

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
INSTITUTO DE GEOLOGIA

DIRECTOR: ING. DIEGO A. CORDOBA

BOLETIN NUMERO 88

GEOLOGIA MARINA DE LA LAGUNA DE
TAMIAHUA, VERACRUZ, MEXICO

TRABAJO EFECTUADO CON LA APORTACION ECONOMICA NSF-3420,
DE LA NATIONAL SCIENCE FOUNDATION DE LOS
ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

POR

RODOLFO CRUZ



MEXICO, D. F.
1968

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

RECTOR:

Ing. Javier Barros Sierra



SECRETARIO GENERAL:
Lic. Fernando Solana

COORDINADOR DE LA
INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA:
Dr. Emilio Rosenblueth

INSTITUTO DE GEOLOGIA

Ciudad Universitaria

México 20, D. F.

DIRECTOR:

Ing. Diego A. Córdoba

NÚMERO EDITADO POR:
Antonio García-Cubas

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
INSTITUTO DE GEOLOGIA

DIRECTOR: ING. DIEGO A. CORDOBA

BOLETIN NUMERO 88

**GEOLOGIA MARINA DE LA LAGUNA DE
TAMIAHUA, VERACRUZ, MEXICO**

TRABAJO EFECTUADO CON LA APORTACION ECONOMICA NSF-3420,
DE LA NATIONAL SCIENCE FOUNDATION DE LOS
ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

POR

RODOLFO CRUZ



MEXICO, D. F.
1968

CLASIF.
ADQUIS. 2072
FECHA
PROCED.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
ANTECEDENTES	3
DESCRIPCION GENERAL DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA	4
Ubicación y límites	4
Vías de acceso	4
Hidrografía	6
Clima	7
Vegetación	8
MARCO GEOLOGICO	9
METODOS DE TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO	11
FISIOGRAFIA DEL AREA	11
Márgenes de la Laguna	13
Laguna e islas	13
Barrera arenosa de Cabo Rojo	16
DATOS OCEANOGRAFICOS	17
Batimetría	17
Mareas	19
Salinidad	19
Temperatura del agua	24
Transparencia del agua	24
Contaminación de las aguas	28
SEDIMENTOS	28
Granulometría	28
Distribución textural	28
Composición	32
Estructuras internas menores	37
ORIGEN DE LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA	39
POSIBLE ORIGEN DE LA BARRERA ARENOSA DE CABO ROJO	39
DISCUSION	42
BIBLIOGRAFIA	44
ILUSTRACIONES	
Fig. 1. Localización de la Laguna de Tamiahua, Ver.	5
Fig. 2. Mapa geológico de la Parte Central de la Cuenca Tampico-Misantla (según Benavides, 1956)	10
Fig. 3. Localización de las estaciones de observación y muestreo	12
Fig. 4. Mapa fisiográfico	14

	Pág.
Fig. 5. Plano batimétrico, con isóbatas a intervalos de 1 m	18
Fig. 6. Perfiles batimétricos AA', BB' y CC'. El cero de la escala vertical está referido al nivel medio de la laguna	20
Fig. 7. Mareogramas del mes de junio de 1964 en Tampico y Tuxpan	21
Fig. 8. Distribución de la salinidad del agua del fondo en partes por mil	22
Fig. 9. Distribución de la salinidad de la superficie en partes por mil	23
Fig. 10. Distribución de la temperatura del agua del fondo, en grados centígrados .	25
Fig. 11. Distribución de la temperatura del agua de la superficie en grados centígrados	26
Fig. 12. Distribución de la transparencia de las aguas según determinaciones con el Disco de Secchi	27
Fig. 13. Correlación de los parámetros $Md \phi$ con $\sigma \phi$ y $Sk \phi$, mostrando los grupos establecidos, empleando el criterio de Inman y Chamberlain (1955)	29
Fig. 14. Curvas acumulativas correspondientes a los diferentes grupos de sedimentos establecidos	30
Fig. 15. Distribución de los grupos texturales establecidos siguiendo el método de Inman y Chamberlain (1955)	31
Fig. 16. Triángulos de Shepard mostrando la distribución de los porcentajes de arena-limo-arcilla de las muestras correspondientes a cada uno de los grupos texturales establecidos	33
Fig. 17. Distribución textural de los sedimentos según sus porcentajes de arena-limo-arcilla	34
Fig. 18. Distribución de las estructuras internas menores	38
Tabla 1. Estadísticas meteorológicas, concentración 1939-1943, Tampico, Tamps. ...	7
Tabla 2. Estadística meteorológica, concentración 1939-1943, Tuxpan, Ver.	8
Tabla 3. Composición de las muestras de sedimentos de la Laguna de Tamiahua, Ver.	35
Tabla 4. Descripción de los núcleos de la Laguna de Tamiahua, Ver.	40

GEOLOGIA MARINA DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ, MEXICO *

RODOLFO CRUZ **

RESUMEN

La Laguna de Tamiahua es una albufera salobre, situada en el litoral del Golfo de México, en la Llanura Costera del Estado de Veracruz, entre los ríos Pánuco y Tuxpan. Sus rasgos fisiográficos más notables son: a) la presencia de varios arroyos tales como La Laja, Cucharas, Carbajal, Tancochín, Tampache, Milpas, San Lorenzo, etc., en su mayoría de flujo estacional; b) dentro de la laguna hay tres grandes islas que son Juana Ramírez, Del Toro y Del Idolo, las cuales presentan una alineación más o menos de NW-SE, y otras de menor importancia, c) una gran barrera arenosa (Cabo Rojo), la cual interrumpe la curvatura dominante de la costa del Golfo de México; d) canales que conectan a la Laguna de Tamiahua con el Río Pánuco y la Laguna de Tampamachoco; y e) la Boca o Barra de Corazones.

El clima es húmedo, con fuertes lluvias en verano y seco en invierno, con excepción de tormentas con vientos del N los vientos que prevalecen en verano soplan del E y en el invierno del N y NE; la evaporación es moderada.

La laguna es de poca profundidad (2 a 3 m); existe un canal un poco más profundo situado hacia sotavento de la barrera arenosa, posiblemente a causa del flujo y reflujo de la marea.

La barrera de Cabo Rojo, está formada por arena cuarcítica y en la porción norte se encuentran grandes dunas activas que disminuyen hacia el S, donde son pequeñas y están prácticamente estabilizadas. Se observan dos sistemas de bermas y en su porción de sotavento existe un crecimiento local originado por los manglares.

La única boca actual, denominada Barra de Corazones es pequeña y angosta; hay evidencias de tres bocas antiguas que se localizan, una en el norte, llamada Barra de Tampamachichi y las otras dos en el sur, las barras de Galindo y Tanhuijo.

La salinidad está regida por la acción de las mareas, la precipitación y la descarga de los ríos. El agua es predominantemente salobre, aunque se distinguieron dos facies, una ultrahalina, mayor de 30‰ y una polihalina entre 16 y 30‰. La primera se restringe sólo a la boca y áreas vecinas, afectadas directamente por las aguas que penetran a la laguna debido a las mareas, en tanto que el resto es polihalina.

Las mareas son de poca magnitud, poco conocidas; para Tampico y Tuxpan son del tipo diurno, los flujos no son bien conocidos, pero la laguna se considera afectada por ellas, debido a la descarga de los ríos y los vientos.

* Parte de este trabajo fue utilizado como tesis para optar por el Título de Ingeniero Geólogo, en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional.

** Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México.

Entre la vegetación circundante existen zonas de manglares. Las islas Juana Ramírez y Del Toro presentan evidencias de antiguas dunas que posiblemente formaron parte de la barrera arenosa de una antigua laguna. La Isla del Idolo presenta bermas, antiguos meandros y mangares. Fuera de la costa se encuentra una serie de arrecifes coralinos vivos que guarda cierta orientación con uno sepultado bajo las arenas de Cabo Rojo y otro muerto en el fondo de la laguna, en las proximidades de la Isla del Toro; estos arrecifes parecen tener importancia muy grande en el origen de las barreras arenosas y en el desarrollo de la laguna.

Los sedimentos de la laguna son principalmente de tipo limo-arcilloso. Se distinguieron 5 grupos, según la correlación de sus parámetros estadísticos, de la manera siguiente: Grupo I, compuesto de arenas finas entre perfectamente y pobremente clasificadas, distribuidas en la parte norte de la laguna y áreas cercanas al sotavento de la barrera arenosa; en gran parte parecen provenir del transporte eólico de las dunas. Grupo II, formado por arenas muy finas, de transición, muy pobremente clasificadas. Grupo III, corresponde a limos muy pobremente clasificados, distribuidos en las porciones occidental y sur de la laguna, procedentes de los ríos y esteros del sur de la misma. Grupo IV, formado por arcillas pobremente a muy pobremente clasificadas, ubicadas en la porción subcentral de la laguna. Grupo V, constituido por arcillas pobremente clasificadas, que aparecen en la porción central de la laguna. Las estructuras internas menores son en su mayoría moteadas, pero también se encontraron estructuras laminares y homogéneas.

INTRODUCCION

Esta investigación comprende la tercera parte del primer programa geológico-marino del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, que incluye las tres lagunas litorales más grandes de la costa del Golfo de México, en la República Mexicana, que son la Laguna Madre, Tamps., la Laguna de Tamiahua, Ver. y la Laguna de Términos, Camp.* Este trabajo cubre la descripción general, fisiografía, batimetría, salinidad, temperatura, turbidez y sedimentos; como la finalidad es estudiarla íntegramente, otros especialistas del Departamento de Ciencias Marinas del citado Instituto y de otras instituciones, realizan investigaciones sedimentológicas en el aspecto biógeno.

El objetivo principal de este trabajo es conocer, de manera general, la geomorfología, características oceanográficas y sedimentos, para tratar de entender su origen, su dinámica, sus procesos de sedimentación e investigar cómo los sedimentos reflejan las condiciones de depósito. Por limitaciones de equipo sólo se estudiaron los sedimentos superficiales, en tanto que los datos del subsuelo fueron proporcionados por W. G. McIntire de la Universidad del Estado de Louisiana.

El desarrollo del trabajo se planeó siguiendo ciertas normas generales que coinciden en gran parte con las adoptadas en otras instituciones para trabajos similares, en especial por F. B. Phleger de la Institución Scripps de Oceanografía, Universidad de California, San Diego, con quien se ha trabajado en estrecha colaboración.

El trabajo de campo comprendió dos etapas, una de un mes, en junio de 1964 y otra de una semana, en febrero de 1965.

* A. Ayala-Castañares presentó en 1966, una ponencia sobre estas lagunas en el II Congreso Internacional de Oceanografía, Moscú.

Agradecimientos: El autor agradece la ayuda proporcionada por las siguientes personas e instituciones:

G. P. Salas, Director del Instituto de Geología de la U.N.A.M., quien permitió realizar el trabajo. A. Aya'a-Castañares, Director del Instituto de Biología, U.N.A.M., quien revisó críticamente el manuscrito, B. F. D'Anglejan (Centro de Ciencias Marinas, Universidad McGill, Montreal, Canadá), F. B. Phleger (Institución Scripps de Oceanografía, Universidad de California, San Diego), W. G. McIntire (Instituto de Estudios Costeros, Universidad del Estado de Louisiana), quien aportó valiosos datos de sus trabajos en Tamiahua; E. Reimnitz (Experto de UNESCO asignado al Instituto de Geología), A. Yáñez y C. P. Schlaepfer (Instituto de Geología), por sus sugerencias; A. Acuña, F. Acevedo, E. Cepeda de la Garza (Petróleos Mexicanos), por facilidades en el campo e información.

A la National Science Foundation de los Estados Unidos de América, con cuyas aportaciones económicas NSF-19105 y NSF-3420, se realizó esta investigación; a Servicios Geofísicos, S. A., por la cooperación brindada en su campamento; a los Departamentos de Oceanografía y Meteorología del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, por los datos mareográficos y meteorológicos; a la Dirección General de Obras Marítimas de la Secretaría de Marina, por las facilidades proporcionadas; a la Dirección General de Pesca e Industria Conexas, de la Secretaría de Industria y Comercio, por su colaboración en el trabajo de campo.

ANTECEDENTES

La Laguna de Tamiahua se localiza en una cuenca sedimentaria que ha sido por muchos años productora de hidrocarburos; por ello se han efectuado numerosas exploraciones geológicas, tanto por técnicos mexicanos como por extranjeros. Entre los trabajos que resumen sus características están los de Muir (1936) y Benavides (1956).

Son pocas las publicaciones que se refieren en particular a la Laguna de Tamiahua, entre las que son de citarse las siguientes: Núñez Ortega (1869), con interesantes comentarios de su viaje a la Laguna de Tamiahua. García-Cubas (1891) describe algunos rasgos geográficos y comenta la fauna y riqueza pesquera de la región. Muñoz Lumbier (1919) expone algunas características de Cabo Rojo. Tamayo (1946) hace mención a algunas corrientes no identificadas que desaguan en la Laguna de Tamiahua. Tamayo (1949 y 1962) resumió parte de la información existente, en su descripción de la región, incluyendo las islas, antigua boca y Cabo Rojo. De Buen (1957) trata aspectos hidrológicos, ecológicos y biológicos en su trabajo sobre problemas ostrícolas de México. Humm y Hildebrand (1962) basándose fundamentalmente en el trabajo de De Buen (1957), mencionan las algas de la región y hacen una descripción de la Laguna. Poggie (1962), estudió la vegetación pionera de Cabo Rojo, incluyendo, además, datos meteorológicos y sedimentológicos. Sánchez Martínez (1965) presentó, en

el II Congreso de Oceanografía, un estudio preliminar sobre la vegetación de la Laguna de Tamiahua. W. G. McIntire, del Instituto de Investigaciones Costeras de la Universidad del Estado de Louisiana, ha efectuado desde hace años estudios geomorfológicos en el área, en los que incluye datos de perforaciones someras.

La Gerencia de Exploración de Petróleos Mexicanos desarrolló un intenso programa de geofísica, especialmente sismología, un reconocimiento batimétrico y perforó algunos pozos exploratorios.

La Dirección General de Pesca, ha estudiado diversos aspectos biológicos y económicos de la Laguna, especialmente referidos a ostiones y camarones.

Recientemente el Instituto de Biología, U.N.A.M., inició un estudio biológico de la laguna.

DESCRIPCION GENERAL DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA

UBICACIÓN Y LÍMITES

Está comprendida entre los paralelos $21^{\circ}06'$ y $22^{\circ}05'$ de latitud norte y $97^{\circ}22'$ y $97^{\circ}46'$ de longitud oeste (Fig. 1). Hacia el N se comunica con el Río Pánuco por los canales de Wilson, Calabaza y Chijol; su límite sur es la Boca o Barra de Corazones, situada en el extremo sur de la barrera arenosa que separa la tierra firme de Cabo Rojo y que comunica a la laguna con el Golfo de México. La Laguna de Tamiahua se comunica al S con la Laguna de Tampamachoco, mediante el Estero de Tamiahua, el cual se une al Estero de Milpas a la altura del paralelo $21^{\circ}14'$; al S de este sitio hasta hace unos años se encontraban dos bocas importantes, que son: las barras de Galindo y de Tanhuijo, actualmente cerradas.

El lado poniente corresponde a la tierra firme, orilla que sigue, en términos generales, una dirección NW-SE; ahí se encuentran las corrientes más importantes que desembocan en la laguna entre los $21^{\circ}00'$ y $21^{\circ}37'$ de latitud norte.

En la parte oriental de la Laguna de Tamiahua, a partir del Río Pánuco, se encuentra la barrera arenosa de Cabo Rojo, con dirección SE hasta el paralelo $21^{\circ}33'$, donde cambia su rumbo al SW para quedar cerca de la costa firme a los $21^{\circ}15'$ de latitud norte, donde continúa hasta la Barra de Corazones.

VÍAS DE ACCESO

Se puede llegar al área de Tamiahua utilizando las siguientes vías: a) "Brecha Huasteca"; b) carretera que comunica al puerto de Tuxpan con el Pueblo de Tamiahua; c) viajando por la playa del Golfo de México, entre Tuxpan y la Barra de Corazones y d) la Brecha Naranjos-Tamiahua.

Es posible también llegar a la laguna, navegando a través de los canales que la comunican con el Río Pánuco; o bien por el Estero de Tamiahua que se comunica con la Laguna de Tampamachoco y ésta a su vez, con el Río Tuxpan.

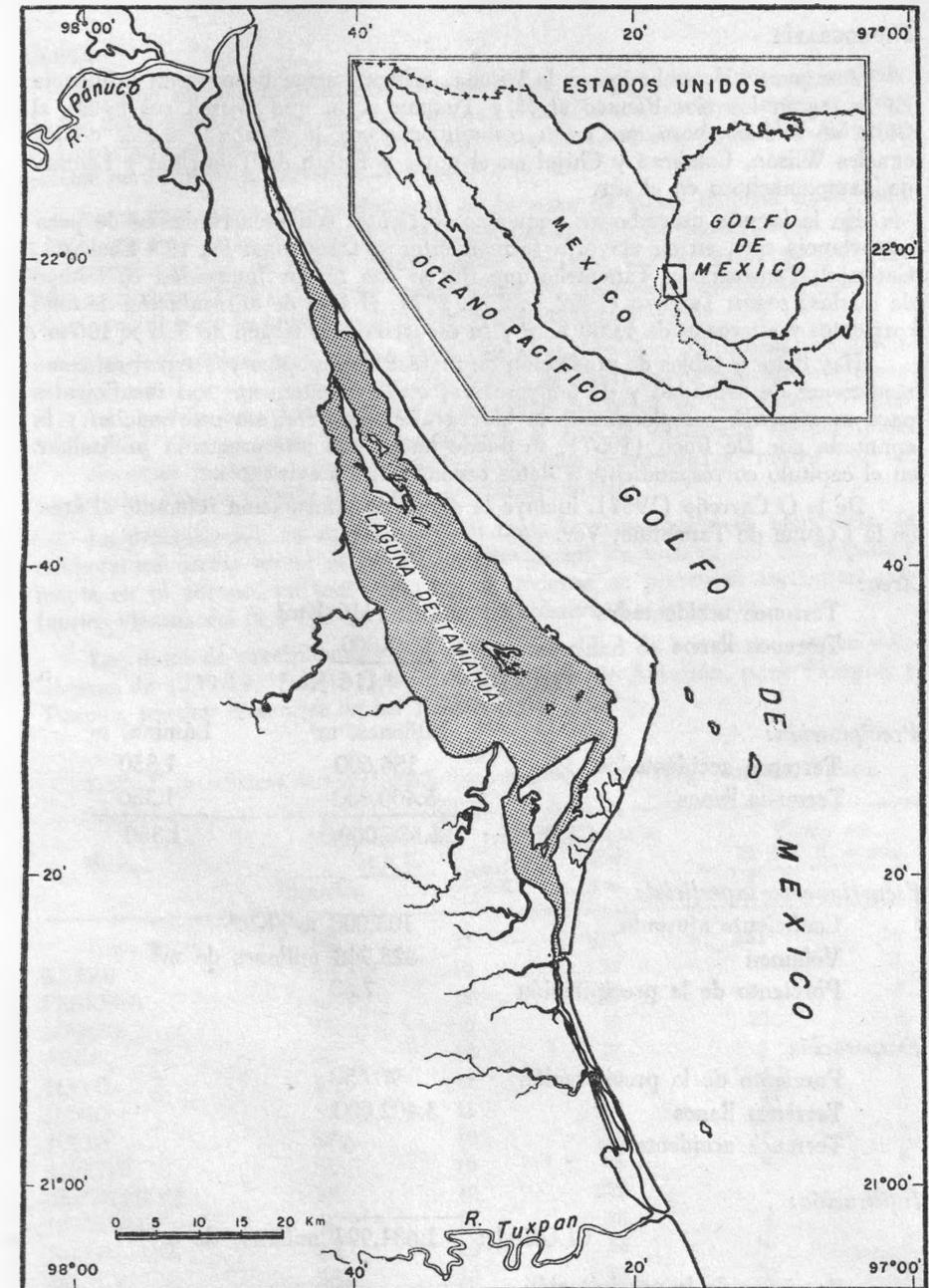


Fig. 1. Localización de la Laguna de Tamiahua, Ver.

HIDROGRAFÍA

Aunque no desembocan en la laguna, evidentemente tienen gran influencia en la región los ríos Pánuco al N y Tuxpan al S, que vierten sus aguas al Golfo de México, pero que están comunicados con la laguna a través de los canales Wilson, Calabaza y Chijol en el norte y Estero de Tamiahua y Laguna de Tampamachoco en el sur.

En la laguna desembocan pequeñas corrientes con escurrimientos de poca importancia que, en su mayoría forman esteros, tales como los ríos Cucharas, Carbajal, Tancochín y Tampache que fluyen con mayor intensidad en tiempo de lluvias; según Tamayo (1962, v. 2, p. 297), el área de alimentación de tales corrientes y esteros es de 4,000 Km² y su escurrimiento virgen de 398 × 106 m³.

Hay datos y tablas de predicción de mareas de Tampico y Tuxpan así como mediciones de salinidad y de temperatura, que evidentemente son insuficientes para caracterizar completamente la hidrografía, pero con esa información y la apuntada por De Buen (1957), se puede hacer una interpretación preliminar en el capítulo correspondiente a datos oceanográficos existentes.

De la O Carreño (1954), incluye la siguiente información referente al área de la Laguna de Tamiahua, Ver.

Area:

Terrenos accidentados	116 Km ²
Terrenos llanos	4,000
TOTAL:	4,116 Km ²

Precipitación:	Millones, m ³	Lámina, m
Terrenos accidentados	156,600	1,350
Terrenos llanos	5,400,000	1,350
GLOBAL:	5,556,000	1,350

Escurrimiento superficial:

Coefficiente ajustado	103,000 m ³ /Km ²
Volumen	423,948 millones de m ³
Porcentaje de la precipitación	7.63

Evaporación:

Porcentaje de la precipitación	98.658
Terrenos llanos	3,402,000
Terrenos accidentados	63

Infiltración:

GLOBAL: 1,631,994 millones de m³

Porcentaje de la precipitación 29

CLIMA

Aunque no hay información meteorológica completa, mediante el análisis de los datos aportados por diversos autores y la información proporcionada por el Departamento de Meteorología del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M., es posible caracterizar el clima de la siguiente manera:

La región queda dentro del área de la zona de clima tropical de sabana (Aw), que existe a lo largo de la costa, desde el Trópico de Cáncer, hasta aproximadamente los 19° de latitud norte, según Koeppen (1948) y García (1964). Pestana Suárez (1958) concluyó que el clima de Tuxpan, situado a unos cuantos kilómetros al S de la laguna está en los límites entre los tipos:

Amw' (Tropical con intensa lluvia en otoño) y Aw' (Tropical con lluvia en otoño); y que el hecho de que el tipo de clima pueda considerarse como Aw', podría interpretarse como una posible evolución de clima de la región en los últimos años. Hay que agregar a esto la existencia de precipitaciones en invierno, causadas por las tormentas denominadas "nortes", de las cuales Poggie (1962) hace una amplia discusión.

La precipitación es superior a 750 mm, la evaporación es moderada, la temperatura media anual es de 18°C. Prevalecen los vientos del SE, especialmente en el verano, en tanto que en el invierno se presentan tormentas con fuertes vientos del N y NE que afectan notablemente a la región.

Los datos de precipitación, dirección y velocidad de los vientos, según estadísticas de 1939-1943, de la Compañía Mexicana de Aviación, para Tampico y Tuxpan, pueden resumirse en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Estadísticas Meteorológicas, concentración 1939-1943, Tampico, Tamps.

Meses	Viento promedio M.P.H.		Precipitación total mm	Viento de 25 M.P.H. o más	
	Dirección	Velocidad		T	P
TOTALES	SE	11	817	131	36
ENERO	SE	10	74	13	3
FEBRERO	SE	12	24	21	4
MARZO	SE	9	10	20	4
ABRIL	SE	12	17	9	2
MAYO	SE	12	29	8	1
JUNIO	SE	11	191	2	0
JULIO	SE	12	104	14	3
AGOSTO	SE	10	85	0	0
SEPTIEMBRE	SE	10	222	9	2
OCTUBRE	SE	10	83	7	1
NOVIEMBRE	SE	10	36	10	2
DICIEMBRE	SE	10	96	20	4

Tabla 2. Estadística Meteorológica, concentración 1939-1943, Tuxpan, Ver.

Meses	Viento promedio M.P.H.		Precipitación total mm	Viento de 25 M.P.H. o más	
	Dirección	Velocidad		T	P
TOTALES	W	5	1147	11	2
ENERO	W	4	94	1	0
FEBRERO	W	4	24	2	0
MARZO	W	4	31	4	1
ABRIL	NE	5	67	1	0
MAYO	E	5	81	0	0
JUNIO	E	4	178	0	0
JULIO*	E	4	131	0	0
AGOSTO*	NE	5	81	0	0
SEPTIEMBRE*	NE	4	216	0	0
OCTUBRE*	W	4	222	1	1
NOVIEMBRE*	W	5	116	1	1
DICIEMBRE	W	5	67	1	1

* Datos de 4 años.

VEGETACION

La vegetación circundante y de las islas, ya sea de pantanos, de marismas o de tierra firme, es conocida sólo en sus rasgos generales. El autor conoce únicamente los trabajos de Sánchez (1965) sobre la vegetación litoral y de Poggie (1962) sobre la vegetación pionera. Las algas fueron mencionadas por Humm y Hildebrand (1962).

Sobresale por su notable relación con los sedimentos, la vegetación de los manglares, ampliamente distribuida, representada por *Rizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia nitida* (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo). Aunque la sucesión, en lo general es la clásica, se presentan variantes, que dependen de las condiciones ecológicas locales, tales como la salinidad y el tipo fondo, por ejemplo.

Además del manglar, son significativos el palmar (*Schoelea* sp), la selva mediana, que tiene como especie más común, el ojite (*Brosimum allicastrum*), también están representadas otras especies, como chaca (*Bursea simaruba*), nanche (*Byrsonima crassifolia*), etc.; la vegetación en las dunas costeras está representada entre otras, por una flora pionera en la barrera arenosa, en la que predominan especies como *Ipomoea* y *Croton* en la parte sur de Cabo Rojo y *Coccoloba* y *Randia* en la porción norte, además de matorral espinoso, con predominio de especies de *Acacia*, especialmente el cornizuelo (*A. cornigera*).

MARCO GEOLOGICO

La Laguna de Tamiahua está situada en la parte oriental de la Cuenca Tampico-Misantla. Las características geológicas de esa Cuenca han sido descritas por numerosos autores, entre los que destacan por su carácter general, Muir (1936), López Ramos (1956) y Benavides (1956). La figura 2, corresponde al mapa geológico de la parte central de la Cuenca, tomado de Benavides (1956). Las características generales, según este autor, son las siguientes:

“UBICACIÓN Y LÍMITES GEOGRÁFICOS.—La Cuenca de Tampico-Tuxpan está situada sobre la costa oriental de México, al noroeste de la Ciudad de México; ocupa una parte del territorio del Estado de Tamaulipas, la parte del Estado de Veracruz y porciones más pequeñas de los Estados de San Luis Potosí, Puebla e Hidalgo”.

“Sus límites geográficos son los siguientes: por el norte parte del curso del Río Soto la Marina y el Río San Rafael; por el oriente el Golfo de México; por el sur el Río Misantla y por el poniente la Sierra Madre Oriental. El área comprendida dentro de estos límites es de aproximadamente 62,000 Km²”.

“LÍMITES GEOLÓGICOS.—Los límites geológicos de la Cuenca de Tampico-Tuxpan son: por el norte el extremo sur de la Cuenca de Burgos y la Sierra de San Carlos; por el oriente la línea de costa; por el sur el Macizo granítico de Teziutlán y por el poniente los pliegues del Geosinclinal Mexicano que constituyen el frente de la Sierra Madre Oriental”.

“RELIEVE E HIDROGRAFÍA.—La zona norte forma parte de la Planicie Costera del Golfo de México e incluye parte de las cadenas frontales de la Sierra Madre Oriental. Su amplitud máxima casi 100 Km se encuentra cerca de la latitud de la Ciudad de Tampico en el Valle del Río Pánuco, en tanto que su parte más estrecha, unos 35 Km está en la región de Misantla y Teziutlán”.

“Los accidentes topográficos más notables dentro de la Zona Norte son: La Sierra de Tamaulipas con elevaciones de más de 900 m. La Sierra de Tantima con 1,200 m de elevación y el pico de Bernal de 1,200 m de altura. Al sur del Río Tuxpan se encuentra una serie de cerros bajos y lomeríos cuya elevación aumenta gradualmente hacia el poniente. Al sur de Misantla se encuentra el Macizo Granítico de Teziutlán, que tiene elevaciones hasta de 2,000 metros s.n.m.”.

“Las corrientes fluviales que drenan la Zona Norte pertenecen al Sistema Hidrográfico del Atlántico y corren, en general, de poniente a oriente”.

“Los sedimentos más antiguos que afloran dentro de y a lo largo de la Cuenca de Tampico-Tuxpan son calizas de edad Albiano-Cenomaniano y en algunos lugares sedimentos del Jurásico. Fuera de las márgenes de la Cuenca y en el núcleo de algunos de los anticlinales de la Sierra Madre Oriental se encuentran sedimentos de edad paleozoica. La edad de la mayor parte de las rocas que afloran en la región de Tampico varían del Paleoceno al Mioceno. En ciertos pozos se han alcanzado rocas del basamento constituidas en algunos casos por un complejo granítico y en otros por esquistos sericiticos y micáceos de edad probablemente paleozoica”.

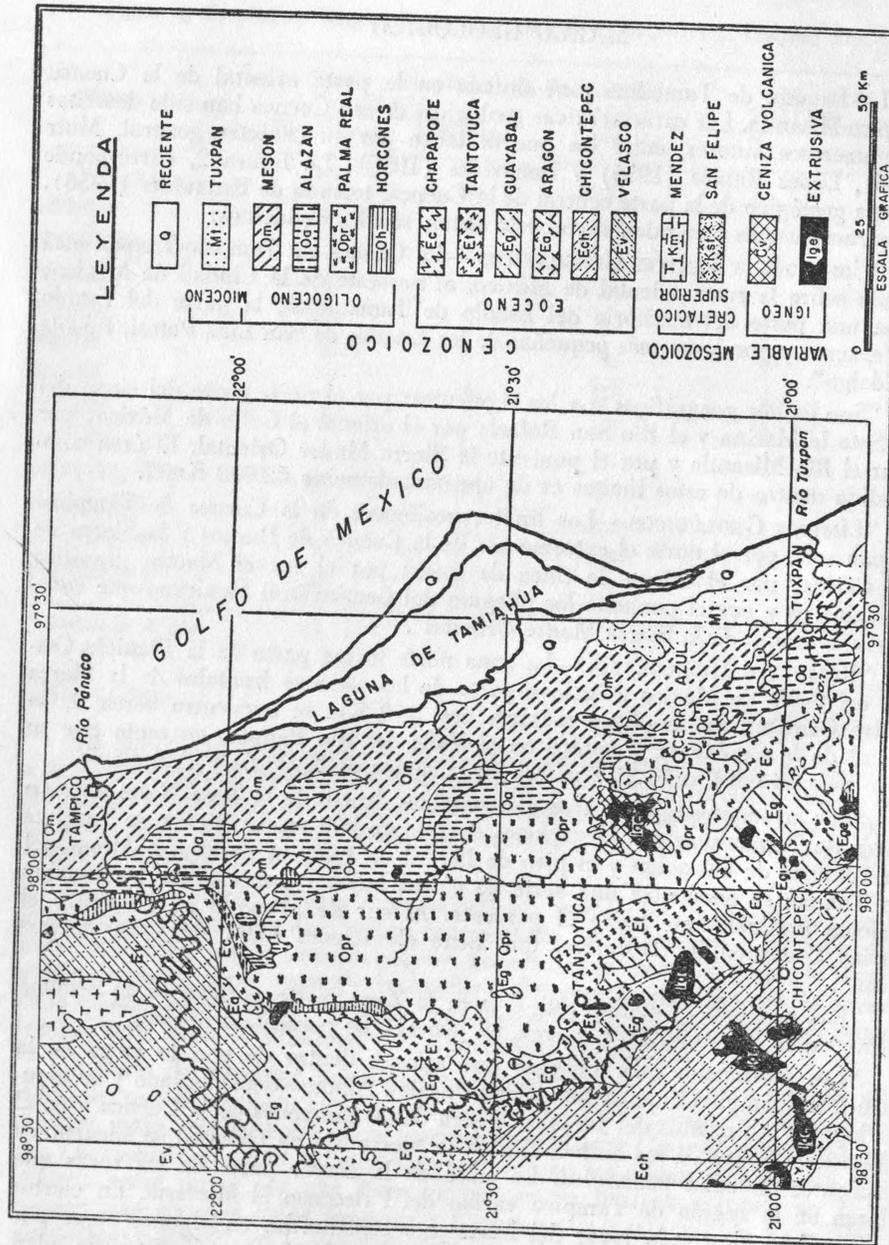


Fig. 2. Mapa geológico de la Parte Central de la Cuenca Tampico-Misantla (según Benavides, 1956).

En los sedimentos de la laguna, se encuentran materiales que han sido erosionados y acarreados de las rocas preexistentes. Entre las formaciones que parecen tener una mayor importancia como fuente de sedimentos, son de citarse: Palma Real Inferior, Palma Real Superior, Alazán, Mesón y Tuxpan, cuya descripción detallada se puede encontrar en López Ramos (1956).

MÉTODOS DE TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO

El trabajo de campo se efectuó cubriendo aspectos geológicos, biológicos y oceanográficos.

Las estaciones de observación y muestreo escogidas en el área de estudio se ilustran en la figura 3; en cada una de ellas se hizo lo siguiente:

Mediciones: profundidad, transparencia del agua, conductividad, salinidad y temperatura.

Muestras: agua, plancton, vegetación sumergida y sedimentos (para estudios sedimentológicos, de foraminíferos y moluscos). En general, el trabajo de campo se realizó siguiendo normas semejantes a las empleadas en la Institución Scripps de Oceanografía y por el Instituto de Geología en la Laguna de Términos y en la Laguna Madre.

Las muestras de sedimentos fueron tratadas con peróxido de hidrógeno y HCl; el primero se empleó para destruir la materia orgánica y el segundo para destruir los carbonatos. Posteriormente fueron lavadas mediante filtros millipore No. C3 y separadas las fracciones arenosas y limo-arcillosas.

La fracción arenosa se analizó mediante el método descrito por Emery (1938) y la fracción fina empleando el método de pipeteo de Krumbein (1932).

A partir de las curvas granulométricas acumulativas se determinaron los parámetros estadísticos según el criterio de Inman y Chamberlain (1955).

Los minerales pesados se separaron empleando un líquido de alta densidad (bromofórmico). La composición de los sedimentos se identificó al microscopio estereoscópico y se calcularon los porcentajes de cada uno de los componentes.

En la preparación de los núcleos se utilizaron los métodos más usuales, empleándose el de Hamblin (1962) para las radiografías de los núcleos seccionados.

FISIOGRAFIA DEL AREA

La Laguna de Tamiahua forma parte de la Llanura Costera del Golfo de México. La zona montañosa más cercana es la Sierra de Tantima hacia el SW. La Sierra Madre Oriental está situada al W aproximadamente a 80 Km. La laguna se encuentra bordeada en su porción occidental por lomeríos compuestos de sedimentos terciarios y cuaternarios, en lo general con una suave pendiente hacia la costa del Golfo de México.

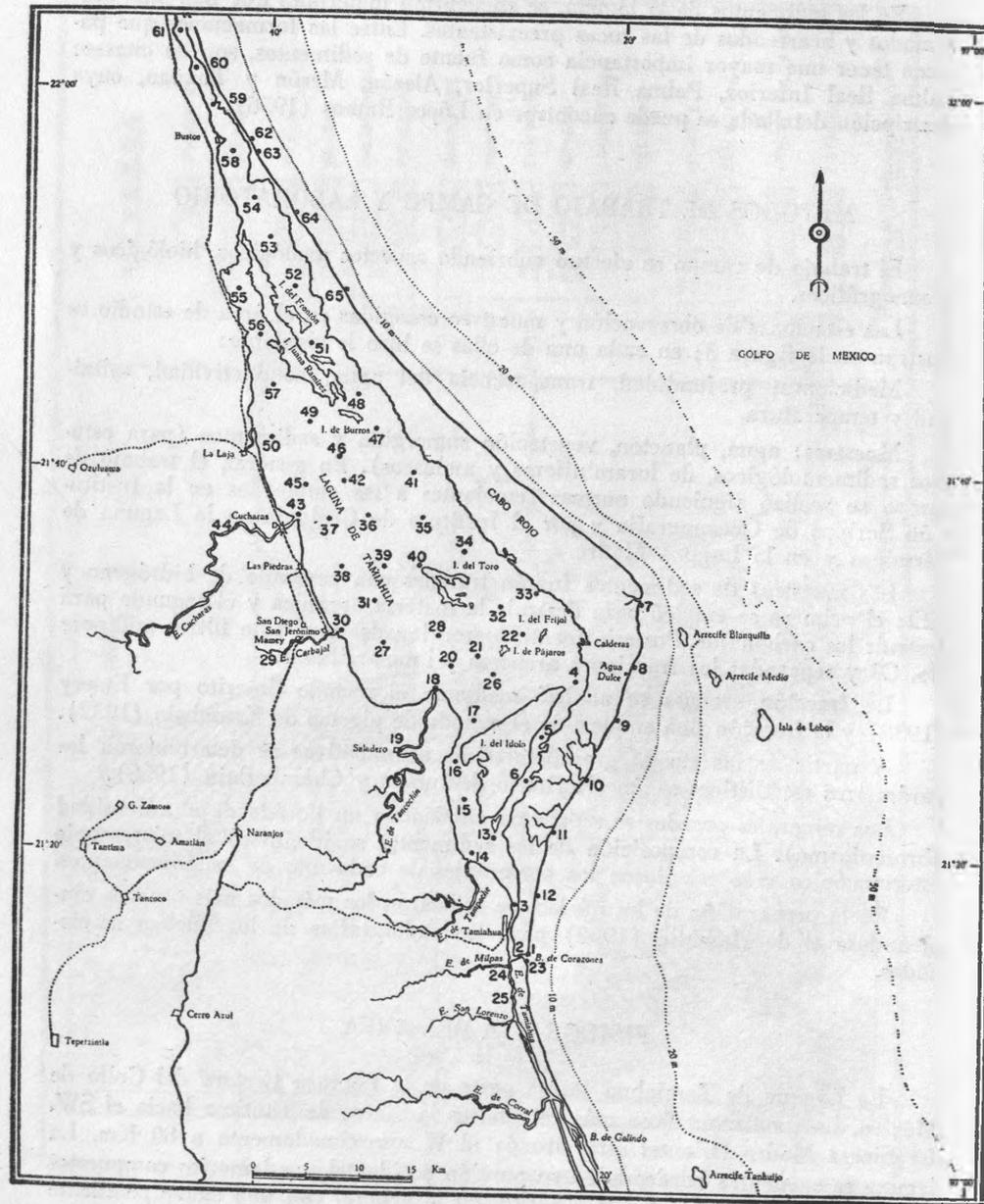


Fig. 3. Localización de las estaciones de observación y muestreo.

Algunas porciones que la circundan corresponden a sedimentos, que sugieren antiguas líneas de costa y/o llanuras e inundación de los ríos.

Para fines descriptivos del área (Fig. 4), se consideraron tres unidades fisiográficas fundamentales, a saber: márgenes de la laguna, laguna e islas y la barrera arenosa de Cabo Rojo.

MÁRGENES DE LA LAGUNA

Margen oriental.—Corresponde al sotavento de la barrera arenosa; presenta una serie de entrantes y salientes muy características; está compuesta, en gran parte, por arenas procedentes de la barrera por el transporte eólico; la distancia entre las dunas y la orilla de la laguna es variable. Hacia el S, frente a la Isla del Idolo, aumenta el contenido de sedimentos finos, y existen manglares.

Margen occidental.—Corresponde a la costa continental; es también muy irregular y presenta algunos deltas pequeños entre los que sobresalen los de los ríos La Laja, Cucharas y Tancochin, donde se encuentran manglares. A la altura del Río Cucharas hay una escarpa de 3 m de altura sobre el nivel medio de la laguna; esta escarpa disminuye hacia el S hasta forma pequeñas playas constituidas por gravas, arenas, fragmentos de conchas y sedimentos finos. A la altura del Rancho Las Piedras existe un conglomerado deltaico constituido por gravas y arenas gruesas, cementadas con carbonato de calcio; este afloramiento está siendo erosionado y sus materiales se distribuyen a lo largo de la playa. Al N del Río Carbajal, se encuentra una terraza de 3 m de altura y aproximadamente a 300 m de la orilla de la laguna. Frente a la Isla de Juana Ramírez, a unos 200 m de la orilla, se encuentran dunas antiguas cubiertas de vegetación, con alturas hasta de 25 m. La parte sur, hasta llegar al Río Tuxpan, está constituida por sedimentos finos, con amplias áreas de inundación, pantanos y manglares.

LAGUNA E ISLAS

Laguna.—Es alargada, con rumbo general NW-SE, longitud y anchura máxima de 85 Km y de 20 Km, respectivamente. Sus aguas cubren aproximadamente 750 Km².

La porción al N de la Isla Juana Ramírez, con anchura mayor de 4 Km se continúa por los Canales de Chijol, Calabaza y Wilson, el primero abierto artificialmente en el año de 1907, comunica con el Río Pánuco. En un punto, frente a la Estación Bustos de Petróleos Mexicanos, se encontraba una antigua boca llamada Barra de Tampamachichi, según De Buen (1957).

La porción al S de la Isla del Idolo, lo constituye el llamado Estero de Tamiahua; esta región se mantiene dragada y tiene instalaciones pesqueras, especialmente trampas para camarón, del tipo denominado "charangas"; hacia su parte media está el poblado de Tamiahua.

Más hacia el S se encuentra la Boca o Barra de Corazones, que es la única comunicación directa actual con el Golfo de México; tiene un ancho entre 50 m

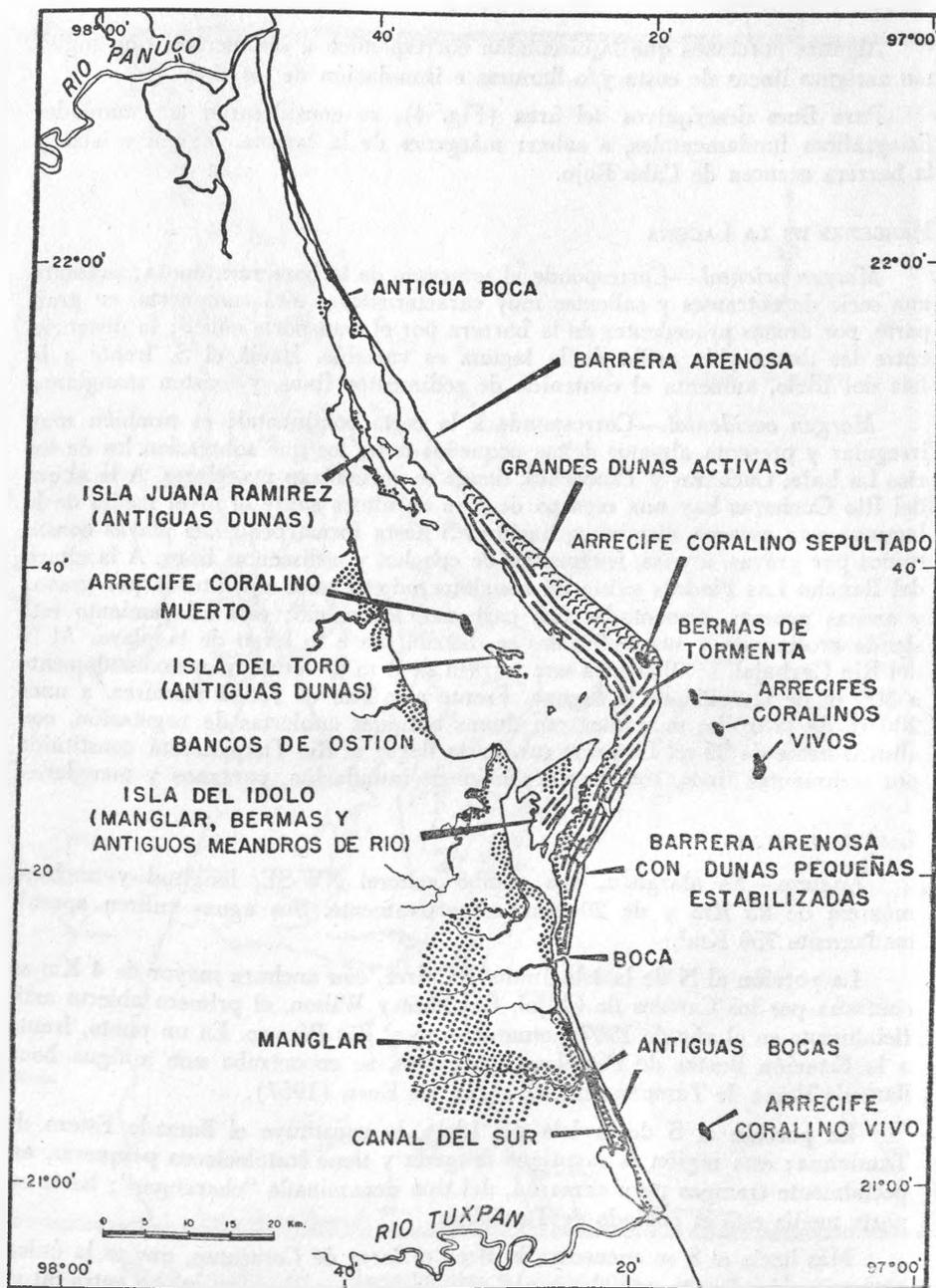


Fig. 4. Mapa fisiográfico.

y 150 m, en tanto que su profundidad varía entre 1.00 y 2.50 m en su canal más profundo, según el alcance de la marea. Esta boca tiene a migrar hacia el S, por la influencia de la corriente de litoral que, según la morfología de la costa, es de N a S. Lo estrecho y somero de la Barra de Corazones, unido a la longitud del Estero de Tamiahua y poca amplitud de las mareas, ocasiona una diferencia de nivel del agua entre la laguna y el Golfo, condicionada por la velocidad del flujo y del reflujó, de modo que mientras en la Barra de Corazones la marea es alta en la laguna apenas si puede subir; algo similar puede decirse en el caso de la marea baja. Hacia afuera, a muy poca distancia se encuentra un notable bajo, fácilmente observable por la rompiente de las olas. La Barra de Corazones fue abierta en 1933, en parte artificialmente y un huracán terminó de abrirla, según información, no comprobada, de los habitantes del lugar.

Hacia el S de la Barra de Corazones, que constituye una derivación del Estero de Tamiahua, desembocan los esteros de Milpas, San Lorenzo y Corral; el Estero de Tamiahua continúa hasta la Laguna de Tampamachoco, con anchura variable y de ahí se comunica con el Río Tuxpan. Al S del Estero de Corral se encuentran dos bocas antiguas, las llamadas Barra de Galindo y Barra de Tanhuijo, ahora completamente cerradas. En la laguna existe una gran cantidad de bancos de ostión.

Islas.—En el interior de la laguna se encuentran numerosas islas, que de S a N son: Juana Ramírez, Frontón, Isleta, Burros, Del Toro, Pájaros, Frijoles y del Idolo, orientadas de NW-SE.

Las islas de la parte norte, especialmente la de Juana Ramírez, Frontón y Burros, presentan escarpes aparentemente formados por arenas y sedimentos finos y color rojizo; cuando hay playas, éstas son estrechas. En Juana Ramírez se encuentran evidencias morfológicas de antiguas dunas, ahora cubiertas de vegetación, especialmente pastizales, con una dirección más o menos paralela a la actual barrera arenosa; parte de la superficie de la isla está sembrada de piñas.

La Isla del Toro, situada cerca de la porción más ancha de la laguna, es muy irregular, con forma aproximada de V invertida; en sus alrededores existen algunas islas más pequeñas. En su extremo norte hay un afloramiento grande, característico de dunas, con altura entre 10 y 12 m; en parte de la Isla se encuentran otras antiguas dunas, cubiertas de vegetación, con una dirección general más o menos paralela a las actuales en Cabo Rojo; sus playas son pequeñas, compuestas de arenas. En su borde occidental hay una terraza, con altura de 2 m sobre las aguas de la laguna. En su lado sur se halla la pequeña Isla de Matacaballos que presenta una coquina en su orilla y hacia adentro un talud de sedimentos areno-arcillosos, de color rojizo, que contiene algunas conchas. En los sedimentos de las proximidades de la isla se encuentran fragmentos de coral. Hacia el N de la Isla del Toro, en el fondo de la laguna, se encontró un arrecife coralino muerto. En la playa más próxima a este arrecife se encontró una arenisca de grano medio, cementada por carbonato de calcio.

Las islas de Pájaros y Frijoles tienen formas irregulares y ambas se encuentran separadas por canales; la primera en tres partes y la segunda en dos. Los

canales que separan las islas tienen una dirección NW-SE. Las playas en ambas islas están formadas de arena y rodeadas de sedimentos finos. En algunos sitios, en las cercanías de las playas y bajo el agua, se encontraron fragmentos de corales en los sedimentos.

La Isla del Idolo tiene forma triangular, con el borde occidental más irregular que los otros dos; la porción norte es evidentemente la más recta, lo que sugiere la posible existencia de una corriente. Su superficie es casi llana, cubierta en parte, por pastizales y otros arbustos, pero existen manglares en varias regiones. En el mosaico aéreo se observan rasgos de antiguos meandros, que posiblemente correspondan al antiguo delta del Río Tancochín; hacia el lado oriental se localizan bermas y pantanos de manglar (véase Fig. 4). Sus sedimentos son, en general arenas, salvo los manglares donde hay limos y arcillas. En el extremo noroeste se encontraron fragmentos de ídolos y figuras de barro.

BARRERA ARENOSA DE CABO ROJO

Esta barrera tiene una forma convexa que interrumpe la regularidad de la costa; es como una protuberancia de tierra que se proyecta 30 Km hacia el Golfo de México, a partir del borde occidental de la Laguna de Tamiahua.

Su forma es la de una V asimétrica horizontal; la parte norte es más larga que la sur. Su longitud mayor es de 130 Km, su anchura máxima de 6 Km y mínima de 500 m.

Porción norte.—Se limita al N por la desembocadura del Río Pánuco y al S por el vértice de dicha barrera, a la altura de los 20°33' de latitud norte; tiene una longitud de 90 Km; la mayor anchura de la playa a la orilla de la laguna es de 6 Km; la menor de 500 m; su rumbo general es NW-SE.

La superficie está constituida por arenas, que en su parte más al N, forman dunas, con altura hasta de 30 m. Según De Buen (1957), frente al campo de Bustos se encontraba una boca llamada Barra de Tampamachichi.

En el plano fisiográfico se puede observar (Fig. 4), que hacia el S de la porción norte se encuentran grandes dunas, bermas de tormenta y algunos manglares en la porción de sotavento. Las dunas cercanas a la playa, hacia el S de los 21°55' son muy grandes y activas; en tanto que las situadas más hacia adentro están estabilizadas por la vegetación. En el vértice de Cabo Rojo, se encuentran manglares hasta muy cerca de la playa; en el subsuelo de esa misma región, W. G. McIntire (comunicación personal), encontró un arrecife coralino a 12.50 m de profundidad. Las playas son generalmente de poca pendiente, con una amplitud promedio de 20 a 25 m en la baja marea, a excepción de la playa en el vértice donde es más amplia. En el Golfo de México, frente a Cabo Rojo, hay una cadena de arrecifes coralinos vivos Arrecife Blanquilla, Arrecife Medio e Isla de Lobos. Frente al vértice de Cabo Rojo, bajo las aguas del Golfo de México, desde muy cerca de la costa, hasta aproximadamente 2 Km, el autor observó, a una profundidad de 8 m, evidencias de un arrecife muerto, que se extiende desde Cabo Rojo hacia los demás arrecifes; este arrecife bien pudiera ser la continuación, hacia el E, del encontrado por W. G. McIntire, en el subsuelo.

Porción sur.—Comprende desde los 21°33' de latitud norte, donde cambia su rumbo a NE-SW, formando un notable ángulo; prácticamente se extiende hasta el Río Tuxpan. Sus sedimentos son predominantemente arenas, aunque en las zonas de manglar se encuentran limos y arcillas. Las playas son de poca pendiente y en general más amplias que en la porción sur, y en su parte superior tienen dunas, que de norte a sur se vuelven más pequeñas y bien estabilizadas por la vegetación. Hacia el interior se encuentra una serie de bermas muy bien desarrolladas que, en la región del ángulo límite entre las porciones norte y sur, se encuentran notablemente en discordancia con las bermas de la porción norte, a las que truncan, lo cual es evidencia de una mayor antigüedad de éstas. Hacia sotavento de la barrera se localizan algunos manglares más o menos bien desarrollados, especialmente en la porción sur. Hacia los 21°15' se encuentra la Barra de Corazones, que se describió con anterioridad; de ahí al sur, es muy angosta, entre 1 Km y 200 m y en ella se encontraban dos bocas antiguas, ya mencionadas. Se encuentran algunos pequeños arroyos que desembocan en el Golfo de México y que mantienen agua sólo en las épocas de fuertes precipitaciones.

No se tiene información detallada de la topografía de la barrera ni de sus sedimentos, pues únicamente se colectaron unas cuantas muestras en la zona de estrán.

A lo largo de la Barrera Arenosa de Cabo Rojo, en la zona cercana a la costa se observó una notable turbulencia del agua, quizás por la rompiente de las olas en un fondo somero.

Es muy poco lo que se conoce de las corrientes de litoral. Las evidencias geomorfológicas indican que en la porción sur, la corriente de litoral se dirige hacia el sur y en la porción norte hacia esta dirección, producto de la acción del oleaje y de la marea al incidir en el vértice de Cabo Rojo. Se desconocen por completo las velocidades.

DATOS OCEANOGRÁFICOS

BATIMETRÍA

La información está resumida en el plano batimétrico (Fig. 5), con isóbatas a intervalos de 1 m. La laguna es somera, en términos generales, con fondo bastante homogéneo y de profundidad media de 2.20 m. La mayor profundidad encontrada, es de 5.10 m en un punto de estrecho formado por la Isla del Idolo y la margen continental de la laguna. La porción de sotavento, próxima a la barrera arenosa de Cabo Rojo, tiene generalmente un talud inclinado, probablemente por efecto de una corriente de marea.

En la porción occidental de la laguna y al sur de la Isla del Idolo hay fondos más someros. La isóbata de 2 m es casi paralela a los contornos de la margen occidental de la laguna en la parte norte y la central, pero se separa de ese contorno hacia el S. Existen canales con una profundidad media de 70 cm con marea alta, que dividen tanto a la Isla Frijoles como a la de Pájaros.



Fig. 5. Plano batimétrico, con isóbatas a intervalos de 1 m.

De los canales que rodean la Isla de Juana Ramírez, el que está ubicado al E, es más profundo y propio para navegar, en tanto que el que se encuentra al W es menos profundo, transitable sólo por embarcaciones pequeñas y con la marea alta.

El estero de Tamiahua, que comunica la Laguna de Tamiahua con el Río Tuxpan, es navegable por embarcaciones que hacen el servicio de cabotaje al pueblo de Tamiahua y ha sido objeto de dragados. La porción exterior, frente a la Barra de Corazones, es somera y el fondo presenta una muy suave pendiente hacia el E.

Los perfiles AA', BB' y CC' (Fig. 6), muestran que la pendiente del fondo es menor en el borde occidental de la laguna, que en el oriental; en las proximidades de sotavento de la barrera arenosa de Cabo Rojo, esa pendiente es más pronunciada, posiblemente por efecto de la corriente de mareas, de manera similar a otras lagunas litorales, como Ojo de Liebre y Guerrero Negro, en la Baja California (Phleger y Ewing, 1962; Phleger, 1955), aunque en estas últimas el canal es más profundo por el mayor rango de mareas.

MAREAS

No se obtuvo ninguna información mareográfica en el área de estudio, entre otras razones, por limitaciones del equipo. Se desconoce la diferencia de nivel y el intercambio de agua entre la laguna y el Golfo de México. Hay instalados mareógrafos en Tampico y Tuxpan.

La figura 7 muestra los mareogramas del mes de junio de 1964, en que se hizo el estudio de campo, que indican su pequeño rango y carácter diurno, que puede compararse con Tamiahua.

SALINIDAD

No se tiene la información necesaria para conocer satisfactoriamente la variabilidad de la salinidad. En el verano de 1964, se hicieron determinaciones de salinidad total en el fondo y en la superficie. La figura 8 ilustra la salinidad del fondo que, en lo general varía entre 16.70 ‰ y 36.70 ‰. Pueden considerarse dos facies, una entre 16.50 ‰ y 30 ‰ (polihalina) y otra mayor de 30 ‰ (ultrahalina), según la clasificación de Hedgpeth (1957, p. 24).

Las facies ultrahalina, con salinidad mayor de 30 ‰, se extiende en la porción al sur de la región, entre la Barra de Corazones y el extremo sur de la Isla del Idolo entre 30.45 ‰ y 36.39 ‰. Sin duda, a la porción con aguas ultrahalinas la afectan directamente las aguas del Golfo de México, que penetran por la Barra de Corazones.

La facies polihalina se distribuye en las áreas más lejanas de la boca, afectadas por las aguas de los ríos o esteros por los que fluye agua dulce, en especial en la época de lluvias, cuando la salinidad de la laguna posiblemente se reduzca de manera considerable.

La salinidad superficial (Fig. 9) se distribuye de manera más o menos similar; las mayores variaciones encontradas son entre 16.70 ‰ y 36.70 ‰.

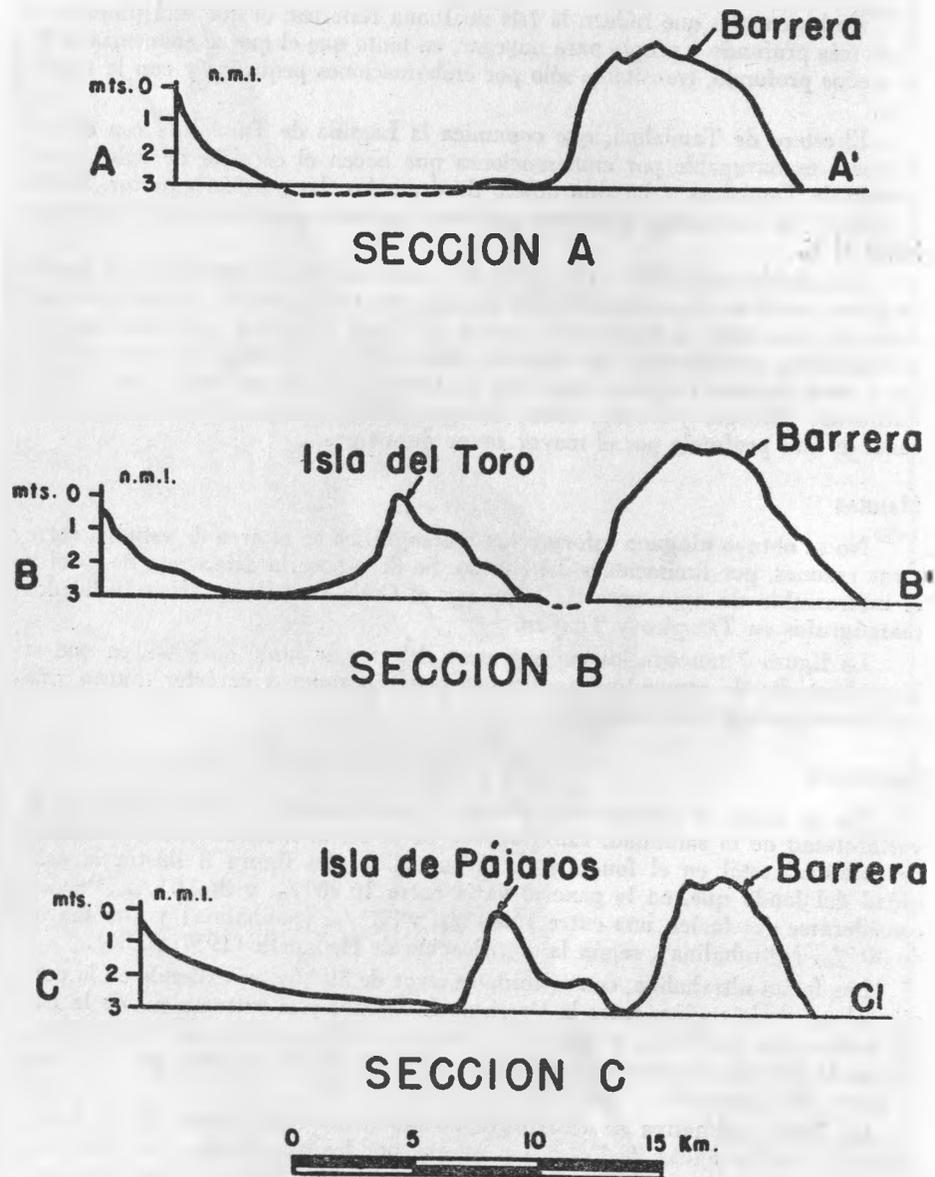


Fig. 6. Perfiles batimétricos AA', BB' y CC'. El cero de la escala vertical está referido al nivel medio de la laguna.

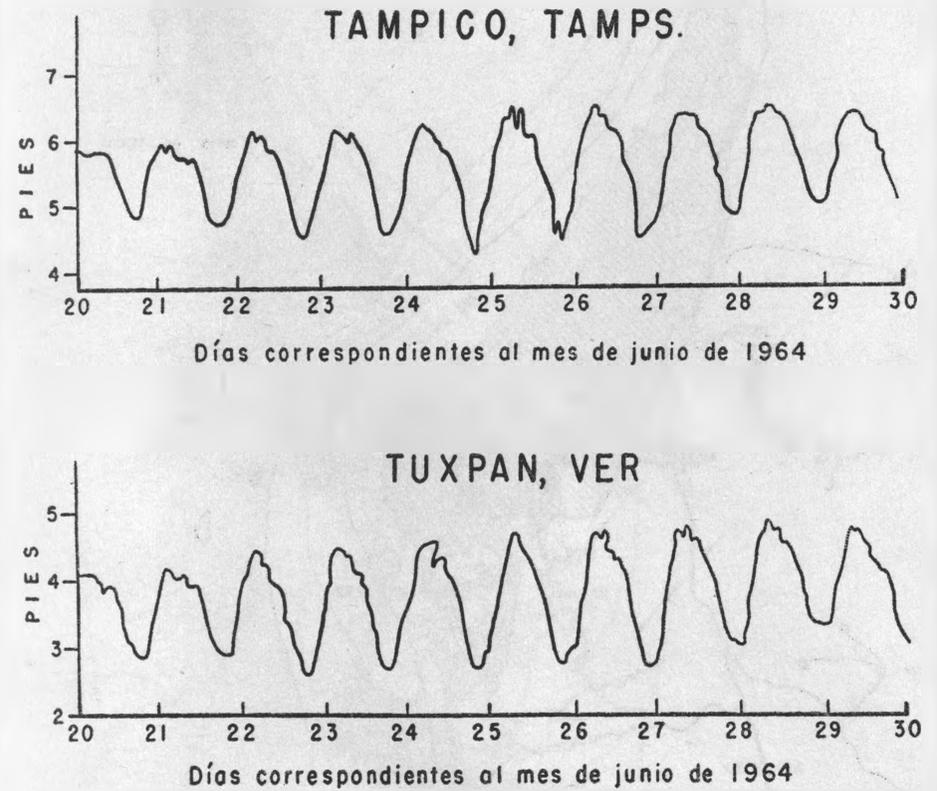


Fig. 7. Mareogramas del mes de junio de 1964 en Tampico y Tuxpan.

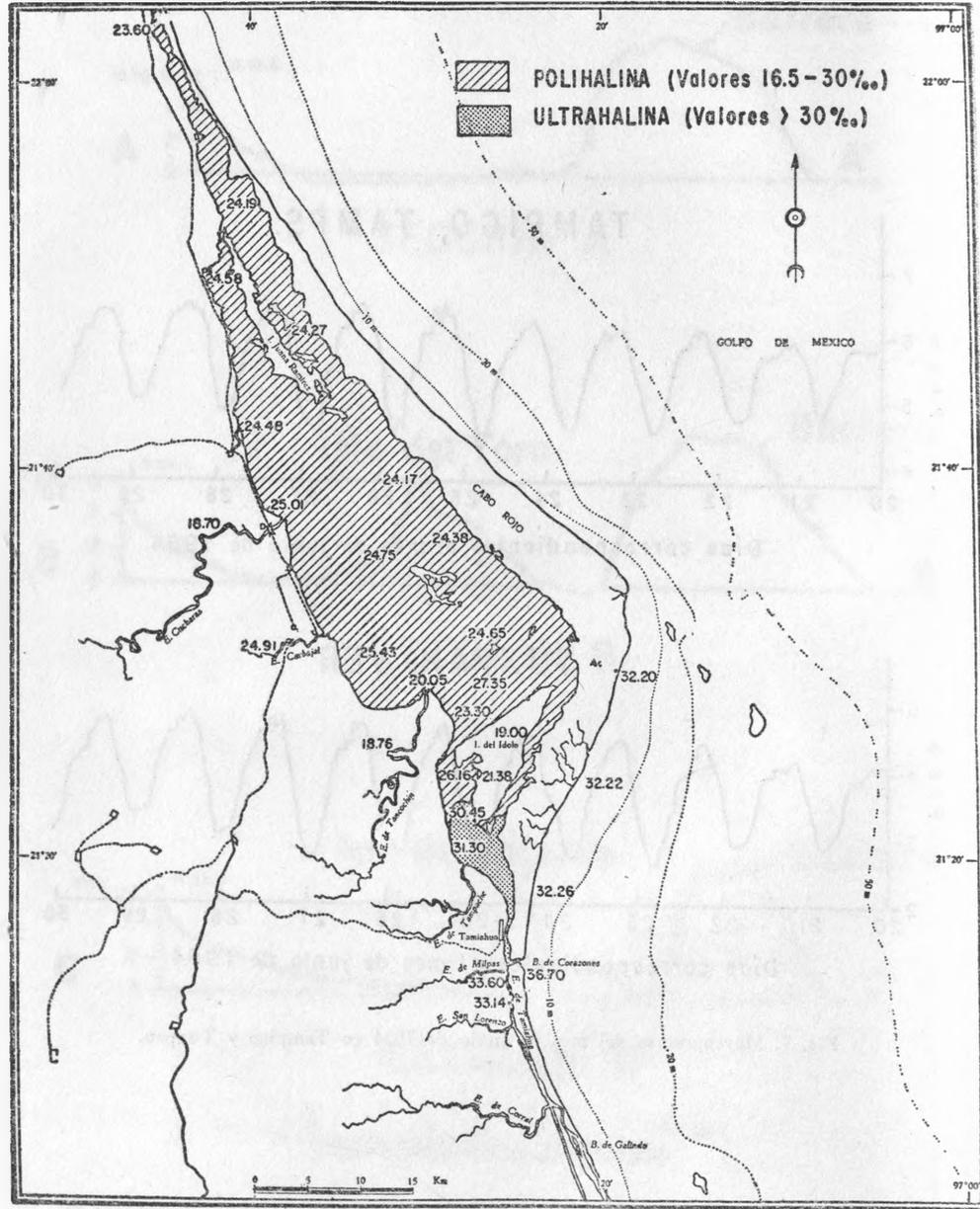


Fig. 8. Distribución de la salinidad del agua del fondo en partes por mil.

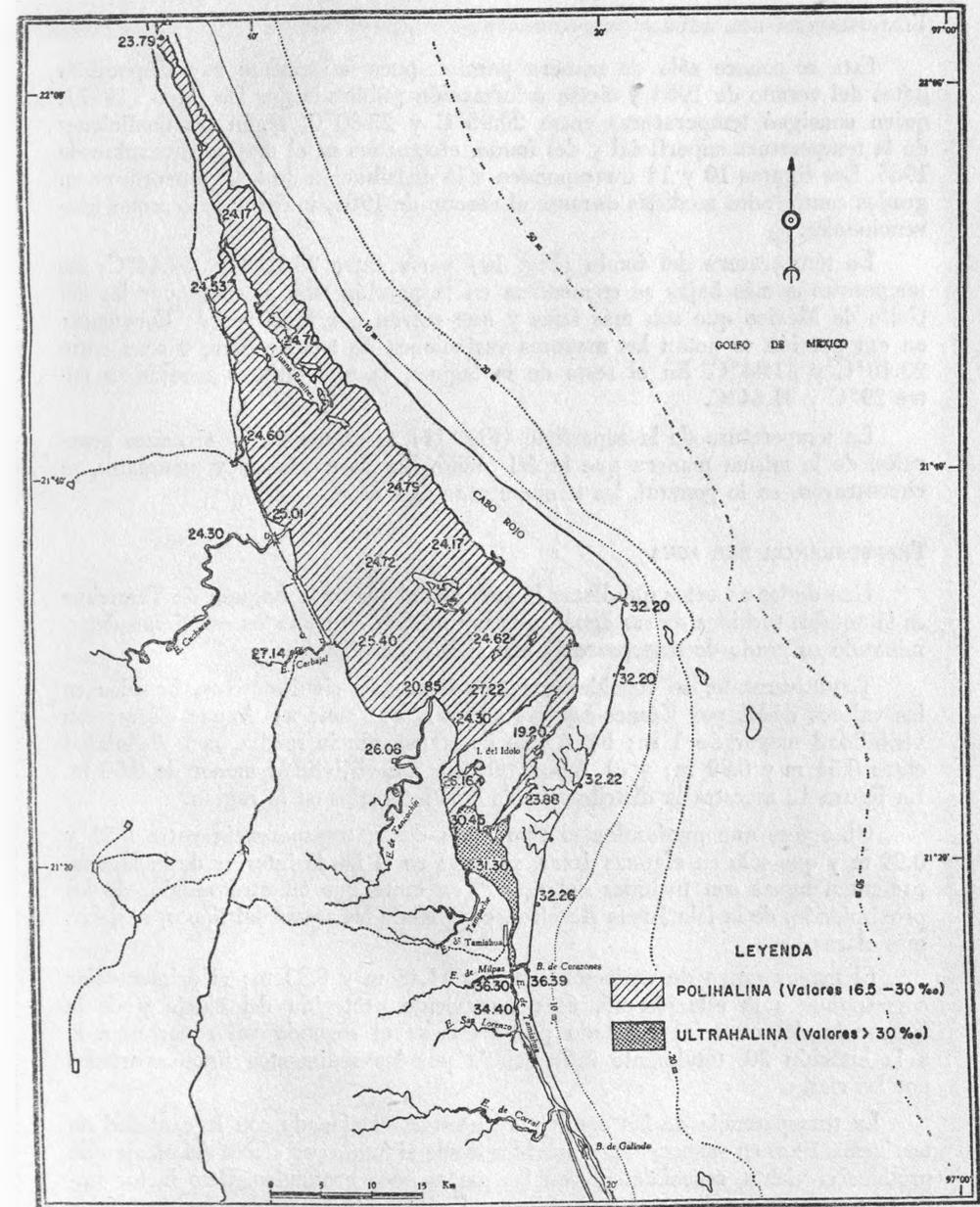


Fig. 9. Distribución de la salinidad de la superficie en partes por mil.

TEMPERATURA DEL AGUA

Esta se conoce sólo de manera parcial, pues únicamente hay disponibles datos del verano de 1964 y cierta información publicada por De Buen (1957), quien consignó temperaturas entre 20.95°C y 22.30°C, según las mediciones de la temperatura superficial y del fondo, efectuadas en el mes de diciembre de 1955. Las figuras 10 y 11 corresponden a la distribución de las temperaturas en grados centígrados medidas durante el verano de 1964, y algunas isotermas convencionales.

La temperatura del fondo (Fig. 10) varía entre 23.10°C y 34.44°C; las temperaturas más bajas se encuentran en la porción sur, afectada por las del Golfo de México que son más frías y que entran por la Barra de Corazones; en esa porción se notan las mayores variaciones de temperatura, o sean entre 23.10°C y 31.44°C. En el resto de la laguna, la temperatura medida es entre 29°C y 31.44°C.

La temperatura de la superficie (Fig. 11) se comporta, en términos generales, de la misma manera que la del fondo. En las marismas y manglares, se encontraron, en lo general, las temperaturas más altas.

TRANSPARENCIA DEL AGUA

Uno de los aspectos que llama la atención al visitar la Laguna de Tamiahua es la notable turbidez de sus aguas, que fue medida en todas las estaciones determinando su grado de transparencia con el Disco de Secchi.

Tentativamente, se consideraron tres intervalos significativos, basados en los valores dados por Gómez-Aguirre (1965), que son: a) Aguas claras, con visibilidad mayor de 1 m; b) Aguas de transparencia media, con visibilidad entre 0.51 m y 0.99 m; y c) Aguas turbias, con visibilidad menor de 0.50 m. La figura 12 muestra la distribución de esos intervalos en la región.

Obsérvese que predomina el tipo *b*, es decir, transparencia entre 0.51 y 0.99 m y que sólo en algunas áreas, situadas en el borde interior de la laguna, presentan aguas con turbidez del tipo *c*, en tanto que en otra región, de las proximidades de la Isla Juana Ramírez, comprende las aguas del tipo *a*, es decir, más claras.

El mayor rango de variación fue entre 1.45 m y 0.33 m; el primer valor corresponde a la estación 56, área sumamente protegida del oleaje y de la influencia del material aportado por los ríos; el segundo valor corresponde a la estación 30, totalmente influenciada por los sedimentos finos aportados por los ríos.

La transparencia de las aguas parece estar relacionada con la cantidad de terrígenos finos en suspensión, removidos desde el fondo por efecto del oleaje que produce el viento, especialmente en las partes poco profundas. Otro factor importante parece ser el aporte de terrígenos finos en las épocas de avenidas de los ríos y, finalmente, el contenido del plancton bien pudiera ser uno de los factores que controlan la turbidez en el área.

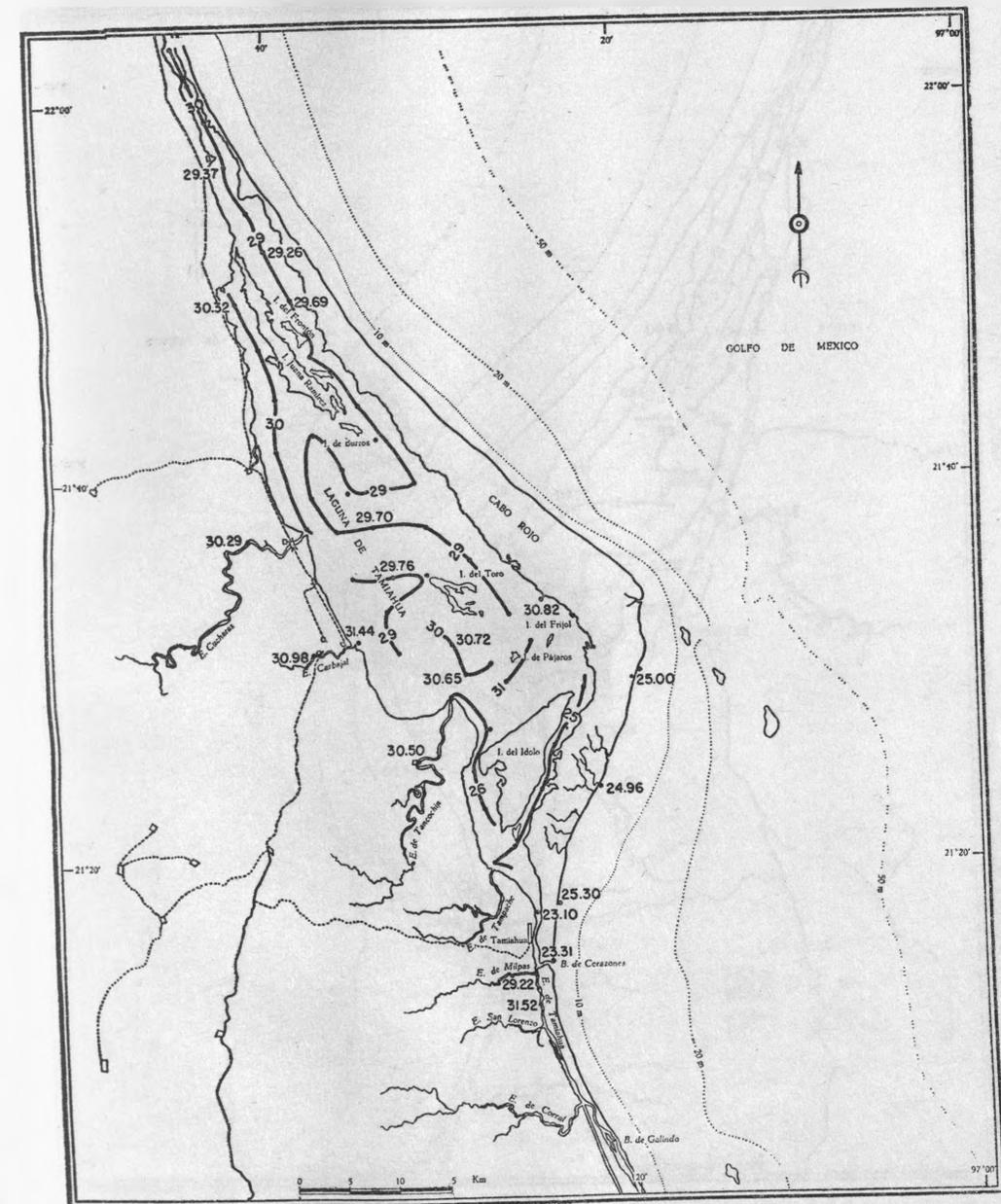


Fig. 10. Distribución de la temperatura del agua del fondo, en grados centígrados.

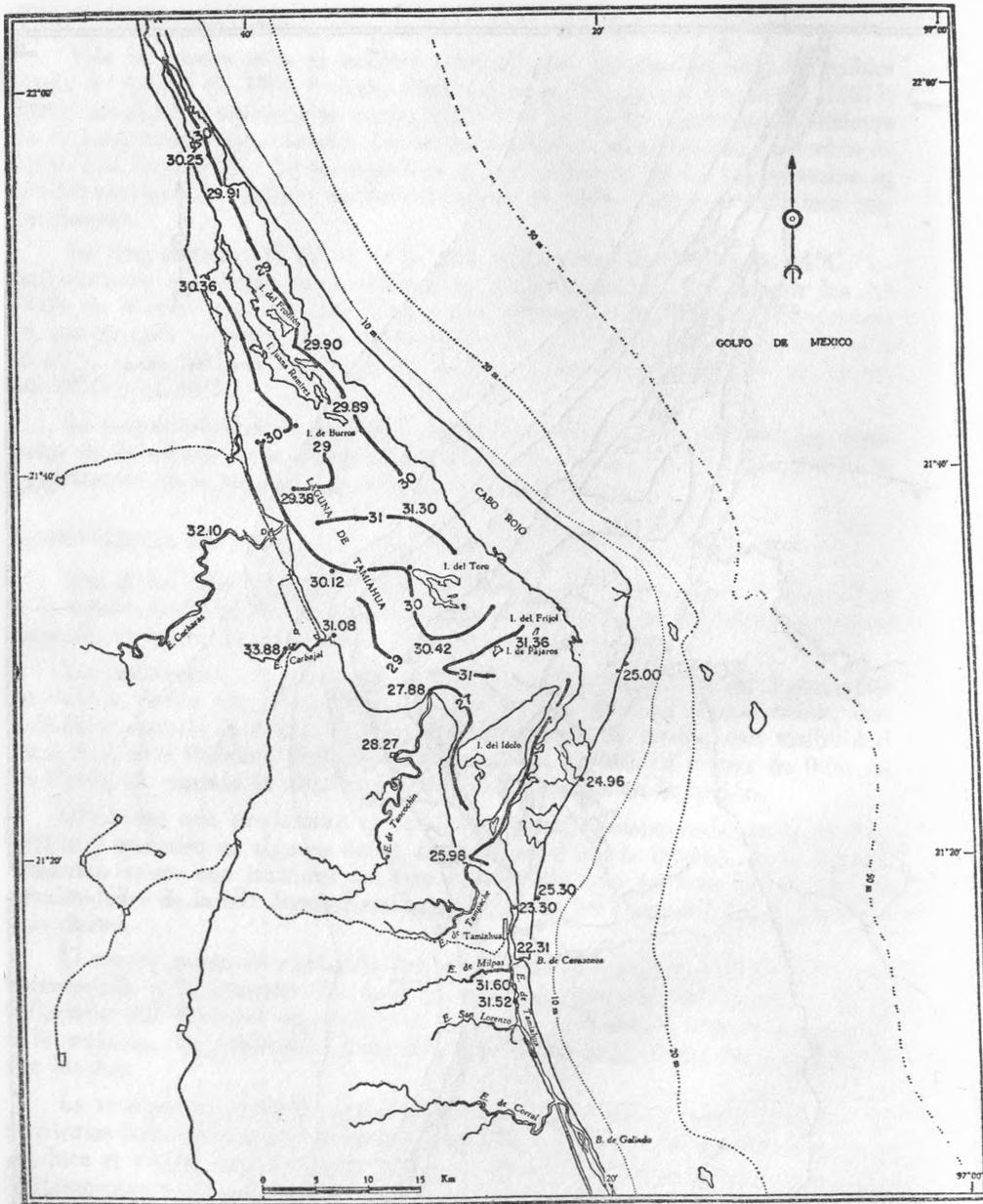


Fig. 11. Distribución de la temperatura del agua de la superficie en grados centígrados.

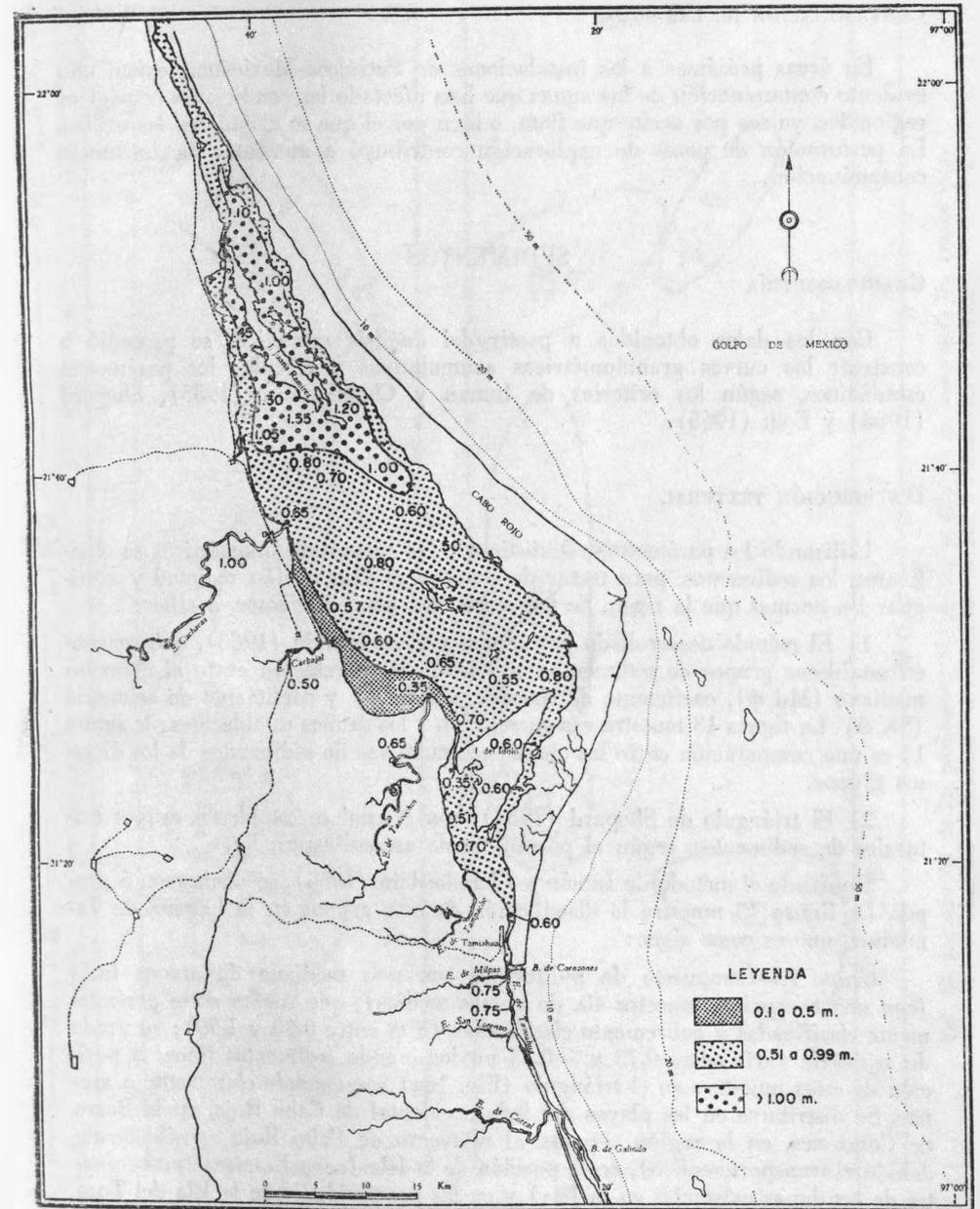


Fig. 12. Distribución de la transparencia de las aguas, según determinaciones con el Disco de Secchi.

CONTAMINACIÓN DE LAS ACUAS

En áreas próximas a las instalaciones de Petróleos Mexicanos, existe una evidente contaminación de las aguas que han afectado las condiciones ecológicas regionales, ya sea por aceite que flota, o bien por el que se alojado en las orillas. La perforación de pozos de exploración contribuyó a aumentar localmente la contaminación.

SEDIMENTOS

GRANULOMETRÍA

Con los datos obtenidos a partir del análisis mecánico, se procedió a construir las curvas granulométricas acumulativas y calcular los parámetros estadísticos, según los criterios de Inman y Chamberlain (1955), Shepard (1954) y Folk (1965).

DISTRIBUCIÓN TEXTURAL

Utilizando los parámetros estadísticos y las curvas granulométricas se clasificaron los sedimentos, para tratar de conocer su distribución regional y averiguar las normas que la rigen. Se emplearon dos procedimientos, a saber:

1) El método desarrollado por Inman y Chamberlain (1965), que consiste en establecer grupos de sedimentos, utilizando la correlación entre el diámetro mediano ($Md \phi$), coeficiente de clasificación ($\sigma \phi$) y coeficiente de asimetría ($Sk \phi$). La figura 13 muestra esa correlación y los grupos establecidos; la figura 14 es una comparación entre las curvas acumulativas de sedimentos de los diversos grupos.

2) El triángulo de Shepard (1954), con el cual se establecen grupos texturales de sedimentos, según el porcentaje de arena-limo-arcilla.

Siguiendo el método de Inman y Chamberlain (1955), se distinguen 5 grupos. La figura 15 muestra la distribución de esos grupos en la Laguna de Tamiahua, que es como sigue:

Grupo I.—Compuesto de sedimentos con una mediana de arenas finas (con una excepción, muestra 40, de arenas medias), que varían entre perfectamente clasificadas a pobremente clasificadas ($\sigma \phi$ entre 0.20 y 1.90); su grado de asimetría varía entre 0.73 y -0.33 predominando sedimentos finos, la posición de estas muestras en el triángulo (Fig. 16a) corresponde claramente a arenas. Se distribuye en las playas del lado occidental de Cabo Rojo, en la Barra de Corazones, en la región cercana al sotavento de Cabo Rojo (posiblemente debido al transporte eólico), en la porción de la Isla Juana Ramírez (provenientes de las dunas existentes en la Isla) y en las proximidades de la Isla del Toro (también procedentes de las dunas existentes en la isla) y en parte de la costa occidental de la laguna, hasta las proximidades del Río Cucharas.

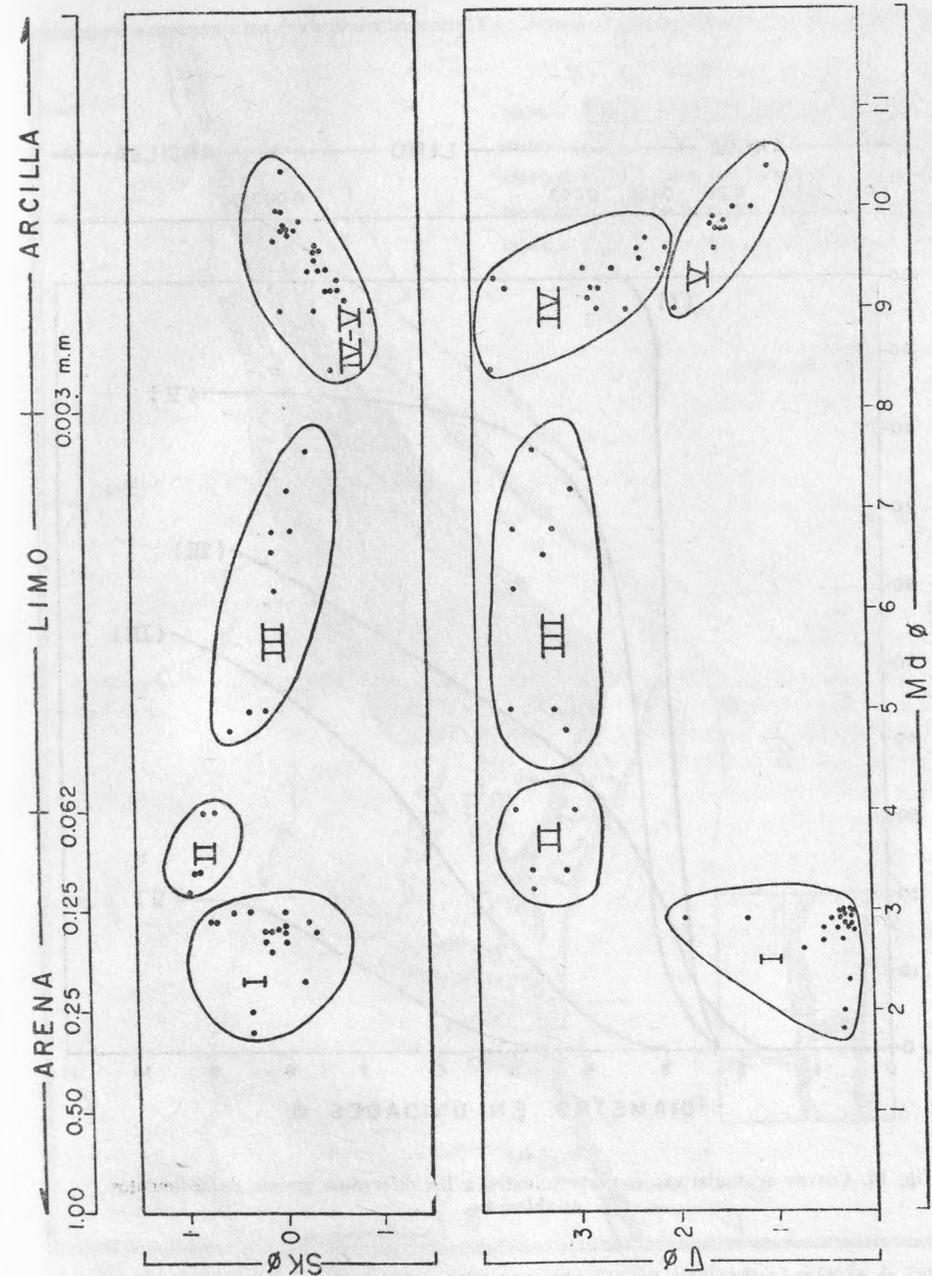


Fig. 13. Correlación de los parámetros $Md \phi$ con $\sigma \phi$ y $Sk \phi$, mostrando los grupos establecidos, empleando el criterio de Inman y Chamberlain (1955).

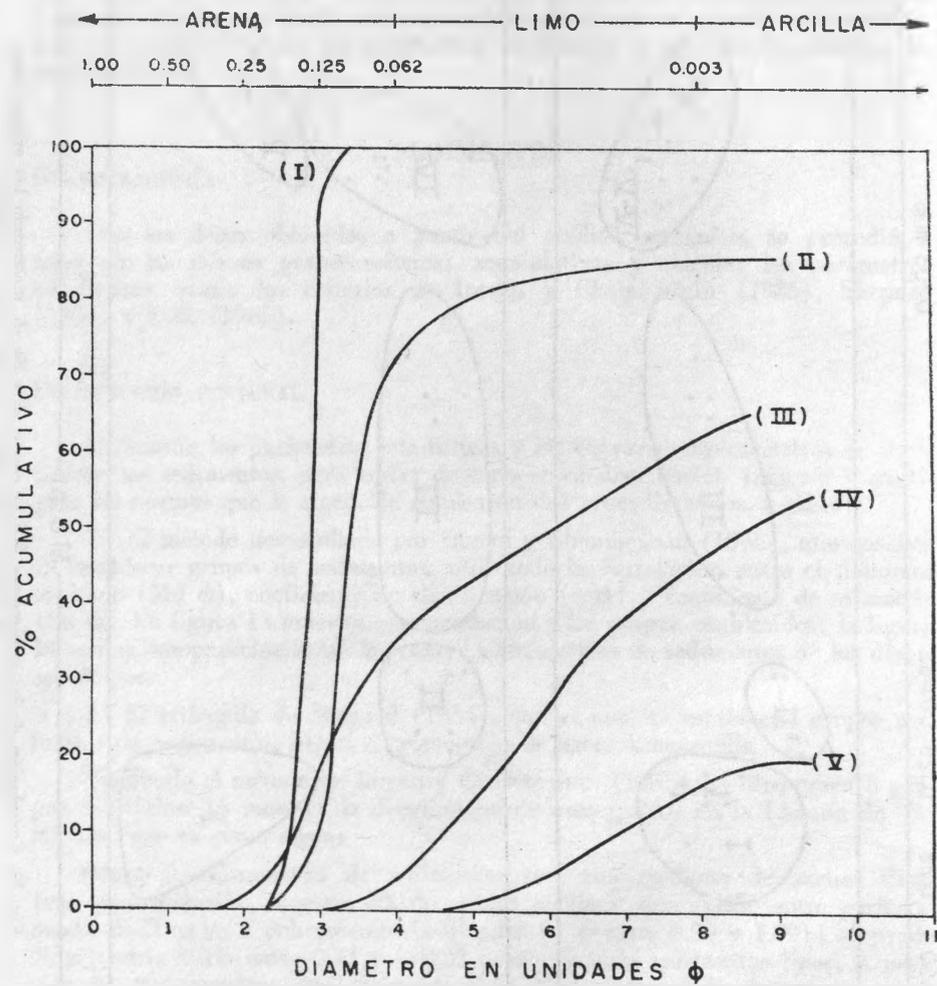


Fig. 14. Curvas acumulativas correspondientes a los diferentes grupos de sedimentos establecidos.

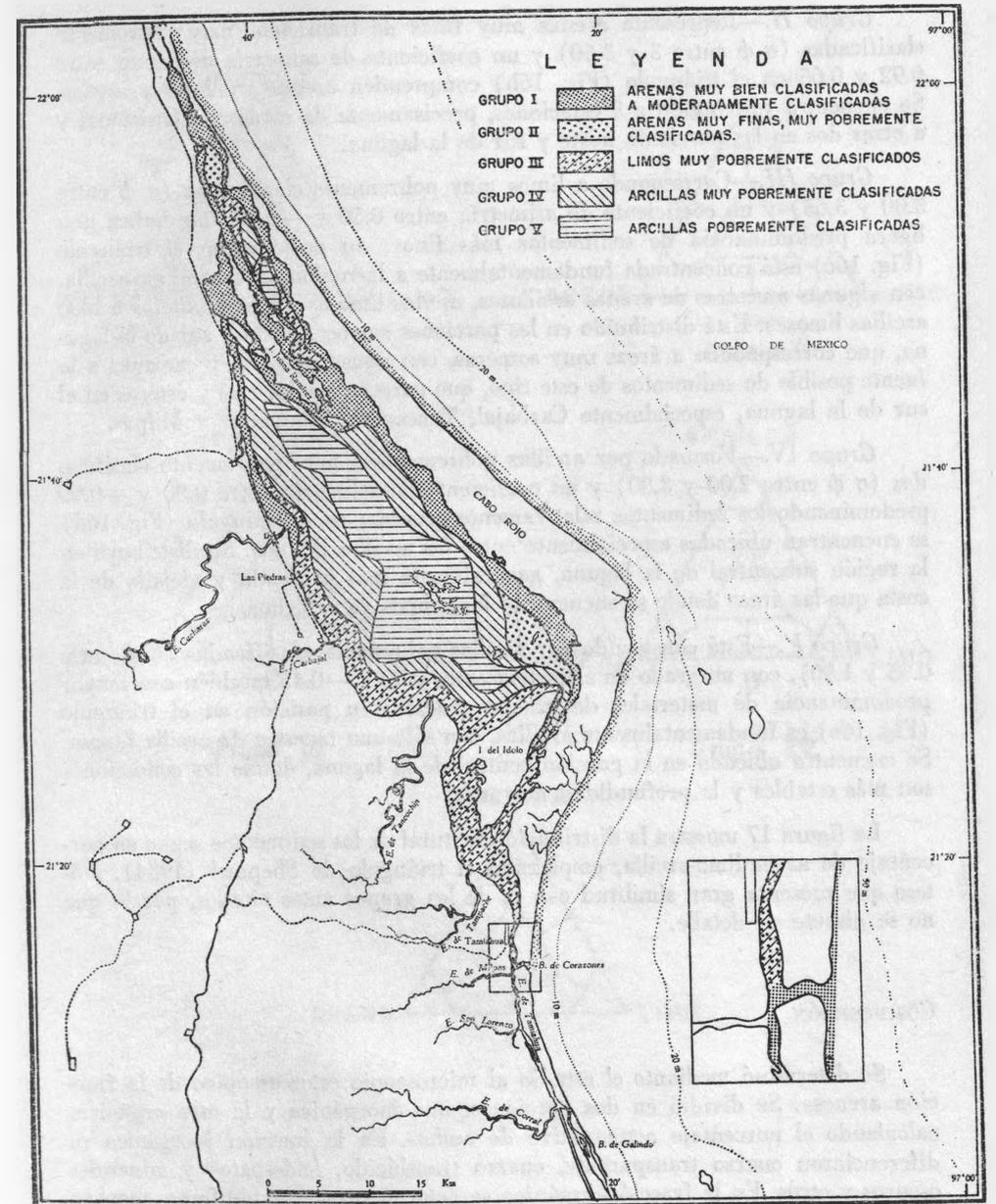


Fig. 15. Distribución de los grupos texturales establecidos siguiendo el método de Inman y Chamberlain (1955).

Grupo II.—Representa arenas muy finas de transición, muy pobremente clasificadas ($\sigma \phi$ entre 3 y 3.60) y un coeficiente de asimetría oscilando entre 0.92 y 0.65 en el triángulo (Fig. 16b) comprenden arenas arcillosas y arenas. Se encuentra restringido a 3 estaciones, precisamente de carácter transicional y a otras dos en las porciones norte y sur de la laguna.

Grupo III.—Corresponde a limos muy pobremente clasificados ($\sigma \phi$ entre 3.00 y 3.65) y un coeficiente de asimetría entre 0.50 y -0.30 , que indica una ligera predominancia de sedimentos más finos; su posición en el triángulo (Fig. 16c) está concentrada fundamentalmente a la región de arena-limo-arcilla, con algunas muestras de arenas arcillosas, arenas limosas, limos arcillosos o bien arcillas limosas. Está distribuido en las porciones sur occidental y sur de la laguna, que corresponden a áreas muy someras, con aguas agitadas y cercanas a la fuente posible de sedimentos de este tipo, que parecen ser los ríos y esteros en el sur de la laguna, especialmente Carbajal, Tancochín, Tampache y Milpas.

Grupo IV.—Formado por arcillas pobremente a muy pobremente clasificadas ($\sigma \phi$ entre 2.00 y 3.80) y un coeficiente de asimetría entre 0.00 y -0.99 predominando los sedimentos relativamente gruesos; en el triángulo (Fig. 16d) se encuentran ubicadas especialmente entre las arcillas limosas. Se distribuye en la región subcentral de la laguna, generalmente más profunda y alejada de la costa que las áreas donde se encuentran los grupos ya descritos.

Grupo V.—Está constituido por arcillas pobremente clasificadas ($\sigma \phi$ entre 0.95 y 1.90), con un grado de asimetría entre 0.00 y -0.45 también con mayor predominancia de materiales de granos gruesos; su posición en el triángulo (Fig. 16e) es fundamentalmente arcillas, con sólo una muestra de arcilla limosa. Se encuentra ubicado en la porción central de la laguna, donde las condiciones son más estables y la profundidad mayor.

La figura 17 muestra la distribución textural de los sedimentos según su porcentaje de arena-limo-arcilla, empleando el triángulo de Shepard (1954). Nótese que presenta gran similitud con la de los grupos antes citados, por lo que no se discute en detalle.

COMPOSICIÓN

Se determinó mediante el estudio al microscopio estereoscópico de la fracción arenosa. Se dividió en dos porciones, una inorgánica y la otra orgánica, calculando el porcentaje acumulativo de ambas. En la fracción inorgánica se diferenciaron cuarzo transparente, cuarzo translúcido, feldspatos y minerales oscuros y otros. En la fracción orgánica se determinaron foraminíferos, conchas y fragmentos de conchas, espículas de esponjas y fibras vegetales. La información así obtenida se resume en la tabla 3.

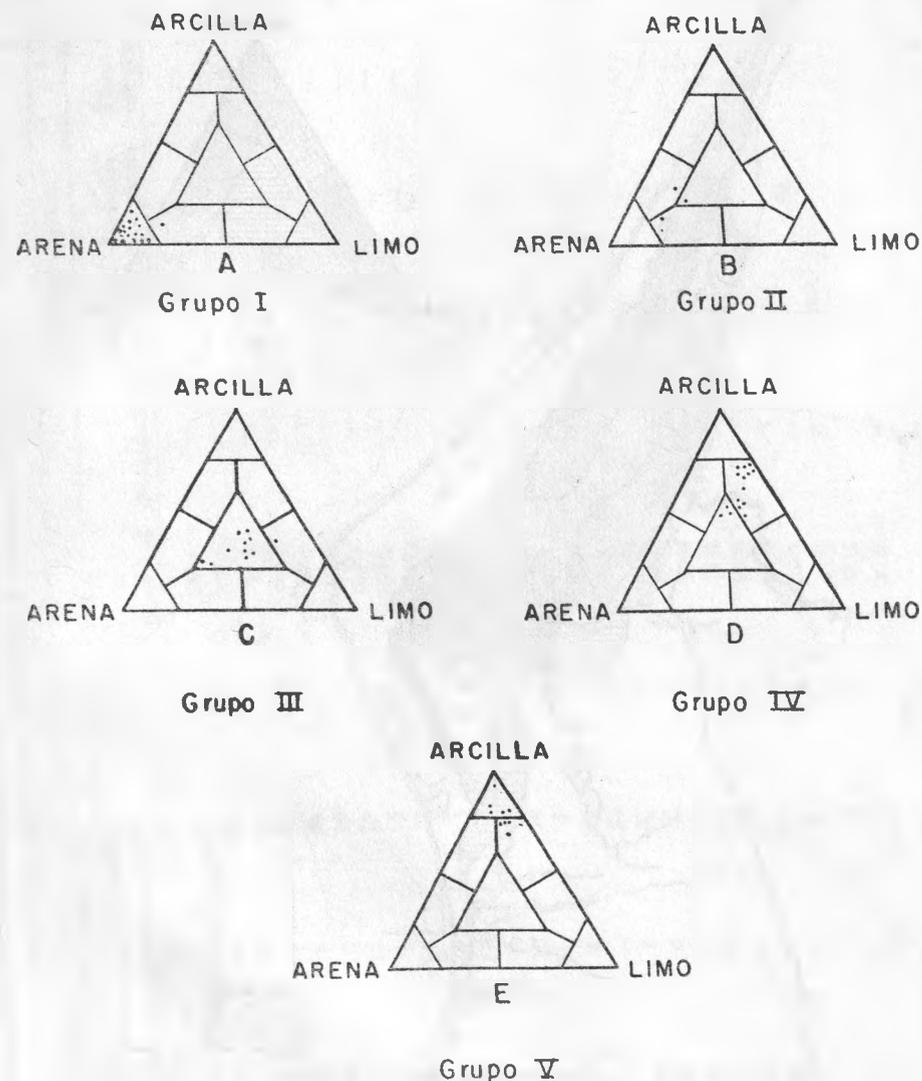


Fig. 16. Triángulos de Shepard mostrando la distribución de los porcentajes de arena-limo-arcilla de las muestras correspondientes a cada uno de los grupos texturales establecidos.

Fig. 17. Distribución textural de los sedimentos según sus porcentajes de arena-limo-arcilla.

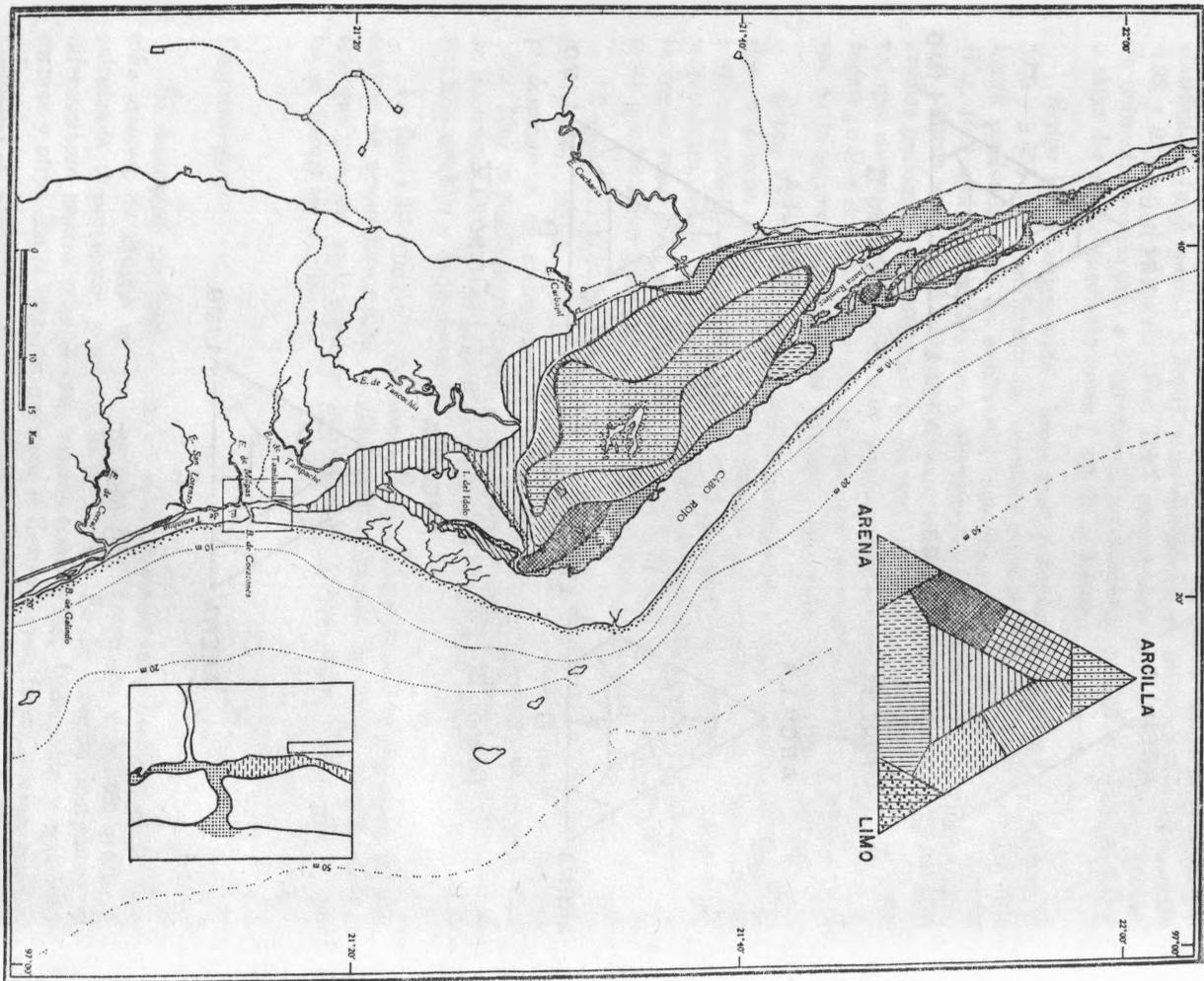


Tabla 3. Composición de las muestras de sedimentos de la Laguna de Tamiahua, Ver.

Est.	Fracción inorgánica				Porcentaje	Fracción orgánica				
	Cuarzo Transp.	Cuarzo Transl.	Feldespatos	Materiales oscuros y otros		Foraminíferos	Frac. de conchas	Espículas de esponjas	Fibras vegetales	Porcentaje
1	50	42	6	2	100%	—	—	—	—	—
2	74	10	14	21	100%	—	—	—	—	—
3	41	19	36	2	98%	—	—	—	2	2%
4	67	9	20	3	99%	—	—	—	1	1%
5	46	6	36	8	96%	—	—	2	2	4%
7	59	8	19	13	99%	—	—	1	—	1%
8	41	17	13	29	100%	—	—	—	—	—
9	75	11	6	8	100%	—	—	—	—	—
10	68	17	7	8	100%	—	—	—	—	—
11	66	11	7	16	100%	—	—	—	—	—
12	79	9	8	4	100%	—	—	—	—	—
13	70	3	19	6	98%	—	—	—	2	2%
14	25	10	10	—	45%	30	24	1	—	55%
16	30	7	5	20	62%	5	32	—	1	38%
17	55	9	17	7	88%	8	4	—	—	12%
18	45	—	24	26	95%	—	—	—	5	5%
19	60	1	28	11	100%	—	—	—	—	—
20	10	4	2	2	18%	71	10	1	—	82%
21	25	10	10	5	50%	19	21	5	5	50%
22	42	12	14	3	71%	16	13	—	—	29%
23	52	16	23	2	93%	7	—	—	—	7%
24	49	18	15	2	84%	8	7	—	1	16%
26	26	17	10	6	59%	—	—	40	1	41%
28	8	2	1	—	11%	21	68	—	—	89%
29	56	21	15	6	98%	—	—	—	2	2%
30	30	20	2	9	61%	10	24	5	—	39%

Tabla 3 (continuación)

Est.	Fracción inorgánica			Fracción orgánica			Porcentaje	Fibras vegetales	Porcentaje
	Cuarzo Transp.	Cuarzo Transl.	Feldespatos	Materiales oscuros y otros	Foraminíferos	Frac. de conchas de esponjas			
32	39	10	14	2	—	—	65%	5	35%
33	55	19	11	3	—	—	88%	12	12%
34	50	25	21	1	—	—	97%	3	3%
35	55	25	2	1	—	—	83%	2	17%
36	10	3	2	—	3	—	15%	—	85%
37	60	15	10	5	—	—	90%	10	10%
40	61	17	7	15	—	—	100%	—	—
41	25	10	7	3	—	—	45%	4	55%
43	25	13	9	20	8	—	67%	25	33%
44	27	17	7	49	—	—	100%	—	—
45	57	30	4	8	—	—	99%	—	1%
47	60	28	6	2	—	—	96%	4	4%
48	73	25	1	1	—	—	100%	—	—
51	30	39	3	2	4	—	74%	—	26%
52	37	43	15	4	—	—	99%	1	1%
53	58	27	9	6	—	—	100%	—	—
54	30	15	2	1	11	—	48%	41	52%
55	36	15	9	6	8	—	66%	25	34%
56	73	20	1	1	—	—	95%	—	5%
57	57	27	12	4	—	—	100%	—	—
58	36	18	10	9	9	—	73%	14	27%
59	53	19	2	17	2	—	91%	7	9%
60	75	14	8	3	—	—	100%	—	—
61	39	30	3	2	3	—	74%	23	—
62	70	26	3	1	—	—	100%	—	—
63	59	35	3	5	—	—	100%	—	—
64	54	33	7	6	—	—	100%	—	—
65	60	35	3	2	—	—	100%	—	—

ESTRUCTURAS INTERNAS MENORES

Fueron colectados 42 núcleos superficiales para conocer las estructuras internas menores de los sedimentos no consolidados de la región.

Se consultaron trabajos de carácter similar hechos por diferentes autores, en especial Shepard y Moore (1955), Moore y Scruton (1957), van Straaten (1959), Calvert y Veevers (1962), Hamblin (1962), Coleman, Gagliano y Webb (1963) y Bouma (1964). Por sus semejanzas se escogió el trabajo de Moore y Scruton (1957), como base comparativa; estos autores hicieron la división y descripción de las estructuras menores, según su apariencia en la superficie del núcleo seccionado. Los tipos básicos que encontraron son: a) *Laminares*, b) *Moteadas* y c) *Homogéneas*.

Distribución Regional.—Se identificaron estructuras predominantemente moteadas, de manera semejante a muchas otras lagunas, aunque también aparecen laminares irregulares, homogéneas y moteadas-homogéneas. La figura 18 muestra la distribución de las estructuras internas menores.

Estructuras Laminares Irregulares.—Restringidas a las estaciones 53, 55, 48, 30 y 4 donde los núcleos tienen estructuras moteadas y el resto con laminación irregular, con excepción de la estación 4 que es completamente laminar irregular. Se localizaron en lugares próximos a la desembocadura de los ríos y canales; las capas tienen espesores variables menores de 0.50 cm, su forma es generalmente curva y están compuestas de limo y arena de grano fino. Según Coleman, Gagliano y Webb (1963), estas estructuras son características de canales, en donde las capas distorsionadas pudieran ser causadas por corrientes cargadas de limo, fluyendo a lo largo del fondo de los canales. Shepard y Moore (1955), señalan a las estructuras moteadas y laminares irregulares como formadas por la sección de corrientes locales producidas por actividad orgánica, tales como sifones de moluscos.

Estructuras Moteadas.—Están formadas por una mezcla de arena, limo, arcilla, fragmentos de conchas, conchas y algunos restos vegetales. Son las estructuras que cubren la mayor superficie del fondo de la laguna. De acuerdo con la división de las estructuras moteadas de Moore y Scruton (1957), se considera que las estructuras del área son moteadas definidas. Van Straaten (1959), atribuye la formación de las estructuras moteadas principalmente al horadamiento de los organismos bentónicos, que se encuentran en las lagunas.

Estructuras Homogéneas.—Formadas por arena fina bien clasificada de textura uniforme. En el área solamente se les encontró en dos localidades, 23 y 24, ubicadas cerca de la Barra de Corazones; se cree que su presencia se deba a la existencia de una sola fuente de sedimentos, es decir, a arenas procedentes del Golfo de México, por lo que no existe contraste.

Estructuras Moteadas-Homogéneas.—Se caracterizan por una alternancia de sedimentos homogéneos con otros moteados; la porción homogénea está constituida fundamentalmente por arcillas, en tanto que la porción moteada la forman arcillas con acumulaciones de conchas. Están confinadas casi completamente a

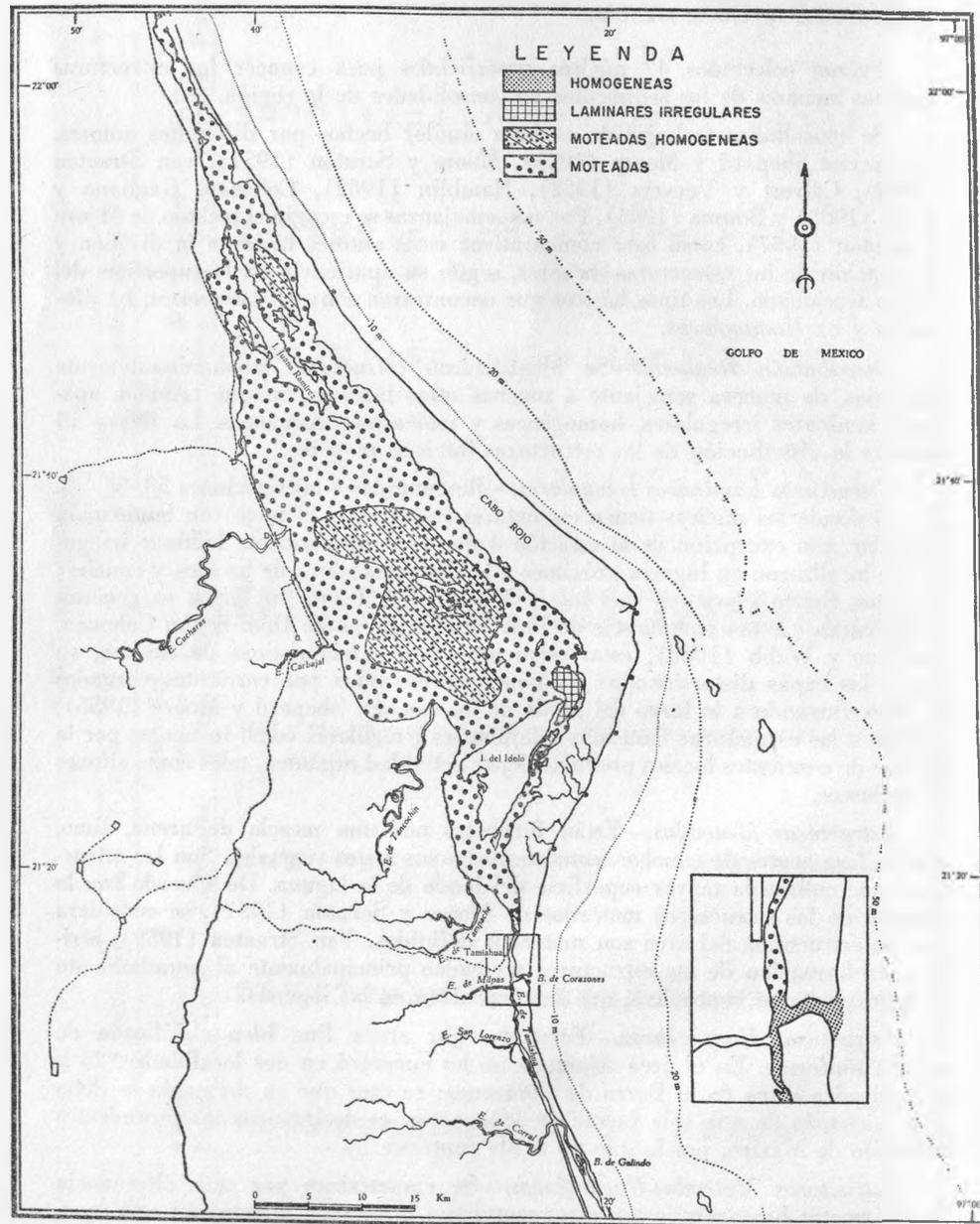


Fig. 18. Distribución de las estructuras internas menores.

las porciones centrales, más profundas de la laguna, con excepción de las estaciones 5, 56, 52 y 3, localizadas en canales relativamente profundos. Las estructuras homogéneas de las partes más profundas, de acuerdo con van Straaten (1959, p. 202), se deben a la acción de organismos que, en muchos casos, originan la completa mezcla de los sedimentos de diferente tamaño. Las acumulaciones de conchas forman capas moteadas alternantes y es posible que sean el resultado de cambios en las condiciones ambientales de la laguna.

Shepard y Moore (1955) atribuyen la formación de las estructuras a variaciones en competencia a una sola fuente en el caso de estructuras laminares y al trabajo de organismos que destruyen las laminaciones en el caso de las estructuras moteadas. Animales barrenadores son capaces de formar, como también de destruir, estructuras menores; la laminación irregular y las estructuras moteadas son ejemplos de esos tipos, que pueden ser formados por la acción de corrientes locales, producidas por actividad orgánica, tal como la de los sifones de los moluscos.

Se considera que las estructuras moteadas en sí, no tienen una extensión horizontal definida que permita su correlación, como ya lo han expresado otros autores (Shepard y Moore, 1955; y Moore y Scruton, 1957).

Las características de los núcleos estudiados se resumen en la tabla 4.

ORIGEN DE LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA

Los sedimentos de la Laguna de Tamiahua, proceden de distintas fuentes, a saber: a) limos y arcillas de las rocas sedimentarias que afloran en la llanura costera; b) clásticos gruesos (guijarros, mataenas, gránulos y arenas gruesas) provenientes de las rocas ígneas expuestas en la serranía situada al SW de la laguna; c) arenas provenientes del Golfo de México y d) elementos biógenos, en especial conchas, fragmentos de conchas, moluscos, foraminíferos, ostrácodos y corales.

En su mayoría, salvo el último caso, proceden de la erosión de las rocas que afloran en el área continental y son transportados hacia la laguna; ya sea por los ríos, introducidos por la Barra de Corazones, mediante la acción de las mareas o bien por medio de transporte eólico.

POSIBLE ORIGEN DE LA BARRERA ARENOSA DE CABO ROJO

El origen y evolución de las barreras arenosas han sido objeto de investigaciones por muy diversos autores.

Los trabajos antiguos fueron sumariados y reinterpretados por Johnson (1919). Entre los trabajos que dan algunas explicaciones a este tipo de información pueden citarse como ejemplos, los de Shepard (1948 y 1960), Zenkovitch (1964) y Leontyev y Nikiforov (1966).

Tabla 4. Descripción de los núcleos de la Laguna de Tamiahua, Ver.

Núcleo No.	Profundidad a la que se tomo	Longitud en (cm)	Color	Litología
Yz— 3— 64	2.50	29	5 G. Y. 4/1	Arcilla con fragmentos de conchas.
” 4 ”	2.50	40	5 G. Y. 4/1	Limo, arcilla, arena y fragmentos de conchas.
” 5 ”	1.20	39	5 G. Y. 4/1	Limo, arcilla y fragmentos de conchas.
” 13 ”	1.10	28	5 G. Y. 4/1	Arena fina, limo y fragmentos de conchas.
” 15 ”	1.00	32	5 G. Y. 4/1	Limo y arcilla, con fragmentos de conchas.
” 14 ”	1.00	35	5 G. Y. 4/1	Arena, limo y fragmentos de conchas.
” 17 ”	1.50	23	5 G. Y. 4/1	Limo, arcilla, arena y fragmentos de conchas.
” 20 ”	2.00	43	5 G. Y. 4/1	Arcilla, limo y fragmentos de conchas.
” 21 ”	2.50	38	5 G. Y. 4/1	Arcilla, limo y fragmentos de conchas.
” 22 ”	1.80	29	5 G. Y. 4/1	Arena fina, limo y fragmentos de conchas.
” 23 ”	1.00	25	N 3, N 7	Arena fina y limo.
” 24 ”	2.00	30	N 3 y N 6	(Capa) Arena fina, limo y fragmentos de conchas.
” 27 ”	2.50	38.5	5 G. Y. 4/1	Arcilla y fragmentos de conchas.
” 28 ”	2.00	38	5 G. Y. 4/1	Arcilla.
” 30 ”	1.60	37	5 G. Y. 4/1	Arcilla, limo y arena fina con fragmentos de conchas.
” 31 ”	3.00	41	5 G. Y. 4/1	Arcilla y fragmentos de conchas.
” 32 ”	3.00	39	5 G. Y. 4/1	Arcilla, limo y fragmentos de conchas.
” 33 ”	1.00	30	5 G. Y. 4/1	Arena fina y fragmentos de conchas.
” 34 ”	3.00	43	5 G. Y. 4/1	Arcilla y fragmentos de conchas.

Tabla 4 (continuación)

Núcleo No.	Profundidad a la que se tomo	Longitud en (cm)	Color	Litología
Yz— 35— 64	3.00	38	5 G. Y. 4/1	Arcilla, limo y fragmentos de conchas.
” 36 ”	3.30	41	5 G. Y. 4/1	Arcilla y fragmentos de conchas.
” 37 ”	3.00	40	5 G. Y. 4/1	Arcilla y fragmentos de conchas.
” 38 ”	2.00	26	5 G. Y. 4/1	Arcilla, con fragmentos de conchas.
” 39 ”	3.00	37	5 G. Y. 4/1	Arcilla, con fragmentos de conchas.
” 41 ”	2.50	40	5 G. Y. 4/1	Arcilla, con fragmentos de conchas.
” 42 ”	2.80	38	5 Y. 4/1, 5 G. Y. 4/1	Arcilla, con fragmentos de conchas.
” 43 ”	1.30	43	5 G. Y. 4/1	Arcilla y limo con fragmentos de conchas.
” 46 ”	2.55	29	5 G. Y. 4/1	Arcilla, con fragmentos de conchas.
” 47 ”	2.70	39	5 G. Y. 4/1	Limo y arcilla con fragmentos de conchas.
” 48 ”	2.30	28	5 G. Y. 4/1	Arena fina, limo y fragmentos de conchas.
” 49 ”	2.55	23	5 G. Y. 4/1	Arcilla, con fragmentos de conchas.
” 51 ”	2.07	34	5 G. Y. 4/1	Arena fina y limo con fragmentos de conchas.
” 52 ”	2.63	36	5 G. Y. 4/1	Limo y arcilla con fragmentos de conchas.
” 53 ”	3.00	40	5 G. Y. 4/1	Arcilla y limo con fragmentos de conchas.
” 54 ”	2.80	39	5 G. Y. 4/1	Arcilla, con fragmentos de conchas.
” 55 ”	1.00	35	5 G. Y. 4/1	Limo, arcilla y arena fina con fragmentos de conchas.
” 56 ”	2.30	31	5 G. Y. 4/1	Arcilla, con fragmentos de conchas.
” 57 ”	2.60	36	5 G. Y. 4/1	Arcilla, con fragmentos de conchas.

En el caso de Cabo Rojo, no existe suficiente información que permita postular una hipótesis firme, pero según el criterio del autor, posiblemente pudo haberse formado debido a la existencia de arrecifes coralinos, que sirvieron como base al depósito de arena. Esta arena debió ser aportada a la plataforma continental por los ríos de la región en épocas de un nivel del mar más bajo que el actual. Posteriormente, esas arenas debieron ser transportadas por las corrientes litorales, oleaje y tormentas a la posición que ocupan; al alcanzar el mar su presente nivel.

El crecimiento de la barrera de Cabo Rojo se efectúa tanto a barlovento como a sotavento, desconociéndose la velocidad de ese crecimiento. La actitud de las bermas de Cabo Rojo sugieren que la porción norte se formó primero que la sur.

Es probable que haya existido una barrera arenosa anterior a la actual, como lo muestran los rasgos fisiográficos descritos en el capítulo correspondiente; los vestigios de su existencia parecen ser las islas Juana Ramírez, del Toro y tal vez del Idolo.

DISCUSION

En esta investigación se han abordado únicamente aspectos generales; sin embargo, proporciona datos para establecer numerosas conclusiones, expuestas, en su mayoría, a lo largo del texto; entre ellas sobresalen por su aparente importancia las siguientes:

1) La Laguna de Tamiahua es una albufera salobre, con un aporte de aguas restringido, tanto por las mareas del Golfo de México, como por la descarga moderada y estacional de sus ríos, lo que ha creado cierta estabilidad ecológica.

2) El clima es tropical de sabana (Aw), según la clasificación de Koeppen (1948), modificada por García (1964). Los vientos predominantes son del SE, especialmente en verano, con fuertes vientos huracanados del N y NE, en el invierno. La evaporación es moderada. La precipitación media anual es superior a 750 mm. La temperatura media anual es de 18°C, con notables variaciones, especialmente en épocas de "nortes".

3) Es una laguna somera, con profundidad media de 2.20 m. En la porción occidental y al S de la Isla del Idolo se encuentran las áreas más someras. En su porción oriental el talud es algo pronunciado y forma un canal posiblemente a causa de la circulación de la corriente de las mareas.

4) La salinidad, en la mayor parte de la región, es polihalina; sin embargo, la porción sur del área es ultrahalina, debido a la influencia de las aguas marinas, que penetran con las mareas por la Barra de Corazones. La temperatura osciló entre 23.10°C y 33.44°C por el efecto de aguas más frías en el área ultrahalina, lo que demuestra que el agua del Golfo de México tiene una temperatura menor que la de la laguna.

5) Las aguas son notablemente turbias, consideradas en 3 grados de transparencia, aparentemente condicionadas por el aporte de terrígenos finos de los ríos y la agitación de las aguas, producida por los vientos en aguas poco profundas.

6) Las diferentes instalaciones de Petróleos Mexicanos en áreas vecinas y la perforación de pozos de exploración en el vaso de la laguna, evidentemente modifican las condiciones ecológicas locales.

7) Las dunas existentes en las Islas Juana Ramírez y del Toro muestran evidencias de que formaban parte de una posible barrera arenosa antigua, acumulada sobre un arrecife coralino antiguo; del que se hallaron restos en el actual fondo de la laguna; se desconocen la edad de ambos.

8) La barrera arenosa de Cabo Rojo aparentemente tiene un origen similar a la supuesta barrera antigua, pues en el subsuelo, en el lugar que forma la flexión de la punta, hay un arrecife sepultado a 12.50 m de profundidad. Se encuentran dos sistemas de bermas de los cuales el situado al N parece ser más antiguo. En su porción norte hay notable transporte eólico, con grandes dunas activas; éstas disminuyen en tamaño hacia el S, donde son muy pequeñas y están estabilizadas. Su crecimiento es tanto hacia barlovento (por acreción de bermas), como hacia sotavento (localmente, por manglares).

9) Frente a la costa de Cabo Rojo se encuentra una serie de arrecifes coralinos (Blanquilla, Medio e Isla de Lobos), que parecen formar parte del mismo sistema de arrecifes que pudieron servir de basamento a las dos barreras arenosas citadas.

10) La Isla del Idolo posiblemente formó parte del sistema deltaico del Río Tancochín y posteriormente fue separada al formarse el canal actual entre la isla y tierra firme.

11) La única boca abierta actualmente, Barra de Corazones, es artificial y muestra una notable inestabilidad tendiendo a migrar hacia el S. Existieron otras dos bocas más al S, las barras Galindo y Tanhuijo que se cerraron, aparentemente de manera definitiva. En la porción norte se supone la presencia de una antigua boca o Barra de Tampamachichi.

12) Los sedimentos son predominantemente terrígenos. Se reconocieron varios grupos cuya distribución está ligada a las fuentes de origen, profundidad y circulación de las aguas. Estos grupos son los siguientes:

Grupo I, arenas finas, entre perfectamente a pobremente clasificadas, distribuidas en la playa de la parte norte de la laguna y porción posterior de la barrera arenosa. Las de la laguna parecen provenir, en gran parte, del transporte eólico de las dunas; Grupo II, arenas muy finas, de transición, muy pobremente clasificadas; Grupo III, limos muy pobremente clasificados, distribuidos en las porciones occidental y sur de la laguna, procedentes de los ríos y esteros del sur de la laguna; Grupo IV, arcillas pobremente a muy pobremente clasificadas, ubicadas en la porción subcentral de la laguna, y Grupo V, arcillas pobremente clasificadas, localizadas en la porción central de la laguna.

En la laguna se encuentran distribuidos numerosos bancos de ostiones, no todos ellos vivos en la época en que se trabajó, que aportan carbonato de calcio a los sedimentos, por lo menos localmente.

13) Las estructuras internas menores moteadas predominan en casi toda el área, aunque también se reconocieron estructuras laminares irregulares en los canales y estructuras homogéneas en el área de la Barra de Corazones.

14) Los sedimentos de la laguna proceden de diferentes fuentes: a) erosión de las rocas ígneas y sedimentarias de la región; b) de la plataforma continental, introducidos a través de la Barra de Corazones por las mareas; c) de la barrera arenosa de Cabo Rojo, por el transporte eólico; y d) de origen biógeno, especialmente moluscos, ostrácodos y foraminíferos. Existen restos de corales en el interior de la laguna, pertenecientes a arrecifes muertos.

BIBLOGRAFIA CONSULTADA

- ALVAREZ JR., M. (1961). *Provincias Fisiográficas de la República Mexicana*. Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 24, n. 2, 20 p., 1 mapa.
- AYALA-CASTAÑARES, A. (1963). *Sistemática y distribución de los foraminíferos recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México*. Univ. Nal. Autón. México. Inst. Geol., Bol. 67, n. 3, p. 1-130, 60 figs., 11 láms.
- BASSOLS B., A. (1955). *Bibliografía Geográfica de México*. Sría. Agric. y Gan., Dir. Gral. Geogr. Meteor., (México), 652 p.
- BENAVIDES, L. (1956). *Notas sobre la Geología Petrolera de México*. Congr. Geol. Intern., XX Ses. México, 1956, Symp. Yac. Petróleo y Gas, t. 3, América del Norte, p. 35-562, 31 figs., 1 gráfica, 11 tablas.
- BOUMA, A. H. (1964). *Notes on X-Ray Interpretation of Marine Sediments*. Marine Geol., v. 2, n. 4, p. 278-309, figs. 1-19.
- BULLARD, F. M. (1942). *Source of Beach and River sands on Gulf Coast of Texas*. Bull. Geol. Soc. America, v. 53 n. 7, p. 1021-1044, 3 láms., 7 figs.
- CALVERT, S. S. and VEEVERS, J. J. (1962). *Minor Structures of Unconsolidated Marine Sediments Revealed by X-Radiography*. Sedimentology, v. 1, n. 4, p. 287-295.
- COLEMAN, J. M., GAGLIANO, S. M. and WEBB, J. E. (1963). *Minor Sedimentary Structures in a Prograding Distributary*. Marine Geol., v. 1, n. 3, p. 240-258, 5 figs., 5 láms.
- DE BUEN, F. (1957). *Crisis Ostrícolas en México y su Recuperación*. Sría. Marina, Dir. Gral. Pesca e Ind. Conexas, 46 p., 12 figs.
- DE GOLYER, E. (1952). *Historia de la Exploración de Petróleo en México antes de la Expropiación, 1938*. Bol. Asoc. Mexicana Geol. Petrol., v. 4, ns. 7-8, p. 303-322.
- DE LA O CARREÑO, A. (1954). *Las Provincias Geohidrológicas de México, (segunda parte)*. Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geol., Bol. 56, 116 p. 8 láms., 2 figs., 5 tablas.
- DRYDEN, JR. A. L. (1931). *Accuracy in percentage representation of heavy mineral frequencies*. Proc. Nat. Acad. Sci., v. 17, n. 5, p. 233-238, 1 fig.
- DIRECCIÓN GENERAL DE CARTOGRAFÍA (1950). *Carta Geográfica de la República Mexicana (esc. 1:100,000) Hoja 14Q-e (10), Tampico*. Sría. Def. Nal. (México).
- (1950). *Carta Geográfica de la República Mexicana (esc. 1:100,000) Hoja 14-f(1) Ozuluama y Hoja 14Q-f(2) Cabo Rojo*. Sría. Def. Nal. (México).
- (1950). *Carta Geográfica de la República Mexicana (esc. 1:100,000) Hoja 14Q-f(4) Tamiahua*. Sría. Def. Nal. (México).
- (1950). *Carta Geográfica de la República Mexicana (esc. 1:100,000) Hoja 14Q-f(5) Barra de Corazones e Isla de Lobos*. Sría. Def. Nal. (México).
- EMERY, K. O. (1938). *Rapid Method of Mechanical Analysis of Sands*. Jour. Sedim. Petrol., v. 8, n. 3, p. 105-111, figs. 1-5.
- FOLK, L. P. (1965). *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill's Book Co., Austin, Texas, 151 p., 1 fig.
- GARCÍA-CUBAS, A. (1891). *Diccionario Geográfico, Histórico y Biográfico de los Estados Unidos Mexicanos*. Of. Tipogr. Secr. Fomento México, t. 5, 567 p.
- GARCÍA-CUBAS, JR., A. (1963). *Sistemática y distribución de los Micromoluscos recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México*. Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geol., Bol. 67, n. 4, p. 1-55, 24 págs., 4 láms.
- GARCÍA, E. (1964). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. México, D. F., 71 p., 9 gráficas, 2 mapas.
- GÓMEZ-ACUIRRE, S. (1965). *Comportamiento Estacional del Plancton de la Laguna de Términos, Campeche, México. (Resultados Preliminares.)* Tesis Prof. Fac. Ciencias Univ. Nal. Autón. México, 100 p., 18 figs., 15 tablas.
- GUILCHER, A. (1958). *Coastal and Submarine Morphology*. Methuen & Co. Ltd. London, 274 p., 21 láms., 10 figs., (trad. del francés).
- HAMBLIN, W. K. (1962). *X-Ray Radiography in the Study of Structures in Homogeneous Sediments*. Jour. Sedim. Petrol., v. 32, n. 2, p. 201-210, figs. 1-6.
- HEDCPETH, J. W. (1957). *Classification of Marine Environments*. Geol. Soc. America, Mem. 67, v. 1 Ecology, p. 17-18, 5 figs.
- HUMM, H. J. and HILDEBRAND, H. H. (1962). *Marine Algae from the Gulf Coast of Texas and Mexico*. Publ. Inst. Marine Sci., v. 8, p. 227-268, figs. texto 1-6, tabla 1.
- INMAN, D. L. and CHAMBERLAIN, T. K. (1965). *Particle size distribution in near-shore sediments*. In: *Finding Ancient Shorelines*. Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Publ. 3, 129 p., 13 figs., 2 tablas.
- JOHNSON, D. W. (1965). *Shore Processes and Shoreline Development*. (Facsimil de la edición de 1919). Hafner Publ. Co., New York 8, London, 584 p., 73 láms.
- KING, C. A. M. (1961). *Beaches and Coasts*. Edward Arnold Publ., Ltd. London, 403 p.
- KOEPPEN, W. (1948). *Climatología*. Fondo de Cultura Económica, México, 478 p. (trad. del alemán).
- KRUMBEIN, W. C. (1932). *A History of the Principles and Methods of Mechanical Analysis*. Jour. Sedim. Petrol., v. 2, n. 2, 112 p.
- (1935). *A Time for Mechanical Analysis by the pipette method*. Jour. Sedim. Petrol., v. 5, n. 1, p. 93-95.
- (1936). *The Use of Quartile Measures in Describing and Comparing Sediments*. American Jour. Sci., 5th ser., v. 32, n. 232, p. 98-111, 5 figs.
- KRUMBEIN, W. C. and PETTIJOHN, F. J. (1938). *Manual of Sedimentary Petrography*. New York, Appleton-Century.

- KUENEN, P. H. (1950). *Marine Geology*. John Wiley & Sons, New York, 568 p., 246 figs., láms. A, B.
- LEONTYEV, O. K. and NIKIFOROV, L. G. (1966). *An Approach to the Problem of the Barrier Bars*. 2d. Intern., Oceanogr., Congr., Moscow., May 30-June 9, 1966. Abstracts of Papers, p. 221-222.
- LÓPEZ-RAMOS, E. (1956). *Bosquejo geológico de la cuenca sedimentaria de Tampico-Misantla con referencia a las formaciones terciarias*. Congr. Geol. Intern. XX Ses., México, 1966. Libreto-Guía. Excursión C-16, 94 p., 18 figs.
- MILNER, H. B. (1929). *Sedimentary Petrography*. 2d. Ed. Thomas Murby & Co., London, 514 p., 18 figs., IX tablas.
- MOORE, D. G. and SORUTON, P. C. (1957). *Minor Internal Structures of some recent unconsolidated sediments*. Bull. American Assoc. Petrol. Geol., v. 41, n. 12, p. 2723-2751, 16 figs.
- MORALES, G. A. (1965). *Ecology, Distribution and Taxonomy of Recent Ostracods of Laguna de Términos, Campeche, México*. Ph. D. Diss., Louisiana St. Univ., 206 p., 42 figs., 8 láms., 1 tabla.
- MUIR, J. M. (1936). *Geology of the Tampico Region, México*. American Assoc. Petrol. Geol., Tulsa, Oklahoma, 280 p., 40 figs., 15 láms., 9 tablas.
- MUÑOZ-LUMBIER, M. (1919). *Algunos datos sobre las islas mexicanas para contribuir al estudio de sus recursos naturales*. An. Inst. Geol. México, n. 7, 54 p., 9 láms.
- NÚÑEZ-ORTEGA, A. (1869). *Un viaje a la Laguna de Tamiahua*. Bol. Soc. Mexicana Geogr. Estad., 2a. época, t. 1, p. 734-737.
- PESTANA SUÁREZ, F. (1958). *Geografía del Municipio de Tuxpan*. Tesis Prof., Fac. Filos. Letras, Univ. Nal. Autón. México, 95 p., 5 figs.
- PETTIJOHN, F. J. (1957). *Sedimentary Rocks*. 2d Ed. Harper & Brothers, New York, 718 p.
- PHLEGER, F. B. and EWING, G. C. (1962). *Sedimentology and Oceanography of Coastal Lagoons in Baja California, México*. Geol. Soc. America, Bull., v. 73, n. 2, p. 145-182, láms. 1-6, figs. textos 1-11.
- POGGIE, JR., J. J. (1962). *Coastal Pioneer Plants and Habitat in the Tampico Region, México*. Coastal Studies Inst. Louisiana St. Univ., 62 p., 50 figs., 1 tabla.
- ROCK-COLOR CHART (1963). Geol. Soc. America, New York, N. Y.
- RUSNAK, G. A. (1960). *Sediments of Laguna Madre, Texas*. In: *Recent Sediments, Northwest Gulf of Mexico*. American Assoc. Petrol. Geol., Tulsa, Oklahoma, p. 153-196, figs. texto 1-30, tablas I-VIII.
- RUSELL, R. J. (1968). *Long Straight Beaches*, *Eclogae Geol. Helvetiae*, v. 51, n. 3, p. 591-598.
- SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, F. (1965). *Estudio preliminar de la vegetación litoral de la Laguna de Tamiahua, Ver.* II Congr. Nal. Oceanogr. Ensenada, B. C., México, marzo 15-18 (en prensa).
- SÁNCHEZ, M. E. (1963). *Datos relativos a los manglares de México*. An. Esc. Nal. Cien. Biol. México, v. 12, ns. 1-4, p. 61-72, mapas 1-2.
- SHEPARD, F. P. (1954). *Nomenclature Based on Sand-Silt-Clay Ratios*. Jour. Sedim. Petrol., v. 24, n. 3, p. 151-158, figs. 1-8.
- (1960a). *Gulf Coast Barriers*. In: *Recent Sediments, Northwest Gulf of Mexico*. American Assoc. Petrol. Geol. Tulsa, Oklahoma, p. 197-220, 16 figs., 1 tabla.
- (1960b). *Mississippi Delta: Marginal Environments, Sediments and Growth*. In: *Recent Sediments, Northwest Gulf of Mexico*. American Assoc. Petrol. Geol., Tulsa, Oklahoma, p. 56-81, figs.-textos. 1-4.

- SHEPARD, F. P. and MOORE, D. G. (1955). *Central Texas Coast Sedimentation: Characteristics of Sedimentary Environment, Recent History, and Diagenesis*. Bull. American Assoc. Petrol. Geol., v. 39, n. 8, p. 1463-1593, 75 figs.
- SILVA-BÁRCENAS, A. (1963). *Sistemática y distribución de los géneros de diatomeas de la Laguna de Términos, Campeche, México*. Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geol., Bol. 67, n. 2, 31 p., 12 figs.
- TAMAYO, J. L. (1946). *Datos para la Hidrología de la República Mexicana*. Ints. Panamericano Geogr. Hist., 2 t., 448 p.
- (1949). *Geografía General de México*. México, v. 1, 628 p., v. 2, 583 p.
- (1962). *Geografía General de México*. Inst. Mexicano Invest. Econ. 2d. 4t., 562 p.
- THOMPSON, W. O. (1937). *Original Structures of Beaches, Bars and Dunes*. Bull. Geol. Soc. America, v. 48, n. 6, p. 723-752, 8 láms., 6 figs.
- TWENHOFEL, W. H. and TYLER, S. A. (1941). *Methods of Study of Sediments*. McGraw-Hill Book Co., New York & London, 183 p., 17 figs.
- VAN STRAATEN, L. M. J. U. (1959). *Minor Structure of some Recent Littoral and Neritic Sediments*. Geol. Minjbow, v. 21, n. 7, p. 197-216, 24 figs.
- WENTWORTH, C. K. (1932). *A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments*. Jour. Geol., v. 30, n. 5, p. 377-392, 3 figs., 2 tablas.
- YÁÑEZ, A. (1963). *Batimetría, Salinidad, Temperatura y Distribución de los Sedimentos Recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México*. Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geol., Bol. n. 67, pt. 1, 47 p., 17 figs.
- ZENKOVITCH, V. P. (1964). *Formation and burial of accumulative forms in littoral and near-shore marine environments*. Marine Geol., v. 1, n. 2, p. 175-180.

BOLETINES DEL INSTITUTO DE GEOLOGIA

50.— <i>Las Meteoritas Mexicanas</i> , por JOSÉ C. HARO, 1931.	\$ 50.00 M.N.	\$ 5.00 Dlls.
51.— <i>Zonas Mineras de los Estados de Jalisco y Nayarit</i> , por TOMÁS BARRERA, 1931.	\$ 50.00 M.N.	\$ 5.00 Dlls.
53.— <i>Topografía Sepultada en la Región de Santa Rosalía, B. C.</i> , por IVAN F. WILSON, 1948	\$ 20.00 M.N.	\$ 2.00 Dlls.
54.— <i>Paleontología y Estratigrafía del Plioceno de Yepómera</i> , Edo de Chihuahua (Primera Parte), por JOHN F. LANCE, 1950	\$ 20.00 M.N.	\$ 2.00 Dlls.
55.— <i>Los Estudios Paleobotánicos de México</i> , por MANUEL MALDONADO KOERDELL, 1950.	\$ 20.00 M.N.	\$ 2.00 Dlls.
56.— <i>Las Provincias Geohidrológicas de México</i> , (Segunda Parte), por ALFONSO DE LA O. CARREÑO, 1954.	\$ 30.00 M.N.	\$ 3.00 Dlls.
57.— <i>Espeleología Mexicana, Cuevas de la Sierra Madre Oriental de la Región de Xilitla</i> , por FEDERICO BONET, 1953.	\$ 20.00 M.N.	\$ 2.00 Dlls.
58.— <i>Geología y Paleontología de la Región de Caborca</i> , por G. ARTHUR COOPER y otros, 1954.	\$ 30.00 M.N.	\$ 3.00 Dlls.
Pt. III.— <i>Fauna Pérmica de El Antimonio, Oeste de Sonora, México</i> , por G. ARTHUR COOPER y otros, 1965.	\$ 30.00 M.N.	\$ 3.00 Dlls.
59.— <i>Los Depósitos de Bauxita en Haití y Jamaica y posibilidades de que Exista Bauxita en México</i> , por GUILLERMO P. SALAS, 1959.	\$ 30.00 M.N.	\$ 3.00 Dlls.
60.— <i>Geología del Estado de Morelos y de Partes Adyacentes de México y Guerrero</i> , Región Central Meridional de México, por CARL FRIES, JR., 1960.	\$ 50.00 M.N.	\$ 5.00 Dlls.
61.— <i>Fenómenos Geológicos de Algunos Volcanes Mexicanos</i> , por LUIS BLÁSQUEZ L., ARMANDO REYES LAGOS, FEDERICO MOOSER y JOSÉ L. LORENZO, 1961.	\$ 20.00 M.N.	\$ 2.00 Dlls.
62.— <i>Reconocimiento Geológico en la Sierra Madre del Sur</i> , entre Chilpancingo y Acapulco, Edo. de Guerrero, por ZOLTAN DE CSERNA, 1965.	\$ 30.00 M.N.	\$ 3.00 Dlls.
63.— <i>Contribución al Estudio de Minerales y Rocas</i> , por EDUARDO SCHMITTER y RUTH ROJAS DE GÓMEZ, 1962.	\$ 30.00 M.N.	\$ 3.00 Dlls.
64.— <i>Estudios Geocronológicos de Rocas Mexicanas</i> , por CARL FRIES JR., 1962. Agotado (Out of print).	\$ 25.00 M.N.	\$ 2.50 Dlls.
65.— <i>Estudios Mineralógicos y Petrográficos del Casquete y la Sal de Algunos Damos Salinos del Istmo de Tehuantepec, México</i> , por SALVADOR ENCISO DE LA VEGA, 1963	\$ 30.00 M.N.	\$ 3.00 Dlls.
66.— <i>Revisión Crítica de los Minerales Mexicanos</i> BOLEITA, por FRANCISCO J. FABREGAT, 1963.	\$ 40.00 M.N.	\$ 4.00 Dlls.

- 67.—Pt. 1.—*Salinidad, Butimetría, Temperatura y Distribución de los Sedimentos Recientes de la Laguna de Términos Campeche, México*, por AMADO YÁÑEZ CORREA, 1963. \$ 25.00 M.N. \$ 2.50 Dlls.
- Pt. 2.—*Sistemática y Distribución de los Géneros de Diatomeas de la Laguna de Términos Campeche, México*, por ANGEL SILVA B., 1963. \$ 15.00 M.N. \$ 1.50 Dlls.
- Pt. 3.—*Sistemática y Distribución de los Foraminíferos Recientes de la Laguna de Términos Campeche, México*, por AGUSTÍN AYALA, 1963. \$ 75.00 M.N. \$ 7.50 Dlls.
- Pt. 4.—*Sistemática y Distribución de los Micromoluscos Recientes de la Laguna de Términos Campeche, México*, por ANTONIO GARCÍA CUBAS, 1963. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 68.—*Sistemática y Distribución de los Foraminíferos Recientes de la "Playa Washington" al S.E. de Matamoros, Tamps.*, por LUIS R. SECURA, 1963.
- 69.—*Geología del Area delimitada por el Tomatal, Huitzucó y Mayanacán, Estado de Guerrero* por JOSÉ MA. BOLÍVAR, 1963. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 70.—*Derrames Cineríticos Las Américas de la Región de El Oro Tlalpujahua, Estados de México y Michoacán*, parte centromeridional de México, por CARL FRIES JR., C. S. ROSS y ALBERTO OBRECÓN PÉREZ. En preparación (Being prepared).
- 71.—*Estudios Geológicos en los Estados de Durango y San Luis Potosí*, por DIEGO A. CÓRDOBA, EUGENIO CSERNA y ALEJANDRO BELLO BARRADAS, 1963. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 72.—*Revisión Crítica de los Minerales Mexicanos la PLUMOSITA*, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1964. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 73.—*Contribución del Laboratorio de Geocronometría. Partes I-III.*
- Pt. I.—*Discusión de Principios y Descripción de la Determinación Geoquímica por el Medio Plomo Alfa o Larsen*, por CÉSAR RINCÓN ORTA, 1965.
- Pt. II.—*Nuevas aportaciones Geocronológicas y Técnicas empleadas en el Laboratorio de Geocronometría*, por CARL FRIES, JR., y CÉSAR RINCÓN ORTA, 1965.
- Pt. III.—*Compendio de Edades de Radiocarbono de Muestras Mexicanas de 1962 a 1964*, por JOSEFINA VALENCIA y CARL FRIES, JR., 1965. \$ 45.00 M.N. \$ 4.50 Dlls.
- 74.—*Estudio Geológico en el Estado de Chihuahua. Partes I-II.*
- Pt. I.—*Estudio Geológico en el Estado de Chihuahua*, por LUTHER W. BRIDGES. *Geología del Area de Plomosas.*

- Pt. II.—(*Notas sobre la Geología de la Región de Placer de Guadalupe y Plomosa, Chih.*), por ZOLTAN DE CSERNA, 1966. \$ 45.00 M.N. \$ 4.50 Dlls.
- 75.—*Estudios Minerológicos.*
- 1.—*Mineralización de Telurio en la Mina de la Moctezuma, cerca de Moctezuma, Sonora.*
- 2.—*Métodos de Laboratorio para la Separación y Purificación de Muestras Minerales*, 1965. \$ 20.00 M.N. \$ 2.00 Dlls.
- 76.—*Estudios de Mineralogía. Partes I-III.*
- Pt. I.—*Los Minerales de Manganeso de Molango, Hgo.*, por LIBERTO DE PABLO GALÁN.
- Pt. II.—*Caolinita de Estructura Desordenada de Concepción de Buenos Aires, Edo. de Jalisco, México*, por LIBERTO DE PABLO GALÁN.
- Pt. III.—*Nota Preliminar sobre la Identificación por Rayos X, de Oxido Tálico TL₂O₃* por JESÚS RUIZ CORONA y GLORIA AYALA ROJAS, 1965. \$ 35.00 M.N. \$ 3.50 Dlls.
- 77.—*Los Minerales Mexicanos 3. DURANGITA*, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1966. \$ 45.00 M.N. \$ 4.50 Dlls.
- 78.—*Los Minerales Mexicanos 4. CUMENGEITA*, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1966. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 79.—*Los Minerales Mexicanos 5. LIVINSTONITA*, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1966. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 80.—*"Biogeología Subsuperficial del Arrecife Alacranes, Yucatán*, por FEDERICO BONET, 1967. \$ 60.00 M.N. \$ 6.00 Dlls.
- 81.—*Ecology Distribution and Taxonomy of Recent Ostracoda of Laguna de Términos Campeche, México*, por GUSTAVO A. MORALES. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 82.—*Estudios de Geocronometría y Mineralogía*, por J. PANTOJA A., RICHARD V. GAINES, LIBERTO DE PABLO y F. J. FABREGAT, 1966. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 83.—*Minerales Mexicanos 6. JALPAITA* por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1967. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 84.—*Sedimentología de la Laguna Madre, Tamaulipas*, por AMADO YÁÑEZ y CARMEN J. SCHLAEPFER, 1968. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 87.—*Ecología y Distribución de los Foraminíferos Recientes de la Laguna Madre, Tamaulipas, México*, por AGUSTÍN AYALA-CASTAÑARES y LUIS R. SECURA. \$ 50.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 86.—*Ecología y Distribución de los Micromoluscos Recientes de la Laguna Madre, Tamaulipas, México*, por ANTONIO GARCÍA-CUBAS, JR., 1968. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 88.—*Geología Marina de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México*, por RODOLFO CRUZ, 1968. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.

Para su adquisición dirijase al:
 Instituto de Geología, Oficina de Publicaciones — Ciudad Universitaria.
 México 20, D. F.

