIG. 9c. Temperatura y densidad medias mensuales del agua en Coatzacoalcos, Ver.

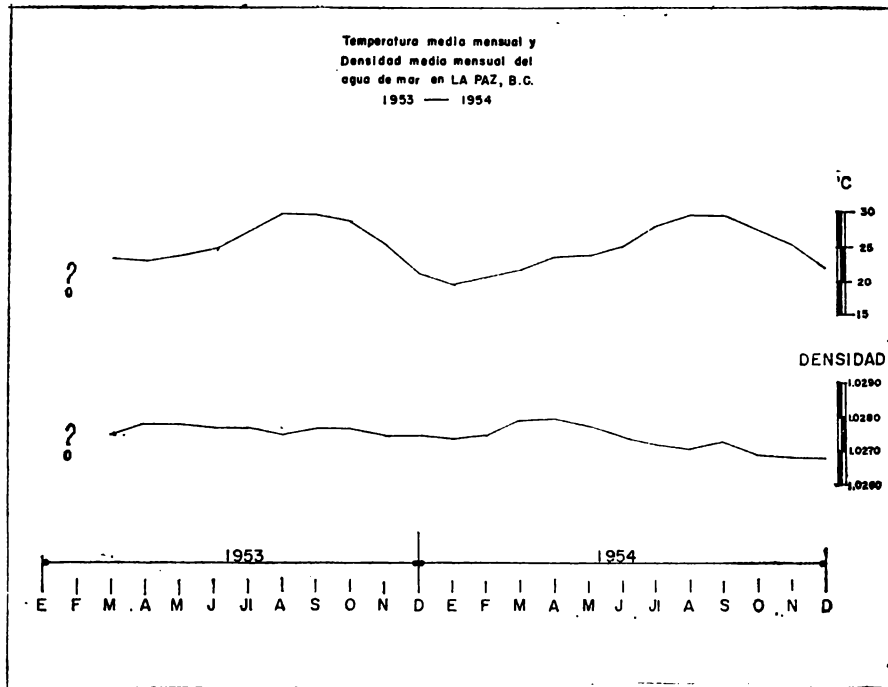


FIG. 10a. Temperatura y densidad medias mensuales del agua en La Paz, B. C.

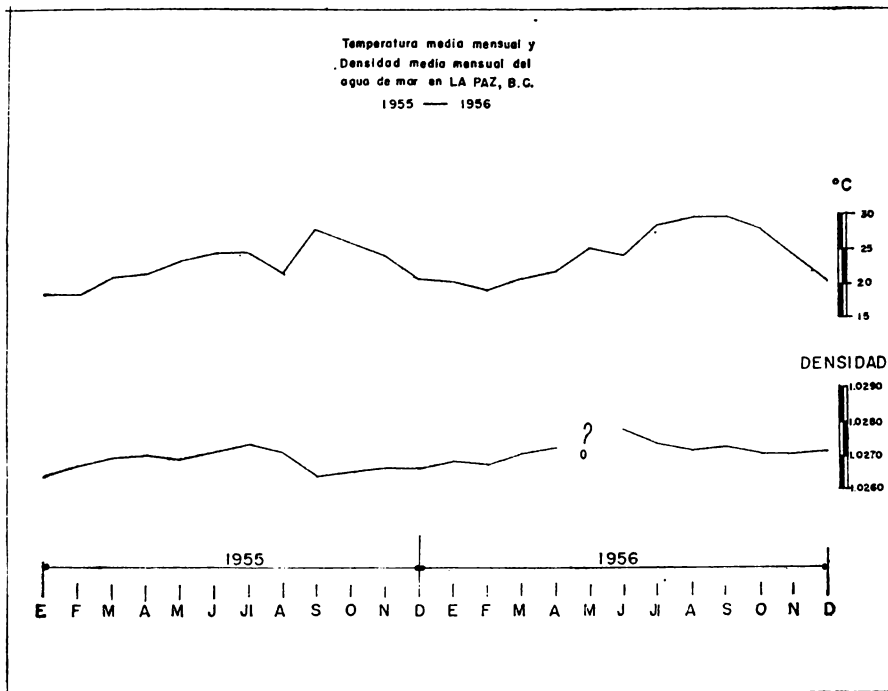


FIG. 10b. Temperatura y densidad medias mensuales del agua en La Paz, B. C.

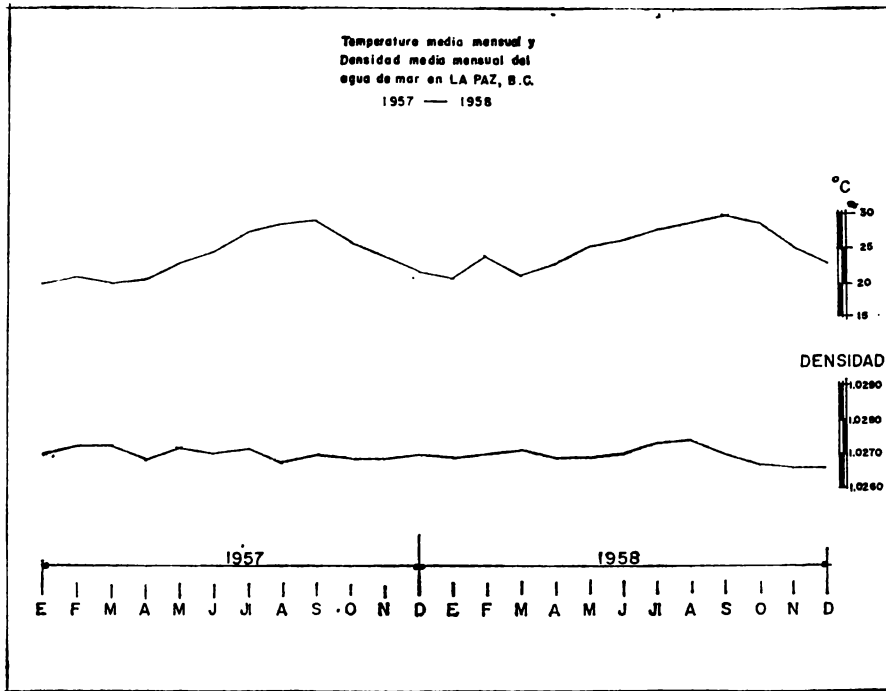


FIG. 10c. Temperatura y densidad medias mensuales del agua en La Paz, B. C.

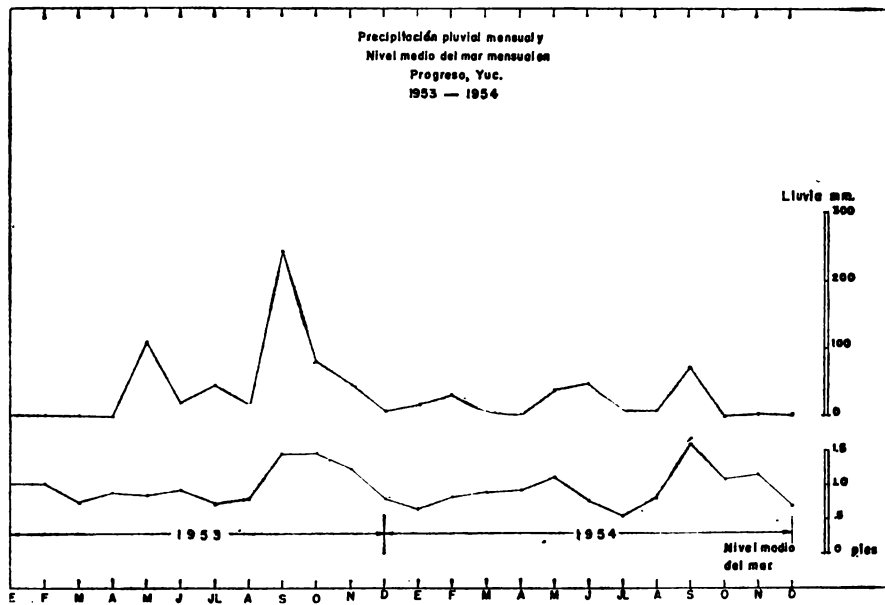


FIG. 11.

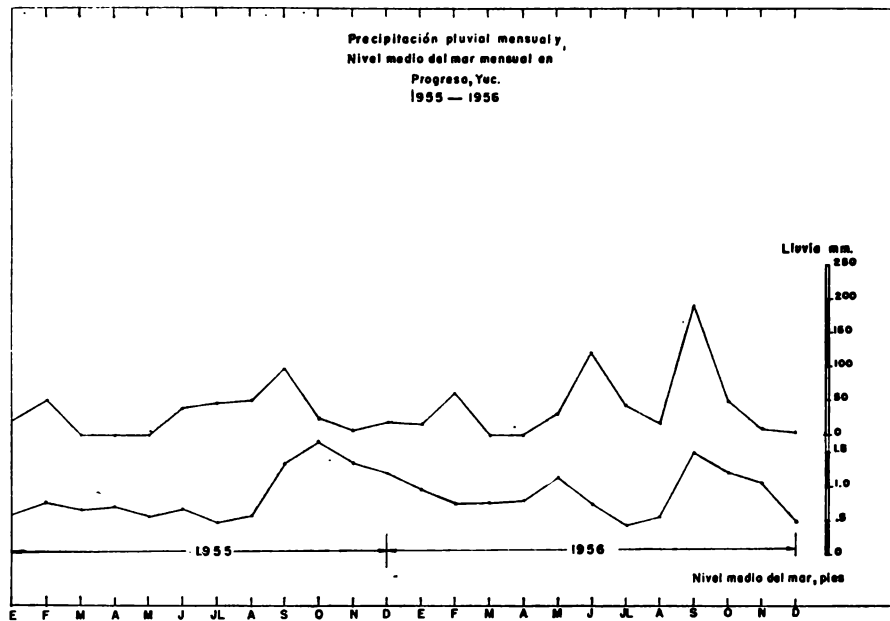


FIG. 12.

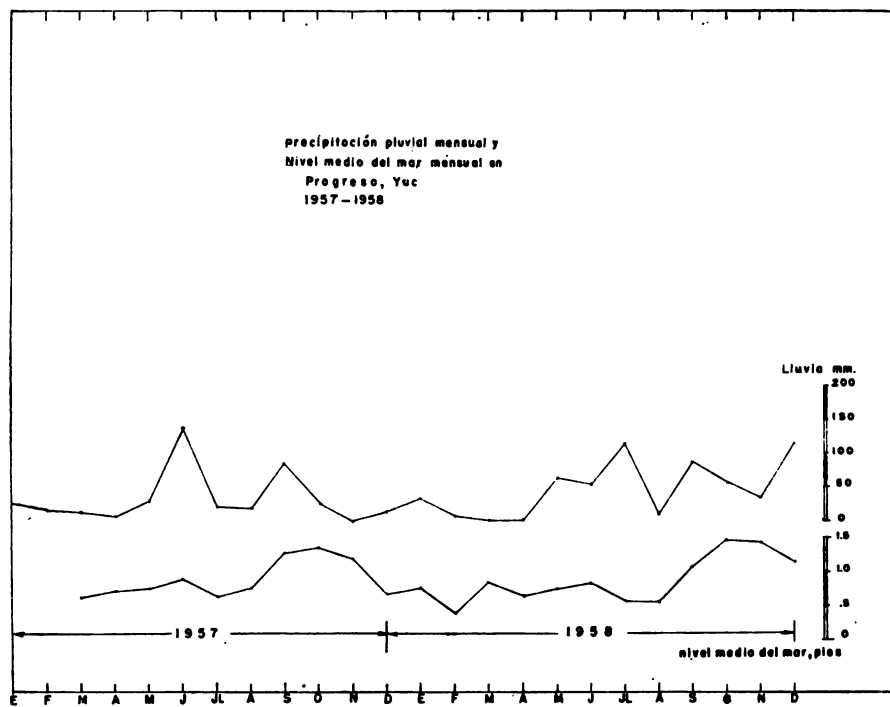


FIG. 13.



FIG. 15.

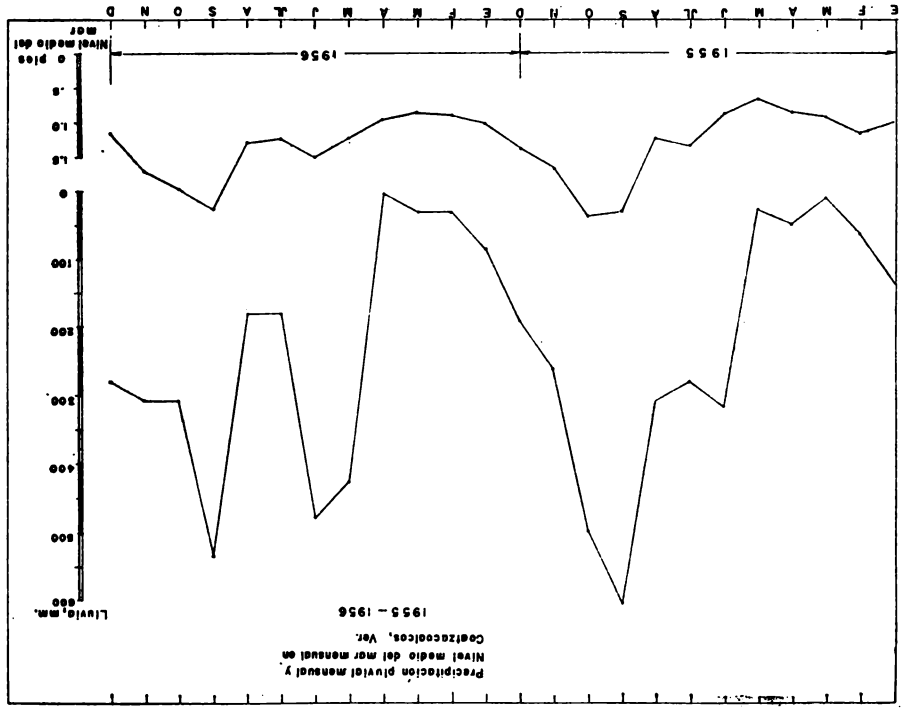
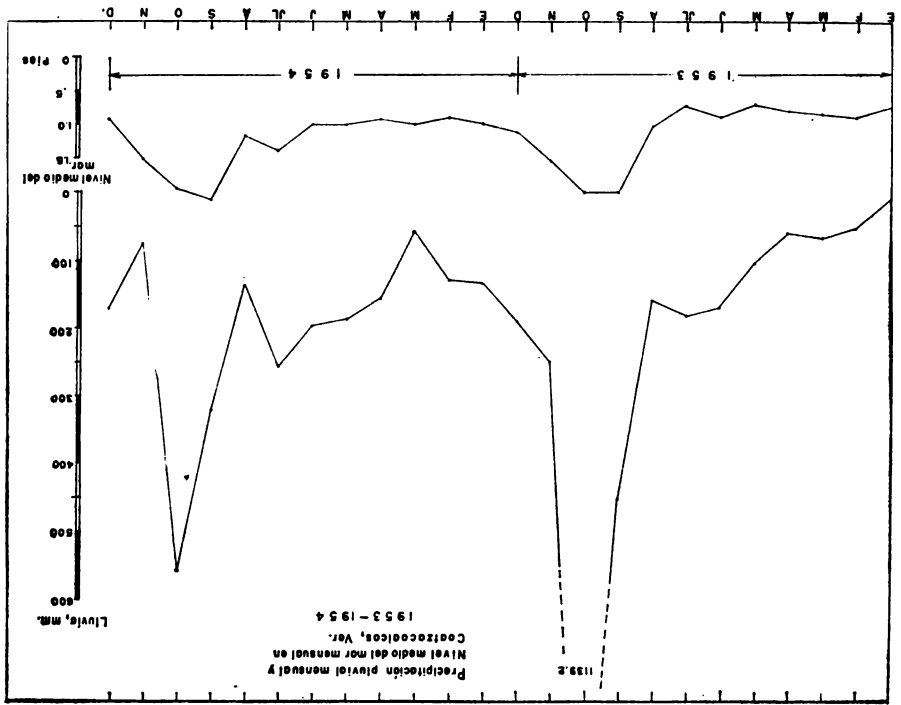


FIG. 14.



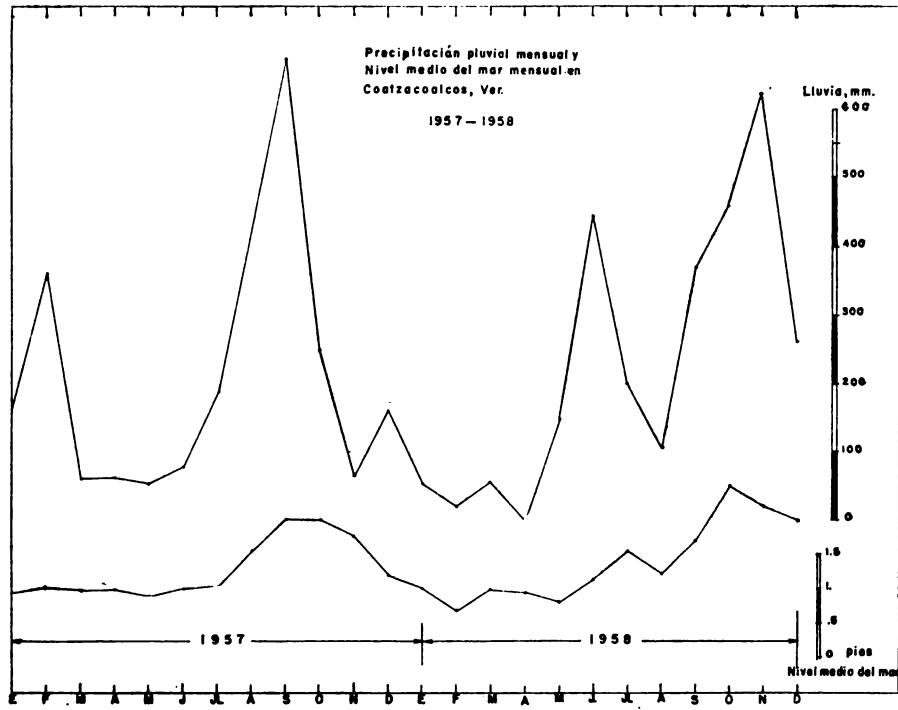


FIG. 16.

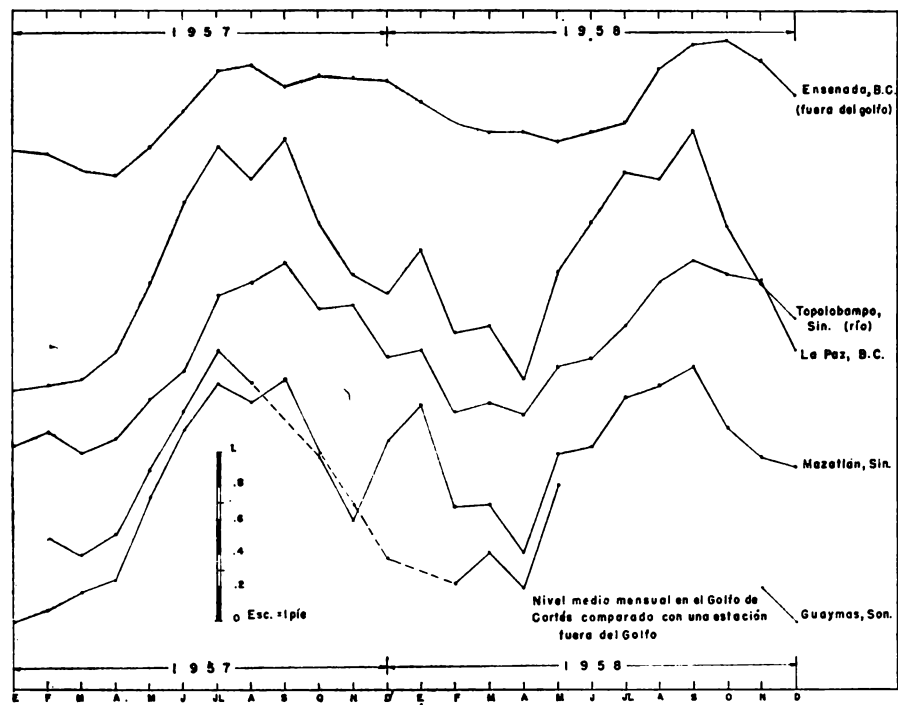


FIG. 17.

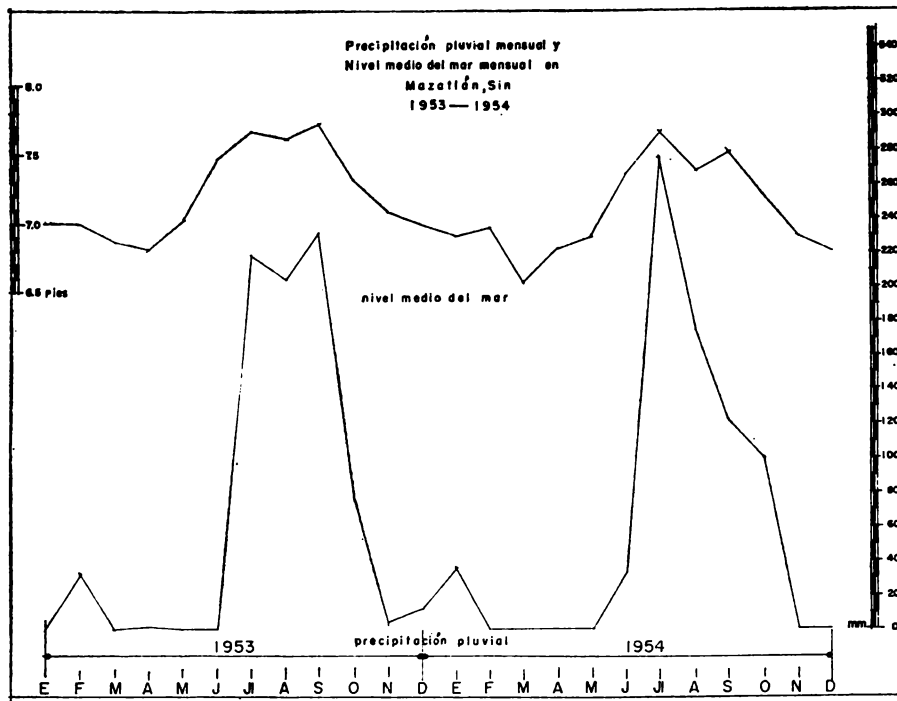


FIG. 18.

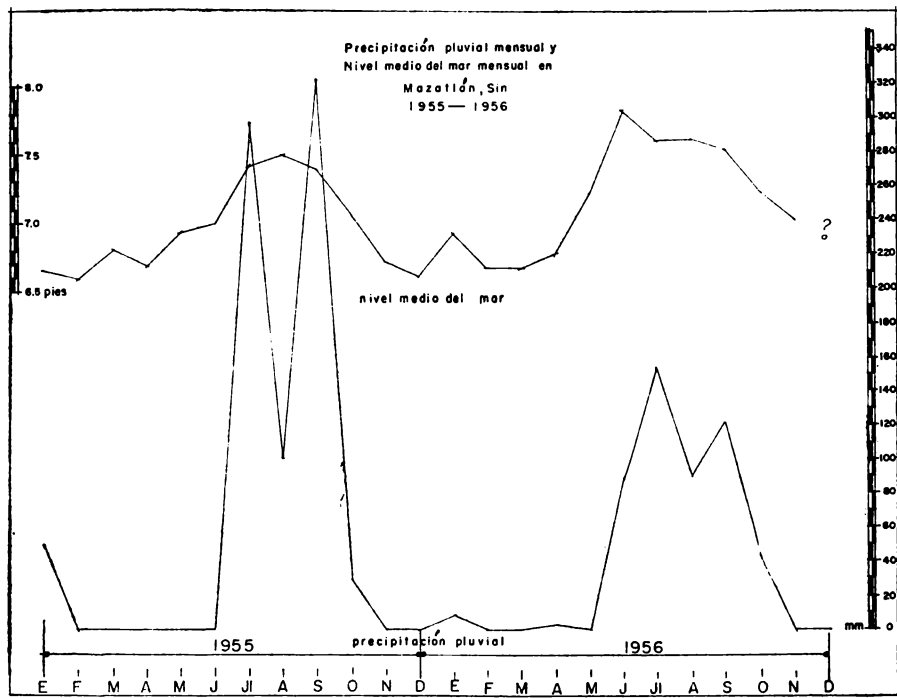


FIG. 19.

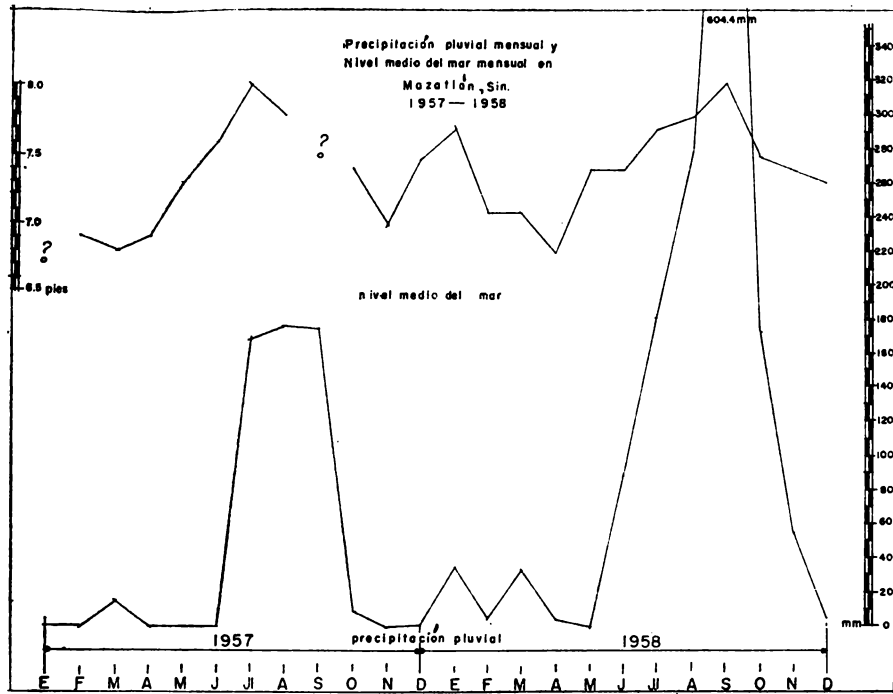


FIG. 20.

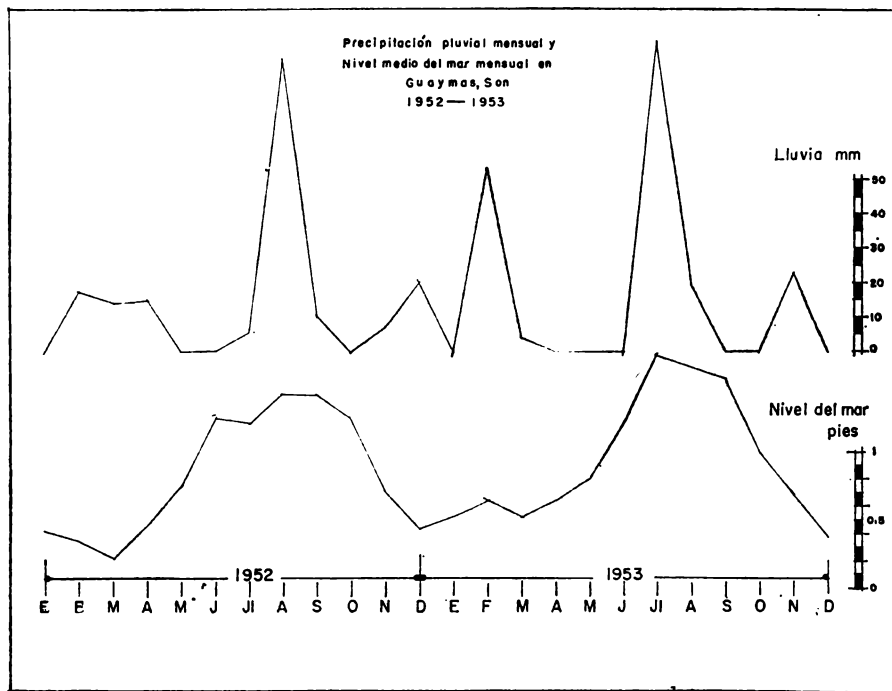


FIG. 21.

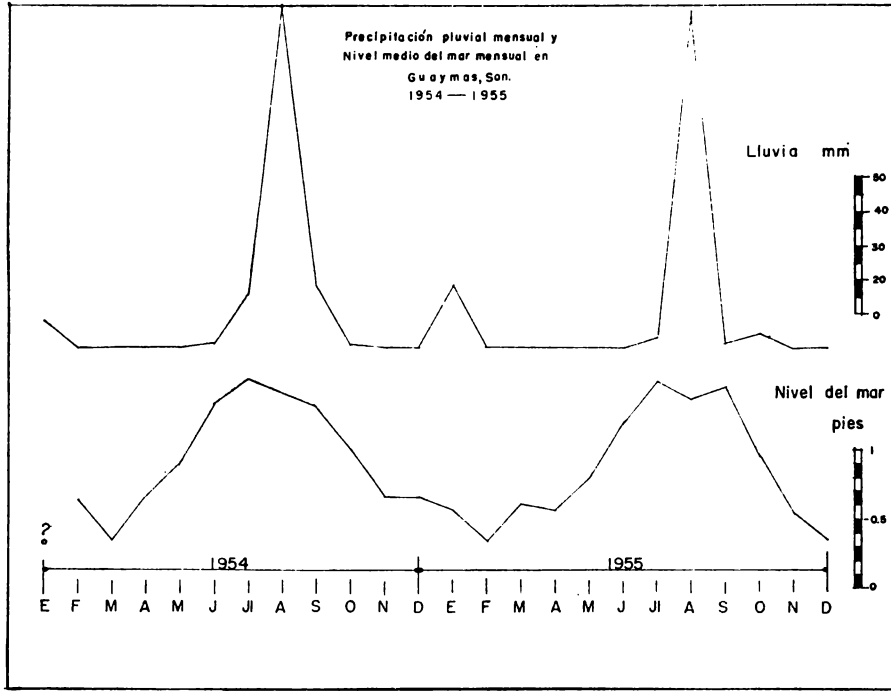


FIG. 22.

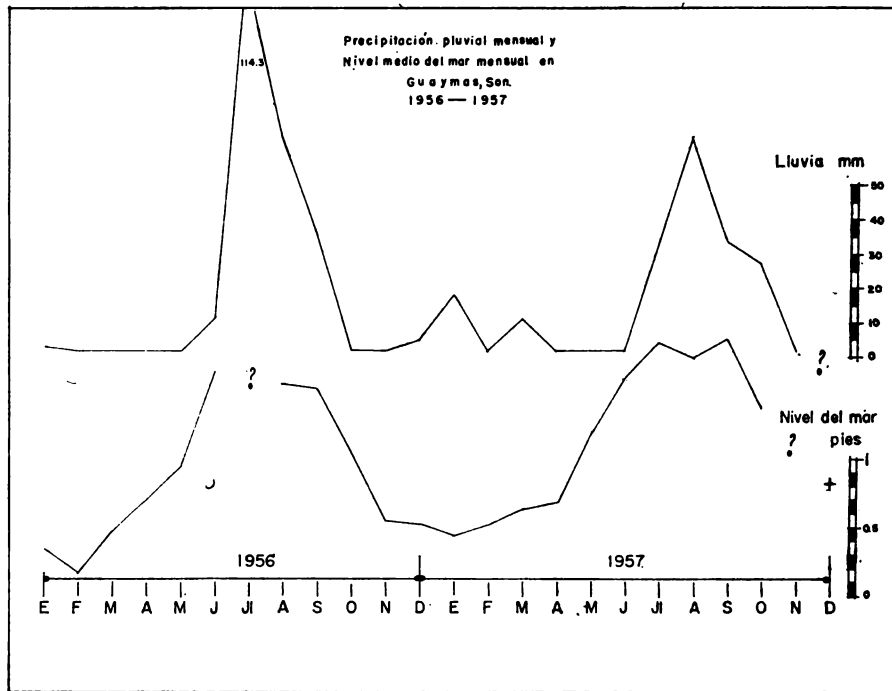


FIG. 23.

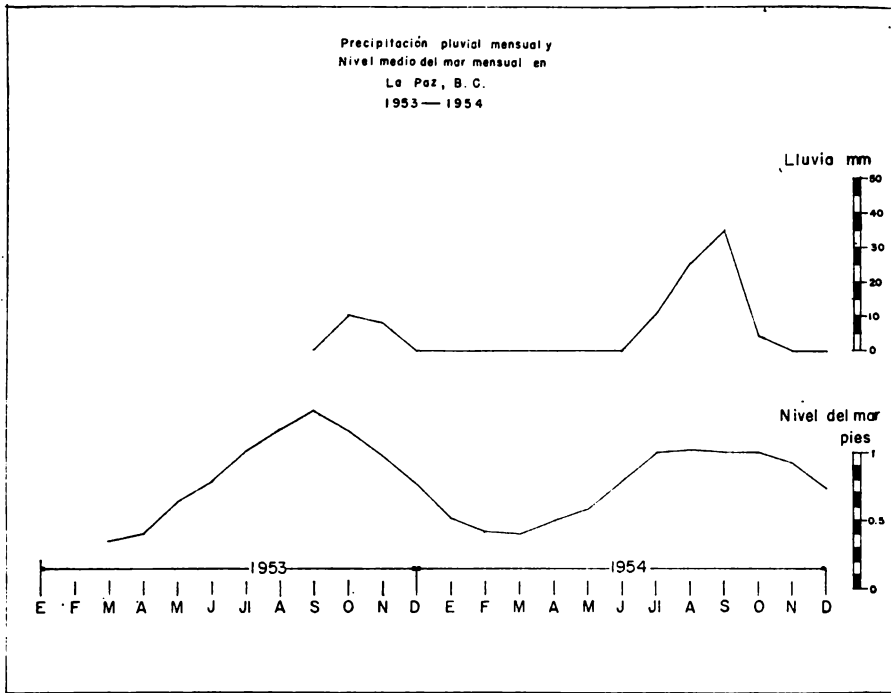


FIG. 24.

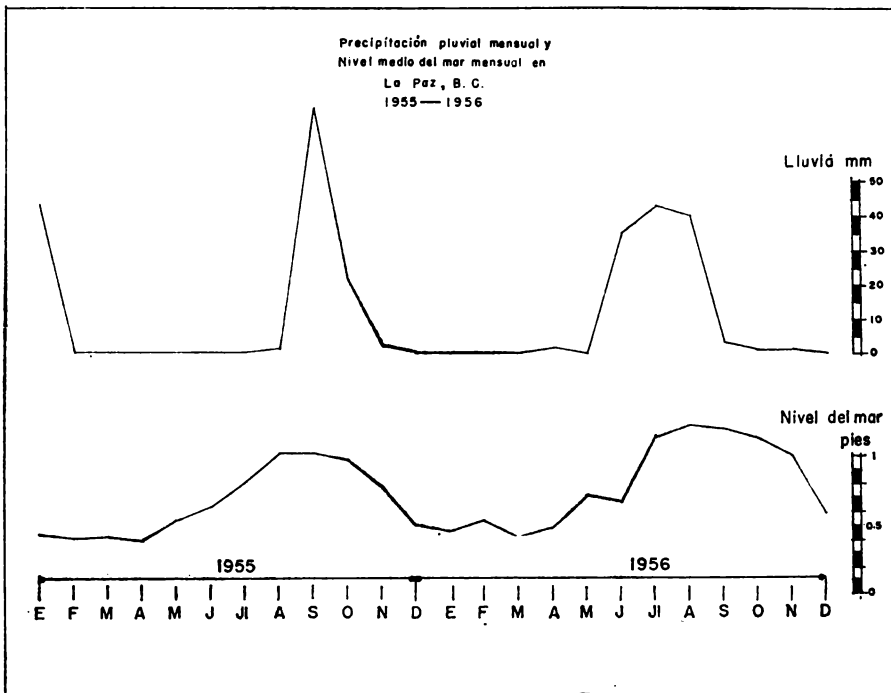


FIG. 25.

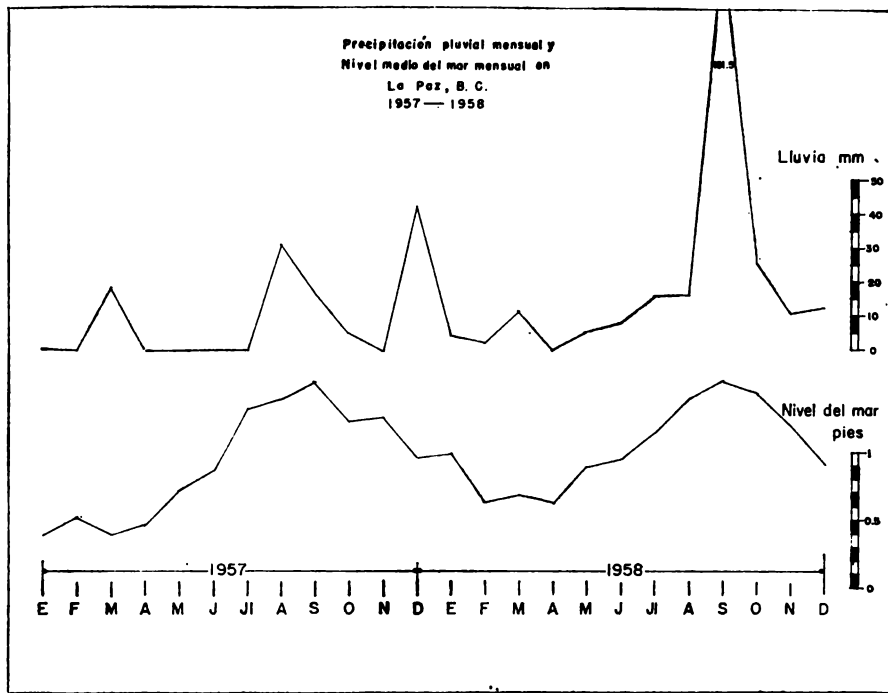


FIG. 26.

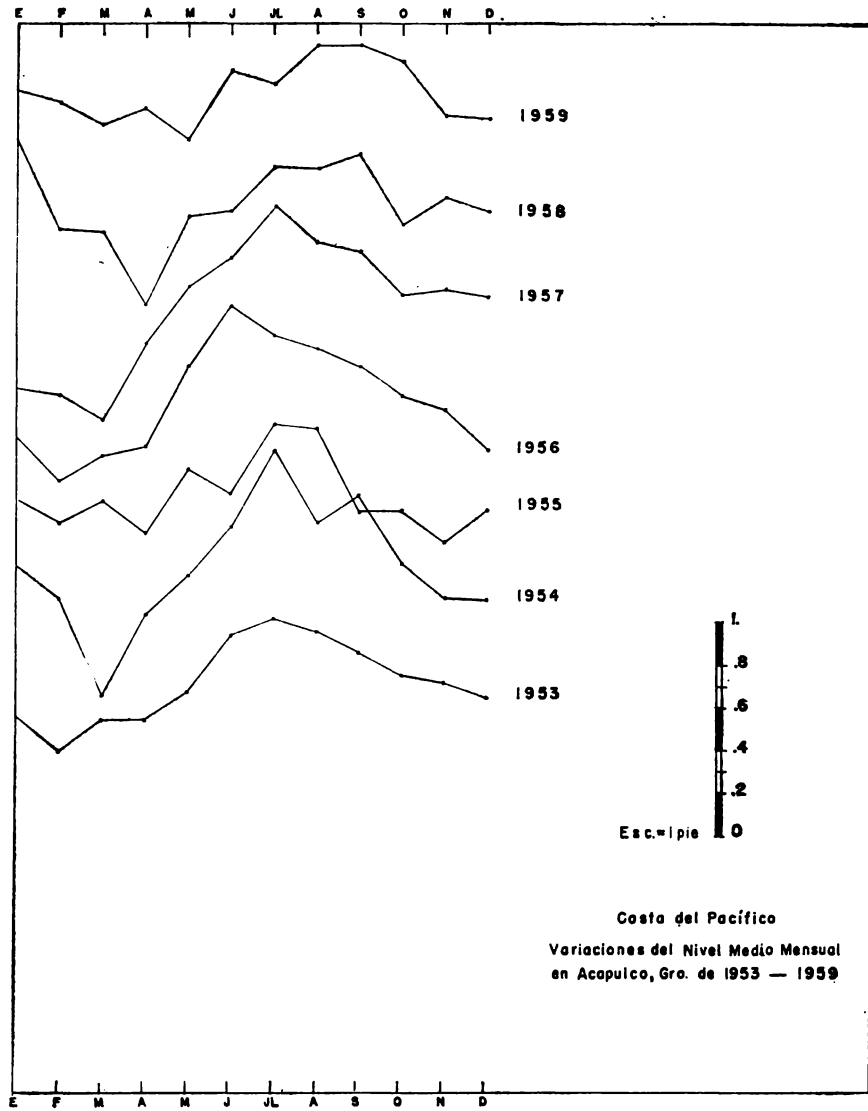


FIG. 27. Variaciones mensuales del nivel del mar en Acapulco, Gro.



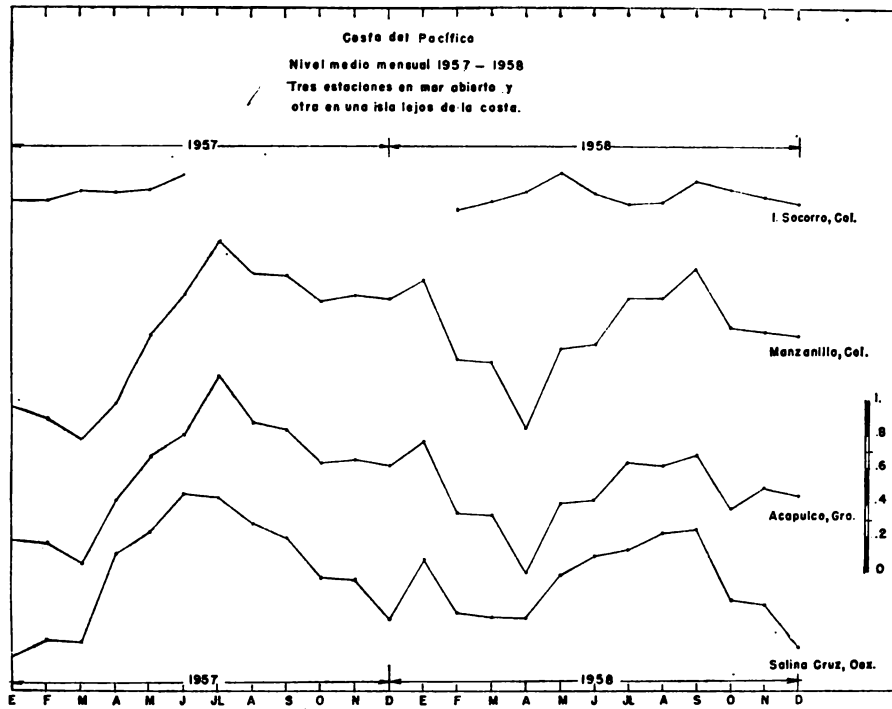


FIG. 28. Variaciones del nivel medio mensual del mar en tres estaciones de mar abierto y una en una isla.

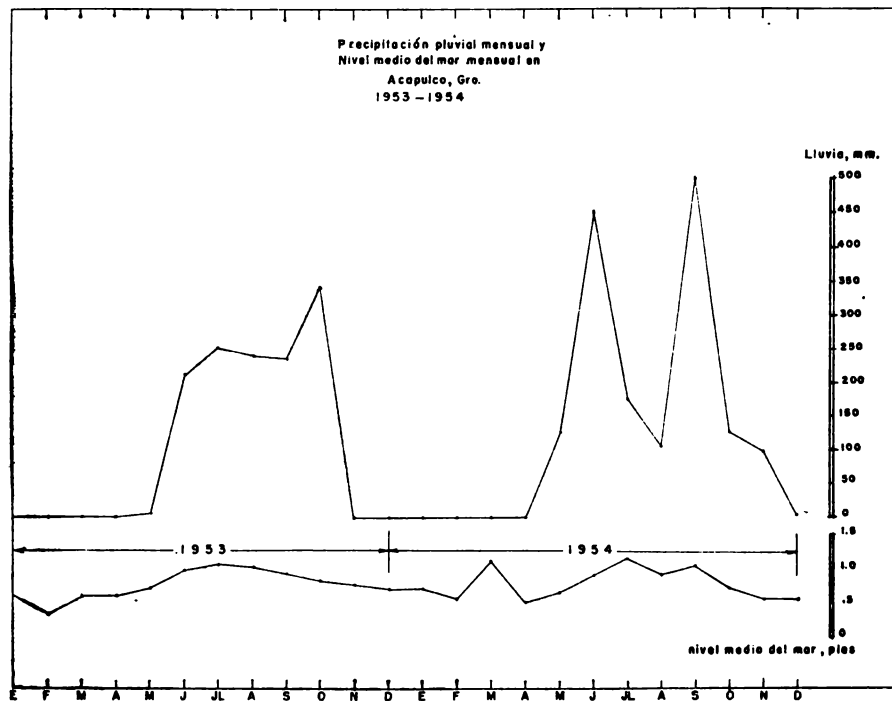


FIG. 29.

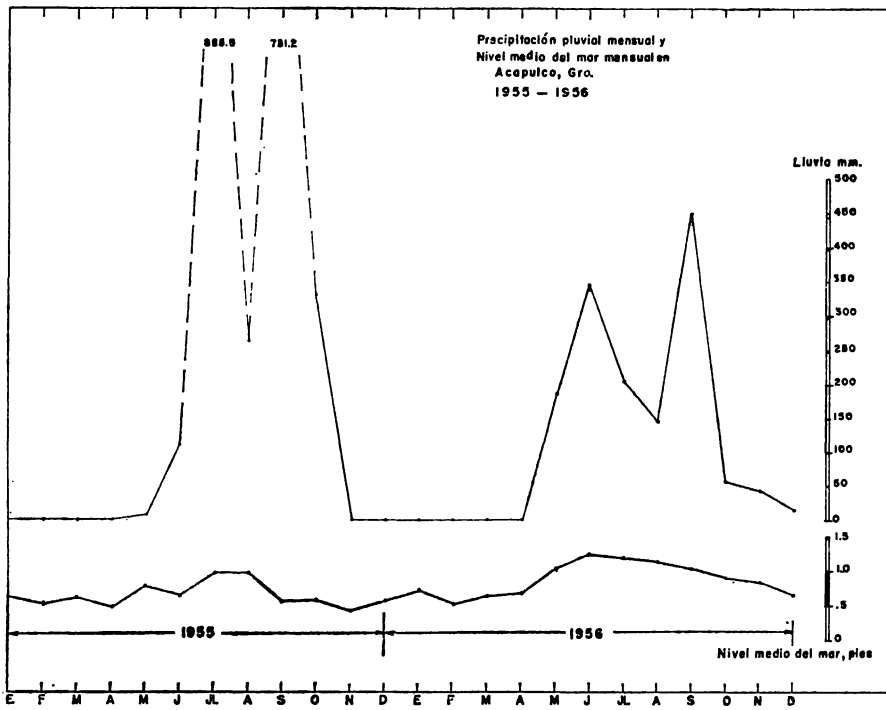


FIG. 30.

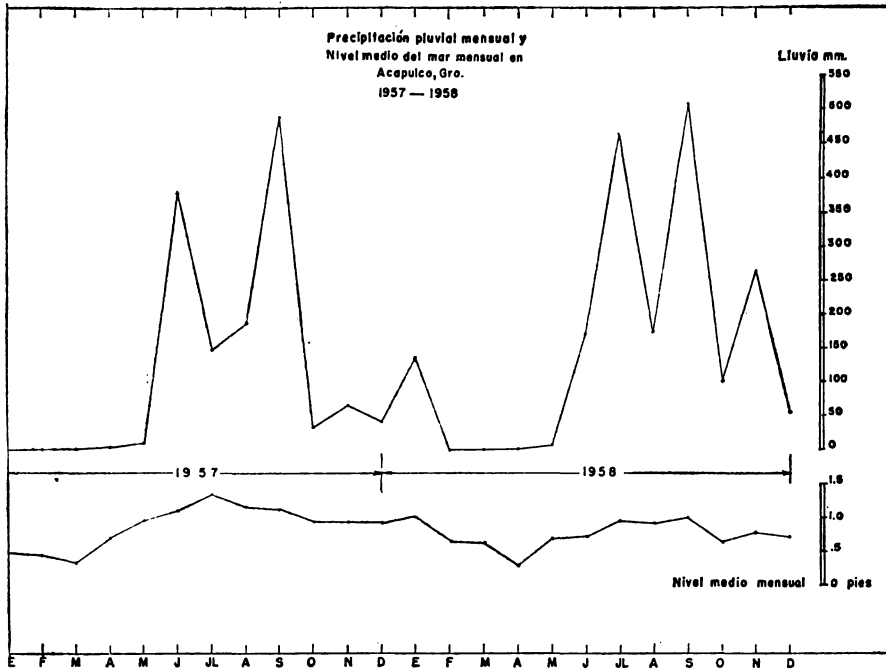


FIG. 31.

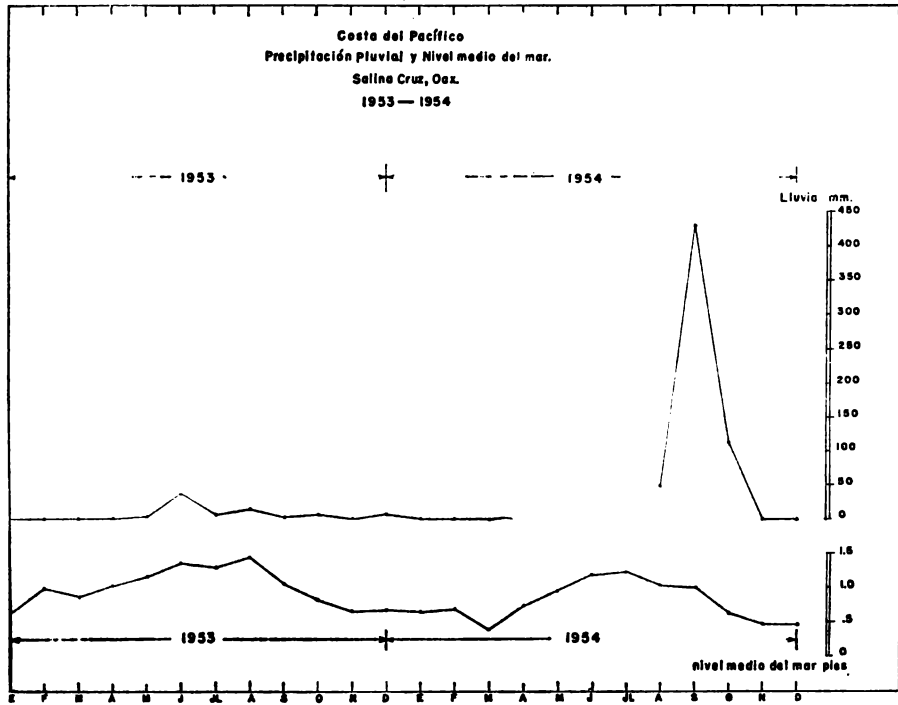


FIG. 32.

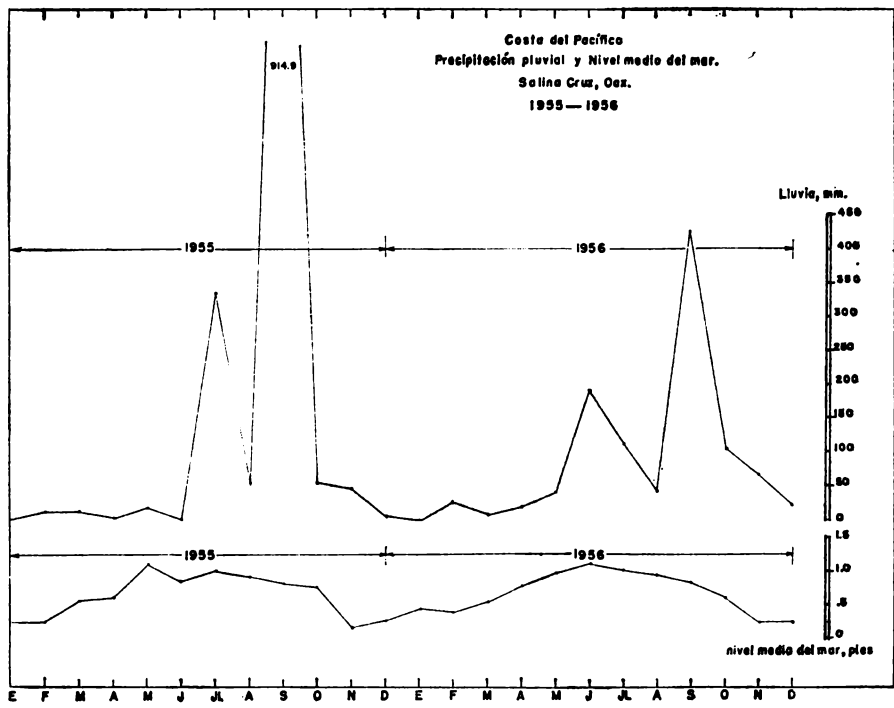


FIG. 33.

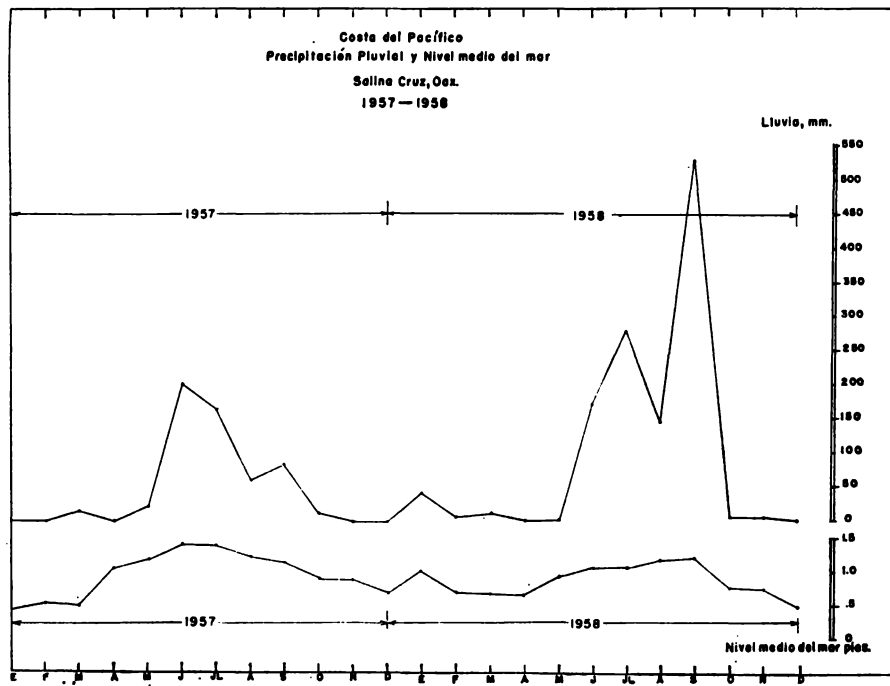


FIG. 34.