



2022  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**"ESTUDIO DE SEDIMENTOS DE LA PLATAFORMA  
CONTINENTAL DEL GOLFO DE MEXICO DESDE  
TUXPAN VERACRUZ, HASTA CIUDAD DEL CARMEN  
CAMPECHE"**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**

**INGENIERO GEOLOGO**

**P R E S E N T A :**

**SANTOS GERARDO PEREZ RAMOS**

**MEXICO, D. F.**

**1988.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## RESUMEN

Dentro del proyecto "Estudio de los procesos físicos y de la macrofauna bántica asociados a los abanicos costeros de los principales ríos del sureste del golfo de México", del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, se efectuaron 4 Campañas Oceanográficas ABANCO (ABAnicos COsteros) en el Buque Oceanográfico "Jueco Sierra" de la U.N.A.M., en los meses de febrero y septiembre de 1985 y 1986.

Se colectaron 195 muestras de sedimento superficial de plataforma y fueron analizadas en este estudio con la finalidad de conocer la distribución granulométrica de los sedimentos, determinar la composición de la fracción arenosa y conocer su situación como potenciales recursos minerales del mar.

La ubicación de las estaciones de muestreo para todas las campañas en el golfo de México definió 4 Áreas: Tuxpan, Alvarado, Coatzacoalcos y Usumacinta-Sn. Pedro y Sn. Pablo, donde se agrupa el 78.5 % del total de muestras.

Los abanicos que se forman frente a la desembocadura de los ríos involucrados en las 4 Áreas son preferentemente arenosos. Los procesos físicos que intervienen en su formación inhiben la presencia de sedimentos arenosos en isobatas mayores de 60 m.

La presencia de sedimentos finos en los centros de los abanicos puede deberse a la influencia de las lagunas existentes; como ocurre frente a Tampamachoco, Alvarado y Ostión. En el Área de Usumacinta-Sn. Pedro y Sn. Pablo los sedimentos que forman el abanico son lodosos y las escasas arenas existentes se ubican cerca de la isobata de 20 m., lo que refleja el tipo de material que acarrea el sistema fluvial Grijalva-Usumacinta.

Los sedimentos arenosos en todas las Áreas, presentan mayores concentraciones de terrígenos que biógenos.

La asociación mineral de los sedimentos arenosos es compleja; el cuarzo es el mineral más abundante (promedio de 54 %); las concentraciones de liticos y feldespatos varían del 8 al 50 % y del 8 al 26 % respectivamente. Los minerales accesorios son: anfíboles, magnetita, piroxenos, biotita, muscovita, turmalina, ilmenita y circon.

La composición de las fracciones arenosas va de las litarenitas feldespaticas, feldsarenitas liticas, sublitarénitas y litarenitas.

El color del sedimento se agrupa principalmente en 3 grupos: gris olivo, pardo grisáceo y gris oscuro. Los colores olivo se asocian a sedimentos de descarga fluvial y se extienden ampliamente a partir de la bocana de los ríos o lagunas; los colores pardos pueden reflejar condiciones oxidantes del medio de depósito y los colores gris oscuro se relacionan con sedimentos ricos en liticos y en minerales oscuros.

Los sedimentos arenosos de las Áreas mencionadas tienen la posibilidad de ser utilizados como agregados para la construcción.

En las Áreas de Alvarado y Coatzacoalcos se detectaron 15 muestras de arenas finas con concentraciones de minerales pesados de alrededor del 20 % de minerales pesados. Los que se puede prospectar por magnetita e ilmenita.

## INDICE

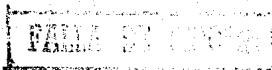
RESUMEN	Pág.	i
CAPITULO I    Introducción .....		1
CAPITULO II   Área de estudio .....		4
CAPITULO III  Método de trabajo .....		13
CAPITULO IV   Fisiografía de la plataforma continental .....		15
CAPITULO V    Distribución granulométrica de sedimentos .....		19
CAPITULO VI   Análisis composicional de la fracción arenosa .....		27
CAPITULO VII  Recursos minerales del mar .....		40
CAPITULO VIII Conclusiones y recomendaciones .....		44
Bibliografía .....		47

Fig. 1.-	Localización del Área de estudio	4
Fig. 2.-	Corrientes superficiales	7
Fig. 3.-	Descarga mensual promedio para más de 10 años en ríos del Área de estudio	10
Fig. 4.-	Morfoestructuras en el Área de estudio	16
Fig. 5.-	Batimetría compilada de las 4 campañas	17 y 18
Fig. 6.-	Mapas de concentración de arena (en %), Área Tuxpan, y ubicación de muestras para cada campaña	19 y 20
Fig. 7.-	Mapas de concentración de arena (en %), Área Alvarado, y ubicación de muestras para cada campaña	21 y 22
Fig. 8.-	Mapas de concentración de arenas (en %), Área Coatzacoalcos, y ubicación de muestras para cada campaña	22 y 23
Fig. 9.-	Mapas de concentración de arena (en %), Área Usamacinta-Sn. Pedro y Sn. Pablo, y ubicación de muestras para cada campaña	24 y 25
Fig. 10.-	Gráficas de relación lodo vs. profundidad del tirante de agua, Área Tuxpan, para las 4 campañas	25 y 26
Fig. 11.-	Gráficas de relación lodo vs. profundidad del tirante de agua, Área Alvarado, para las 4 campañas	25 y 26
Fig. 12.-	Gráficas de relación lodo vs. profundidad del tirante de agua, Área Coatzacoalcos, para las 4 campañas	25 y 26
Fig. 13.-	Gráficas de relación lodo vs. profundidad del tirante de agua, Área Usamacinta-Sn. Pedro y Sn. Pablo, para las 4 campañas	25 y 26
Fig. 14.-	Mapas de color del sedimento en húmedo, Área Tuxpan, para las 4 campañas	28 y 29
Fig. 15.-	Mapas de color del sedimento en seco, Área Tuxpan, para las 4 campañas	29 y 30
Fig. 16.-	Mapas de color del sedimento en húmedo, Área Alvarado, para las 4 campañas	30 y 31
Fig. 17.-	Mapas de color del sedimento en seco, Área Alvarado, para las 4 campañas	31 y 32
Fig. 18.-	Mapas de color del sedimento en húmedo, Área Coatzacoalcos, para las 4 campañas	31 y 32
Fig. 19.-	Mapas de color del sedimento en seco, Área Coatzacoalcos, para las 4 campañas	32 y 33
Fig. 20.-	Mapas de color del sedimento en húmedo, Área Usamacinta-Sn. Pedro y Sn. Pablo, para las 4 campañas	33 y 34
Fig. 21.-	Mapas de color del sedimento en seco, Área Usamacinta-Sn. Pedro y Sn. Pablo, para las 4 campañas	34 y 35
Fig. 22.1.-	Clasificación de la fracción arenosa de los sedimentos que contienen más del 10 % de arena, ABACO 1	35 y 36
Fig. 22.2.-	Clasificación de la fracción arenosa de los sedimentos que contienen más del 10 % de arena, ABACO 2	35 y 36
Fig. 22.3.-	Clasificación de la fracción arenosa de los sedimentos que contienen más del 10 % de arena, ABACO 3	35 y 36
Fig. 22.4.-	Clasificación de la fracción arenosa de los sedimentos que contienen más del 10 % de arena, ABACO 4	35 y 36
Fig. 23.-	Gráficas de composición de arenas, Área Tuxpan, para las 4 campañas	36 y 37
Fig. 24.-	Gráficas de composición de arenas, Área Alvarado, para las 4 campañas	37 y 38
Fig. 25.-	Gráficas de composición de arenas, Área Coatzacoalcos, para las 4 campañas	37 y 38

F.g. 26.- Gráficas de composición de arenas, Área Usumacinta-  
 Sn. Pedro y Sn. Pablo, para las 4 campañas 38 y 39

Indice de Tablas

Tabla 1.- Datos mareográficos	8 y 9
Tabla 2.- Material de acarreo en suspensión promedio para más de 10 años	11
Tabla 3.- Localización y descripción de muestras de la campaña ABACO 1	19 y 20
Tabla 4.- Localización y descripción de muestras de la campaña ABACO 2	19 y 20
Tabla 5.- Localización y descripción de muestras de la campaña ABACO 3	19 y 20
Tabla 6.- Localización y descripción de muestras de la campaña ABACO 4	19 y 20
Tabla 7.- Depósitos minerales no consolidados de los márgenes continentales	41 y 42



## CAPITULO I

### INTRODUCCION

Este trabajo trata del estudio de sedimentos del golfo de México colectados durante las campañas oceanográficas ABACO 1, 2, 3 y 4 (ABANICOS Costeros del golfo de México) en febrero y septiembre de 1985 y 1986, las cuales fueron realizadas por el buque oceanográfico "Justo Sierra" dentro del proyecto "Estudio de los procesos físicos y de la macrofauna béntica asociados a los abanicos costeros de los principales ríos del sureste del golfo de México" del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, bajo la responsabilidad de la Dra. Vivianne Solts W., (Ayala, 1987).

Un abanico costero es un depósito sedimentario en zona litoral de forma cónica aplanada con influencia fluvial, eólica o marina, cuyo mecanismo de depósito se debe a la reducción del gradiente horizontal y pérdida de la fuerza dinámica de transporte fluvial que lo gobierna. A diferencia de un delta, el abanico no define ambientes sedimentarios, sin embargo, un delta puede ser un abanico costero.

Hasta hoy sólo se han realizado estudios escasos y muy generales de sedimentos en plataforma dentro del Área comprendida entre Tuxpan, Ver. y Cd. del Carmen, Camp., de ahí la importancia de utilizar la infraestructura científica nacional para conocer los materiales que existen en las porciones continentales sumergidas de México, así como su distribución controlada por la interacción de factores físicos, biológicos y químicos.

Dentro de los trabajos previos se cita el de Silva y Campos (1986), quienes señalan la presencia de cinco facies de sedimento en la plataforma Tampico-Veracruz con una predominancia de terrígenos arcillosos y mezclas de componentes calcáreos, donde la topografía del fondo debe influir en su

distribución e infieren la existencia de corrientes laterales submarinas fluyendo de NW a SE. Campos (1986), concluye que existe una relación inversamente proporcional entre el tamaño de grano y la profundidad de la plataforma entre Veracruz, Ver., y Frontera, Tab., encontrando además una estructura abanicada "semejante a un delta de composición arenosa" en las cercanías de la desembocadura del río Coatzacoalcos. También el autor menciona que la microfaua calcárea en el sedimento está subordinada a la concentración de terrígenos, que son más abundantes.

Por su parte Bouma (1972), basándose en aspectos sedimentológicos y de estructuras sedimentarias, así como en rasgos fisiográficos de esta región, establece que para la plataforma externa y el talud en la zona W del golfo de México, la tasa de acumulación de sedimentos es baja y predominan sobre todo carbonatos de origen pelágico (testas de foraminíferos) con menos de 10 % de arena biógena para los 7 m superficiales de la columna sedimentaria.

Poag (1981), Davies (1972) y Antoine (1972) reportan la presencia de sedimentos terrígenos (areno-arcillosos) que cubren la plataforma, el talud y el pie del continente, retenidos ahí por las condiciones estructurales de estas tres porciones continentales, mismas que impiden su transporte hacia el fondo de la cuenca.

Con la finalidad de contribuir al conocimiento de la sedimentología de la plataforma del golfo de México, en asociación con los ríos que ahí desembocan, se plantean los siguientes objetivos dentro de este trabajo:

- Determinar y analizar la distribución granulométrica y composicional en sectores de la plataforma asociados con los ríos Tuxpan, Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva y Sn. Pedro y Sn. Pablo durante dos épocas de lluvias y dos épocas de secas.



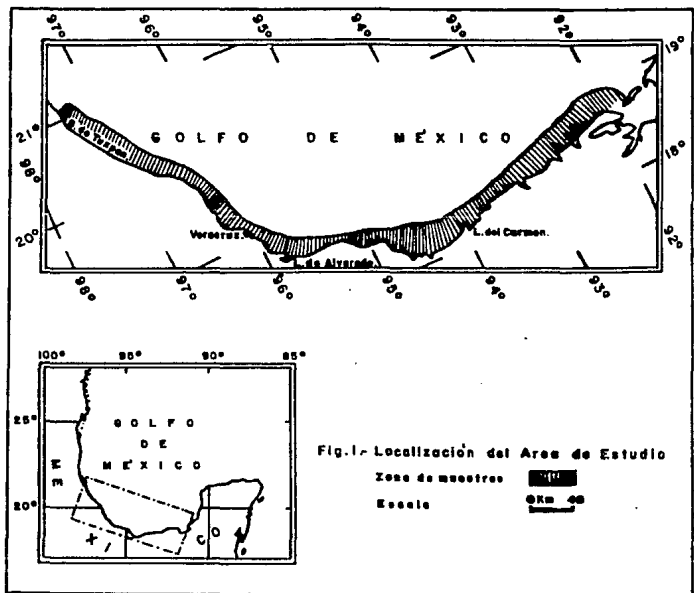
- Establecer una primera inferencia sobre el interés potencial de dichos sedimentos en el renglón de los recursos minerales marinos.

De acuerdo con Carranza (1984), si es verdad que México se encuentre en una situación favorable en el próximo siglo respecto a los recursos minerales del mar, es recomendable que se destinen recursos financieros para la investigación geológica marina; se formen recursos humanos de muy alto nivel, y se realicen trabajos oceanográficos de carácter interdisciplinario.

## CAPITULO II

### AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra en la porción N y S del golfo de México sobre la plataforma continental; geográficamente situada entre las coordenadas  $21^{\circ}15' - 18^{\circ}.0'$  lat. N y  $97^{\circ}30' - 92^{\circ}.0'$  long. W (Fig. 1).



El clima del golfo de México es tropical húmedo. En el periodo de noviembre a mayo, los rangos de temperatura varían entre  $16^{\circ}$  y  $40^{\circ}$  C; mientras que entre junio y octubre las temperaturas normales son de  $21^{\circ}$  a  $35^{\circ}$  C.

Una pequeña zona entre Tabasco y Veracruz, ubicada entre  $93^{\circ}$  y  $95^{\circ}$  de longitud oeste sobre la costa, presenta clima tropical húmedo con una temperatura anual promedio de  $26.4^{\circ}$  C. aquí la precipitación es fuerte y está uniformemente distribuida en todo el año (2500 mm anuales o más). Para el resto del Área de estudio la precipitación varía de 750 a más de 1500 mm al año (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981).

La temperatura del agua superficial en el golfo de México es diferente entre invierno y verano; en verano la temperatura media es de  $29^{\circ}$  C. y en invierno es de  $25^{\circ}$  C en el sur y de  $17^{\circ}$  C en el norte.

La salinidad superficial en el SN del golfo de México presenta un valor promedio de 36.25 ‰ entre julio y diciembre, y de 34.5 ‰ entre abril y junio, valores que corresponden a la mayor salinidad de todo el golfo de México (Poag, 1981).

El golfo de México se ubica en la zona tropical aunque sufre la influencia de masas de aire frío y seco continental (nortes) que se intercambian con las masas marítimas propias del golfo (con características tropicales) durante el invierno, específicamente entre octubre y abril. Durante el verano predominan los vientos alisios, condición que hace que las características del golfo sean más tropicales. En general, el viento prevaeciente en el golfo de México tiene dirección NE con velocidades promedio de 14.9 Km/h. Entre abril y mayo se presentan vientos del SE con similares velocidades promedio.

De junio a agosto los vientos provienen del E con velocidad promedio de 11 Km/h. Según Sturges y Blaha (1976) en este lapso se presenta una disminución de la velocidad del viento sobre todo el golfo de México, incrementándose en septiembre. Para septiembre y octubre los vientos son del NE con una velocidad promedio de 16.7 Km/h.

La ocurrencia de los vientos más rápidos (20.4 Km/h) en el golfo es entre noviembre y marzo, los cuales proceden del N (Tapares, 1981; Tapares y

González, 1980). Así, la temporada anual de nortes se define entre octubre y abril, siendo 19 el número promedio de nortes que atraviesan el golfo en ese lapso.

Respecto a la presencia de huracanes (tormentas tropicales) existe una temporada ciclónica que se inicia la tercera semana de mayo hasta los últimos días de noviembre. Los meses de agosto y octubre en su primera quincena son los de mayor riesgo junto con el segundo tercio de junio. Su ocurrencia es variable año con año pero se observan ciclos con máxima intensidad cada 10 años.

Debido a que la profundidad del tirante de agua para el total de muestras en las cuatro campañas oceanográficas ABACO es rara vez mayor que 100 m. y considerando que Poag (1981) establece que hasta los 100 m de profundidad, las características de las masas de agua en la parte sur del golfo de México son homogéneas en salinidad, temperatura y oxígeno, es factible considerar que la influencia de las masas de agua sobre los sedimentos esté controlada por corrientes superficiales.

La corriente superficial mayor en el golfo de México es la corriente de Yucatán que proviene del mar Caribe e incrementa su velocidad cuando circula por el Estrecho de Yucatán (Sverdrup *et al.*, 1942). Esta corriente cálida y salina fluye en el golfo hasta las latitudes de 25° y 28° N, durante el invierno. Vira hacia el sur conformando la corriente de Lazo, la cual fluye parcialmente a través del estrecho de Florida hacia el Atlántico; y por otro lado forma un giro anticiclónico en el W del golfo de México (Fig. 2a), generada por el esfuerzo del viento tanto en invierno como en verano (Sturges y Blaha, 1976).

Durante el verano, el flujo de esta corriente es menos intenso, desplazándose principalmente hacia el N y E de las costas mexicanas (fig. 2b).

Durante el invierno, en la porción NW del golfo de México fluye una corriente hacia el W paralela a la costa, desviándose posteriormente hacia el sur, hasta la bahía de Campeche. Molinari *et al.* (1978) y Merrell *et al.*

Morrison (1981), identifican la presencia de un giro ciclónico en la bahía de Campeche a fines de invierno y principios de primavera.

Los resultados de Monreal (1987) de su estudio sobre circulación superficial en esa región, señalan la presencia de un giro anticiclónico al W del golfo de México y la formación del giro ciclónico en la bahía de Campeche. Durante el mes de febrero existe un giro ciclónico que se extiende en toda la bahía, en marzo el giro permanece pero su centro se desplaza ligeramente hacia el W y la magnitud de la corriente se incrementa. Entre abril y mayo el giro desaparece y la circulación ocurre en sentido E-W, y para el siguiente mes, la corriente se intensifica pero sin manifestación detectarse del giro. En julio comienza a desarrollarse el giro ciclónico en la costa W de Yucatán y llega a extenderse por toda la bahía en agosto y septiembre con un desplazamiento hacia el W.

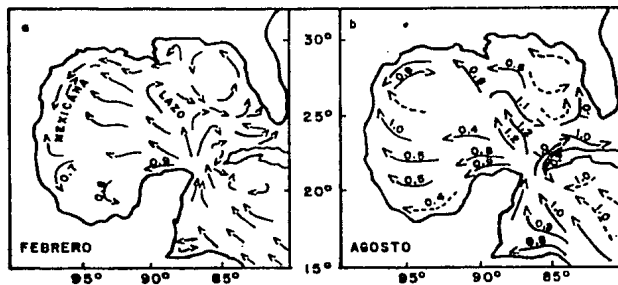


Fig.2. Corrientes superficiales :  
a) de invierno ;  
b) de verano.  
Velocidad en cms.  
(Sintetizada de Nowlin, 1971).

En el Área de estudio el oleaje juega un papel importante. El término oleaje se define como "una superficie de disturbio de un medio fluido generado por presión del viento o sobre el recipiente contenedor del fluido" (Davis, 1978).

Refiriéndonos al primer caso, los factores que modulan el oleaje son la velocidad del aire, el tiempo de duración y la distancia de actividad del viento sobre la superficie del mar.

En el golfo de México se observa una coincidencia entre el máximo de oleaje y la temporada de nortes, puesto que en ese lapso se registran las mayores velocidades del viento. Particularmente en noviembre y diciembre es mayor la incidencia de días con oleaje promedio mayor o igual a 1.5 m. (Tapanes y González, 1980). Como observación se señala que la trayectoria neta de las masas de agua superficiales por vientos del N tendrá una resultante hacia el SW, debido a la influencia del fenómeno Coriolis.

Para el área de estudio el carácter de las mareas es mixto diurno, a excepción de la zona de Alvarado, Ver., donde el tipo de marea es diurno (Grijalva, 1971). El término mixto indica una gran desigualdad entre las alturas de las dos pleamares y/o entre las alturas de las dos bajamares en un día lunar.

La tabla 1 resume las características cuantitativas más importantes de las mareas en los puertos asociados a la zona de estudio. Es claro que la variación media de marea para estos lugares es menor de 10 cm, ocurriendo en Veracruz, Ver., y Coatzacoalcos, Ver., la mayor variación entre pleamar media y bajamar media pero sin exceder el rango mencionado.

La diferencia entre las pleamares máximas y las bajamares máximas de todas las estaciones es menor que 1.7 m. situación que influye sólo en los sedimentos muy someros que son removidos por el oleaje.

Ahora bien, la marea influye permanentemente en el acarreo y distribución de los sedimentos transportados por los ríos hacia el mar, junto con las corrientes de litoral y de marea. Esta última se desarrolla perpendicularmente a la costa y adquiere velocidades de 5 cm/s en la zona de estudio (Grijalva, 1971); hecho que evidentemente constituye una convergencia de fenómenos en espacio reducido como son los primeros metros de profundidad en la plataforma, o bien, horizontalmente en las primeras decenas de metros adyacentes a la línea de costa.

Por otro lado, para definir las condiciones fisiográficas, litológicas y estructurales presentes en la costa del golfo de México se considera

Tabla 1.- Datos mareográficos.

Estación Mareográfica	Tipo de marea	en metros					
		Nivel de máx.aa registrada	Nivel del pleamar media	Nivel me- dio del mar	Nivel de media marea	Nivel del bajaar media	Nivel del mínima registrada
Tuxpan, Ver.	Mista diurna	0.833	0.219	0.000	-0.033	-0.284	-0.782
Veracruz, Ver.	Mista diurna	0.929	0.221	0.000	0.040	0.301	0.778
Alvarado, Ver.	Diurna	0.831	0.161	0.000	-0.036	-0.234	-0.754
Coatzacoahuila, Ver.	Mista diurna	0.808	0.199	0.000	-0.040	-0.260	-0.808
Frontera, Tab.	Mista diurna	0.857	0.214	0.000	-0.075	-0.284	-0.696
C. del Carmen, C.	Mista diurna	0.923	0.180	0.000	-0.032	-0.244	-0.662

adecuado establecer como límite el parteaguas, el cual define la vertiente del golfo en la que el principal agente transportador de sedimentos es el medio fluvial.

Las provincias orogénicas que forman el parteaguas son:

- **Sierra Madre Oriental:** desde Monterrey, N. L. al norte, hasta Jalapa, Ver. al sur, interrumpida por el Eje Neovolcánico (ENV).
- **Sierra de Oaxaca:** es una prolongación del sistema de la Sierra Madre del Sur; se desarrolla desde la zona meridional del Eje Neovolcánico hasta Tehuantepec, Oax.
- **Sierra de Juárez:** situada al E de la Sierra de Oaxaca, considerada parte de la Sierra Madre Oriental al sur del Eje Neovolcánico; esta formada por sierras bajas y estrechas plegadas con vergencia hacia el NE. La topografía reticular se debe a que los ríos orientados al NE disectan pliegues con orientación NW (Raisz, 1964).
- **Eje Neovolcánico:** tiene la máxima altitud promedio (2300 m) en su extremo oriental cerca de Jalapa (Macizo de Palma Sola), y desciende escalonadamente hacia la costa (Cantagrel y Robin, 1979). Esta provincia interrumpe la continuidad de la Llanura Costera del Golfo, al igual que la región volcánica de Los Tuxtlas, Ver., que alcanza elevaciones de 1.685 m.s.n.m. (López, 1981).
- **Llanura Costera del Golfo:** esta situada paralelamente a la costa; a partir de los elementos positivos antes mencionados, el relieve se suaviza hasta manifestarse como una superficie alargada con promontorios de baja altura (menores de 900 m), además es común la presencia de dunas, depósitos de playa y barras costeras de arena que enmarcan lagunas y pantanos a lo largo de la costa. En el Istmo de Tehuantepec la llanura costera del golfo de México casi se une con la correspondiente al golfo de Tehuantepec.

Son abundantes los ríos que drenan hacia el golfo de México, lo que produce una gran influencia fluvial y lagunar en los procesos sedimenta-



rios a través del aporte de detritos hacia la plataforma.

En el Área de estudio los principales ríos son: Tampán, Papaloapan, Coatzacoalcos, Usumacinta, Grijalva y Sn. Pedro y Sn. Pablo.

Las lagunas más importantes son: Tampamachoc, Alvarado, Ostión y Términos.

El patrón general de descarga observado gráficamente en la figura 3 es similar en los seis ríos del Área, aunque sus magnitudes son diferentes y reflejan los caudales correspondientes a cada uno de ellos.

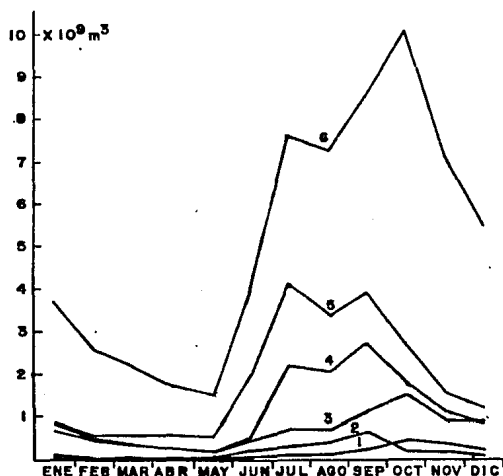


Fig. 3- Descarga mensual promedio para más de 10 años en ríos del área de estudio: 1) Sn. P. y Sn. P.; 2) Tampan; 3) Grijalva; 4) Coatzacoalcos; 5) Papaloapan; 6) Usumacinta. (Modificado de Citrom et al., 1986).

Los ríos con mayor descarga volumétrica son el Papaloapan, el Coatzacoalcos y el sistema fluvial Grijalva-Usumacinta; en todos se observa que la máxima descarga ocurre entre julio y octubre, lo cual es reflejo de la temporada de lluvias. La menor descarga se presenta entre noviembre y mayo, que corresponde con el periodo de estiaje.

En la figura 3 también se puede apreciar que el volumen de descarga del sistema Grijalva-Usumacinta respecto a los ríos Sn. Pedro y Sn. Pablo y Tuxpan es 10 veces mayor que el de los ríos Tuxpan y Sn. Pedro y Sn. Pablo, mientras que los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos también se acercan a esa proporción frente al sistema fluvial antes mencionado.

Respecto al volumen de acarreo de material en suspensión (de los ríos Tuxpan y Papaloapan no se encontraron datos), se observa en la tabla 2 que entre junio y noviembre ocurren los mayores volúmenes y descienden drásticamente entre diciembre y mayo.

El mayor volumen de acarreo lo tiene el sistema Grijalva-Usumacinta y el menor corresponde al río Sn. Pedro y Sn. Pablo (Tabla 2).

Tabla 2.- Material de acarreo en suspensión promedio para más de 10 años (volumen en miles de metros cúbicos).

M E S	Fuente Prof. SEP-1988.			
	Coatzacoalcos	Grijalva	Usumacinta	Sn. Pedro
Enero	33.167	98.981	168.437	19.247
Febrero	14.578	66.827	114.965	14.149
Marzo	6.827	53.756	30.225	6.289
Abril	5.546	24.025	23.57	5.194
Mayo	10.474	21.383	67.95	5.234
Junio	58.145	112.659	704.681	10.268
Julio	417.740	150.823	1224.605	12.539
Agosto	750.670	146.184	1713.900	13.420
Septiembre	974.830	255.390	2107.580	28.016
Octubre	444.430	324.678	2284.890	76.229
Noviembre	137.400	137.700	1075.260	61.250
Diciembre	70.67	167.726	605.530	30.183

Por último, se describe a continuación el marco geológico del área de estudio. En el paralelo 21° N de la Sierra Madre Oriental afloran gneises,

esquistos y conglomerados paleozoicos que subyacen a una secuencia arcillo-arenosa marina del Jurásico Inferior, que incluye estratos evaporíticos (yeso y sal) cubiertos por sedimentos continentales, litorales y marinos constituidos por calizas, lutitas y areniscas del Cretácico (Carta Geol. de la Rep. Mex., 1976).

Todo este conjunto litológico fue plegado y deformado por el orógeno Laramide a principios del Cenozoico (López, 1981).

La secuencia sedimentaria del Cenozoico al Reciente consiste de areniscas, conglomerados y componentes volcánicos del Terciario Medio al Reciente, que componen la mayor parte de los depósitos de relleno de la Llanura Costera del Golfo.

La Sierra Madre del Sur se constituye por un conjunto de terrenos litológico-estructurales sumamente complejos. En la Sierra de Juárez el basamento cristalino son gneises graníticos y plutones graníticos del Precámbrico-Paleozoico (?), así como esquistos de clorita y de talco (López, 1981). Sobrevacen al basamento filitas y arcosas semimetamorfizadas pre-mesozoicas que forman gran parte de la sierra. La ocurrencia de lechos rojos continentales de areniscas, conglomerados y lutitas desde el paralelo 18 hasta la región del Istmo de Tehuantepec corresponde a la base del Mesozoico. El Cretácico está representado litológicamente de rocas calcáreas como las calizas fosilíferas del Istmo de Tehuantepec del Cretácico Medio (López, 1981). Los sedimentos del Terciario se componen de terrígenos, calizas y lutitas intercaladas, depositados regresivamente y cubren grandes áreas de la Sierra de Juárez; los estratos están plegados y fallados. Los episodios volcánicos que generaron las rocas del Eje Neovolcánico ocurrieron a partir del Oligoceno-Reciente (Mooser, 1972 y Negandank *et al.*, 1985) y son de carácter calcálcico, mientras que la Sierra de Los Tuxtlas, Ver., tiene un carácter alcalino del Cuaternario (Cantagrel y Robin, 1979).

## CAPITULO III

### Método de Trabajo

El presente estudio forma parte del proyecto "Estudio de los procesos físicos y de la macrofauna béntica asociados a los abanicos costeros de los principales ríos del sureste del golfo de México", realizadas en cuatro campañas oceanográficas en el buque oceanográfico "Justo Sierra" de la U.N.A.M. Se colectaron muestras superficiales en 195 estaciones a profundidades entre 9.6 y 160 m.

El estudio se dividió en tres etapas: trabajo de campo, laboratorio y gabinete.

Trabajo de campo.- Se realizó en el mar en el B/O "Justo Sierra" partiendo de su puerto base en Tuxpan, Ver. Durante esta etapa se procedió a la recolección y almacenado de las muestras correspondientes a cuatro campañas ABACO (ABAnicos COsteros) efectuadas de la siguiente forma:

- ABACO 1: del 15 al 22 de febrero de 1985.
- ABACO 2: del 6 al 13 de septiembre de 1985.
- ABACO 3: del 22 al 28 de febrero de 1986.
- ABACO 4: del 3 al 10 de septiembre de 1986.

La obtención de muestras superficiales se logró mediante el uso de una draga tipo Smith-McIntyre. La determinación de la posición de las estaciones se efectuó en el barco mediante el uso de satélite y radar, mientras que la profundidad del tirante de agua para cada muestra se determinó con una ecosonda SIMRAD EK 400.

Laboratorio.- El procesamiento de los sedimentos se hizo en el Laboratorio de sedimentología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la U.N.A.M.

La determinación comparativa de color del sedimento húmedo utilizando la carta de colores Munsell Soil Charts (1975), y el secado del sedimento y determinación de su color en seco con el mismo procedimiento.

Las muestras se pesaron en una báscula de precisión y la separación de las fracciones gruesa (grava y arena) y fina (limo y arcilla) usando un tamiz de abertura 40 (0.0625 mm), obteniéndose el porcentaje en peso de componentes finos y gruesos, lo que permitió establecer la clasificación textural del sedimento.

Se observó que de las 195 muestras procesadas, 15 de ellas tienen entre 10 y 50 % de grava; y de estas, en 6 predominan los biógenos (fragmentos de conchas, bivalvos, foraminíferos y otros no diferenciados) sobre terrígenos, por lo que se agruparon en la fracción arenosa, de modo que el manejo de las muestras se hizo preferentemente con ese término textural.

Para el análisis de la fracción arenosa se utilizó un microscopio binocular Will-Wetzlar de 20 aumentos. Se determinó el porcentaje de componentes terrígenos y biógenos mediante el uso de diagramas de campos comparativos de porcentaje visual (Folk, 1961).

Gabinete.- El área de estudio se dividió en cuatro zonas, según la influencia de los sistemas fluviales: (1) Tuxpan, (2) Alvarado, (3) Coatzacoalcos y (4) Usumacinta- Sn. Pedro y Sn. Pablo, donde se agrupa el 78.5 % de las muestras obtenidas, de manera que el formato del conjunto de tablas, gráficas y mapas elaborados con los datos obtenidos en las etapas anteriores se presenta con la información dividida por áreas y subdividida en campañas, excepto con el mapa batimétrico que es una integración de datos de las cuatro campañas.

## CAPITULO IV

### FISIOGRAFIA DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL

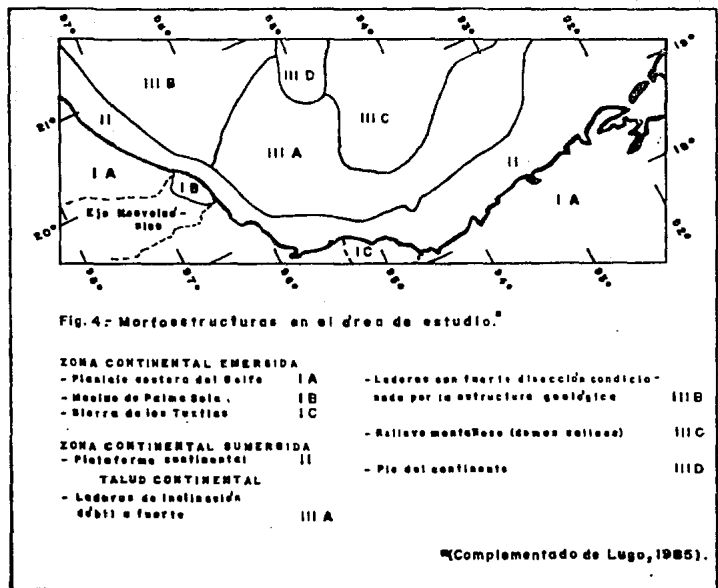
La plataforma continental es la zona que rodea y forma parte del continente, que se extiende desde la línea de costa hasta la profundidad en la cual se presenta un marcado incremento de la pendiente. Por convención se considera que el límite exterior de plataforma está a una profundidad de 200 m (Burky y Drake, 1974).

El talud continental es la porción que se extiende a partir del borde de plataforma hacia aguas más profundas con pendiente promedio de  $4.25^\circ$ .

Ambos elementos conforman la terraza continental que une la costa con el piso oceánico. En el golfo de México, el pie del continente se define en las cartas batimétricas a partir de pendientes menores que  $1.5^\circ$  (Lugo, 1985).

Los elementos morfoestructurales del golfo de México y Áreas Continentales circundantes presentes en la zona de estudio se ilustran en la figura 4.

La extensión de la plataforma continental es de 40 Km en el Área de Tuxpan, Ver., estrechándose hasta 20 Km en la zona de Punta Delgada, Ver., al NE de Jalapa, Ver., y los 36 Km en Alvarado, Ver., alcanzando su mínimo de 6 a 16 Km frente a la costa en la Sierra de Los Tuxtlas, Ver. A partir de Coatzacoalcos, Ver., la plataforma se amplía hacia el E, alcanzando una anchura de 130 Km en la región de Laguna de Términos. Más al E se encuentra el banco de Campeche. La plataforma continental desde Tuxpan hasta Sn. Pedro, tiene la menor amplitud que en el resto del golfo de México. Desde Tuxpan hasta Los Tuxtlas, la plataforma tiene una orientación NW-SE y desde Los Tuxtlas hasta la barra de Sn. Pedro su orientación es ENE-WSW.



El talud continental tiene un desarrollo mayor en esta zona, diferenciándose en tres partes. Entre los paralelos 20° N y 23° N se caracteriza por una serie de pliegues suaves y paralelos a la línea de costa, que forman un cinturón plegado el cual se encuentra fuertemente disectado (Fig. 4-III B); según Antoine (1972), está afectado por un régimen de diapirismo salino y lo denomina "Mexican Ridges Foldbelt".

La parte del talud en el sur del golfo de México y que bordea el Banco de Campeche con pendientes variables y cuyo límite oriental es el cañón de Campeche, alcanza entre 2400 y 2500 m bajo el nivel del mar en su porción más oriental (Fig. 4-III A).

El último fragmento de talud tiene una orientación al norte donde se

profundiza hasta 3400 m y tiene una topografía contrastante con las otras dos partes; formada por domos talinos con relieve individual de 400 a 500 m (Antoine et al. 1974; Uchupi, 1975) que disectan al talud. Su límite oriental también lo constituye el cañón de Campeche (Lugo, 1985), (Fig. 4-IIIC). Toda esta región y el NW del golfo de México están considerados como una provincia terrígena (Antoine et al. 1974; Uchupi, 1974).

A partir de los datos de profundidad de muestreo (Tablas 3, 4, 5 y 6) de las cuatro campañas para cada área, se elaboró la configuración batimétrica expuesta en la figura 5.

En el Área de Tuxpan la distribución de las curvas batimétricas es esencialmente paralela a la línea de costa y la plataforma en este lugar es amplia puesto que la isobata de 40 m se encuentra a unos 18 Km frente al río Tuxpan, es probable entonces que el oleaje ejerza una influencia considerable en buena parte de la plataforma en esta zona, la cual será más eficaz durante las épocas de nortes (Fig. 5A).

En el Área de Alvarado, las isobatas son paralelas entre sí y se aproximan oblicuamente a la línea de costa (Fig. 5B).

La presencia de bancos arrecifales al N de la laguna de Alvarado contrasta con el suave relieve que tiene la plataforma desde la costa hasta la isobata de 80 m; a partir de ahí y hacia mayores profundidades ocurre un estrechamiento entre líneas batimétricas, lo que produce un escalón hacia el borde externo de la plataforma. La topografía del fondo juega un papel importante en lo referente a las condiciones de depósito de los materiales, produciéndose variaciones en la influencia de los agentes oceánicos que ahí actúan.

Frente a las costas de Coatzacoalcos la topografía del fondo es escalonada: el Área de plataforma entre los 25 y 55 m de profundidad es amplia en relación con las porciones de plataforma de mayor inclinación que la



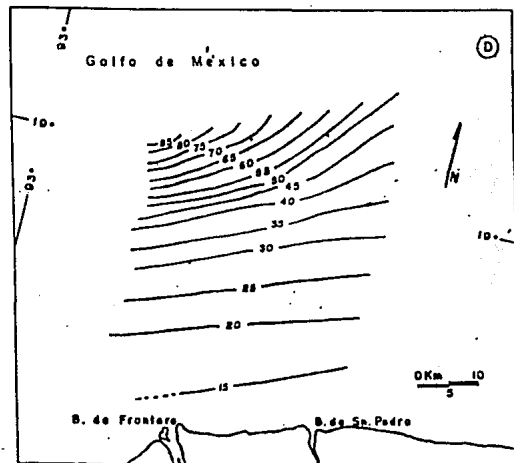
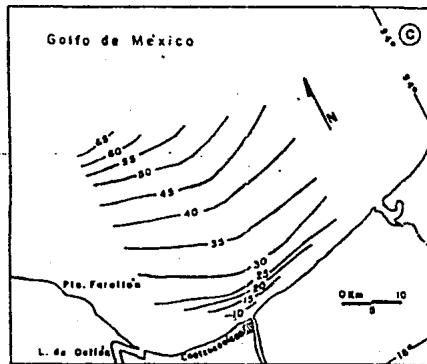
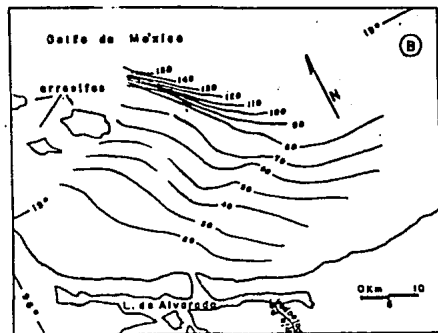
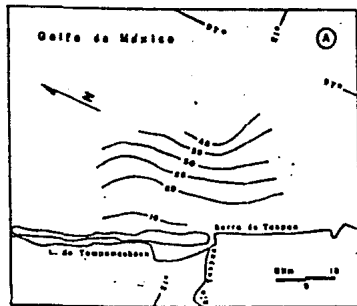


Fig. 5.- Batimetría compilada de las 4 campañas, anotaciones en metros.

bordean. Las líneas batimétricas a su vez, siguen el trazo de la línea de costa en esta zona, tendiendo a cerrarse entre sí rumbo a Alvarado y a separarse hacia el E de Coateacoalcos, Veracruz (Fig. 5C).

Por último se destaca que frente a la desembocadura de los ríos Usumacinta - Sn. Pedro y Sn. Pablo la plataforma continental es casi horizontal, mostrando un leve cambio de inclinación desde la isobata de 45 m y hacia mayor profundidad. Comparada con las otras Áreas de trabajo, la plataforma aquí presenta la mayor amplitud, la que tiende a incrementarse hacia el NE (Fig. 5D).

## CAPITULO V

### DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE SEDIMENTOS

La distribución granulométrica de los sedimentos en dos épocas diferentes en los años, permite conocer la distribución y la concentración de los materiales arenosos, conociendo la distribución espacial de los constituyentes sedimentarios sobre la plataforma, se tiene la oportunidad de definir la presencia o ausencia de abanicos costeros y su relación con los diferentes factores que actúan en las Áreas de estudio establecidas.

En las tablas 3, 4, 5 y 6 se describe naturalmente el sedimento en base al contenido de arena y lodo, utilizando para ello los límites 0-10 %, 10-50 %, 50-90 % y 90-100 %, en tal forma que las diferentes clases serán: arena, arena lodosa, lodo arenoso o lodo. El mismo criterio, establecido arbitrariamente, se usó cuando la muestra rebasa el 10 % de arena.

Como se puede observar en las figuras 6, 7, 8 y 9 cada abanico arenoso tiene una geometría plana particular, aún en la misma área y época correspondiente de muestreo, ubicados frente a las desembocaduras de ríos considerados en el presente trabajo.

Es importante indicar que la definición de la geometría de estos abanicos está en función de la densidad de muestreo, esto es, el número de estaciones muestreadas por unidad de superficie, así como de las variaciones batimétricas dentro de la región.

**AREA DE TUXPAN.** En Tuxpan, para la primera campaña oceanográfica, correspondiente al mes de febrero (Fig. 6-1), se definió un abanico costero frente a la barra de Tuxpan cuyo eje mayor tiene una orientación NE-SW con concentraciones de arena variables entre 1 y 90 %. Los valores inferiores de arena se presentan en el núcleo del abanico situado a 7 Km de la

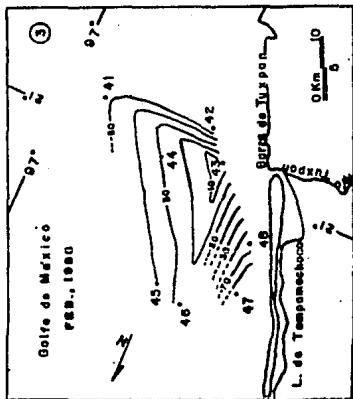
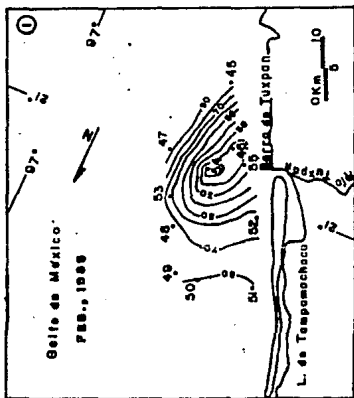
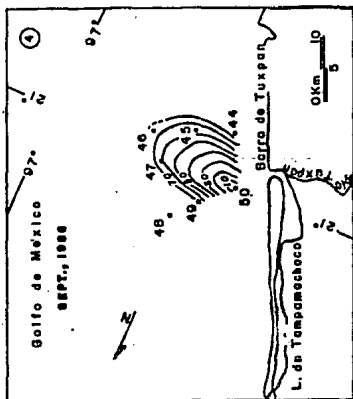
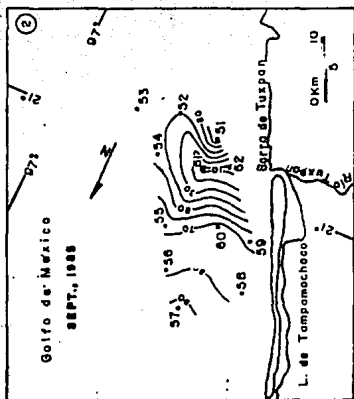


Fig. 6.- Mapas de concentración de arena (en %), barra Tuxpan, y ubicación de muestras para cada campaña.

Tabla 3.- Localización y descripción de las muestras de la campaña AERDU 1.

F. t.	Lat. N o	Long. W o	Prof. m.	Lodo %	arena %	grava %	Descripción.
1	18 55.3	95 39.4	30.6	89.0	11.0	-----	Lodo arenoso (sublitarenítico) *
2	18 53.5	95 29.0	86.4	98.5	1.5	-----	Lodo
3	18 51.7	95 32.3	61.9	93.6	6.4	-----	Lodo
4	18 50.5	95 35.3	52.6	91.0	9.0	-----	Lodo
5	18 49.6	95 38.9	29.4	95.0	5.0	-----	Lodo
6	18 48.5	95 42.2	24.0	98.0	2.0	-----	Lodo
7	18 51.1	95 44.5	35.7	1.0	99.0	-----	Litarenita
9	18 45.8	95 77.4	20.4	19.0	81.0	-----	Arena lodosa (litarenítica feldespática).
10	18 56.1	91 34.8	12.4	91.4	8.6	-----	Lodo **
11	18 49.0	91 57.3	13.0	98.3	1.7	-----	Lodo **
12	18 36.8	92 48.7	16.7	85.0	15.0	-----	Lodo arenoso (feldsarenítico lítico).
13	18 43.0	92 48.2	21.2	77.0	23.0	-----	Lodo arenoso (feldsarenítico lítico).
14	18 48.2	92 48.0	28.3	84.0	16.0	-----	Lodo arenoso (litarenítico feldespático).
15	18 55.4	92 48.2	50.4	99.6	0.4	-----	Lodo
16	19 01.9	92 49.0	90.2	99.6	0.4	-----	Lodo
17	19 10.3	92 27.6	48.6	99.4	0.6	-----	Lodo
18	19 01.5	92 27.4	29.4	95.0	4.2	0.8	Lodo
19	18 55.7	92 27.4	22.7	96.5	3.5	-----	Lodo
20	18 49.1	92 27.4	17.1	89.0	9.2	1.8	Lodo arenoso (litarenítico feldespático).
21	18 44.4	92 27.9	12.5	99.0	1.0	-----	Lodo
23	18 30.5	93 13.2	21.4	0.6	99.4	-----	Feldsarenita lítica. **
25	18 29.3	93 51.7	41.5	1.8	95.3	2.9	Feldsarenita lítica. **
27	18 20.5	93 52.5	26.1	52.0	48.0	-----	Lodo arenoso (litarenítico feldespático).
28	18 13.6	94 13.6	24.5	54.0	46.0	-----	Lodo arenoso (litarenítico feldespático).
29	18 17.9	94 13.1	36.4	3.3	92.0	4.7	Litarenita

Estr.	Lat. N.	Long. W.	Prof.	lodo	arena	grava	Descripción
"	"	"	m	%	%	%	
30	18 25.5	94 13.1	44.1	1.2	88.0	10.8	Arena gravillenta (litarenítica feldespática).
31	18 28.1	94 22.0	54.5	1.0	97.0	2.0	Litarenita feldespática
32	18 20.8	94 22.1	53.3	6.7	93.3	-----	Litarenita feldespática
33	18 17.2	94 22.8	37.3	62.0	37.0	-----	Lodo arenoso (litarenítico feldespático).
34	18 15.5	94 22.2	32.3	2.6	97.4	-----	Feldsarenita litica
35	19 12.5	94 24.4	29.1	29.0	71.0	-----	Arena lodosa (litarenítica feldespática).
36	18 14.0	94 32.0	26.3	2.0	98.0	-----	Litarenita feldespática
37	18 19.0	94 31.7	32.8	0.5	53.0	46.5	Arena gravillenta (litarenítica feldespática).
38	18 26.2	94 22.5	47.7	1.7	91.0	7.7	Litarenita feldespática
39	18 42.1	95 01.0	72.0	98.0	2.0	-----	Lodo **
40	18 48.3	95 23.5	62.0	97.0	3.0	-----	Lodo
41	18 49.5	95 43.5	22.6	93.0	7.0	-----	Lodo
44	19 52.7	96 28.9	40.0	82.0	18.0	-----	Lodo arenoso (feldsarenítico lítico). **
45	20 52.5	97 12.0	17.6	19.0	75.3	7.7	Arena lodosa (litarenítica feldespática).
46	2057.8	97 14.4	19.8	87.0	13.0	-----	Lodo arenoso (subfeldsarenítico).
47	21 00.0	97 09.7	35.6	1.2	86.9	11.9	Arena gravillenta (sublitarenítica).
48	21 05.2	97 12.7	26.3	23.0	77.0	-----	Arena lodosa (litarenítica feldespática).
49	21 08.7	97 14.4	19.6	25.0	75.0	-----	Arena lodosa (litarenítica feldespática).
50	21 08.5	97 16.7	15.3	20.4	79.6	-----	Arena lodosa (subfeldsarenítica).
51	21 07.8	97 21.0	15.5	19.0	77.8	3.2	Arena lodosa (sublitarenítica).
52	21 02.4	97 18.9	15.1	34.0	57.4	8.6	Arena lodosa (feldsarenítica lítica).
53	21 03.2	97 16.6	19.8	37.0	63.0	-----	Arena lodosa (feldsarenítica lítica).
54	20 59.6	97 13.5	24.2	98.9	1.1	-----	Lodo
55	20 58.6	97 15.8	18.0	78.0	22.0	-----	Lodo arenoso (feldsarenítico lítico).

\* Los términos entre paréntesis involucran solamente a la composición de la fracción arenosa.

\*\* Muestras que se encuentran fuera de las cuatro áreas de estudio consideradas en este trabajo.

Tabla 4. - Localización, descripción de muestras de la campaña ABACO 2.

Est.	Lat. N °	Long. W °	Prof. m	lodo %	arena %	grava %	Descripción
3	18 57.0	95 44.0	24.0	1.0	99.0	-----	Litarenita
4	18 55.2	95 52.2	17.0	2.7	97.3	-----	Litarenita
5	18 51.0	95 44.0	19.4	1.2	98.8	-----	Litarenita
6	18 49.0	95 43.2	22.4	94.4	5.6	-----	Lodo
7	18 47.2	95 38.3	36.8	92.6	7.4	-----	Lodo
8	18 52.0	95 39.4	46.0	94.0	6.0	-----	Lodo
9	18 55.0	95 39.6	57.0	90.0	10.0	-----	Lodo arenoso (litarenítico). *
10	18 58.6	95 35.0	89.0	97.6	2.4	-----	Lodo
12	18 51.4	95 32.4	62.0	94.6	5.4	-----	Lodo
14	18 34.8	93 51.8	67.9	48.6	51.4	-----	Arena lodosa (litarenítica feldespática). **
15	18 29.3	93 52.0	44.5	1.2	96.8	2.0	Litarenita feldespática. **
16	18 27.6	93 45.3	36.3	1.2	98.8	-----	Litarenita feldespática. **
17	18 27.0	93 35.0	27.0	1.2	93.9	4.9	Litarenita feldespática. **
18	18 28.5	93 16.5	20.0	2.7	97.3	-----	Litarenita feldespática. **
19	18 36.7	93 14.7	26.7	26.0	74.0	-----	Arena lodosa (litarenítica feldespática). **
20	18 55.3	93 10.0	123.2	99.6	0.4	-----	Lodo **
22	19 01.7	92 49.0	87.2	99.5	0.5	-----	Lodo
23	18 55.3	92 47.8	45.7	99.0	1.0	-----	Lodo
25	18 50.6	92 48.4	30.2	99.0	1.0	-----	Lodo
26	18 42.9	92 48.1	21.8	77.5	22.5	-----	Lodo arenoso (litarenítico feldespático).
27	18 38.1	92 48.4	18.1	94.0	6.0	-----	Lodo
28	18 44.2	92 27.8	15.8	98.0	2.0	-----	Lodo
29	18 49.3	92 27.5	20.5	96.0	4.0	-----	Lodo
30	18 55.7	92 27.3	25.5	98.0	2.0	-----	Lodo
31	19 01.8	92 27.4	31.8	98.7	1.3	-----	Lodo
32	19 10.4	92 27.4	52.7	99.7	0.3	-----	Lodo

Est.	Lat. N	Long. W	Prof. m	lodo %	arena %	grava %	Descripción
33	18 47.2	91 53.1	10.7	97.0	3.0	-----	Lodo **
34	18 47.0	91 59.5	9.5	98.4	1.6	-----	Lodo **
35	18 54.9	91 52.0	15.6	94.0	6.0	-----	Lodo **
36	19 01.9	91 51.7	18.9	97.3	2.7	-----	Lodo **
37	19 13.1	91 50.8	13.1	97.2	2.8	-----	Lodo **
39	18 51.8	92 50.1	38.6	99.5	0.5	-----	Lodo
44	18 25.5	94 13.2	41.9	2.0	98.0	-----	Feldsarenita litica
45	18 28.0	94 22.7	52.3	1.0	93.1	5.9	Litarenita feldespática
46	18 20.7	94 22.0	40.9	1.3	91.8	6.9	Litarenita feldespática
47	18 15.9	94 22.2	35.5	23.0	69.3	7.7	Arena lodosa (litarenítica feldespática).
48	18 13.9	94 32.0	30.3	6.2	93.8	-----	Litarenita
49	18 19.7	94 32.0	31.7	1.2	98.8	-----	Litarenita feldespática
50	18 30.5	94 32.5	66.9	98.0	2.0	-----	Lodo
51	20 56.9	97 10.1	23.7	32.5	66.8	0.7	Arena lodosa (feldsarenítica litica).
52	20 56.1	97 09.9	31.3	60.0	39.2	0.8	Lodo arenoso (feldsarenítico litico).
53	20 57.2	97 06.2	36.0	62.0	38.0	-----	Lodo arenoso (feldsarenítico litico).
54	21 00.2	97 09.8	39.0	53.2	44.9	1.9	Lodo arenoso (feldsarenítico litico).
55	21 05.3	97 12.8	32.0	32.0	68.0	-----	Arena lodosa (feldsarenítica litica).
56	21 08.5	97 14.3	29.5	22.0	78.0	-----	Arena lodosa (feldsarenítica litica).
57	21 10.2	97 16.4	23.3	7.3	92.7	-----	Feldsarenita litica
58	21 07.7	97 20.9	16.7	25.0	75.0	-----	Arena lodosa (feldsarenítica litica).
59	21 03.1	97 19.3	15.4	31.0	61.4	7.6	Arena lodosa (litarenítica feldespática).
60	21 03.1	97 16.5	18.8	26.0	74.0	-----	Arena lodosa (feldsarenítica litica).
61	20 59.6	97 13.7	23.8	91.0	9.0	-----	Lodo
62	20 58.8	97 15.2	16.4	99.2	0.8	-----	Lodo

\* Los términos entre paréntesis involucran solamente a la composición de la fracción arenosa.

\*\* Muestras que se encuentran fuera de las cuatro áreas de estudio consideradas en este trabajo.



Tabla 5.- Localización y descripción de muestras de la campaña ABACO 3.

Est.	Lat. N U	Long. W O	Prof. m	lodo %	arena %	grava %	Descripción
1	19 13.0	91 50.8	23.5	95.4	4.6	-----	Lodo **
2	19 01.1	91 51.6	19.1	94.0	6.0	-----	Lodo **
3	18 46.1	91 53.1	10.1	97.0	3.0	-----	Lodo **
4	18 49.4	92 27.8	19.7	91.0	5.2	3.8	Lodo
5	18 44.3	92 27.9	13.4	98.0	2.0	-----	Lodo
6	18 42.0	92 46.0	19.1	95.6	4.4	-----	Lodo
7	18 50.7	92 48.5	29.1	96.0	4.0	-----	Lodo
9	19 01.7	92 49.0	81.6	99.7	0.3	-----	Lodo
11	18 45.7	93 11.6	47.9	94.0	5.0	-----	Lodo **
12	18 36.7	93 14.9	27.1	43.0	56.4	0.6	Arena lodosa (feldsarenítica lítica). * **
13	18 26.8	93 35.0	24.8	0.7	96.3	3.0	Feldsarenita lítica **
14	18 26.4	93 44.5	33.7	63.0	37.0	-----	Lodo arenoso (feldsarenítico lítico). **
15	18 23.7	93 51.5	33.8	83.0	17.0	-----	Lodo arenoso (litarenítico feldespático). **
16	18 29.5	93 52.0	44.5	4.7	84.8	10.5	Arena gravillenta (feldsarenítica lítica). **
17	18 35.0	93 53.9	69.0	59.0	41.0	-----	Lodo arenoso (feldsarenítico lítico). **
18	18 25.6	94 13.3	43.2	1.8	98.2	-----	Feldsarenita lítica
19	18 28.1	94 22.3	56.2	8.5	80.5	11.0	Arena gravillenta (feldsarenítica lítica).
20	18 31.0	94 32.4	67.0	94.4	5.6	-----	Lodo
21	18 19.8	94 31.8	33.6	5.0	93.1	1.9	Feldsarenita lítica
22	18 14.0	94 32.0	30.1	3.0	97.0	-----	Feldsarenita lítica
23	18 19.7	94 22.8	40.0	0.8	97.2	2.0	Feldsarenita lítica
24	18 15.8	94 22.4	38.0	56.2	43.8	-----	Lodo arenoso (feldsarenítico lítico).
25	18 10.0	94 25.3	8.0	1.0	99.0	-----	Litarenita feldespática
27	18 16.1	94 12.4	28.8	1.7	98.3	-----	Litarenita feldespática

Est.	Lat. N o	Long. W o	Prof. m	lodo %	arena %	grava %	Descripción
28	18 22.3	94 11.1	39.4	1.0	87.1	11.9	Arena gravillenta (feldsarenítica litica).
29	18 46.8	95 23.6	58.9	96.0	4.0	-----	Lodo
30	18 47.0	95 30.1	46.0	3.6	86.8	9.6	Litarenita feldespática
31	18 48.1	95 44.0	11.2	0.7	83.4	15.9	Arena gravillenta (litarenítica feldespática).
32	18 47.6	95 42.3	16.2	32.0	68.0	-----	Arena lodosa (feldsarenítica).
33	18 47.0	95 34.8	35.6	0.8	78.4	20.8	Arena gravillenta (litarenítica feldespática).
34	18 51.1	95 38.9	54.0	83.0	17.0	-----	Lodo arenoso (feldsarenítico litico).
35	18 53.1	95 29.9	75.0	96.0	4.0	-----	Lodo
36	18 58.6	95 36.0	73.5	94.0	6.0	-----	Lodo
37	18 55.2	95 51.1	21.7	1.4	86.8	11.8	Arena gravillenta (feldsarenítica litica).
38	19 00.0	95 46.1	33.7	1.0	91.1	7.9	Litarenita
39	19 03.5	95 43.5	63.2	47.0	48.8	4.2	Arena lodosa (subfeldsarenítica).
40	19 07.1	95 40.8	160.0	98.0	2.0	-----	Lodo
41	20 57.0	97 03.7	39.0	46.0	54.0	-----	Arena lodosa (litarenítica feldespática).
42	20 56.8	97 13.1	24.0	44.0	55.4	0.6	Arena lodosa (feldsarenítica litica).
43	20 58.3	97 14.8	20.3	96.0	4.0	-----	Lodo
44	21 00.1	97 09.7	40.2	70.2	29.8	-----	Lodo arenoso (feldsarenítico litico).
45	21 09.0	97 14.4	32.3	60.0	39.2	0.8	Lodo arenoso (feldsarenítico litico).
46	21 10.1	97 16.4	27.6	74.0	26.0	-----	Lodo arenoso (feldsarenítico litico).
47	21 07.7	97 20.9	16.5	12.9	87.1	-----	Arena lodosa (feldsarenítica litica).
48	21 03.1	97 19.4	16.6	32.0	53.7	14.3	Arena lodosa con grava (feldsarenítica litica).

\* Los términos entre paréntesis involucran solamente a la composición de la fracción arenosa.

\*\* Muestras que se encuentran fuera de las cuatro áreas de estudio consideradas en este trabajo.

Tabla 5.- Localización y descripción de muestras de la campaña ABACO 4.

Est.	Lat. N o	Long. N o	Prof. m	lodo %	arena %	grava %	Descripción
1	18 38.1	92 48.4	18.2	90.0	10.0	-----	Lodo arenoso (litarenítico feldespático). *
2	18 43.0	92 48.0	20.0	69.0	31.0	-----	Lodo arenoso (litarenítico feldespático).
3	18 50.6	92 48.3	31.7	90.0	10.0	-----	Lodo arenoso (feldsarenítico lítico).
4	18 55.5	92 47.7	45.0	79.4	0.6	-----	Lodo
5	19 01.9	92 49.1	87.4	95.3	4.7	-----	Lodo
6	19 09.3	92 28.5	61.7	99.4	0.6	-----	Lodo
7	19 01.6	92 27.3	36.3	98.7	1.3	-----	Lodo
8	18 55.5	92 27.4	28.2	89.2	7.5	3.3	Lodo
9	18 49.3	92 27.5	22.3	95.2	4.5	0.3	Lodo
10	18 44.4	92 27.4	14.4	98.0	2.0	-----	Lodo
11	18 47.3	91 53.0	16.0	91.0	9.0	-----	Lodo **
12	18 55.0	91 52.0	16.6	98.4	1.6	-----	Lodo **
13	19 02.0	91 51.6	20.6	86.3	13.7	-----	Lodo arenoso (subfeldsarenítico). **
14	19 13.0	91 50.8	26.4	93.3	6.7	-----	Lodo **
15	18 43.1	92 46.0	21.3	81.0	19.0	-----	Lodo arenoso (feldsarenítico lítico).
16	18 30.1	93 14.2	24.6	42.7	57.3	-----	Arena lodosa (feldsarenítica lítica). **
17	18 36.9	93 14.6	26.8	2.0	98.0	-----	Feldsarenita lítica **
18	18 44.5	93 10.2	43.9	94.2	5.8	-----	Lodo **
19	18 55.6	93 10.9	129.4	99.0	1.0	-----	Lodo **
20	18 26.8	93 34.8	26.6	1.6	80.7	17.7	Arena gravillenta (feldsarenítica lítica). **
21	18 35.1	93 43.1	30.1	70.0	30.0	-----	Lodo arenoso (feldsarenítico lítico). **
22	18 24.0	93 52.7	33.0	77.1	22.9	-----	Lodo arenoso (subfeldsarenítico). **
23	18 29.4	93 51.9	42.5	67.6	32.2	-----	Lodo arenoso (feldsarenítico lítico). **
24	18 35.1	93 52.4	81.6	76.0	24.0	-----	Lodo arenoso (feldsarenítico lítico). **
25	18 27.9	94 22.4	57.0	19.1	66.3	14.6	Arena lodosa /grava (litarenítica feldespática)

#t.	Lat. N o	Long. W o	Prof. m	Lodo %	arena %	grava %	Descripción
26	18 20.5	94 22.1	43.0	51.2	72.9	-----	Lodo arenoso (feldsarenitico litico).
27	18 15.8	94 22.4	34.8	50.2	43.8	6.0	Lodo arenoso (litarenitico feldespatico).
28	18 13.9	94 32.0	23.6	57.0	73.0	-----	Lodo arenoso (feldsarenitico).
29	18 19.8	94 31.8	34.9	51.0	46.0	-----	Lodo arenoso (litarenitico feldespatico).
30	18 30.8	94 32.3	53.7	1.3	80.9	17.8	Arena gravillenta (feldsarenitico litico).
31	18 46.4	95 31.9	33.2	3.0	44.0	33.0	Arena gravillenta (feldsarenitico litico).
32	18 46.1	95 30.1	25.1	7.0	93.0	-----	Litarenita feldespatica
33	18 47.1	95 39.3	22.5	50.0	50.0	-----	Arena lodosa (litarenitico feldespatico).
34	18 48.8	95 42.0	16.6	47.0	57.0	-----	Arena lodosa (litarenitico feldespatico).
35	18 52.0	95 39.3	40.6	71.4	8.6	-----	Lodo
36	18 54.1	95 33.9	60.4	90.7	9.3	-----	Lodo
37	18 56.2	95 28.7	90.6	98.4	1.6	-----	Lodo
38	19 07.1	95 41.3	80.9	44.0	42.6	13.4	Lodo arenoso c/grava (litarenitico feldespatico)
39	19 02.8	95 41.6	65.0	84.2	15.8	-----	Lodo arenoso (secundarios con cuarzo).
40	18 57.1	95 44.5	26.0	1.3	94.8	-----	Litarenita feldespatica
41	18 51.8	95 45.8	21.4	2.0	98.0	-----	Litarenita
42	18 57.3	95 49.8	26.3	5.0	95.0	-----	Litarenita feldespatica
43	19 01.5	95 51.4	20.6	1.3	98.7	-----	Litarenita feldespatica
44	20 55.9	97 14.5	12.8	14.0	86.0	-----	Arena lodosa (feldsarenitico litico).
45	20 57.0	97 11.5	23.8	39.0	58.6	2.4	Arena lodosa (feldsarenitico litico).
46	20 58.7	97 09.5	30.7	26.0	74.0	-----	Arena lodosa (feldsarenitico litico).
47	21 00.9	97 10.2	39.1	39.1	56.6	4.7	Arena lodosa (feldsarenitico litico).
48	21 04.0	97 12.8	30.8	27.0	70.1	2.9	Arena lodosa (feldsarenitico litico).
49	21 02.2	97 14.7	24.5	30.0	70.0	-----	Arena lodosa (feldsarenitico litico).
50	21 00.5	97 16.5	19.0	99.2	0.8	-----	Lodo

\* Los terminos entre paréntesis involucran solamente a la composición de la fracción arenosa.

\*\* Muestras que se encuentran fuera de las cuatro áreas de estudio consideradas en este trabajo.

barra y de la boca de la laguna de Tampamachoco, teniendo su umbral el 73 % de las muestras entre 77 y 90 % de arena.

Es posible que la orientación del abanico arenoso responda a la influencia de la corriente litoral al SW que se genera por los vientos, y por la inercia de descarga de sedimentos del río Tuxpan, en el mar, que es hacia el NE. La participación lagunar en esta área se refleja por la presencia de sedimentos lodosos depositados frente a la bocana de la laguna de Tampamachoco.

En la segunda campaña, correspondiente a la época de lluvias, se presenta un cambio en la forma y en la orientación de las isoclinas de arena, presentando en esta época forma de abanico (Fig. 6-2). La orientación del abanico indica la presencia de una corriente litoral que barre los sedimentos finos descargados por la laguna, los cuales se ubican en el interior del abanico, mientras que hacia el exterior se incrementa la proporción de arena. A diferencia de lo que se detectó en la primera campaña, 2/3 del conjunto de muestras del Área se ubican en curvas con porcentaje entre 40 y 75 % de arena y sólo el 25 % en concentraciones mayores.

Tal situación pudiera ser reflejo del nuevo material de acarreo aportado por los ríos recientemente y que aún no estaba redistribuido por los agentes marinos.

Por otra parte, la orientación del abanico pudiera explicarse porque al provenir los vientos del NE en esa época, el desplazamiento del agua superficial es casi E-W.

Para la siguiente época de secas la distribución de sedimentos en el Área de Tuxpan es diferente a su correspondiente anterior. La configuración obtenida, aunque con menos datos, es de un abanico amplio y asimétrico y aunque su orientación general indica la presencia de una corriente al SW. En este abanico persiste el interior con sedimentos lodru-

que va graduando a arenoso hacia el exterior con 7 de las 8 muestras variando de arena lodosa a lodo arenoso y sólo una (No. 48, Tabla 5), que es la más próxima a la costa, tiene el 14 % de grava biogénica (Fig. 6-3).

Por su parte el abanico de la cuarta campaña en Tuxpan (Fig. 6-4), aunque es más reducido, se aproxima en forma a su correspondiente del año anterior. Su eje mayor corre ESW y hacia el exterior se presentan más muestras areno-lodosas.

**ÁREA DE ALVARADO.** Frente a la bocana de la laguna de Alvarado la geometría del cuerpo sedimentario definido en la campaña 1 (Fig. 7-1) es singular, porque está dividido por una franja lodosa orientada ENE con dos lóbulos arenosos laterales detectados a partir de las escasas muestras someras obtenidas en esta campaña. Una probable explicación de esto se puede encontrar en la influencia que ejercen los sedimentos finos de la laguna, ya que las muestras ubicadas frente a la bocana de la laguna son lodosas enriqueciéndose en arena hacia los lados.

Se considera que la configuración de la línea de costa desde el paralelo 19° N y hacia Alvarado, Ver. cambia la dirección de la corriente del SW hasta hacerla NW - SE frente a la laguna de Alvarado.

En la campaña 3 (Fig. 7-3), también se observa que las curvas de menor valor de porcentaje de arena se encuentran en general más lejos de la línea de costa, no obstante se presenta una incipiente entrada de lodo con tendencia ENE hacia la bocana de la laguna, aunque en sus cercanías hay sedimento heterogéneo en tamaño p.e. arena gravillenta junto a arena lodosa (Nos. 31 y 32, Tabla 5), sin duda, producto de la influencia del material recién acarreado fluvialmente durante la anterior época de lluvias (Fig. 3); por lo que se considera a la franja como evidencia del mecanismo de distribución del sedimento fino hacia zonas más profundas.

Aquí la separación entre estaciones permitió la configuración más

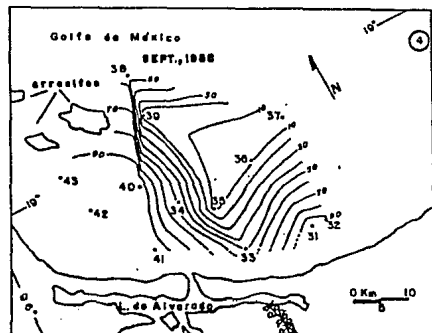
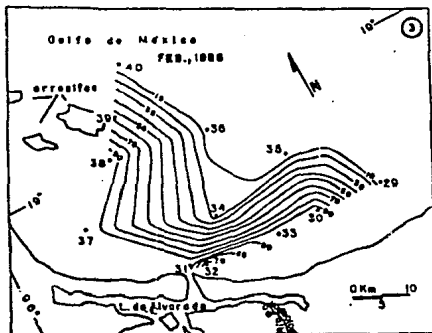
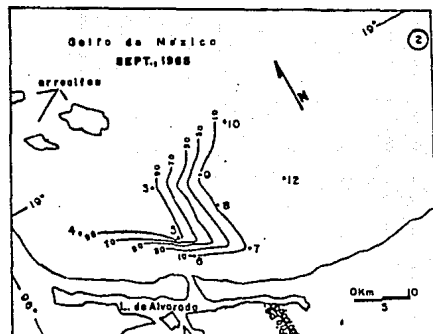
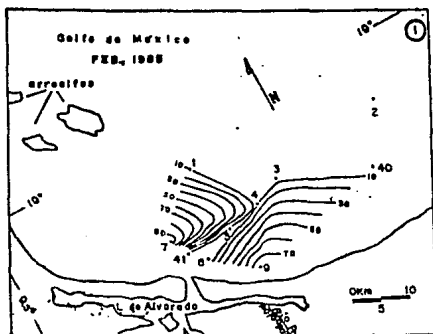


Fig. 7: Mapas de concentración de arena (en %), área Alvarado, y ubicación de muestras para cada campaña.

amplia del cuerpo en relación al de la campaña 1, pero también la baja densidad de arena. En ambos la mejor definición es de este.

Durante las temporadas de lluvias (Figs. 7-2 y 7-4), las configuraciones son muy diferentes entre sí; parece ser que durante la primera campaña la dirección de la corriente fue NW - SE, la cual accedió con mayor fuerza y cerca de la costa, los sedimentos finos provenientes de la laguna de Alvarado hacia el oriente.

Al considerar la topografía del fondo no se aprecia alguna relación directa con la forma del abanico costero pues probablemente los factores predominantes en la distribución de los sedimentos sean la corriente superficial, el viento que la genera y el trazo de la zona costera.

Respecto a la campaña 4 en el área de Alvarado, también se considera que la batimetría poco influye en esta parte de la plataforma en el tamaño del grano, porque a un valor de éste se dan distintas concentraciones de arena en el sedimento por lo que la configuración está preferentemente gobernada por la corriente que actúa sobre el sedimento disponible.

Los materiales finos están centrados en el abanico costero y hacia el exterior con una entrante incipiente similar en orientación y forma a aquella de la campaña 3. Las curvas de concentración de arena mayores del 70 % se aproximan considerablemente a la bocana de la laguna de Alvarado.

**ÁREA DE COATZACOALCOS.** El conjunto de muestras tomadas frente a las costas de Coatzacoalcos en la primera campaña definen una franja arenosa de 10 x 30 Km a 15 Km mar adentro, después de un incremento uniforme de la concentración arenosa a partir de la costa hasta la profundidad de 35 m, con eje mayor en dirección E-W. La ubicación de esta franja ocurre precisamente en el Área en que la plataforma tiene un gradiente uniforme.

Los sedimentos se componen principalmente de arenas y sólo dos muestras (Nos. 28 y 33) son lodos arenosos (Fig. 8-1, Tabla 3).



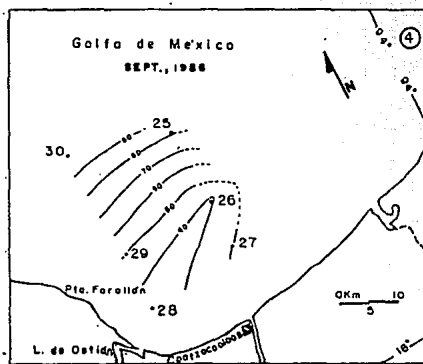
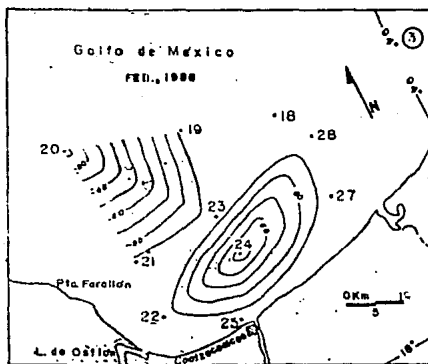
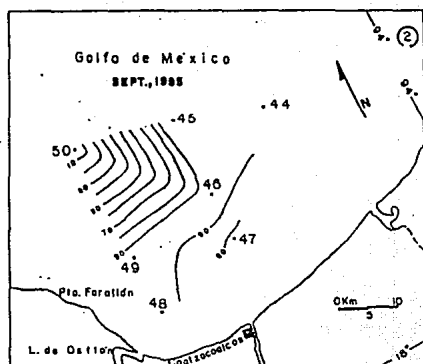
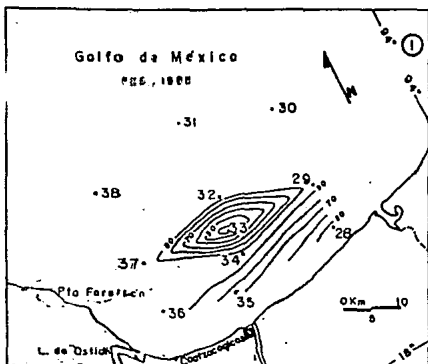


Fig. 8- Mapas de concentración de arena (en %), área Coatzacoalcos, y ubicación de muestras para cada campaña.

En la campaña 2 (Fig. 8-2), este rasgo en la distribución superficial de sedimentos se borra y ocurre que, con excepción de la muestra número 50, los sedimentos arenosos se disponen en la zona de la plataforma más cercana a la desembocadura del río Coatzacoalcos, y a pesar de la baja densidad de muestreo se les puede agrupar en una franja con orientación ENE.

Para la siguiente temporada de secas (Fig. 8-3), vuelve a aparecer una franja arenosa con orientación E-W, frente a la desembocadura del río Coatzacoalcos. Sus dimensiones aproximadas son 15 x 35 Km. Por debajo de la isobata de 65 m se ubica una sola muestra lodosa (No. 20), una de lodo arenoso en el centro de la franja (No. 24) y el resto corresponde a sedimentos arenosos (Tabla 5).

Asimismo, aunque la densidad de muestreo es muy baja en esta zona, durante el período de lluvias desaparece la franja (Fig. 8-4), registrándose una mezcla de tamaños en las muestras, existiendo una disposición irregular, puesto que coexisten lodos arenosos en las partes más someras (Nos. 26, 27, 28 y 29, Tabla 6), arenas lodosas con grava (No. 25) y arenas gravillentas (Nos. 25 y 30, Tabla 6) en las curvas batimétricas de 55 a 65 m. Esta mezcla e irregularidad de tamaños en el sedimento detectado en las campañas 2 y 4, así como la desaparición de formas definidas en las campañas 1 y 3 se atribuyen en buena medida a la influencia de descarga y volumen de acarreo del río Coatzacoalcos, los cuales son considerables en estas fechas (Fig. 3 y Tabla 2).

El análisis de la distribución de sedimentos de la campaña 4 (Fig. 8-4), hace suponer que la presencia de lodos en las muestras más someras se debe a la participación de la laguna de Ostión como fuente de aporte de sedimentos finos.

Sin embargo es notoria la predominancia de arenas en el sedimento de

esta región.

ÁREA USUMACINTA-SN. P. Y SN. P. En general el Área de Usumacinta - Sn. Pedro y Sn. Pablo cuenta con la menor densidad de muestreo a pesar de que en ella convergen los ríos más importantes por volumen de descarga y acarreo de la zona del golfo de México.

La distribución de sedimentos es homogénea, genera formas semi-ovaladas muy amplias. En la campaña 1 (Fig. 9-1), la orientación del abanico lodoso es NE, con los sedimentos más arenosos ubicados en su parte central (No. 13, Tabla 3) y hacia el exterior predominan los sedimentos lodosos.

Durante la siguiente campaña persiste similar patrón de distribución del sedimento, el cual es más pobre en arena, principalmente se trata de lodos (Fig. 9-2).

En la campaña 3 (Fig. 9-3), se registra la menor densidad de muestreo de las 4 campañas e incluso respecto a las 4 áreas de trabajo. Por otro lado, la figura 9-4, corresponde al muestreo durante el ciclo de lluvias y marca un cambio si se le compara con la campaña anterior.

Aquí el sedimento sigue siendo predominantemente lodoso, pero en el centro del Área hay un 31 % de arena muy fina (No. 2, Tabla 6).

La zona de mayor concentración de arena de las 4 campañas se sitúa a 20 m de profundidad, considerada como la profundidad de mayor remoción de lodos, es posible inferir entonces que en la región frente a la desembocadura de los ríos Usumacinta - Sn. Pedro y Sn. Pablo la máxima influencia de las corrientes superficiales sobre los sedimentos depositados en la superficie de la plataforma ocurre a 20 m de profundidad, removiendo el material en dirección NE-SW.

En las cuatro áreas establecidas se busca saber si existe una relación directa entre la proporción de la fracción arenosa y la profundidad a la que se encuentra.

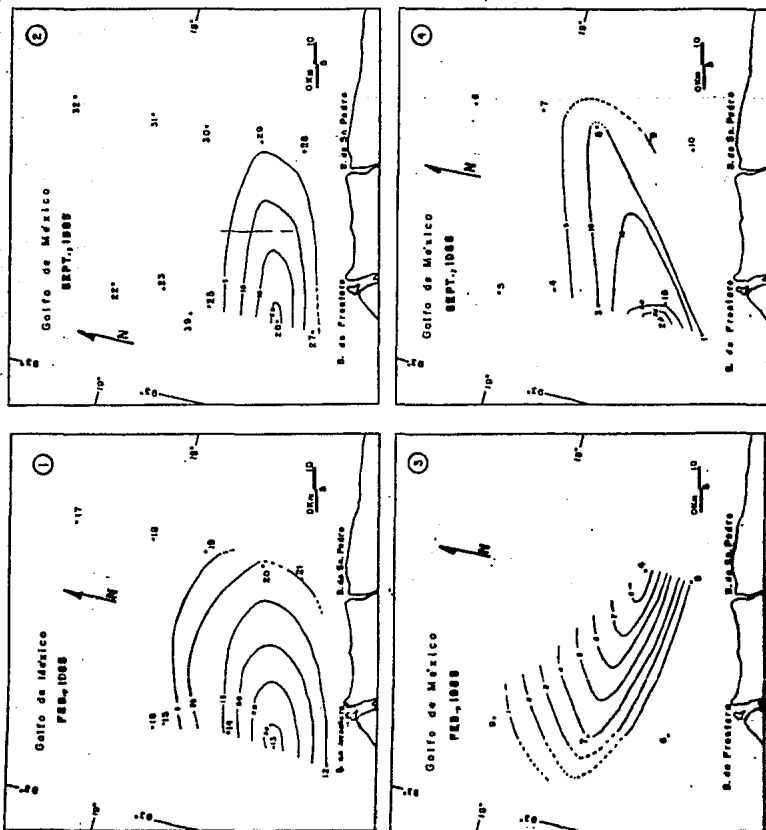


Fig. 9.- Mapas de concentración de arena (en %), áreas Usumacinte - Sn. Pedro y Sn. Pablo, y ubicación de muestras para cada campaña.

Se elaboraron gráficas que involucraran la profundidad del tirante de agua contra el porcentaje de lodo de cada muestra.

A este respecto, la gráfica ideal que reflejara una relación directa sería aquella en la que las profundidades de las muestras en conjunto definirían una curva con pendiente  $\neq 0$ , puesto que la pendiente en cada caso estaría en función del gradiente de la plataforma.

En la zona de Tumpahuacán, para ninguna de las muestras, se define una curva, más bien los puntos se disponen en grupos aislados (Figs. 10-1, 10-2 y 10-4), o bien de manera aleatoria (Fig. 10-3), de modo que se resuelve que al ocurrir tal situación, las dos variables anteriores están subordinadas a factores de disponibilidad y redistribución del sedimento.

Para las dos primeras campañas de Alvarado (figs. 11-1 y 11-2), las muestras arenosas se sitúan a profundidades menores de 26 m, separándose claramente de los lodos, los cuales se ubican preferentemente a profundidades mayores de 20 m. La ubicación del sedimento arenoso en las campañas 3 y 4 alcanza los 45 m y 35 m de profundidad respectivamente, desde esas isohetas se incrementa el contenido de lodo y disminuye el contenido de arena en los sedimentos. La situación de las muestras con mezclas intermedias es sensiblemente aleatoria en las gráficas 3 y 4 de la figura 11. Hecho que se explica al observar las condiciones de distribución del sedimento en sus abanicos costeros correspondientes.

En Coatzacoalcos (Fig. 12-1), las muestras arenosas ocurren entre los 25 y 55 m de profundidad. En las gráficas de las campañas 2 y 3 (Figs. 12-2 y 12-3), la situación batimétrica de los sedimentos arenosos es similar, y en ambos casos la profundidad de las muestras que contienen lodo es resultado de sus condiciones particulares de ubicación en el abanico costero.

En la campaña 4 (Fig. 12-4) ocurre que a mayor profundidad se incremen-

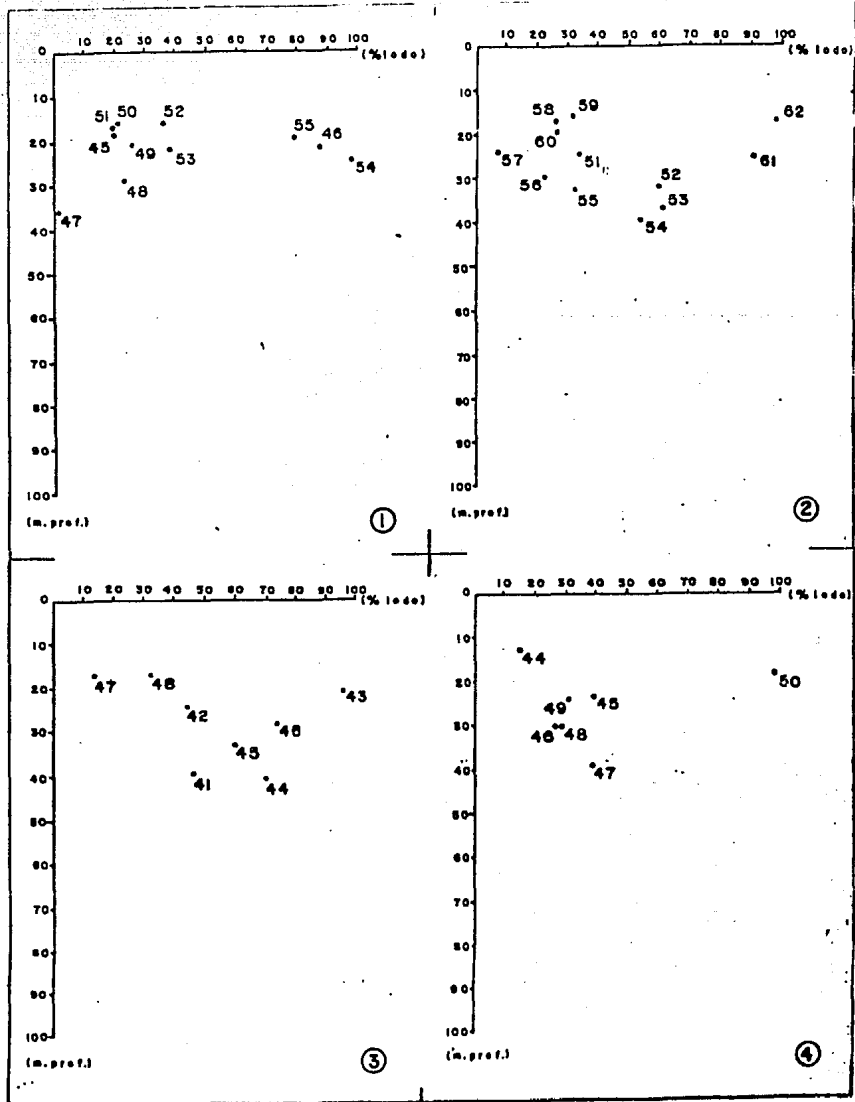


Fig. 10: Gráficas de relación todo vs. profundidad del tirante de agua, área Tuxpan, para las 4 campañas.

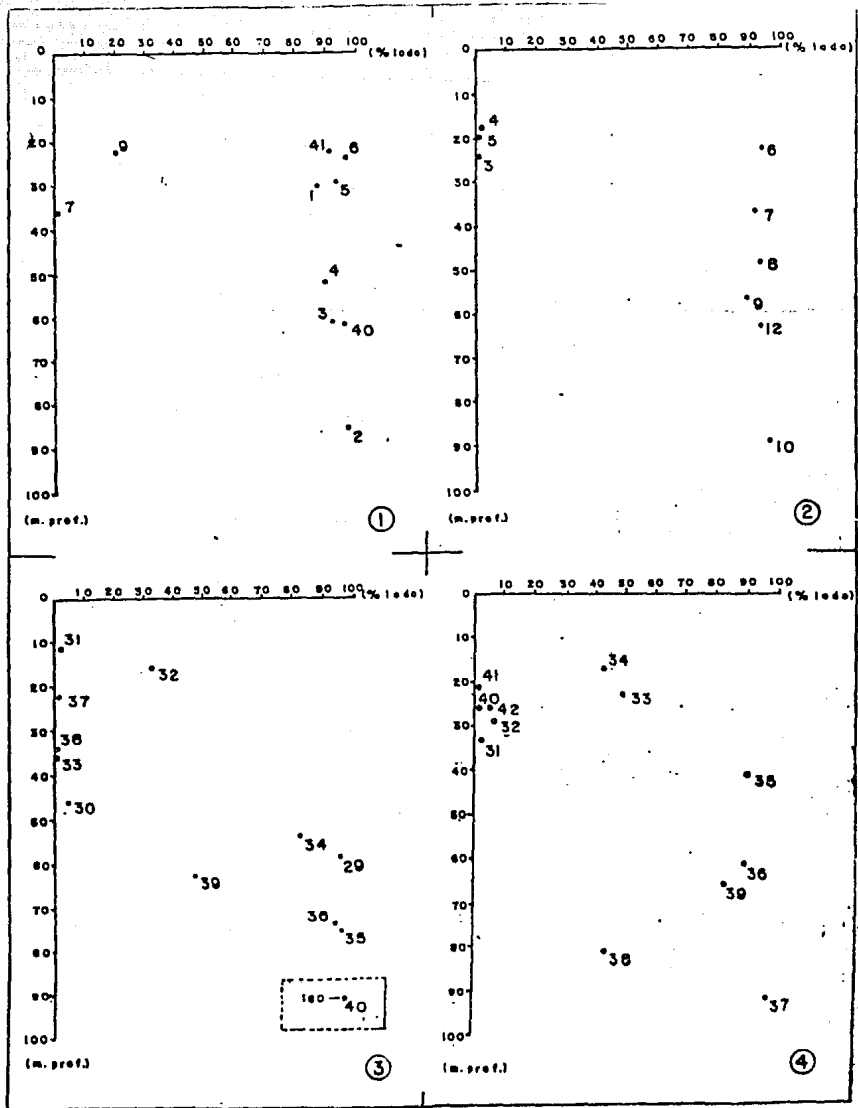


Fig. 11: Gráficas de relación carga vs. profundidad del tirante de agua, área Alvarado, para las 4 compañías

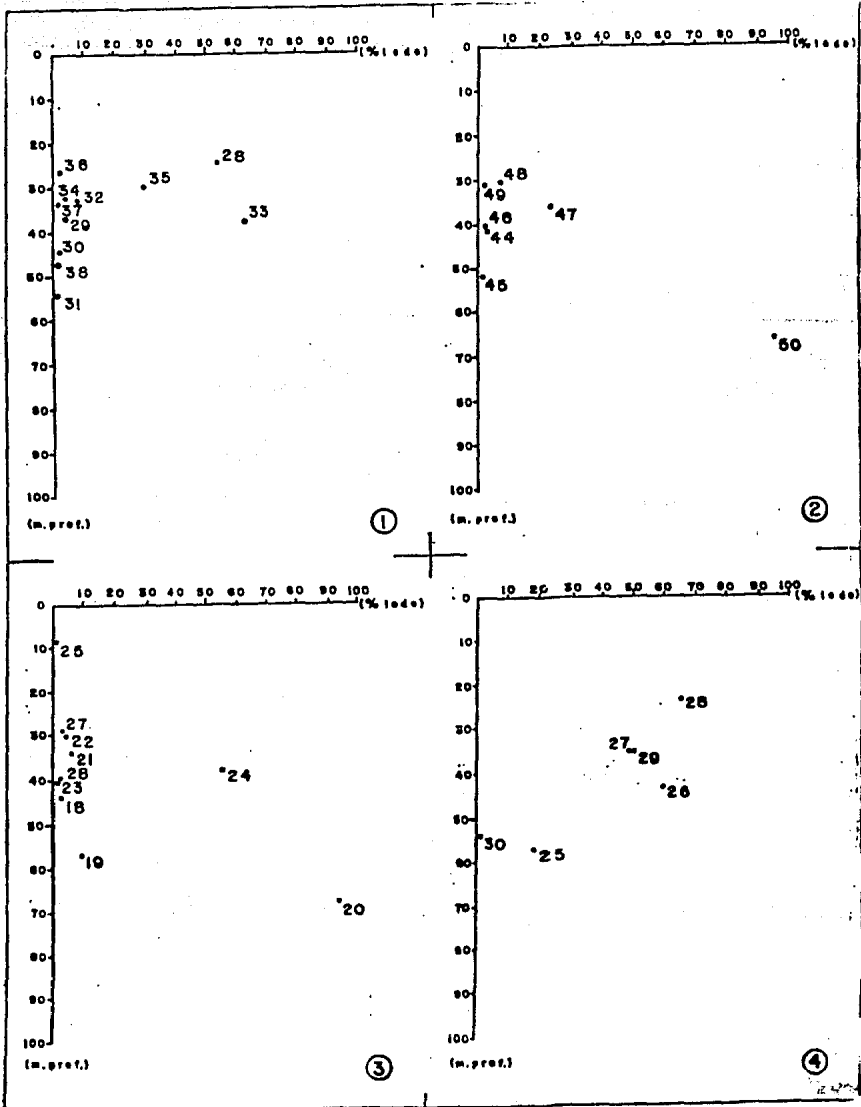


Fig. 12.- Gráficas de relación lodo vs. profundidad del tirante de agua, área Costizcoaticos, para las 4 campañas.



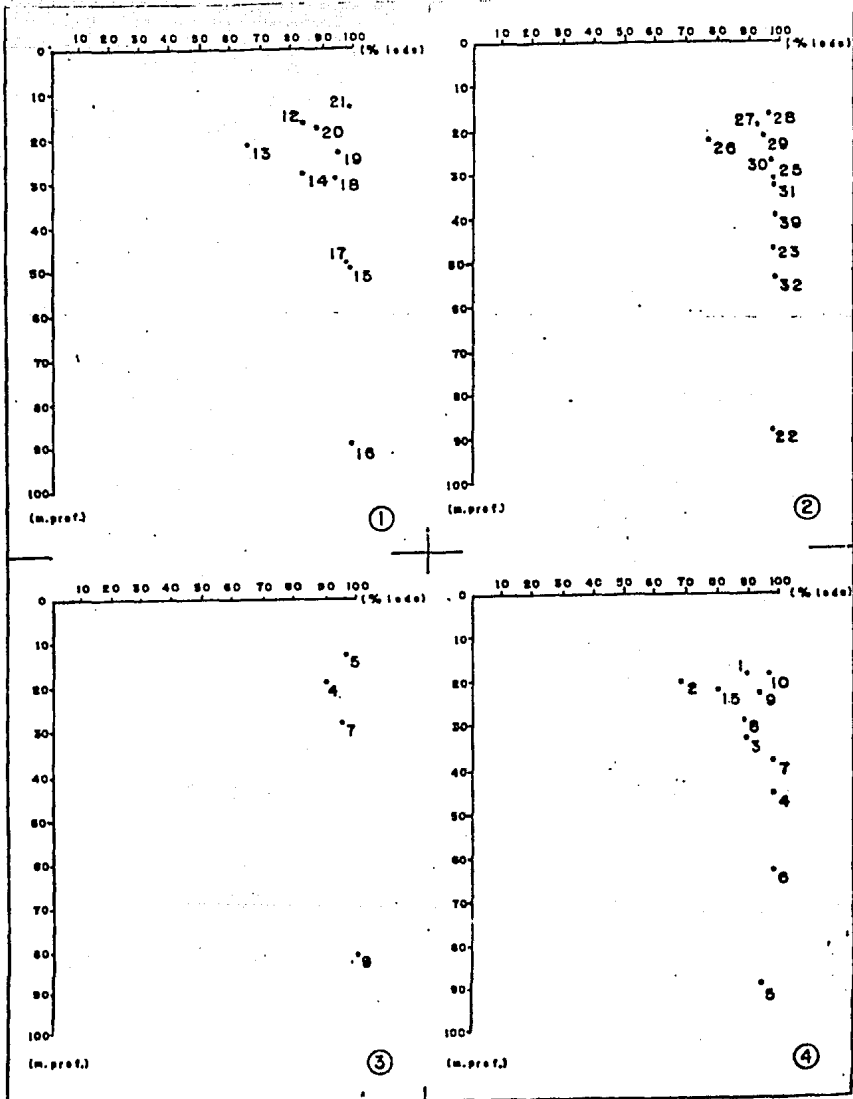


Fig. 13: Gráficas de relación todo vs. profundidad del tirante de agua, área Usumacinta-Sn. Pedro y Sn. Pablo, para las 4 compañías.

ta la proporción de tamaño de arena en el sedimento, esto se debe a la fuerte influencia que ejerce la laguna de Ostión como fuente de aporte de sedimentos finos en áreas cercanas a la costa.

Respecto al Área de Usamacinta - Sn. Pedro y Sn. Pablo las muestras de sedimento con la mayor concentración de arena se sitúan alrededor de los 20 m de profundidad, mientras que las muestras lodosas se ubican entre los 15 m y los 90 m de profundidad (Fig. 13).

En este sentido lo que se puede afirmar es que los cambios en la proporción de arenas respecto a los lodos en el sedimento, en las Áreas estudiadas, están en función directa de la disponibilidad del material en la plataforma de las condiciones texturales del sedimento, de la capacidad de la corriente para removerlo (factores hidrodinámicos) y de la batimetría existente en cada lugar, toda vez que la plataforma es un sistema dinámico y abierto.

## CAPITULO VI

### ANALISIS COMPOSICIONAL DE LA FRACCION ARENOSA

El interés por determinar la composición de la fracción arenosa de los sedimentos obtenidos en las cuatros campañas geológicas ANACO, es el de contribuir al conocimiento de los materiales depositados sobre la plataforma, lo que permitirá hacer una primera estimación sobre el potencial económico de los mismos.

Tanto la composición como el color del sedimento dependen de la fuente de suministro, de la resistencia a la abrasión y disolución de los minerales primarios durante su transporte y depósito; de la mezcla con otros sedimentos alóctonos y autóctonos, de la lejanía al lugar final de sedimentación y del tiempo y persistencia del retenebajo en el lugar del depósito. Al determinar el color del sedimento en húmedo y seco y referirlo a su composición mineralógica se pretende conseguir un patrón visual de inmediato diagnóstico que defina las condiciones mencionadas en cada región.

En el Área de estudio los colores del sedimento húmedo y seco son en general: gris, pardo, olivo y excepcionalmente negro, todos con combinaciones entre ellos y/o con variaciones de intensidad; los casos extraordinarios se señalan en su oportunidad.

En el Área de Tuxpan (Fig. 14), frente a la boca de la laguna de Tampamachoco el color del sedimento más frecuente es el gris olivo - gris olivo oscuro, que se clarifica más durante la época de lluvias sobre el abanico arenoso.

Respecto a la primera campaña en esta zona (Fig. 14-1), se definieron tres colores: gris olivo, gris oscuro y pardo grisáceo, en general se

distribuyen longitudinalmente a la estructura, con cierta tendencia del gris oscuro y pardo grisáceo en los sedimentos más arenosos: litareníticas feldespáticas, sublareníticas y feldsareníticas líticas; Nos. 49, 50 y 52; 45, 46 y 47 respectivamente (Fig. 22.1 y Tabla 3).

Dada la posición de las "franjas" de color respecto al abanico y de éste con la batimetría, se establece que los colores ocurren indistintamente a la profundidad. Es preciso señalar que los sedimentos gris olivo ocurren frente a la desembocadura del río Tuxpan, cuya fracción arenosa es feldsarenítica lítica y que en algunas muestras tiene variaciones sublareníticas o litareníticas feldespáticas (Nos. 51 y 48, Fig. 22.1 y Tabla 3).

En la segunda campaña (Fig. 14-2), en el sedimento húmedo predominan los colores gris olivo y gris olivo oscuro en las muestras obtenidas, en la mayor parte del abanico a partir de la zona más próxima a la boca de la laguna de Tampamachoco. El centro del cuerpo, que corresponde a sedimento más lodoso, tiene color gris oscuro, el cual también se presenta en las zonas de alta concentración arenosa junto con el pardo grisáceo.

El sedimento gris oscuro es arena (feldsarenita lítica), arena lodosa (feldsarenítica lítica pardo grisácea) y lodo; Nos. 57, 58 y 61, respectivamente (Fig. 22.2 y Tabla 4). Por otro lado las arenas lodosas y los lodos arenosos feldsareníticos líticos componen el color predominante, gris olivo y gris olivo oscuro (Nos. 51, 52, 53, 54 y 55, Fig. 22.2 y Tabla 4).

Durante el período de secas (Fig. 14-3) persiste el predominio de color gris olivo - gris olivo oscuro en la mayor parte del abanico, habiendo un manchón gris oscuro de arena lodosa con grava cerca de la costa norte de la barra de Tuxpan.

En la campaña 4, en el Área de Tuxpan (Fig. 14-4), nuevamente se

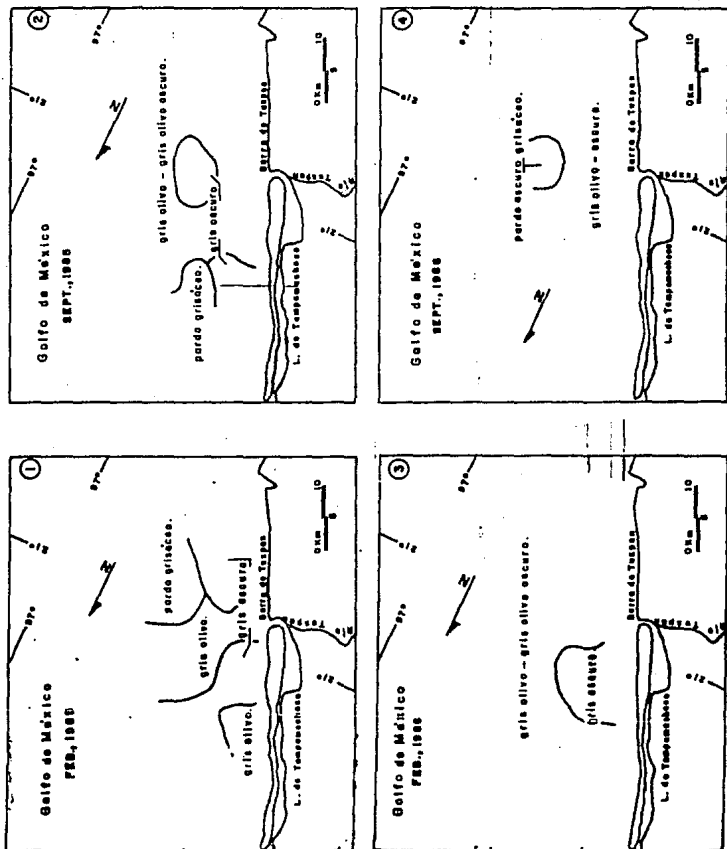


Fig.14: Mapas de color del sedimento en húmero, drea Tuxpan, para las 4 campañas.

observa la marcada presencia del gris olivo - gris olivo oscuro y como en los cuatro casos anteriores se relaciona con la cercanía de la desembocadura del río, ocurriendo tanto en lodos como en arenas lodosas (feldsareníticas líticas); excepto en la muestra No. 47 de la Fig. 22.4 y Tabla 4, que es pardo oscuro a gr. sácea, y que está más alejada del sitio de descarga del río).

Es importante mencionar que en todas las campañas que se muestran en esta zona, el contenido porcentual de terrígenos respecto a biógenos es considerablemente más alto (Fig. 23).

Para la misma zona (Fig. 15), se observa que los colores en seco generalmente presentan tonos claros y son más uniformes respecto al sedimento húmedo, ocurriendo en ocasiones la sustitución de algunos colores por otros. Para la primera campaña en Tuxpa. (Fig. 15-1), el color gris olivo es el más abundante en la estructura, desde las proximidades de la desembocadura del río Tuxpa., persistiendo en el flanco E del abanico el gris con tono pardusco y el gris en el otro extremo. En la figura 15-2, se muestra claramente la uniformización de varios colores en el gris olivo, permaneciendo sin cambio el pardo grisáceo. En el siguiente periodo de secas (Fig. 15-3), predominan el gris olivo, gris olivo claro y olivo localizado frente a la desembocadura del río; colores que cambian durante la siguiente época de lluvias (Fig. 15-4), donde el gris olivo es el más próximo a la zona de descarga y áreas adyacentes, mientras que el pardo oscuro del sedimento húmedo cambió a pardo grisáceo y gris.

Es evidente que los colores pardo olivo y olivo (correspondientes a gris olivo del sedimento húmedo), en las 4 campañas, se sitúan justo frente a la zona de descarga del río, así que se considera a estos colores como indicadores de sedimento recién descargado fluvialmente a la plataforma al ocurrir un incremento de su cobertura superficial durante la

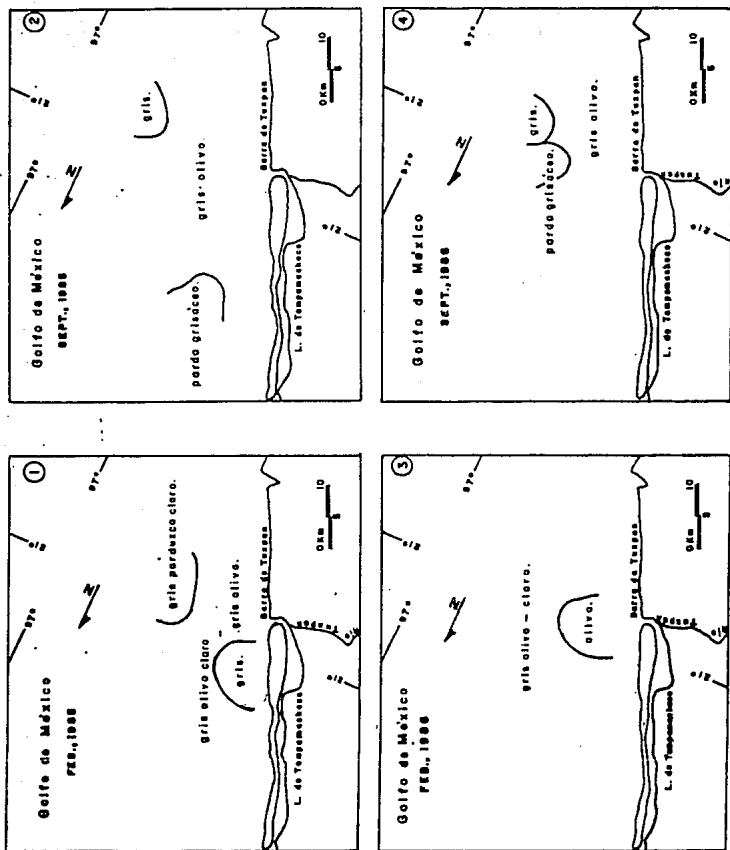


Fig. 15: Mapas de color del sedimento en seco, área Tuxpan, para las 4 temporadas.

época de lluvias.

En la región de Alvarado (Fig. 16-1), la distribución de los colores no corresponde con las líneas de igual concentración de arena, el gris olivo está separado de la boca de la laguna de Alvarado por sedimento gris oscuro - gris muy oscuro y las muestras más alejadas con color similar. Como se esperaba, ocurrió una uniformización de colores, puesto que los sedimentos secos próximos a la boca de la laguna cambiaron a gris olivo y gris olivo claro, aunque apareció un manchón gris pardusco claro frente a la costa rumbo al SE, y la zona con sedimentos gris oscuro cambió a gris (Fig. 17-1). Los sedimentos son sublitarénitas, litarenitas y litarenitas feldespáticas (Nos. 1, 7 y 9, Fig. 22.1 y Tabla 3).

Durante la época de mayor descarga del río Papaloapan, el color gris olivo - gris olivo oscuro predomina en el abanico sedimentario, su extensión respecto a la campaña anterior es mayor y se presenta un área de sedimentos negros constituidos por litarenitas (No. 3, Fig. 22.2 y Tabla 4), a 12 Km de la boca de la laguna (Fig. 16-2).

Comparando lo anterior con la distribución del sedimento seco, ocurre que el color se diversifica de gris olivo a gris y gris pardusco - pardo grisáceo, este último cerca de la costa frente a la boca de la laguna (Fig. 17-2).

Para la siguiente temporada de secas se crean tres bandas de color de sedimento húmedo perpendiculares a la costa, siendo la centrada frente a la boca de la laguna de color pardo olivo y gris olivo - gris olivo oscuro más lejos de la costa, donde el material es lodo arenoso feldsarenítico lítico (No. 34, Fig. 22.3).

Flanqueando esta región sobre la plataforma, se presenta el sedimento pardo grisáceo de distinta intensidad (Fig. 16-3). El patrón, antes señalado permanece casi sin variación para el sedimento seco (Fig. 17-3) como



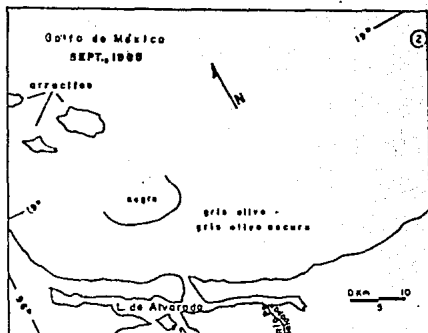
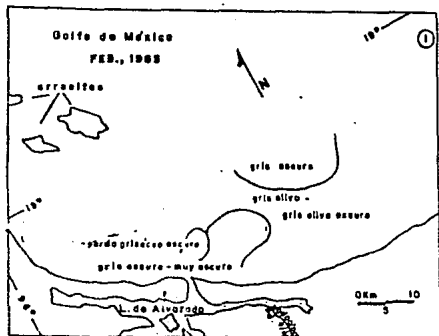


Fig. 16.- Mapas de color del sedimento en húmedo, área Alvarado, para las 4 campañas.

litarenita, feldsarenita lilina, litarenita feldespática y arena lodosa (feldsarenítica lilina) (Nos. 36, 37, 38, 30 y 31, Fig. 22.3 y Tabla 5).

Otra vez la configuración de color del sedimento húmedo para la campaña 4 en Alvarado se modifica respecto a la anterior (Fig. 16-4), pero donde ocurre el predominio cuencifical del gris olivo en arenas lodosas litareníticas feldespáticas y litareníticas (Nos. 33, 34, 35, 42 y 41, Fig. 22.4 y Tabla 6) y aún lodos arenosos de minerales secundarios con cuarzo (No. 39, Fig. 22.4 y Tabla 6) a partir de la boca de la laguna, mientras que al NW y SE se agrupan las arenas litareníticas feldespáticas pardo grisáceas (Nos. 43 y 40, Fig. 22.4 y Tabla 6), arena gravillenta feldsarenítica pardo oscuro grisácea (No. 31, Fig. 22.4 y Tabla 6) y arena litarenítica feldespática gris muy oscuro (No. 32, Fig. 22.4 y Tabla 6).

El sedimento en seco de la misma área (Fig. 17-4) crea su particular configuración, el gris olivo y olivo se extienden ampliamente frente a la boca lagunar, donde el sedimento húmedo es gris olivo y gris muy oscuro, persistiendo el pardo grisáceo muy oscuro. Ocurre también que el pardo oscuro grisáceo se torna pardo y pardo amarillento cuando el sedimento está seco.

En la zona de Coatzacoalcos correspondiente a la primera campaña (Fig. 18-1), los colores oscuros predominan en el sedimento arenoso cuya composición es litarenítica feldespática en la mayoría de los casos (Nos. 28 al 38, Fig. 22.1 y Tabla 3). Aquí se definen tres áreas de color: pardo olivo claro al NE del puerto; pardo grisáceo - oscuro desde la isobata de 40 m hacia las zonas más profundas con un saliente que rodea el abanico arenoso en su parte sur; y gris oscuro a lo largo de la costa frente a la desembocadura del río, ampliándose hasta cubrir la mayor parte del abanico costero y hacia el E sin rebasar la profundidad de 40 m.

En el mismo marco geográfico y climático el sedimento tiene más varier-

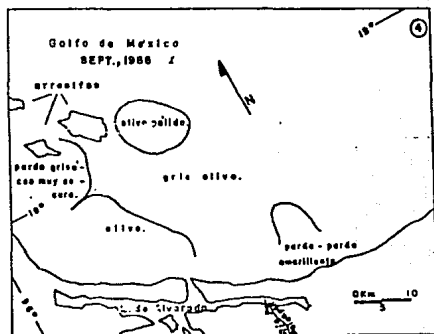
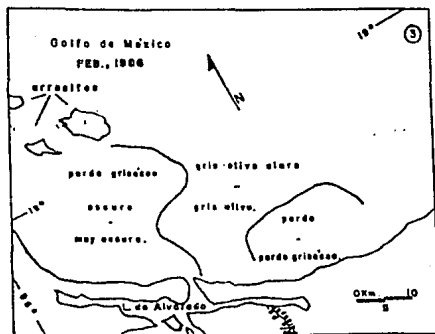
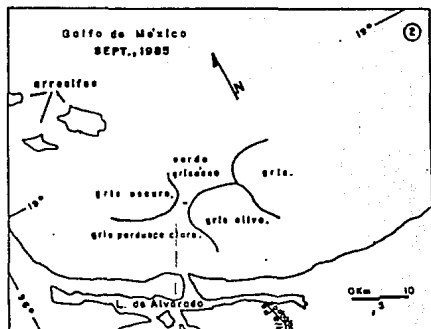
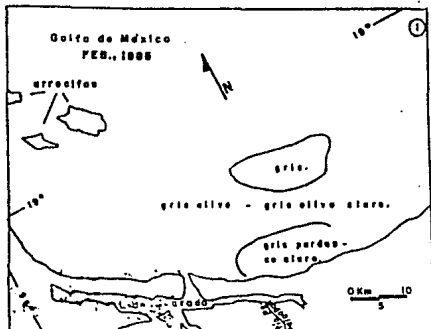


Fig. 17: Mapas de color del sedimento en seco, área Alvarado, para las 4 campañas.

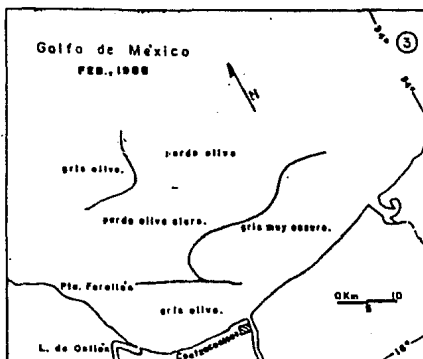
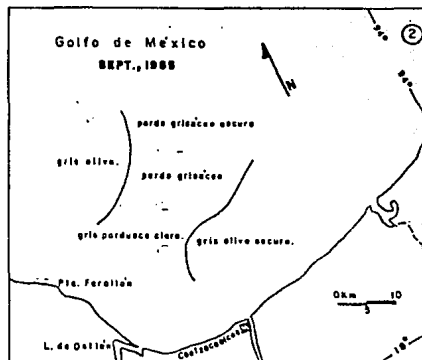
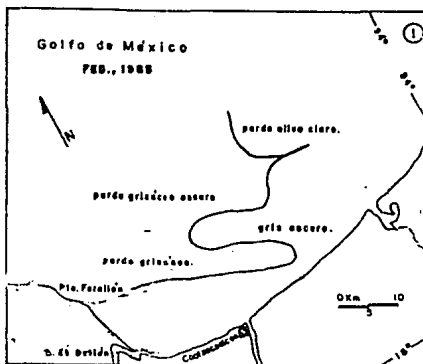


Fig.18:- Mapas de color del sedimento en húmedo, área Coatzacoalcas, para las 4 campañas.

dad en color, de modo que las áreas con más pureza en pardo grisáceo permanecen en pardo con variaciones en gris u olivo claro (porción septentrional del abanico, Fig. 19-1). El sedimento gris - gris claro y gris olivo claro de la misma figura corresponden al gris oscuro del sedimento húmedo; el gris olivo claro es de las arenas y lodos arenosos del abanico rodeando al sedimento gris situado frente a la desembocadura del río Coatzacoalcos.

Durante la campaña 2 en esta región (Fig. 18-2) la distribución de colores del sedimento húmedo es más regular que en la primera, de modo que varía de gris olivo oscuro en arena lodosa (litarenítica feldespática) siguiendo la línea de 90 % en contenido de arena (No. 47, Fig. 22.2 y Tabla 4), continúa con una franja pardo grisáceo - gris pardusco claro de orientación NE en feldsarenita lítica, litarenita feldespática y litarenita (Nos. 44, 45, 49, 46 y 48, Fig. 22.2 y Tabla 4). Finalmente aparece lodo gris olivo en zonas más profundas.

Al tratar el sedimento seco se observa una marcada similitud en distribución de colores. Así, durante la segunda campaña en el área de Coatzacoalcos se establecen los colores correspondientes: gris olivo - olivo; persiste el pardo en olivo claro y grisáceo; en el exterior aparece el gris (Fig. 19-2).

En la campaña 3 en Coatzacoalcos (Fig. 18-3), se define un campo de feldsarenita lítica y litarenita feldespática gris olivo en muestras muy próximas al área de descarga del río (Nos. 22 y 25, Fig. 22.3 y Tabla 5), mientras que las muestras 24 y 27 de lodo arenoso (feldsarenítico lítico y litarenita feldespática, respectivamente) son gris muy oscuro que cubren la mayor parte del abanico frente a la costa. El color de las feldsarenitas líticas en la zona intermedia es pardo olivo - claro y gris olivo en lodos de zonas más profundas. Con el sedimento seco la distribución es

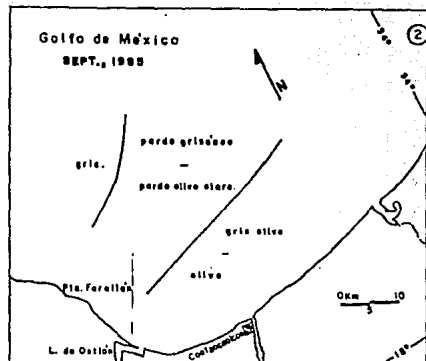
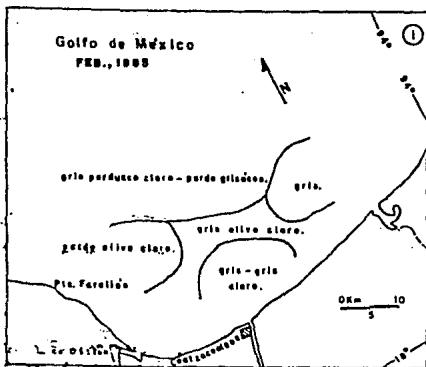


Fig. 19: Mapas de color del sedimento en seco, área Cootzacacoalcos, para las 4 campañas.

similar, el gris olivo del sedimento que forma el abanico con gris rosáceo en el extremo NW, pardo grisáceo - pardo olivo claro en la parte intermedia y gris olivo claro nuevamente en el sedimento lodoso de aguas más profundas (Fig. 19-3).

A partir de la figura 18-4, se pueden establecer "grueso modo" dos grandes zonas de color, al W del río Coatzacoalcos predomina el pardo amarillento y gris muy oscuro en lodo arenoso (feldsarenítico y litarenítico feldespático) y arena gravillenta (feldsarenítica lítica) de las muestras 28, 29 y 30 respectivamente (Fig. 22.4 y Tabla 6). Al E las muestras 25, 26 y 27 compuestas de arenas lodosas con granas y lodos arenosos son básicamente gris olivo.

Sin embargo la gama de colores del sedimento seco para la misma campaña (Fig. 19-4) no son semejantes, puesto que el gris olivo enmascara tanto al gris muy oscuro como al gris oscuro olivo, mientras que el pardo grisáceo claro, hace lo mismo con el gris olivo oscuro de la campaña anterior y sólo permanecen sin cambio las arenas gravillentas pardo amarillentas.

Los sedimentos del abanico en el Área Usumacinta - Sn. Pedro y Sn. Pablo, básicamente lodosos, presentan poca variación de color, del gris oscuro y gris en el núcleo de las estructuras y gris olivo en su parte exterior y cerca del área de descarga del primer río. Comparando la distribución y extensión de color de una temporada a otra no se detecta alguna variación considerable al ocurrir la descarga de nuevo material en suspensión hacia la plataforma, aunque debe considerarse la reducida densidad de muestreo en esta región (Fig. 20).

En la campaña 1, en el sedimento seco (Fig. 21-1), sólo la muestra 17 cambió a gris claro y el resto se uniformizó a gris olivo y gris olivo claro, color que también predomina en el sedimento seco de la campaña 2

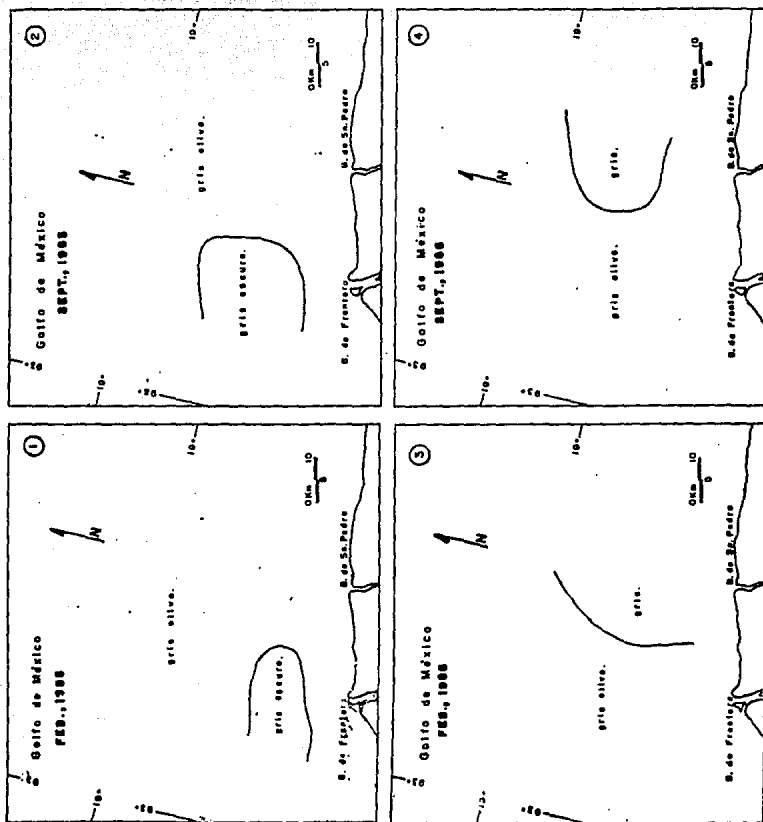


FIG. 20.-Mapas de color del sedimento en hámedo, área Usamsinta - Sn. Pedro y Sn. Pablo, para las 4 campañas.

Tesis Prof. SEP-1966.



(Fig. 21-2) y con un parche gris en el Área próxima a la muestra 25.

Durante la campaña 3 (Fig. 21-3) el gris únicamente permanece en el sedimento más cercano a la costa frente a la barra de Sn. Pedro, y el resto del sedimento seco es gris olivo - claro.

En la campaña 4, el color del sedimento seco respecto a la campaña 3 en similares condiciones, presenta dos Áreas grises rodeadas por lodo arenoso feldsarenítico litico - litarenítico faldesprático gris olivo. Una de estas Áreas corresponde al frente de la desembocadura del río Usumacinta.

Se considera que el color de los sedimentos marinos recientes depende de factores tales como a) que la muestra esté húmeda o seca; b) el color dado por los granos mayores (mineralogía de la fracción arenosa); c) el estado de oxidación o reducción del hierro; d) la cantidad de materia orgánica, entre otros (Sverdrup et al, 1942). El factor más importante que controla el color y que define las condiciones físico - químicas que inciden en el sedimento es el potencial redox.

De esta manera, sabiendo que se trata de un ambiente marino somero, la presencia del color pardo en el sedimento puede indicar condiciones oxidantes en general. Se ha señalado la marcada presencia del color olivo en las proximidades de la desembocadura de los ríos involucrados y su mayor cobertura superficial en los periodos de descarga, fenómeno que se atribuye a la predominancia de terrígenos en estos depósitos.

Los grises oscuros pueden deberse a la presencia de minerales negros, situación que es más evidente en Alvarado y Cortzacoalcos, zonas donde al evaluar los componentes arenosos se detectaron contenidos importantes de líticos y minerales accesorios (Figs. 24 y 25).

La ocurrencia de materia orgánica continental (específicamente fibras vegetales de color pardo) se observó en muestras recolectadas cerca de la costa, sobre todo en el Área Usumacinta - Sn. Pedro y Sn. Pablo, en

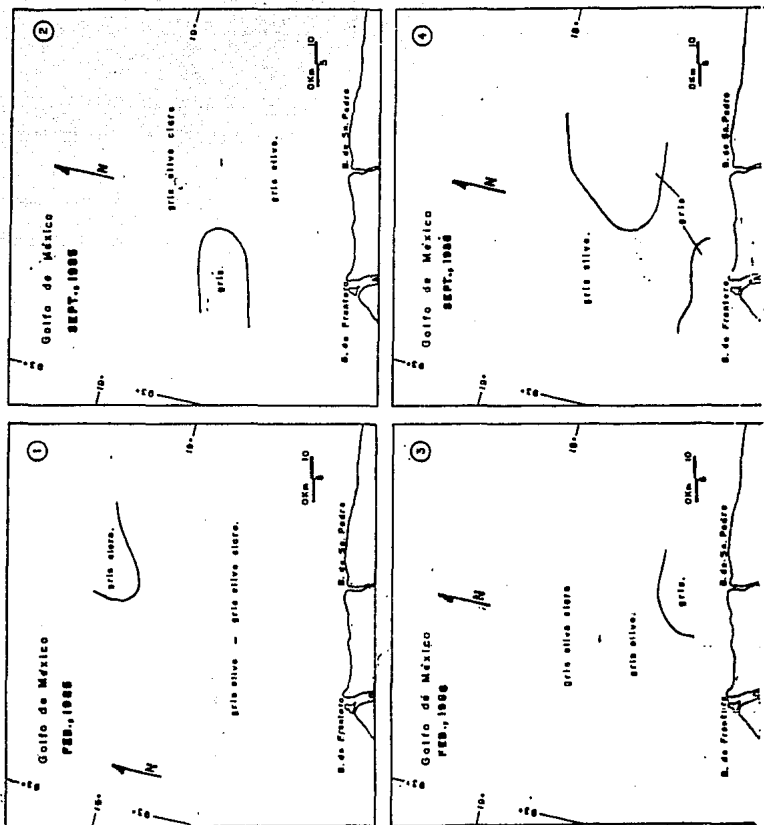


Fig. 21.- Mapas de color del sedimento en seco, área Usumacinta - Sn. Pedro y Sn. Pablo, para los 4 campañas.

insignificantes concentraciones (no mayores de 2 %).

Como se expuso en el capítulo II, la muestra total del sedimento se caracteriza por su textura y la fracción arenosa de esta muestra se establece por su composición:

En las figuras 22.1, 22.2, 22.3 y 22.4 se ubicaron 127 muestras que cuentan con 10 % de arena o más de las 195 colectadas en las 4 campañas. Su clasificación, de acuerdo a los criterios de composición mineralógica de arenas, usando el diagrama de Folk (1966), permite establecer que los sedimentos recientes depositados en la plataforma del golfo de México frente a los ríos Tuxpan, Papaloapan, Coatzacoalcos y Usamacinta-Sn. Pedro y Sn. Pablo, presentan las siguientes características: una asociación mineral compleja, alto contenido de líticos y feldespatos con poca redondez, similar a la del cuarzo, en los minerales accesorios predomina ampliamente la biotita (que es un mineral relativamente inestable) sobre la muscovita y la presencia de minerales pesados poco resistentes al intemperismo como son los anfíboles, piroxenos y olivino.

El análisis de las arenas al microscopio no sólo permite evaluar el contenido de componentes mineralógicos, sino incluso determinar atributos texturales como forma, redondez y selección.

Los elementos tomados en consideración para definir la composición fueron divididos genéticamente en terrígenos (T) y biógenos (B).

Los primeros a su vez están divididos mineralógicamente en primarios: cuarzo (Q), feldespatos (F) y fragmentos de roca (FR); y accesorios: otros (O), que agrupan a la magnetita, biotita, anfíboles, piroxenos y con menor ocurrencia la turmalina, muscovita, olivino, ilmenita y circon.

A su vez, la división establecida para los componentes biógenos está dada por su abundancia en el sedimento analizado, como sigue: foraminíferos (f), ostrácodos (o), moluscos (m) y otros (b); briozoarios, espículas

Fig. 22.- Clasificación de la fracción arenosa de los sedimentos que contienen más del 10% de arena, ABACO I.

- △ Tuzpa
- + Alverde
- X Coatepec
- O Usumacinta-Sn. P. y Sn. P.
- Fuera de las 4 áreas anteriores

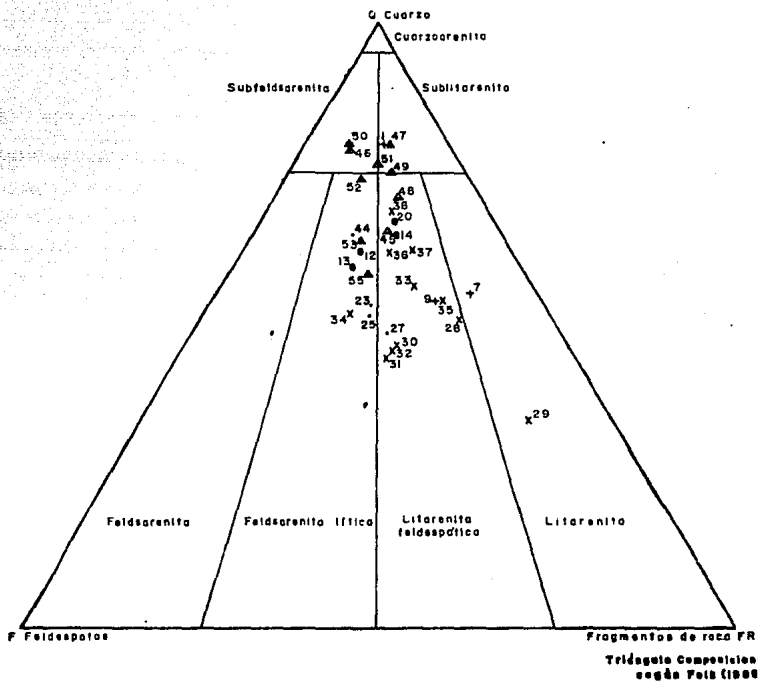


Fig. 22.2.-Clasificación de la fracción arenosa de los sedimentos que contienen más del 10% de arena, ABACO 2.

- △ Tuxpan
- + Alvarado
- X Coahuacalcos
- O Usumacinta - Sn. P. y Sn. P.
- Fuera de las 4 áreas anteriores

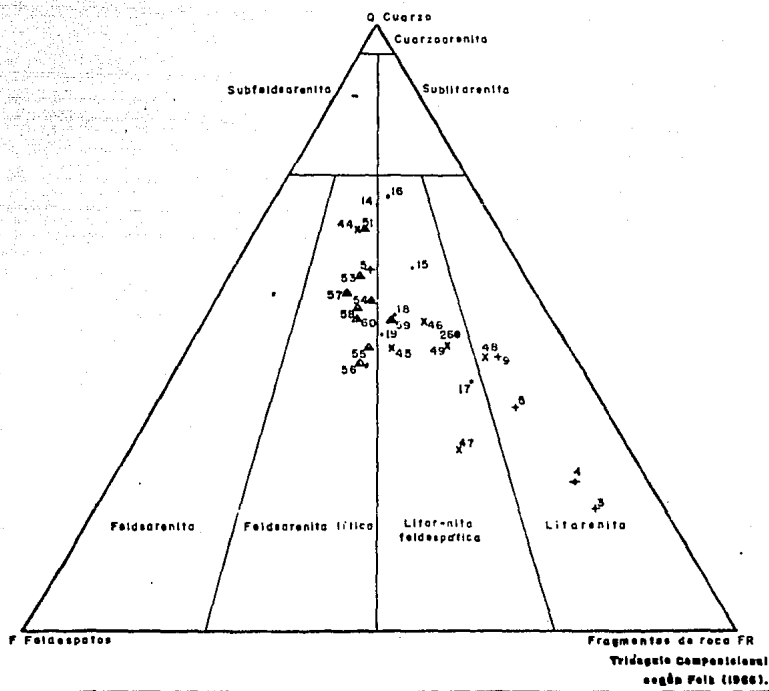


Fig. 22.3.-Clasificación de la fracción arenosa de los sedimentos que contienen más del 10% de arena, ABACO 3.

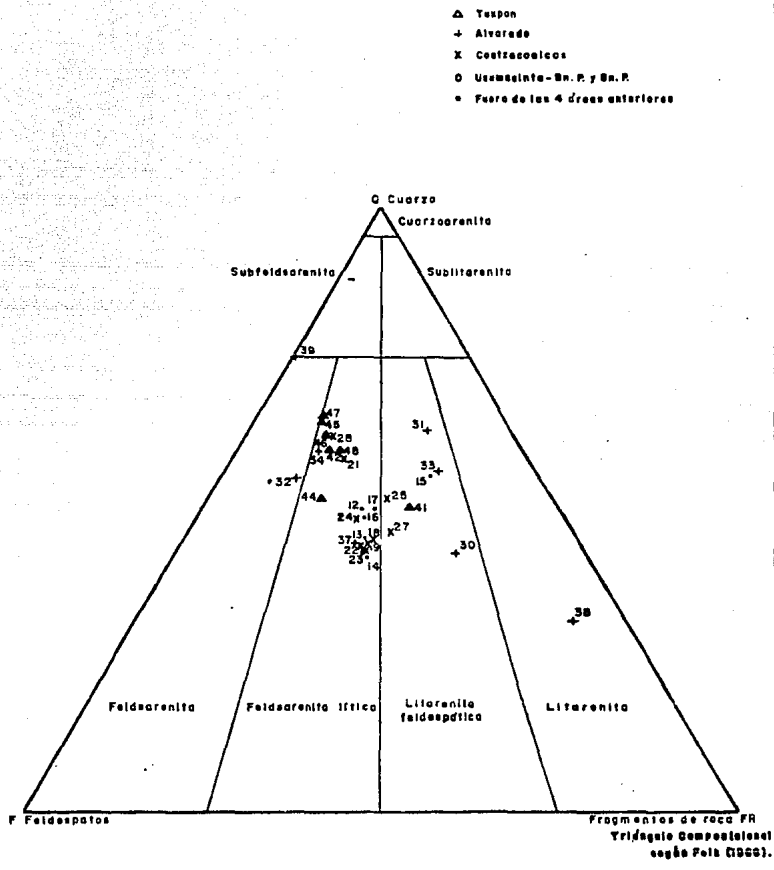
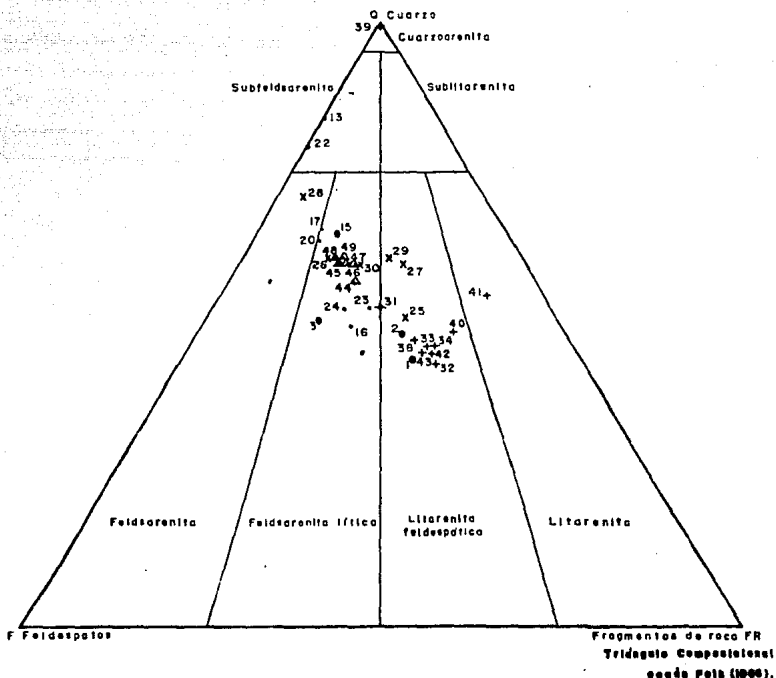


Fig. 22.4.- Clasificación de la fracción arenosa de los sedimentos que contienen más del 10% de arena, ABACO 4.

- △ Tuzson
- + Alvarado
- x Coateacoahuila
- o Usumacinta-Sa. P. y Sa. P.
- Fuera de las 4 áreas anteriores



de esponja y algas, principalmente.

Los resultados gráficos se exponen en las figuras 23, 24, 25 y 26, concluyéndose que el contenido de terrígenos en el sedimento es mayor que los constituyentes biógenos. Caso contrario sucede cuando el sedimento es más lodoso que arenoso; las partículas biógenas son más abundantes que los terrígenos.

Del grupo de minerales primarios, el cuarzo es el más abundante contribuyendo entre el 33 y 75 % (promedio 54 %) del total de los terrígenos. La redondez del cuarzo de acuerdo a los límites de clase de Pettijohn (1983), varía de aproximadamente 0.15 a 0.40 (anguloso-subredondeado) detectándose que en general los tamaños mejor redondeados son los mayores.

Respecto al contenido de feldespatos y fragmentos de roca en las arenas existe un ligero predominio de los segundos sobre los feldespatos. En muestras lodosas ambos porcentajes se abaten hasta menos de 5 %, e incluso desaparecen. El rango de contenido porcentual de feldespatos es de 8 a 26 %.

Los fragmentos de roca varían de 8 a 50 % del total de terrígenos y excepcionalmente llegan al 70 %. Ambos constituyentes se encuentran bien conservados, sin alteración o abrasión notable puesto que su condición de redondez es similar a la del cuarzo.

Los minerales accesorios están constituidos en orden de abundancia por: anfíboles, piroxenos, biotita, magnetita, turmalina, muscovita, olivino, ilmenita y circon. La importancia de estos minerales está dada por los minerales pesados que podrían ser de interés económico si su concentración y su extracción son rentables.

En principio, se detectaron 33 muestras de arenas finas, arenas lodosas y lodos arenosos con porcentajes de minerales accesorios entre 25 y 58 % del total de terrígenos, de las cuales 5 muestras se colectaron fuera de



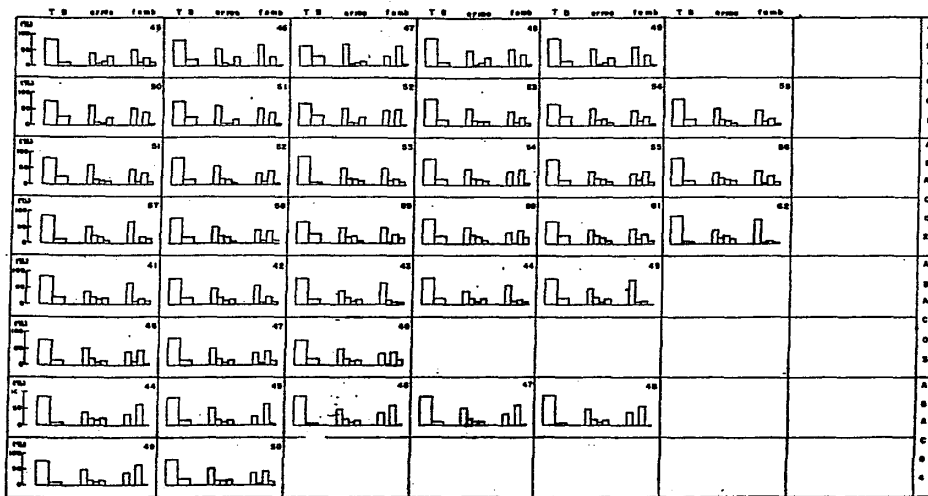


Fig. 23: Gráficos de composición de arroyos, dren Toros, para los 4 caméctos.

Legenda

- T Terrizones
- B Bidzones
- I Cursos
- O Volcaperos
- F Fragmentos de roca
- A Oros
- C Foramitaños
- D Cascaños
- M Molinos
- B Bricosarios y otros

PALEO GEOLOGIA

las cuatro áreas definidas en principio. Sin embargo, el contenido de minerales pesados es función de la proporción de arena y el tamaño de la manera que una arena fina para esas condiciones tiene más posibilidades de concentrar, al menos, cantidades moderadas (más del 20 %) de minerales pesados para ser considerado de interés potencial. De las 33 muestras colectadas, solo 18 de ellas contienen minerales pesados con más del 20 % del volumen total de sedimentos una de ellas ubicada entre las zonas de Coahuacoalcos y Usumacinta, fuera de las 4 áreas de estudio consideradas (No. 23 de ABACO 1, Tabla 3).

En Tuxpan, las muestras de mayor interés son la 45 y la 48 de la campaña 1 clasificadas como arenas lodosas de composición litarenítica feldespática, con 23 % y 20 % de minerales pesados respectivamente (fig. 23 y Tabla 3).

En el Área de Alvarado, los sedimentos con atractivo económico se colectaron en la última campaña, y corresponden a las muestras arenosas 32, 40, 41, 42 y 43 y la aren. lodosa de la muestra 34; todas de similar composición, litarenitas feldespáticas (Fig. 24 y Tabla 6), y con porcentaje de minerales pesados de 37, 50, 49, 45, 38 y 42 % respectivamente.

El 50 % de las muestras con las mayores concentraciones de minerales pesados aparecen en el Área de Coahuacoalcos (Fig. 25); ABACO 1: Nos. 35 y 36 como arena lodosa y arena con 29 y 30 % de minerales pesados respectivamente, litarenitas feldespáticas ambas (Tabla 3); ABACO 2: Nos. 47 y 48 como arena lodosa litarenítica feldespática y litarenita (Tabla 4), con 22 y 30 % de minerales pesados respectivamente; ABACO 3: Nos. 21, 22 y 23 como feldsarenitas líticas (Tabla 5); con 32, 31 y 28 % de minerales pesados y Nos. 25 y 27 como litarenitas feldespáticas (Tabla 5); con 29 y 45 % de minerales pesados en el sedimento.

En el Área Usumacinta - Sn. Pedro y Sn. Pablo no existe concentración

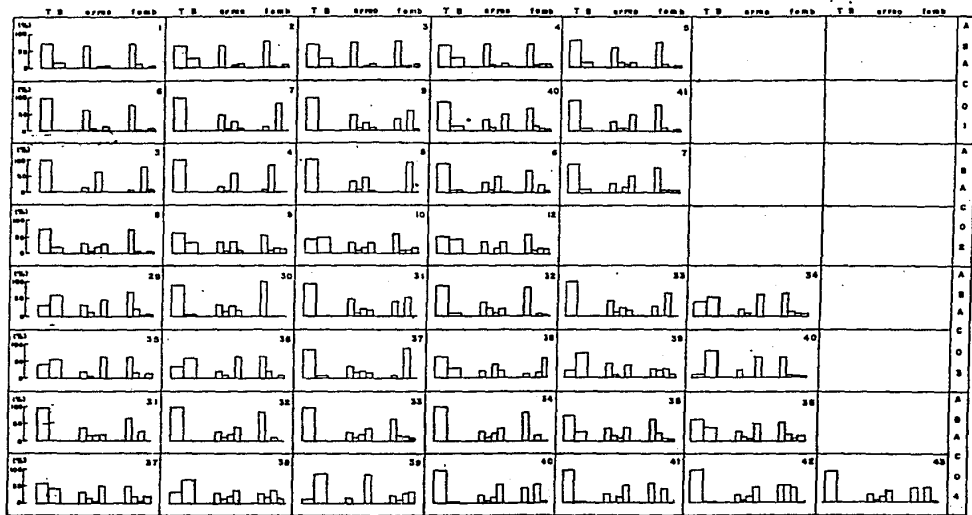


Fig. 24: Gráficos de composición de arenas, deo Alvaros, para los 4 campy Nav.

- Legenda
- T Terrígenos
  - O B Biógenos
  - I C Cuarcos
  - F Faldespolos
  - FR Fragmentos de rima
  - A O Otros
  - T Foraminíferos
  - O Ostracodos
  - M Moluscos
  - B Briozoarios patras

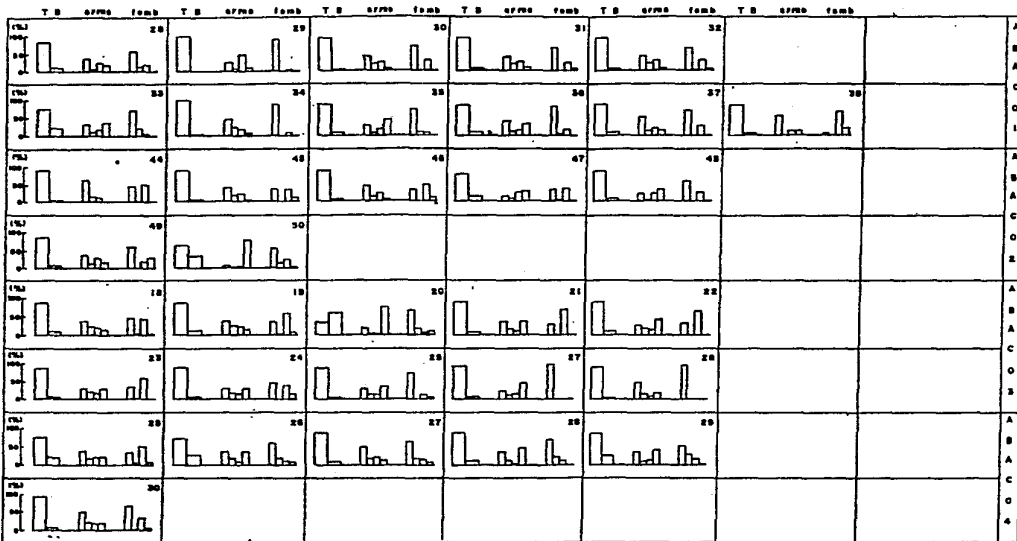


Fig. 20: Grillas de composición de arcillas, de los Catechoceros, para las 4 compañías.

Leyenda

T	Torrificos
B	Sulfatos
C	Cuarzo
D	Feldespatos
E	Fragmentos de rocas
F	Oxidos
G	Fosfatos
H	Ostracodos
I	Malescos
J	Brisas y otros

importante de minerales pesados. Se considera que esto se debe a la distancia respecto a la fuente de aporte y a condiciones hidrodinámicas de estos ríos junto con el Grijalva, puesto que se ha visto que preferentemente ocurren en arenas finas y aquí predominan los sedimentos de tipo lodoso (Fig. 24).

Es pertinente señalar que dentro de los minerales aquí agrupados como minerales pesados se hace referencia por definición a aquellos cuyo peso específico es mayor a 2.85, esto es, se considera tanto a los económicamente atractivos (magnetita, ilmenita y circón), como a los ajenos a procesos de extracción química redituable (anfíboles, piroxenos, turmalina, olivino, etc).

Entre los componentes biógenos, los más abundantes son los foraminíferos, su rango porcentual de concentración es muy amplio, de 10 a 100 %, pero su rango promedio es de 60 a 75 %. Siguen en abundancia los moluscos, con rango de concentración entre 18 y 35 %, y valores más altos en muestras muy someras y de textura gruesa. Los esqueletos de ostrácodos no se detectaron en todas las muestras; tienen variaciones entre el 2 y 30 % de los componentes biógenos, pero en promedio se presentan entre el 8 y 20 %. Finalmente, dentro de este conjunto, los restos de briozoarios, espiculas de esponja, fragmentos de algas, dientes de peces, y otros, contienen entre el 1 y 15 % (Figs. 23, 24, 25 y 26). Se debe señalar que entre una temporada y otra distinta, no existe un evidente decremento de componentes terrígenos e incremento de biógenos que permita pensar que en época de secas la participación de biógenos sea mayor. en cualquier temporada los terrígenos superan en cantidad a los biógenos y sólo excepcionalmente como se señaló anteriormente, se invierte la relación cuando el sedimento es lodoso.

Es posible señalar, a partir de todo lo anterior, que los sedimentos

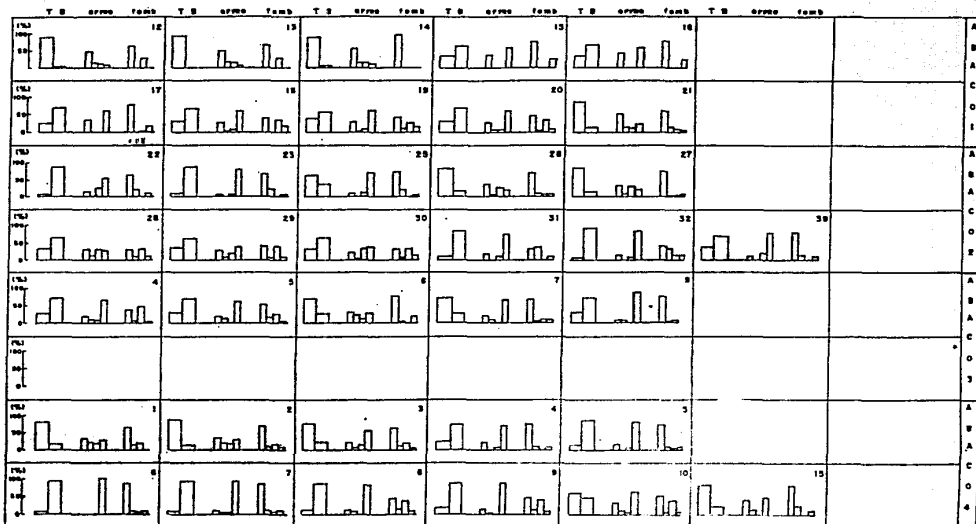


Fig. 20: Gráficos de composición diarias, desde Usulután, Ch. P. y St. P., para los 4 capítulos.

Leyenda

- T Terrigenos
- D Diquesos
- B Cueros
- I
- F Faldosantos
- FR Fragmentos de roca
- A Otros
- C Parantoforos
- O Ostracodos
- R Moluscos
- S Brizocantos y otros

son marcadamente inadecuados y revelan además de la proximidad de la fuente de aporte, constituida por rocas supracorticales que forman parte de las sierras adyacentes a la Planicie Costera del Golfo y los macizos volcánicos de Palma Sola y Los Tuxtlas; la eficiencia en el transporte y descarga fluvial del sedimento, incide directamente en el gran volumen de sedimentos que se depositan en la plataforma marina.

## CAPITULO VII

### RECURSOS MINERALES DEL MAR

Un recurso mineral es el material o conjunto de materiales de ocurrencia natural que por su cantidad y concentración puede ser de valor económico inmediato o mediano en función de las variables económicas imperantes en el mercado, y de acuerdo a la infraestructura tecnológica disponible, se clasifican como reserva o recurso.

Después de la 2a. Guerra Mundial, el mar ha sido el foco de atención del hombre como una fuente alternativa de alimentos, combustibles y minerales que logren satisfacer las necesidades de la población mundial, la cual está aumentando con rapidez. Por ello es necesario acelerar el ritmo de la investigación y evaluación económica particularmente de los minerales del mar.

Cronan (1980), separa los depósitos submarinos de acuerdo a su ocurrencia en las diversas macroestructuras de corteza continental u oceánica existentes. En la plataforma continental hay depósitos de fosforitas, minerales de placer y depósitos biogénicos; en el talud continental existen yacimientos potenciales de petróleo y de gas natural. En la planicie abisal se presentan nódulos polimetálicos, sedimentos metalíferos, minerales autigénicos, radiolaritas y diatomitas, y en las dorsales mesoceánicas, depósitos hidrotermales, de Fe-Mn y otros metales asociados a esas provincias marinas. Las montañas submarinas llegan a presentar fosforitas y depósitos de metales de Fe-Mn.

En México ya se han dado los primeros pasos en el estudio de los minerales del mar, debido a la creciente necesidad de materias primas



disponibles y factibles de explotar; tal es el caso de las salinas de Guerrero Negro y Ojo de Liebre en Baja California. "Con la participación de las Ciencias del Mar se busca plantear estrategias de estudio para el posible aprovechamiento de estos recursos" (Carranza, 1987).

Algunos autores han señalado recientemente la existencia de minerales pesados ricos en Fe y Ti que tienen concentraciones de interés en sedimentos arenosos de playa en algunas costas de Oaxaca (Carranza et al., en prensa) y sobre la plataforma continental del estado de Guerrero (Carranza et al., en prensa). Así como los depósitos de materiales aprovechables para la construcción en algunos sedimentos someros de esta última región.

Los nódulos polimetálicos son un recurso mineral potencial estratégico por su contenido de níquel, cobre y cobalto. Dentro de la zona económica exclusiva mexicana en el Pacífico Oriental, existen excelentes evidencias de la presencia de nódulos polimetálicos con amplia distribución, y de acuerdo al primer cálculo de reservas, esta zona es de potencial económico en los nódulos polimetálicos (Carranza et al., 1987).

Como se puede ver en la Tabla 7, según Cruickshank (1974), los depósitos terrígenos litorales son producto de erosión subaérea; los sedimentos de arenas y gravas no metálicos son utilizados como agregados en la construcción; cuando su composición es únicamente silicea su aplicación es básica en la industria del vidrio. La granita y sillimanita se utilizan en la fabricación de porcelana refractaria.

Los minerales pesados se concentran mecánicamente en ambientes subacuáticos, en función de cuando menos cuatro factores principales: a) composición de la fuente primaria y distancia a la zona de sedimentación; b) fisiografía y clima, que inciden en los agentes de intemperismo y de erosión dominantes; c) medios de transporte y depósito; d) actividad de los procesos del ambiente sedimentario para concentrar a las partículas

Tabla 7.- Depósitos minerales no consolidados de las sárgenes continentales (Estado de Cruickshank, 1974).

	Litoral			Batal	
	No Metálicos	Minerales Pesados	Elementos Nativos	Superficial	Subsuelo
	Arena y Grava:	Arenas de minerales pesados	Metales nativos:		Menci-elágicos
	SiO <sub>2</sub>	Magnetita:	Oro: Au		Lodo azul
	Arena de sílice:	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Platino: Pt		Lodo volcánico
	SiO <sub>2</sub>	Ilmenita:	Cobres: Cu		Lodo amarillo y rojo
	Arena industrial:	FeTiO <sub>3</sub>	Benas:		Sedimentos de grava
	Cianita	Rutilo:	Diamante		
T	Silimanita:	TiO <sub>2</sub>			
E	Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub>	Monacita:			
R	Estaurolita	(Ce,La,Th)PO <sub>4</sub>			
R	Granate	Crocoita:			
I	Lodos refractarios	FeCr <sub>2</sub> S <sub>4</sub>			
G		Stroch:			
E		CrSiO <sub>4</sub>			
H		Cassiterita:			
O		SnO <sub>2</sub>			
S		Xenotima:			
		YPO <sub>4</sub>			
		Berilo			
		Coluabita			
		Cinabrio			
B					
I					
D	Arenas calcáreas:		Corales preciosos:		Lodos orgánicos
G	(CaCO <sub>3</sub> )		Perlas		Calcareos
E	Lechos de conchas:				Lodos de coral
I	CaCO <sub>3</sub>				
C	Corales:				
O	CaCO <sub>3</sub>				
S					
A					
U	Fosforitas			Fosforita	Lodos metalíferos
T	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>			Concreciones de	Au/Ag/Cu/Pt: r.
I	Aragonita:			Sulfato de Bario	Lodos verdes
G	CaCO <sub>3</sub>			Silimanita:	
E	Glauconita			Silicato de	
N				K(Mg,Fe)Al	
I				Nódulos y	
C				láminas de	
O				Mn,Fe,Mi,Co,Cu	
S					
DIA					
SE				Fosforita	
NI				Bolonia	
COS					

de acuerdo a las propiedades físico-químicas en playas sumergidas, barras, valles, cauces fluviales y de mareas, etc.

Los minerales nativos como Au, Pt, Cu, gemas y diamantes, generalmente se concentran mecánicamente como depósitos de placer.

Por su parte, algunos materiales biogénicos son de importancia económica directa, como los corales preciosos y las perlas, o indirectas al procesarse para su industrialización, como las arenas de conchas utilizadas para cal y cemento.

Los minerales autigénicos son el resultado de la precipitación espontánea de los compuestos disueltos en el agua marina; tal es el caso de la fosforita y glauconita, ejemplo de minerales que pueden precipitar en plataforma.

La textura de los sedimentos que conforman los abanicos costeros estudiados (con excepción del situado frente a los ríos Usumacinta - Sn. Pedro y Sn. Pablo) es predominantemente arenosa, y permitiría su utilización como agregados en la industria de la construcción.

Los agregados se definen como aquellos materiales de construcción de tamaños de 1/16 mm o mayores, poco activos química y físicamente que adicionados a una matriz forman hormigón (Krynine y Judd, 1975). La ubicación de los sedimentos altamente arenosos se da sobre todo en las partes exteriores de los abanicos hasta profundidades de 40 m, y áreas próximas a la desembocadura de los ríos involucrados.

No obstante, como las arenas son ricas en minerales silíceos y silicatos, éstas presentan el posible inconveniente de utilizarse como materia prima para la construcción debido a la reacción de los álcalis del cemento con los agregados de este tipo, y dada su solubilidad se debilitaría la liga entre los componentes de la mezcla. Una buena medida preventiva es el uso de un cemento de baja alcalinidad (Krynine y Judd, 1975).

Si bien es cierto que el presente estudio no pretende obtener la evaluación y cuantificación de los sedimentos aprovechables en la industria particularmente de la construcción, es recomendable su consulta como base a posteriores estudios en ese sentido, puesto que proporciona datos de ubicación, tipo de sedimento, su distribución y composición; aspectos que son indispensables en el desarrollo de estudios alocados al cálculo de reservas.

En el área de estudio, los depósitos arenosos con concentraciones de minerales pesados (magnetita e ilmenita) de interés industrial, son escasos. Las 18 muestras referidas en capítulos anteriores, que se ubican en las zonas de Alvarado y Coatzacoalcos, tienen concentraciones de este tipo de minerales cercanos al 20 % del volumen total del sedimento, siendo estas las más enriquecidas, por lo que por el momento estas áreas son las únicas que ofrecen un atractivo de interés potencial económico.

## Conclusiones y recomendaciones

El aporte sedimentario de los ríos del área de estudio repercute notablemente en el régimen de depósito en plataforma puesto que la relación terrígenos/carbonáticos es mayor a 1.

Los abanicos costeros tienen una constitución preferentemente arenosa (excepto en la zona Coatzacoalcos-Sn. Pedro y Sn. Pablo, donde predominan los sedimentos lodosos). En Tuxpan, los abanicos tienen una orientación que refleja la influencia de las corrientes generadas por los vientos: en febrero su eje corre NE-SW o sensiblemente N; en septiembre se orienta NW-SE o ESW. La influencia directa de la laguna de Tampamachoco es notable por el aporte de sedimentos finos que se sitúan en los núcleos de todos los abanicos. Los sedimentos arenosos ocurren hasta la isobata de 40 m.

Los abanicos en la zona de Alvarado tienen forma irregular, su disposición indica la existencia de corrientes costeras que cambian al SE, posiblemente debido a la configuración de la costa en este lugar. El sedimento predominante es arenoso y se encuentra hasta profundidades menores de 45 m. Las franjas lodosas existentes se deben a la influencia de los sedimentos finos provenientes de la laguna de Alvarado.

En Coatzacoalcos predominan los sedimentos arenosos, su distribución produce formas lenticulares con sedimentos lodosos en el núcleo. Su forma no permite definir alguna corriente definida. Los sedimentos arenosos son más abundantes a profundidades menores de 55 m. La presencia de mezclas finas en áreas someras se debe posiblemente a la influencia de sedimentos lodosos provenientes de la laguna de Ostión.

En el Área de Usumacinta-Sn. Pedro y Sn. Pablo los sedimentos más abundantes son lodos, de amplia distribución sobre la plataforma. Los sedimentos con mezclas de arena ocurren sobre la isobata de los 70 m.

Los sedimentos analizados en este estudio presentan las siguientes características de conjunto: predominio de terrígenos sobre biógenos, una asociación mineral compleja, altos contenidos de liticos y feldespatos, aunque el cuarzo es el mineral predominante. Dentro de los minerales predomina la biotita sobre la muscovita; presencia de minerales pesados poco resistentes al intemperismo como anfíboles, piroxenos y olivino.

En Tuxpan, el color del sedimento en húmedo es gris olivo frente a la boca de la laguna. Las porciones más arenosas son gris oscuro y pardo grisáceo como litarenitas feldespáticas, sublitarenitas y feldsarenitas liticas.

En Alvarado persiste también el gris olivo del sedimento frente a la boca de la laguna, ampliándose su cobertura en época de lluvias. En general las arenas son gris y pardo grisáceo como litarenitas y feldsarenitas liticas.

La naturaleza textural, composicional y de color de los sedimentos arenosos del Área de Coatzacoalcos es similar a la de Alvarado.

En el Área Usumacinta-Sn. Pedro y Sn. Pablo los colores del sedimento son gris olivo, gris y gris oscuro. El gris olivo se presenta en sedimentos próximos a la desembocadura de esos ríos. Los colores grises ocurren en los lodos arenosos feldsareníticos liticos y litareníticos feldespaticos. Las características composicionales de los sedimentos analizado revelan su inmadurez, puesto que existe lodo en los sedimentos.

La composición mineralógica de las arenas presenta una importante proporción de cuarzo (omnipresente): del 7 - 18 % en lodos arenosos, 20 - 56 % en arenas lodosas y 25 - 70 % en arenas. La proporción de liticos sobre feldespatos es ligeramente mayor, siendo para los primeros del 0 al 8 % en lodos arenosos, de 5 al 23 % en arenas lodosas y del 10 al 70 % en arenas; para los feldespatos del 0 al 9 %, del 5 al 19 % y del 7 al 25 % en los sedimentos respectivos.

En la zona costera comprendida entre los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos ocurren arenas y arenas lodosas en 18 muestras con moderadas concentraciones ( 20 - 50 % del total de arenas en el sedimento) de minerales oscuros, los cuales tienen magnetita e ilmenita como minerales pesados de interés económico, pero en concentraciones muy bajas ( como máximo, el 20 % del total del sedimento). En Tuxpan se detectaron 2 muestras similares.

De las 18 muestras, el 73 % ocurre preferentemente en arenas finas y marcadamente asociadas a composición litarenítica feldespática.

Se recomienda establecer los patrones generales de circulación marina en los primeros 100 m de profundidad en las áreas frente a los ríos involucrados en este estudio, para confirmar la trayectoria de las corrientes superficiales que se proponen en este trabajo, mediante el uso de corrientómetros a diferentes profundidades en cada punto de muestreo. La densidad de la red de muestreo deberá ser más alta, debido a la geometría y extensión de los abanicos, tomando como guía las muestras con mayores concentraciones de minerales pesados, que se encuentran entre las zonas de Alvarado y Coatzacoalcos.

Finalmente se recomienda realizar análisis químicos que permitan la evaluación cuantitativa de metales (Fe y Ti) presentes en la magnetita e ilmenita respectivamente.

BIBLIOGRAFIA

- Antoine, J. W., 1972. Structure of the Gulf of Mexico. In Contributions on the Geological and Geophysical Oceanography of the Gulf of Mexico. Rezak, R. and Henry V. J. Texas A & M Oceanographic Studies, 3: 1-34.
- Antoine, J. W., Ray G. Martin Jr., T. G. Pyle and W. R. Bryant., 1974. Continental Margins of the Gulf of Mexico: 683-693 en: Burk C. A. and C. L. Drake., 1974. The Geology of Continental Margins. Springer-Verlag, N.Y. 1009 p.
- Ayala Castañares. A., 1987. Informe de labores 1981-1987 del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.
- Bouma, H. A., 1972. Distribution of sediment and sedimentary structures in the Gulf of Mexico. In Contributions on the Geological and Geophysical Oceanography of the Gulf of Mexico. Rezak, R. and Henry V. J. Texas A & M Oceanographic Studies, 3: 35-65.
- Burk, C. A. and C. L. Drake., 1974. Continental margins in perspective: 1003-1009 en: Burk, C. A. and C. L. Drake (Eds.), 1974. The Geology of Continental Margins. Springer-Verlag, N. Y. 1009 p.
- Campos Castán, J., 1986. Características sedimentológicas y microfauísticas de la Plataforma y Talud Continental entre Veracruz, Ver. y Frontera, Tab. Invest. Ocean. Dir. Escal. Ocean. Naval, III (2): 63-114.
- Canagrel, J. M. and Robin, C., 1979. K-Ar dating on eastern mexican volcanic rocks-relations between andesitic and alkaline provinces. J. Volcan. Geotherm. Res. 5: 99-114.
- Carranza Edwards, A., 1986. Perspectivas de los recursos minerales del mar en el México del Siglo XXI. I Simposio Nacional sobre el Desarrollo Histórico de las Investigaciones Oceanográficas en México.
- Carranza Edwards, A., 1987. Qué oculta el subsuelo marino? Médico Moderno, 25 (7): 111-125.
- Carranza Edwards, A., Antonio Z. Márquez G. y Eduardo A. Morales de la G., 1986. Estudio de sedimentos de la plataforma continental del estado de Guerrero y su importancia dentro de los recursos del mar. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNIV. Nat. Autón. México, 13(3): 241-262.
- Carranza Edwards, A., Antonio Z. Márquez G. y Eduardo A. Morales de la G., 1987. Distribución y características físicas externas de nódulos polimetalicos de un sector del Pacífico Mexicano., Boletín de Mineralogía, Ser. Mex. de Mineral. G. C. 13(1): 78-94.
- Carranza Edwards, A., Leticia R.- Hoz y Rufino L. Santa Cruz. Estudio sedimentológico de playas del estado de Oaxaca, México., (en prensa).
- Carta geológica de la Rep. Mex., 1976. 4a. Ed. Esc. 1:2 000 000.
- Cronan, D. S., 1980. Underwater Minerals. Academic Press, London. 362 p.



Cruikshank, M. J., 1974. Mineral resources potential of continental margins: 965-1000: en Burk, C. A. and C. L. Drake (Eds.), 1974. *The Geology of Continental Margins*. Springer-Verlag, N. Y. 1009 p.

Czitrom, S. P. R., F. Ruiz, M. A. Alatorre and A. R. Padilla., 1986. Preliminary study of a front in the Bay of Campeche, Mexico. *Marine Interfacial Hydrodynamics*, 1301-312. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.

Davies, K. D., 1972. Deep Sea Sediments and Their Sedimentation, Gulf of Mexico. *En Oil & Gas Bull.* 54(11): 2212-2234.

Davis, R. A. Jr., 1978. *Principles of Oceanography*. 2nd Ed. Addison-Wesley Publishing Co. 505 p.

Folk, R. L., 1951. A comparison chart for visual percentage estimation. *J. Sed. Petrol.* 21 (1): 32-33.

Grijalva, N., 1971. The M2 tide in the Gulf of Mexico. *Geof. Int.* 11(1): 103-125.

Instituto de Geofísica, UNAM., 1984. *Tablas de predicción de mareas en el golfo de México para 1985*. 191 p.

Krynin, D. P. y William R. Judd., 1975. *Principios de Geología y Geotecnia para Ingenieros*. Ed. Omega, Barcelona. 829 p.

López Ramos, F., 1981. *Geología de México*. Tomo III. 2a. Ed. Tesis Resendiz, México. 445 p.

Lugo Hubp, J., 1985. Morfoestructuras del Fondo Oceánico Mexicano. *Bol. del Instituto de Geografía*. (15): 9-39.

Merrell, W. J. Jr. and J. M. Morrison., 1981. On the circulation of the Gulf of Mexico with observations from april 1978. *J. Geophys. Res.* 86 (C5): 4181-4185.

Molinari, R. L., J. F. Festa and D. W. Behringer., 1978. The circulation in the Gulf of Mexico derived from estimated heights fields. *J. Phys. Oceanogr.* 8 (6): 987-996.

Monreal, G. M. A., 1986. Analisis del primer modo baroclinico en la bahía de Campeche. *Resumen de la reunión anual de 1986 de la Unión Geofísica Mexicana*. Ed. Jaime Urutia F.

Mooser, F., 1972. The Mexican Volcanic Belt: Structure and Tectonics. *Geof. Int.* 12 (2): 33-70.

Munsell Soil Charts, 1975.

Negendank, J. F. W., Emmermann, R., Krawczyk, R., Mooser, F., Tobschall, H., and Werle, D., 1985. Geological and geochemical investigations on eastern Trans-Mexican Volcanic Belt. *Geof. Int.* 24 (4): 477-575.

Nowlin, W. D. Jr., 1971. Water masses and general circulation of the Gulf of Mexico. *Oceanogr. Internat.* (Feb.): 28-33.

Peag, C. W., 1991. Ecologic Atlas of Benthic Foraminifera of the Gulf of Mexico. Academic Press, London. 175 p.

Raisz, E., 1964. Landforms of Mexico. Second, Corrected Ed. Cambridge Mass. Mapa y texto.

Silva Gamboa, D. A. y J. Campos Castán., 1986. Facies sedimentarias en la porción de plataforma continental entre Tampico, Tams., y Veracruz, Ver. *Investig. Ocean. Pta. Atl. Ocean. Mexic. III* (2): 35-67.

Secretaría. de Programación y Presupuesto., 1981. Atlas Nacional del Medio Físico. México.

Sturges, W. and J. P. Blaha., 1976. A western boundary current in the Gulf of Mexico. *Science*, 192: 367-369.

Sverdrup, H. U., Johnson, M. W. and Fleming, R. H., 1942. *The Oceans their Physical, Chemical, and Biological Biology*. Prentice Hall. 1087 p.

Tapanes, J. J., 1981. Generación y pronóstico del oleaje en el golfo de México, banco de Campeche y aguas de la plataforma de Cuba y su influencia sobre las pesquerías. *Rev. Invest. Mar. C* (2): 3-108.

Tapanes, J. J. y F. González Coya., 1980. Hidrometeorología del golfo de México y banco de Campeche. *Geog. Int.* 19 (4): 335-354.

Uchupi, S., 1975. Physiography of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea: 1-64 en; Nairn, M. A. E. and Francis G. Stehli., 1975. *The Ocean Basins and Margins. The Gulf of Mexico and the Caribbean*. Plenum Press. 706 p.