

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
INSTITUTO DE GEOLOGIA

BOLETIN NUMERO 93

**FISIOGRAFIA Y SEDIMENTOLOGIA DEL DELTA DEL
RIO BALSAS, MICHOACAN, MEXICO**

POR

MARIO GUTIÉRREZ-ESTRADA



MEXICO, D. F.

1971

CONTENIDO

Resumen	7
Introducción	8
Materiales y métodos	9
Fisiografía	12
Sedimentos	17
Granulometría	17
Textura	19
Distribución de los grupos de sedimentos	22
Análisis Modal de los sedimentos	27
Procedimiento	27
Aplicación	29
Distribución	30
Composición	35
Porcentaje de carbonato en los sedimentos	35
Porcentaje de carbono en los sedimentos	36
Relación de la batimetría con los parámetros estadísticos	38
Discusión	42
Bibliografía consultada	57

FISIOGRAFIA Y SEDIMENTOLOGIA DEL DELTA DEL RIO BALSAS, MICHUACAN, MEXICO

MARIO GUTIÉRREZ-ESTRADA*

RESUMEN

El delta del Río Balsas se localiza en el litoral del Océano Pacífico, limitando a los estados de Michoacán y Guerrero. Forma parte de la estrecha llanura costera de la zona montañosa de la costa del suroeste. En términos generales, el delta tiene forma triangular, con 13 Km de base, 9 Km de altura y superficie aproximada de 60 Km².

Presenta como rasgos fisiográficos notables: a) límite irregular entre las rocas pre-deltaicas y los sedimentos del delta; b) abanicos aluviales; c) notable migración de los canales del río; d) extensas llanuras de inundación; e) amplias zonas cubiertas por lagunas, esteros y manglares; f) varios pequeños ríos y arroyos; y g) dos angostas llanuras no deltaicas que muestran pequeñas elevaciones correspondientes a antiguas líneas de costa.

Los sedimentos deltaicos son primordialmente arenosos hasta profundidades de 40 a 50 m y decrecen rápidamente en tamaño mar afuera. Se distinguieron cuatro grupos, según la correlación de sus parámetros estadísticos: Grupo I, arenas finas y muy finas, variando desde muy bien clasificadas a moderadamente clasificadas; Grupo II, arenas finas, muy finas y limos gruesos; pobremente y muy pobremente clasificados. Grupo III, limos pobremente y muy pobremente clasificados; Grupo IV, limos finos a muy finos y arcillas, pobremente clasificados.

Los sedimentos de estos grupos están distribuidos en bandas más o menos paralelas a la costa, dependiendo del relieve local, retrabajo y descarga del río.

* Investigador asociado, tiempo completo.

En la porción submarina del delta, las características fisiográficas más interesantes están representadas por la existencia de, por lo menos, cuatro cañones submarinos erosionados frente a las diferentes desembocaduras que ha adoptado el río y a la variación de las condiciones isostáticas del nivel del mar.

INTRODUCCION

Esta investigación forma parte del programa geológico-marino del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Constituye un fragmento de la tesis profesional del autor, titulada "Geología Marina del Delta del Río Balsas, Michoacán, México, 1969", para optar por el título de Ingeniero Geólogo, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Inexplicablemente, no obstante su posición geográfica, el Río Balsas nunca había sido objeto de estudios detallados. A partir del año 1954, diversos organismos centralizados y descentralizados iniciaron un ambicioso proyecto para el aprovechamiento de la Cuenca del Río Balsas, con el propósito de incrementar el potencial económico de la región.

Para lograrlo, se han construido las presas El Infiernillo y José María Morelos (La Villita), que al entrar en servicio causaron modificaciones notables en las condiciones dinámicas en los cauces del río y en las regiones costera y litoral.

Dentro del plan original, se incluye la construcción de un puerto marítimo en el área. La Secretaría de Marina, por medio del Departamento de Estudios y Laboratorios de la Dirección General de Obras Marítimas, solicitó la cooperación del Instituto de Geología, para estudiar desde el punto de vista geológico-marino, el delta del Río Balsas y tal investigación estuvo a cargo del Departamento de Micropaleontología y Ciencias Marinas.

La finalidad del estudio fue establecer las condiciones sedimentológicas y evolución de los depósitos deltaicos, la morfología del litoral y porción submarina, con el objeto de determinar las zonas de la costa que presentan mayor estabilidad, así como investigar las relaciones probables entre los procesos que actúan sobre los cañones y la descarga de los ríos.

Para dar cumplimiento a lo anterior, se elaboró un programa detallado de estudio que comprendió un viaje de reconocimiento a la localidad y el trabajo de campo, en los meses de abril, mayo y junio de 1967, el trabajo de campo y de gabinete se terminaron en 1968.

Agradecimientos. El autor agradece la ayuda proporcionada por las siguientes personas e instituciones: G. P. Salas, Ex Director del Instituto de Geología, U.N.A.M; A. Ayala-Castañares, Director del Instituto de Biología y Jefe del Departamento de Micropaleontología y Ciencias Marinas; Diego A. Córdoba Méndez, Director del Instituto de Geología, U.N.A.M; E. Reimnitz, experto de U.N.E.S.C.O., asignado al Instituto de Geología; la Secretaría de Marina que auspició económicamente la investigación. y la Comisión del Río Balsas por la cooperación brindada en su campamento como centro de operaciones.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo de campo se efectuó durante los meses de abril, mayo y junio de 1967.

Inicialmente, consistió en un reconocimiento por aire, tierra y agua, para después proceder al reconocimiento batimétrico, muestreo y observaciones pertinentes a lo largo de 12 secciones, con un total de 63 estaciones en la porción submarina del delta; estudio intenso en el área de los cañones submarinos de La Necesidad y de Petacalco, con un total de 36 estaciones; 40 estaciones en la porción subaérea del delta, tratando en todos los casos de cubrir los diferentes ambientes de sedimentación.

Se usaron los mismos procedimientos adoptados por el personal del Departamento de Micropaleontología y Ciencias Marinas del Instituto de Geología, en trabajos anteriores, introduciendo nuevas técnicas y mejorando las existentes.

El plano base se elaboró utilizando la información proporcionada por la Comisión del Río Balsas, planos topográficos y batimétricos 1:5,000, pares estereoscópicos aéreos y mosaicos aéreos.

En cada estación de observación y muestreo se procedió de acuerdo con la siguiente secuencia:

Para la porción submarina del delta:

Localización. Se utilizó un sextante de ángulos horizontales, aprovechando como puntos de control los cerros de la región.

Batimetría. Los perfiles batimétricos se obtuvieron mediante el uso de un ecosonda marca "Bendix".

Núcleos de sedimento para estructuras internas menores. Se colectaron con el nucleador tipo Phleger, en tubos de plástico de 3.5 cm de diámetro.

Núcleos de sedimentos para foraminíferos. Se colectaron con un nucleador tipo Phleger. Con un cortador especial de 10 cm² de superficie y 1 cm de espesor se obtuvieron 10 cm³ de sedimento superficial húmedo. Se fijaron con formol neutralizado y se tiñeron con Rosa de Bengala.

Muestras superficiales de sedimento. Obtenidas por medio de una draga tipo Shipek, a fin de estudiar la granulometría (curvas acumulativas y de frecuencia, parámetros estadísticos, textura, distribución y análisis modal), composición mineralógica, porcentajes de carbonatos y carbono orgánico.

Muestras de superficie en las paredes de los cañones. Utilizando una draga, se procedió a la obtención de sedimentos a profundidades determinadas.

Además, se efectuaron algunas observaciones y mediciones directas utilizando equipos de buceo autónomo:

Localización. La ubicación de las estaciones se determinó por medio de un ecosonda Bendix, sextante de ángulos horizontales, consignando los datos en los planos batimétricos y topográficos y con flotadores localizados desde la costa por medio de equipo topográfico.

Observaciones en los alrededores de las cabeceras de los cañones. Se obtuvieron muestras para el estudio de estructuras sedimentarias, así como para la determinación de algunas propiedades físicas de masa (Reimnitz, E., 1968), procesos actuantes, erosión y depósitos, topografía, rizaduras de oleaje y estudio geocronológico (Reimnitz, E. y Gutiérrez-Estrada, M., 1970).

Para la porción subaérea del delta:

Localización. Por medio del sextante, en zonas que permitieran su uso y mediante el aprovechamiento de las fotografías aéreas.

Determinación de ambientes de depósito. Diferenciados en gabinete y comprobada su localización y extensión durante los trabajos en el área.

Muestreo de sedimentos superficiales. Fueron colectados en cada ambiente previamente determinado, para estudios diversos.

Los métodos de trabajo en el laboratorio comprenden la preparación y estudio de las muestras obtenidas.

a) Preparación.

1) Tratamiento con agua oxigenada, al 10%, con el fin de eliminar la materia orgánica.

- 2) Lavado con agua destilada, por succión através de filtros Millipore C-3.
- 3) Lavado con una solución de carbonato y oxalato de sodio (agentes peptizadores), por succión, utilizando los mismos filtros.
- 4) Lavado a través de un tamiz U. S. Standard 230, con abertura de malla de 0.0625 mm, utilizando peptizador.

b) Análisis mecánico.

1) La fracción arenosa retenida en el tamiz 230, fue analizada en el tubo de sedimentación, según el proceso descrito por Emery (1938).

2) La fracción limo-arcillosa que pasó a través del tamiz de 0.0625 mm, fue analizada usando el método de pipeteo descrito por Krumbein (1932).

3) Se construyeron curvas de granulometría acumulativas de cada muestra, en papel de probabilidades.

4) Se determinaron los parámetros granulométricos, según los criterios de Inman y Chamberlain (1955) y Folk (1965).

5) Con los porcentajes de arena-limo-arcilla, se elaboraron mapas de distribución con el empleo del Triángulo de Shepard (1954).

6) La relación entre la mediana gráfica de los sedimentos y la de sus coeficientes de clasificación y simetría, se emplearon como criterio para distinguir grupos de sedimentos (Inman 1954).

7) Con las curvas de granulometría acumulativas se procedió al análisis modal de los sedimentos, según el criterio de Curaray (1960).

c) Composición de los sedimentos.

De la fracción arenosa fue separada, tamizándola totalmente, la correspondiente a arena media (0.5 a 0.25 mm), que fue posteriormente teñida a fin de distinguir el cuarzo de los feldespatos en los granos detríticos, de acuerdo al método de Graham (1955). Fue estudiada al microscopio estereoscópico para determinar la abundancia relativa de sus principales constituyentes. Las muestras se fraccionaron convenientemente y se contaron cantidades de granos siempre mayores de 300 granos, a fin de reducir el error hasta un límite razonable, según Dryden (1931).

Se determinaron los porcentajes de:

FRACCION INORGANICA

Cuarzo
Feldespatos
Minerales oscuros
Fragmentos de roca
Micas.

FRACCION ORGANICA

Foraminíferos
Fragmentos de conchas
Fibras vegetales
Ostrácodos

FISIOGRAFIA

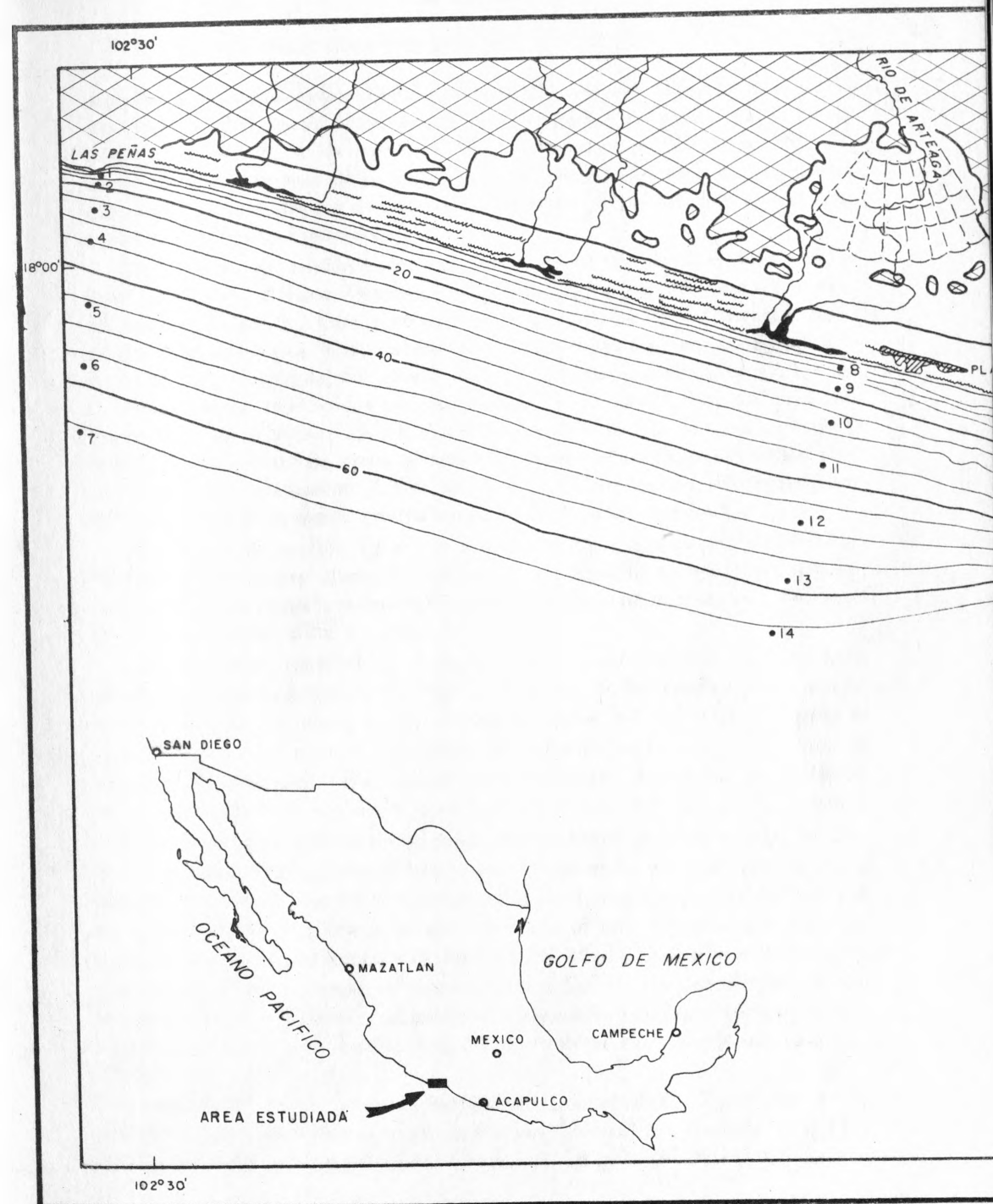
El delta del Río Balsas forma parte de la estrecha llanura costera de la zona montañosa de la costa del suroeste y se localiza en la zona más baja de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, que se extiende a lo largo de la costa del Océano Pacífico, desde el Estado de Jalisco hasta el Istmo de Tehuantepec (Alvarez, 1958).

En términos generales, el delta tiene forma triangular, con 13 Km de base, 9 Km de altura y superficie aproximada de 60 Km². Su límite norte lo constituyen las estribaciones del flanco poniente de la zona montañosa del suroeste, que forma parte de la Sierra Madre del Sur.

Los rasgos fisiográficos sobresalientes del delta son: a) límite irregular entre las rocas pre-deltaicas y los sedimentos del delta; b) extensas llanuras de inundación, canales y niveles naturales del río; c) abundancia de meandros abandonados e islas que han modificado su extensión; d) lagunas, esteros y manglares; e) abanicos aluviales. f) varios pequeños ríos y arroyos que no desembocan directamente al océano; y g) dos llanuras angostas no deltaicas que muestran pequeñas elevaciones correspondientes a antiguas líneas de costa (Figura 1).

En la porción submarina del delta, las características fisiográficas más interesantes están representadas por la existencia de por lo menos cuatro cañones submarinos (El Manglito, Gasolinos, La Necesidad y Petacalco), erosionados frente a las diferentes desembocaduras que ha adoptado el río y a la variación de las condiciones isostáticas del nivel del mar (Fig. 1).

El delta presenta una topografía llana, con pendiente suave hacia el S, pequeñas ondulaciones, islas (La Palma, Del Cayacal o Grande o de Enmedio, Cabezas y Burras o del Mar), esteros y canales que migran notablemente como lo muestran las observaciones recientes y los numerosos indicios de meandros abandonados. Por esta razón, gran parte del delta subaéreo está formado, predominantemente, por una llanura de inundación limosa a arenosa,



FRACCION INORGANICA

Variz
 Despatos
 Inerales oscuros
 Fragmentos de roca
 icas.

FRACCION ORGANICA

Foraminíferos
 Fragmentos de conchas
 Fibras vegetales
 Ostrácodos

FISIOGRAFIA

El delta del Río Balsas forma parte de la estrecha llanura costera de la zona montañosa de la costa del suroeste y se localiza en la zona más baja de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, que se extiende a lo largo de la costa del Océano Pacífico, desde el Estado de Jalisco hasta el Istmo Tehuantepec (Alvarez, 1958).

En términos generales, el delta tiene forma triangular, con 13 Km de base, 1 Km de altura y superficie aproximada de 60 Km². Su límite norte lo constituyen las estribaciones del flanco poniente de la zona montañosa del suroeste, que forma parte de la Sierra Madre del Sur.

Los rasgos fisiográficos sobresalientes del delta son: a) límite irregular entre las rocas pre-deltaicas y los sedimentos del delta; b) extensas llanuras de inundación, canales y niveles naturales del río; c) abundancia de meandros abandonados e islas que han modificado su extensión; d) lagunas, esteros y manglares; e) abanicos aluviales; f) varios pequeños ríos y arroyos que desembocan directamente al océano; y g) dos llanuras angostas no deltaicas que muestran pequeñas elevaciones correspondientes a antiguas líneas de costa (Fig. 1).

En la porción submarina del delta, las características fisiográficas más sobresalientes están representadas por la existencia de por lo menos cuatro cañones submarinos (El Manglito, Gasolinos, La Necesidad y Petacalco), erosión frente a las diferentes desembocaduras que ha adoptado el río y a la variación de las condiciones isostáticas del nivel del mar (Fig. 1).

El delta presenta una topografía llana, con pendiente suave hacia el S, pequeñas ondulaciones, islas (La Palma, Del Cayacal o Grande o de Enmedio, Pezcas y Burras o del Mar), esteros y canales que migran notablemente como lo muestran las observaciones recientes y los numerosos indicios de meandros abandonados. Por esta razón, gran parte del delta subaéreo está formado, predominantemente, por una llanura de inundación limosa a arenosa,

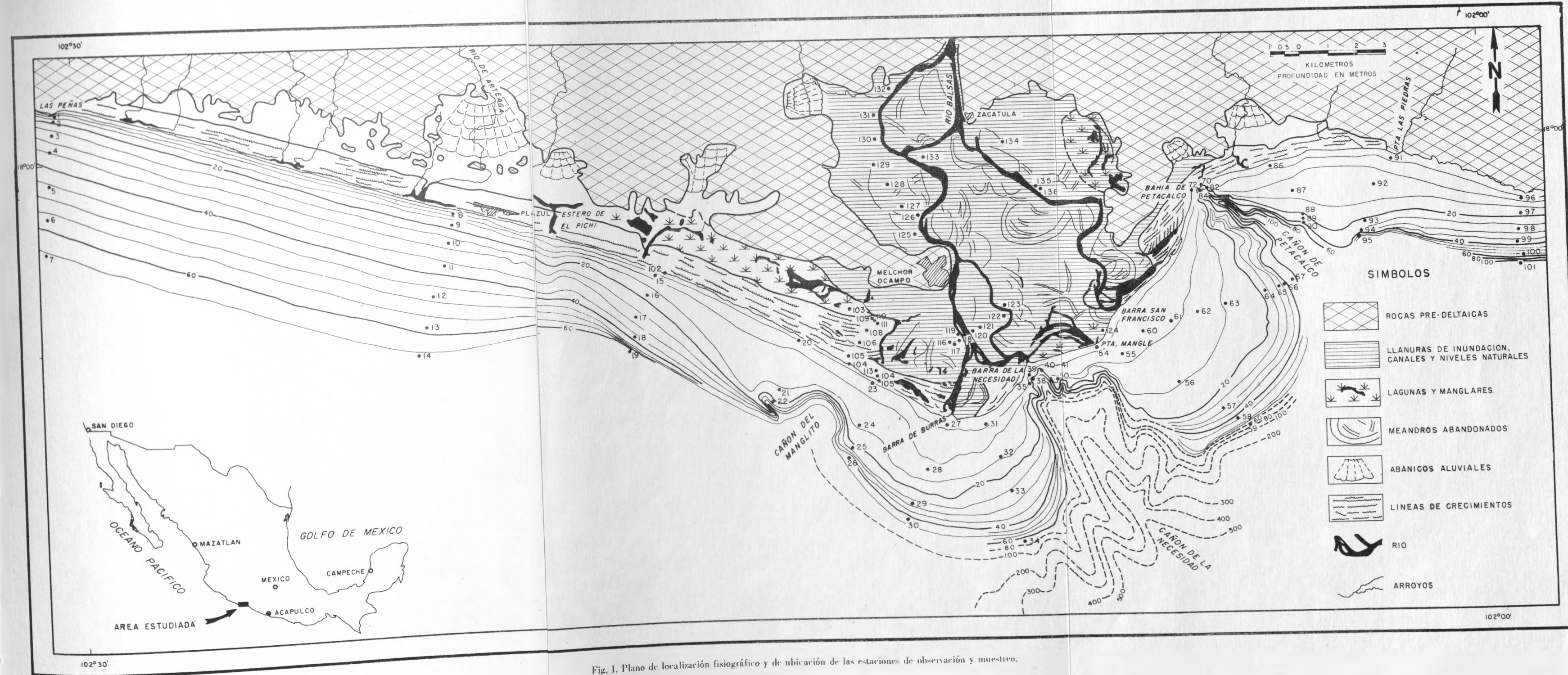


Fig. 1. Plano de localización fisiográfico y de ubicación de las estaciones de observación y muestreo.

depósitos correspondientes a los niveles naturales del río (bordos) y por gravas gruesas subyacentes. Estas gravas están siendo retrabajadas en la actualidad por la acción de la marea, en la porción central del frente deltaico, donde grandes secciones de la costa son erosionadas. El cauce de los canales que constituyen el sistema del río, están cubiertos totalmente por gravas más o menos uniformes en tamaño.

Los escarpes de erosión observados en el Ramal de La Necesidad, en las proximidades de Melchor Ocampo, están constituidos por delgadas interstratificaciones de arcilla, limo y arena fina, con abundancia de fragmentos de cerámica pre-hispánica. Frente al poblado de Zacatula, los escarpes de erosión, en la margen izquierda del ramal del mismo nombre, alcanzan alturas de 7 metros; están constituidos por conglomerados de cantos con un diámetro mayor de, más o menos, 15 cm, incluidos en una matriz arenosa e intercalados con un estrato de arena gruesa débilmente consolidada, de color café rojizo, de aproximadamente 1.5 m de espesor. El tamaño de los componentes del conglomerado aumenta gradualmente hacia la parte superior.

El escarpe de erosión situado cerca del antiguo aeropuerto de Melchor Ocampo presenta una altura de 3.5 m y está constituido por arcillas compactas; la ribera opuesta no presenta escarpe, es de pendiente suave y en tiempo de avenidas se cubre de grava.

Las islas están constituidas, como se citó con anterioridad, por depósitos de aluvión, con presencia de gravas en el fondo de los canales y arena con escaso contenido de grava en los niveles naturales del río y arena limosa y limo arenoso en las llanuras de inundación. Además, se encuentran en proceso de extinción pequeñas áreas cubiertas por manglares localizadas en el frente de la Isla Grande o Isla Cayacal, debido al avance del mar sobre la costa.

El área próxima a la línea de costa, sensiblemente paralela a ésta, es una zona baja, sin drenaje, caracterizada por la presencia de pantanos, lagunas, manglares y cauces abandonados y truncados por la erosión marina en el frente de la Isla Grande. La franja costera inmediata al mar presenta una serie de antiguas bermas, con excepción de las islas Del Mar y Grande que están constituidas por limos y arenas correspondientes a llanuras de inundación, niveles naturales del río (arenas y gravas) y antiguos o modernos cauces del río (gravas y arenas), distribuidos irregularmente de acuerdo con los movimientos laterales del río (Fig. 1.)

Como se observa, la zona de bermas se extiende desde Las Peñas, al W del delta, hasta el límite oriental, Punta Las Piedras, exceptuando a la zona central del delta que corresponde al frente de las islas del Mar y Grande.

Las líneas de crecimiento, en la porción occidental, se extienden desde Punta Las Peñas hasta el Ramal de Burras; su extensión no es uniforme, presenta interrupciones correspondientes a los emplazamientos posteriores de los esteros de Playa Azul, Santa Ana y El Manglito; en este último, la amplitud de la franja de crecimiento se vé reducida a un tercio, alojando un cuerpo de agua, remanente del movimiento lateral, hacia el E, del Ramal de Burras la orilla interior a lo largo de toda el área, está en continuidad con una zona topográficamente baja, con presencia de lagunas pequeñas, esteros y manglares.

Hacia el E de la Barra de San Francisco, las bermas muestran diferentes orientaciones, debidas a sucesivos avances del litoral combinados con el hundimiento frontal de la isla y los movimientos laterales del antiguo ramal que descargó sus aguas en la Bahía de Petacalco y que provocó la erosión del cañón submarino localizado frente a la ensenada. (Este ramal, en su desplazamiento horizontal hacia el W, dejó como remanentes a una laguna interior y a Boca Vieja).

La línea de costa, desde Las Peñas hasta la Barra de Burras, es recta y uniforme, orientada sensiblemente NW 60° SE; en ella se localizan pequeños ríos y arroyos que, en época de lluvias, inundan la zona baja ubicada inmediatamente atrás de la franja costera que está constituida por los depósitos arenosos ya descritos.

Hacia el E de la Barra de Burras y hasta la Bahía de Petacalco, la línea de costa adquiere forma circular cóncava, siendo Punta Mangle (Fig. 1) el punto de inflexión, con dirección aproximada NE-SW. Desde la bahía y hasta Punta Las Piedras, la costa es ligeramente convexa, orientada NE-SW y NW-SE; en este tramo de la costa se aprecia la existencia de tres ríos, de escasa importancia, uno de ellos desembocando directamente al mar en Punta Las Piedras.

La playa, desde la Boca de San Francisco hasta la Bahía de Petacalco, es predominantemente arenosa, con abundancia de gravas, las que en mal tiempo llegan a constituir potentes mantos.

Existen tres bocas, la de mayor interés es la denominada La Necesidad. Hay evidencias de otras bocas hoy cegadas.

La boca o barra más occidental es la de menor importancia y la primera en cegarse cuando el gasto del río disminuye, es somera y la barra se extiende considerablemente hacia el mar; su cauce es predominantemente arenoso.

La Boca de La Necesidad, es la de mayor importancia para la navegación; en ella se localizan las mayores profundidades, hasta de 4.50 m y en áreas aisladas 5.50 m; la ribera izquierda se caracteriza por su contenido de gravas

y por presentar un pequeño escarpe de arcilla maciza de color café oscuro. En la margen derecha existe una playa arenosa, amplia y de suave pendiente, que en época de avenidas es erosionada considerablemente por el río. La barra tiene una anchura aproximada de 150 m y frente a ella se encuentra el cañón submarino de La Necesidad.

La Boca de San Francisco es somera y modifica frecuentemente su forma y dimensiones; cuando el gasto es elevado adopta forma deltaica. Su cauce es arenoso con gran cantidad de gravas.

Los sedimentos de la plataforma continental son predominantemente arenosos y decrecen rápidamente en tamaño mar afuera; en las áreas comprendidas entre los cañones, la distribución es irregular, dependiendo del relieve, cantidad del retrabajo local y a la descarga del río, como se expone en la sección correspondiente.

En tanto que el río se ha desplazado lateralmente, el área del delta lo ha hecho en sentido vertical en tiempos recientes. Entre los movimientos laterales están el ya enunciado de El Manglito y el indicado por el que dio lugar a la presente Barra de San Francisco, Boca Vieja, etc. Indicios de los movimientos verticales son, entre otros, las acumulaciones de guijarros y gránulos en las poblaciones de Zacatula y Melchor Ocampo.

SEDIMENTOS

Se les analizó según su granulometría (curvas acumulativas y de frecuencia, parámetros estadísticos, textura, distribución y análisis modal), composición mineralógica, porcentajes de calcio y carbono orgánico.

GRANULOMETRIA

Los análisis granulométricos se efectuaron de acuerdo a los procesos descritos por Emery (1938) y Krumbein (1932).

Se construyeron curvas de granulometría acumulativa, determinándose los parámetros estadísticos según los criterios de Inman y Chamberlain (1955) y Folk (1965). Con los porcentajes de arena-limo-arcilla, se elaboraron mapas de distribución con el empleo del Triángulo de Shepard (1954).

Los parámetros estadísticos determinados fueron los siguientes: Diámetro Mediano Gráfico ($Md\phi$); Diámetro Promedio ($M\phi$); Coeficiente de Clasificación ($\sigma\phi$); y Coeficiente de Asimetría ($Sk\phi$).

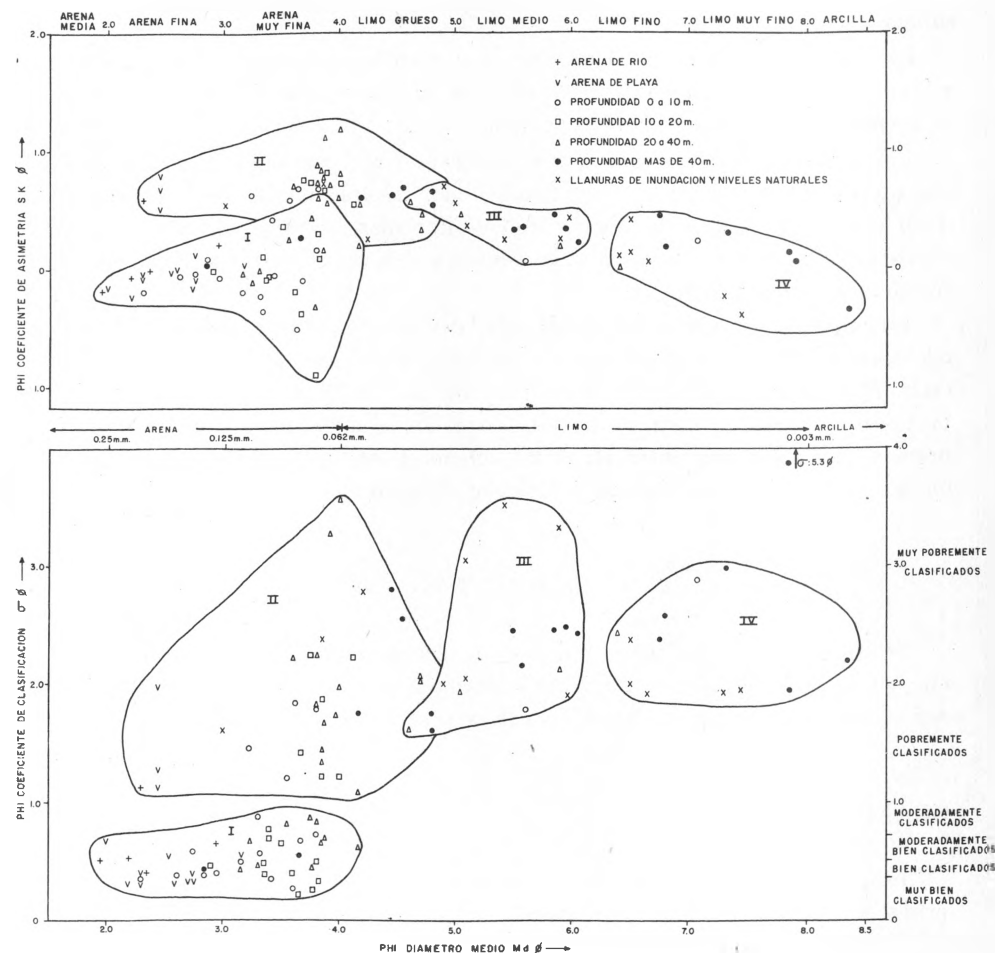


Fig. 2. correlación de los parámetros estadísticos $Md\phi$, $F\phi$ y $Su\phi$ señalando los grupos establecidos según el criterio de Inman y Chamberlain (1955).

TEXTURA

Los sedimentos se clasificaron con base a los parámetros estadísticos y las curvas granulométricas. Esa información se utilizó para conocer su distribución regional y averiguar las normas que la rigen. Se emplearon dos procedimientos, a saber:

1) El método desarrollado por Inman y Chamberlain (1955), que consiste en establecer grupos de sedimentos utilizando la correlación entre el diámetro mediano, el coeficiente de clasificación y el coeficiente de asimetría. La figura 2 muestra esa correlación y los grupos establecidos.

2) El triángulo de Shepard (1954), con el cual se establecen grupos texturales de sedimentos, según sus porcentajes de arena-limo-arcilla (Fig. 3).

Siguiendo el método de Inman y Chamberlain (1955) (Fig. 2) se distinguieron cuatro grupos, a saber:

GRUPO I.—Constituido por sedimentos correspondientes a arenas finas y muy finas (exceptuando la muestra 120 que es arena media; varían desde muy bien clasificadas a moderadamente clasificadas ($\sigma\phi$ entre 0.20 a 1.00); su grado de asimetría varía desde -0.90 hasta $+0.65$, predominando los sedimentos gruesos. La posición de estas muestras en el triángulo de Shepard (Fig. 4) corresponde francamente a arenas.

GRUPO II.—Representa arenas finas, muy finas y limos gruesos; pobremente a muy pobremente clasificados ($\sigma\phi$ entre 1.0 a 3.55) y un coeficiente de asimetría que fluctúa desde $+0.25$ hasta $+1.15$, predominando las arenas muy finas y limos gruesos. En el triángulo de Shepard (Fig. 4) comprende sedimentos tales como arenas, arena limosa y limo.

GRUPO III.—Corresponde a limos pobremente y muy pobremente clasificados ($\sigma\phi$ entre 1.5 a 3.5) y un coeficiente de asimetría ($Sk\phi$) que fluctúa desde -0.05 hasta $+0.70$, indicando predominio de sedimentos finos. Su posición en el triángulo de Shepard está concentrada a la región de los limos y limos arenosos.

GRUPO IV.—Constituido por limos finos a muy finos y arcillas, pobremente clasificados ($\sigma\phi$ entre 1.9 y 2.95), salvo las muestras obtenidas en la porción sumergida del delta, que se presenta pobremente clasificadas ($\sigma\phi$ entre 1.90 y 2.00); todas ellas con un coeficiente de asimetría fluctuando entre -0.04 y $+0.45$, predominando los sedimentos finos; en el triángulo de Shepard se encuentran dispuestas principalmente entre los limos arenosos, limos y limos arcillosos.

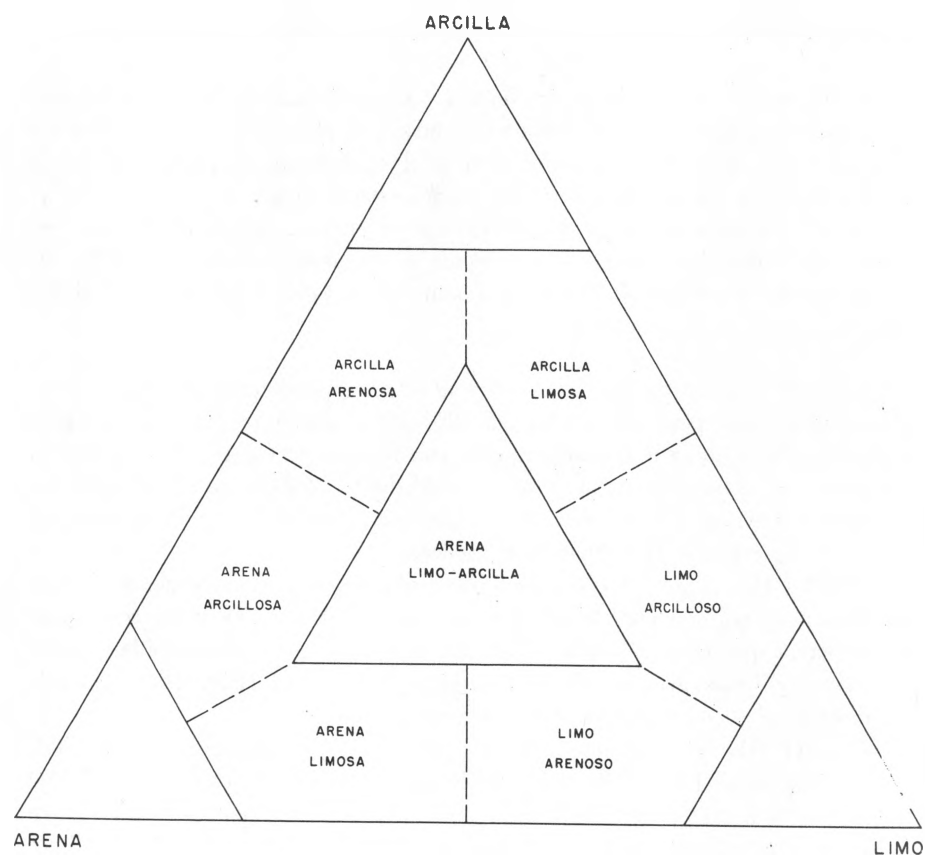


Fig. 3. Triángulo de Shepard (1954)

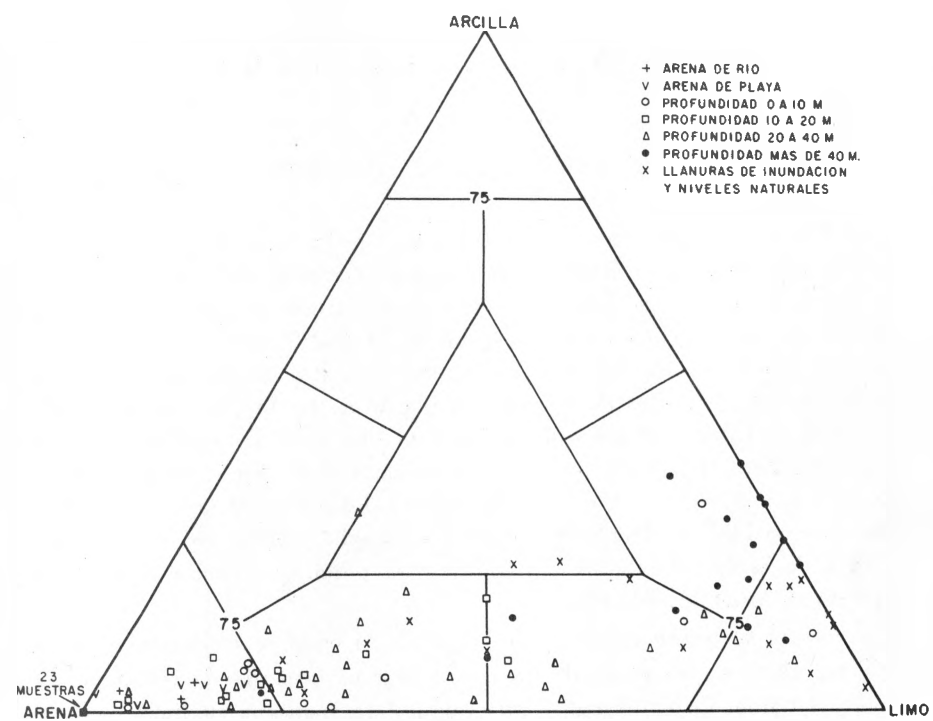


Fig. 4. Triángulo de Shepard, indicando la distribución de los porcentajes de arena-limo-arcilla en los sedimentos.

Es de interés el observar que en la separación de los grupos, se presentan los grupos I, II y III sobrepuestos parcialmente al tratar de separarlos convenientemente, de acuerdo al coeficiente de asimetría y al diámetro medio; asimismo los grupos II y III se sobreponen al tratar de relacionar los parámetros correspondientes al coeficiente de clasificación y diámetro medio.

Sedimentos que bien pueden ser incluidos en uno u otro grupo lográndose, posiblemente, una separación más definida, resalta en la distribución textural regional, la conveniencia del agrupamiento mostrado en la figura 2.

DISTRIBUCION DE LOS GRUPOS DE SEDIMENTOS.

GRUPO I.—Se distribuye en una amplia franja, a lo largo de la costa (playas y bermas), figura 5; desde el extremo occidental del área, Las Peñas, hasta Punta Las Piedras, por el oriente. exceptuando la porción occidental de la Isla de La Paracera y amplias áreas de la Isla Grande; se localiza, asimismo, en las márgenes del Río Balsas, en meandros abandonados y zonas no cubiertas por depósitos de inundación o gravas. En la porción sumergida, hacia el W del delta, se presenta en una amplia zona de condiciones topográficas regulares, pendiente suave y uniforme. Cubre una extensión aproximada de 5 Km de amplitud, con profundidades desde 0 a 40 m, extendiéndose uniformemente hasta el frente del estero El Manglito; salvo una faja angosta de 1 Km de ancho, desarrollada paralela a la costa, que vuelve a señalarse en el extremo oriental del delta.

En general, el límite inferior más lejano de la costa se conforma según la batimetría, tanto en las zonas de topografía regular como en la irregular. En el área del Cañón de El Manglito, su amplitud se reduce y su límite inferior está inferido, siendo posible determinar, tentativamente, como límite del grupo a la cota batimétrica de 40 m a una distancia mínima de la costa de 2 Km; continúa hacia el E paralelo a la costa, hasta frente a la Barra de Burras y de ahí alejarse hasta situarse a 4 Km, en las inmediaciones del Cañón de La Necesidad. Frente a la Isla del Mar se han depositado sedimentos pertenecientes al Grupo II, cerca de las playas, en un área pequeña en forma de elipsoide deformado.

Las condiciones fuertemente cambiantes a que está sujeto el Cañón de La Necesidad, dificultan la separación precisa de los grupos establecidos. Se estima, en general, que el depósito de los sedimentos de este grupo alcanza los 40-50 m de profundidad.

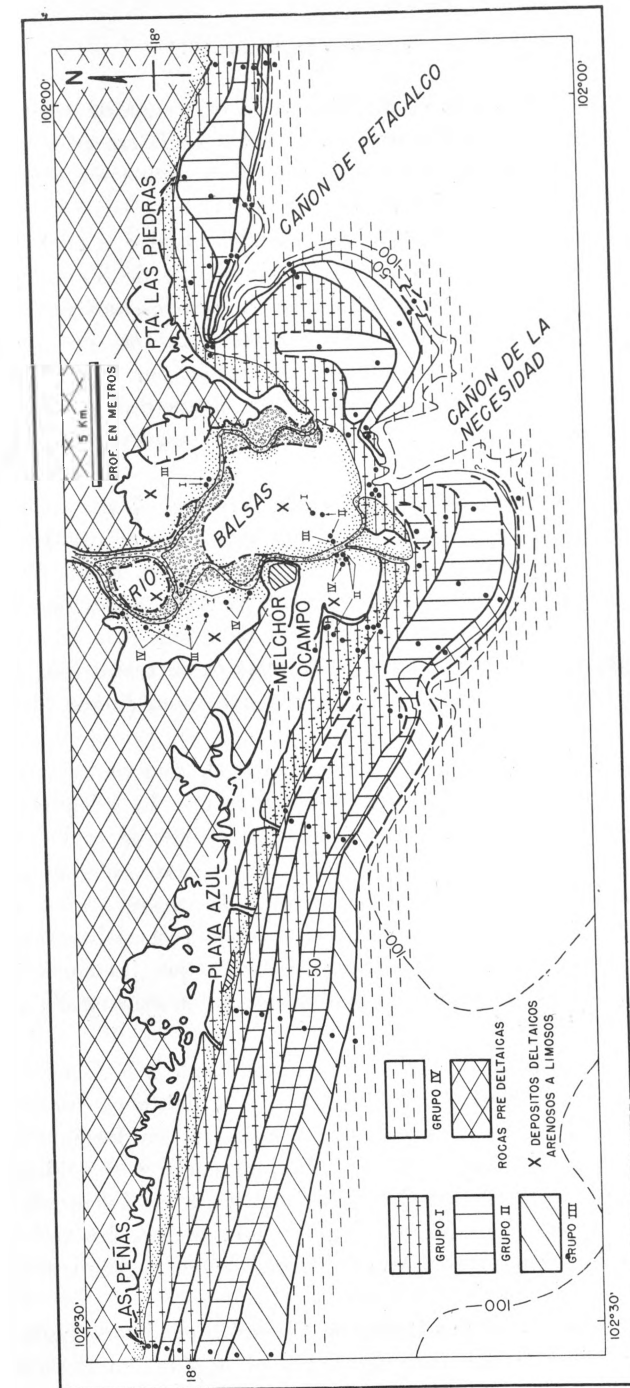


Fig. 5. Plano que indica la distribución de los grupos texturales establecidos, según el método de Inman y Chamberlain (1955).

Hacia el E de la Barra de La Necesidad, se comporta según la batimetría, a 20 m de profundidad; alcanzando, frente a la Barra de San Francisco, un alejamiento de 5 Km. Su distribución no cubre totalmente el área, en la zona central se localizaron sedimentos del Grupo III.

Bajo la influencia del Cañón de Petacalco, vuelve a acercarse a la costa, reduciendo la amplitud y adoptando profundidades de 30 m; por su desarrollo, la porción superior de este cañón se ubica a escasos metros de la playa, en la bahía, y el límite inferior se localiza a 500 m de la línea de costa, continuando paralelo al flanco oriental del cañón por una distancia de 4 Km para dirigirse, luego, francamente a la playa, siendo nula su distribución frente a Punta Las Piedras. posteriormente, adquiere un emplazamiento similar al anterior.

GRUPO II.—Se encuentra distribuido, hacia el W del delta, en dos fajas (Fig. 5); la primera, angosta, de 1 Km de ancho, cruza longitudinalmente al Grupo I y se desplaza paralelo a la línea de costa a una distancia aproximada de 1.5 Km frente a Las Peñas y Playa Azul, aproximándose paulatinamente hasta distar 200 m frente al Estero de Santa Ana. Entre este punto y el denominado Estero de El Manglito, la zona es de transición; las condiciones topográficas varían sensiblemente al aproximarse al Cañón de El Manglito, donde la pendiente se torna abrupta.

El Estero de El Manglito es el remanente de una antigua desembocadura, que corresponde a la posición más occidental que ha adoptado el río en su divagación horizontal; es, por tanto el límite occidental real del delta.

La alternancia que muestran los sedimentos pertenecientes a los grupos I y II, tanto al W como hacia el E del delta, se atribuye a un nivel del mar previo a la transgresión motivada por el deshielo post pleistocénico; evidencias mineralógicas refuerzan esta hipótesis, señalando que las condiciones ambientales actuantes motivaron un rápido depósito y escaso retrabajo del material sedimentado.

En la porción central del delta submarino, frente a la Isla del Mar y desde Punta Mangle hasta Boca Vieja, se aprecia la existencia de dos zonas con sedimentos de iguales características. La primera, en forma elipsoidal y de pequeñas dimensiones, con su eje longitudinal curvo y sensiblemente paralelo a la costa actual. La descarga del río, a través de las barras de Burras y de La Necesidad, ha motivado el retrabajo de tales sedimentos o, bien, su sepultamiento; por lo tanto, el contorno del elipsoide es, en sus extremos, tan solo inferido.

La segunda zona, con su extremo occidental bien determinado y el oriental inferido pero francamente dirigido hacia el Cañón de Petacalco, presenta

forma de arco con la porción central bastante amplia. La distribución superficial de éste y demás grupos, se angosta en las cercanías de los cañones. Por lo que respecta a este grupo, rodea al Cañón de Petacalco en una franja angosta que se amplía hacia el E en forma acampanada, con su vértice localizado en la línea de costa, en Punta Las Piedras, anulando la distribución del Grupo I. Hacia el W del cañón, es factible una posible unión de la franja con la distribución arqueada, pues el extremo oriental del arco está solo inferido.

Hacia el E de Punta Las Piedras, vuelve a aparecer en alternancia con el grupo anterior.

En la porción subaérea del delta, ocurre en depósitos correspondientes a las llanuras de inundación y niveles naturales del río, localizados en la parte baja deltaica.

GRUPO III.—Hacia el W del delta se distribuye en una zona comprendida entre los 50 y 70 m de profundidad, adelgazándose y disminuyendo de profundidad conforme se aproxima a los cañones. Por el oriente, el límite superior asciende hasta los 20 m y el inferior a los 40 m de profundidad (Fig. 5).

En general, los sedimentos pertenecientes a este grupo se presentan siempre alejados de la línea de costa, a profundidades variables, en áreas de relativo movimiento de las masas de agua. Las pendientes acentuadas facilitan el transporte de los sedimentos hacia zonas más bajas y estables, provocando una clasificación pobre.

En la porción subaérea del delta, los sedimentos ocurren en depósitos correspondientes a llanuras de inundación y niveles naturales alcanzados por las márgenes del río, tanto en el cauce actual como en los meandros abandonados. Los sedimentos correspondientes a las llanuras de inundación son limos y limos arenosos, muy pobremente clasificados; los relacionados con los niveles naturales son limos arenosos pobremente clasificados.

GRUPO IV.—Se distribuye en las zonas más profundas y alejadas del litoral, desde los 40 m de profundidad en adelante, salvo la muestra 52, obtenida entre los 20 y 40 m. El límite inferior del grupo no fue determinado por encontrarse a profundidades que en la mayor parte del área pasan de los motivos de este estudio (Fig. 5).

Se localiza, asimismo, en los depósitos de las llanuras de inundación, lagunas y zonas pantanosas de la porción más baja del delta.

La figura 6 muestra la distribución de los sedimentos, según su porcentaje de arena-limo-arcilla, empleando el triángulo de Shepard (1954). Nótese que se presenta gran similitud con la de los grupos antes citados, por lo que no se discute en detalle.

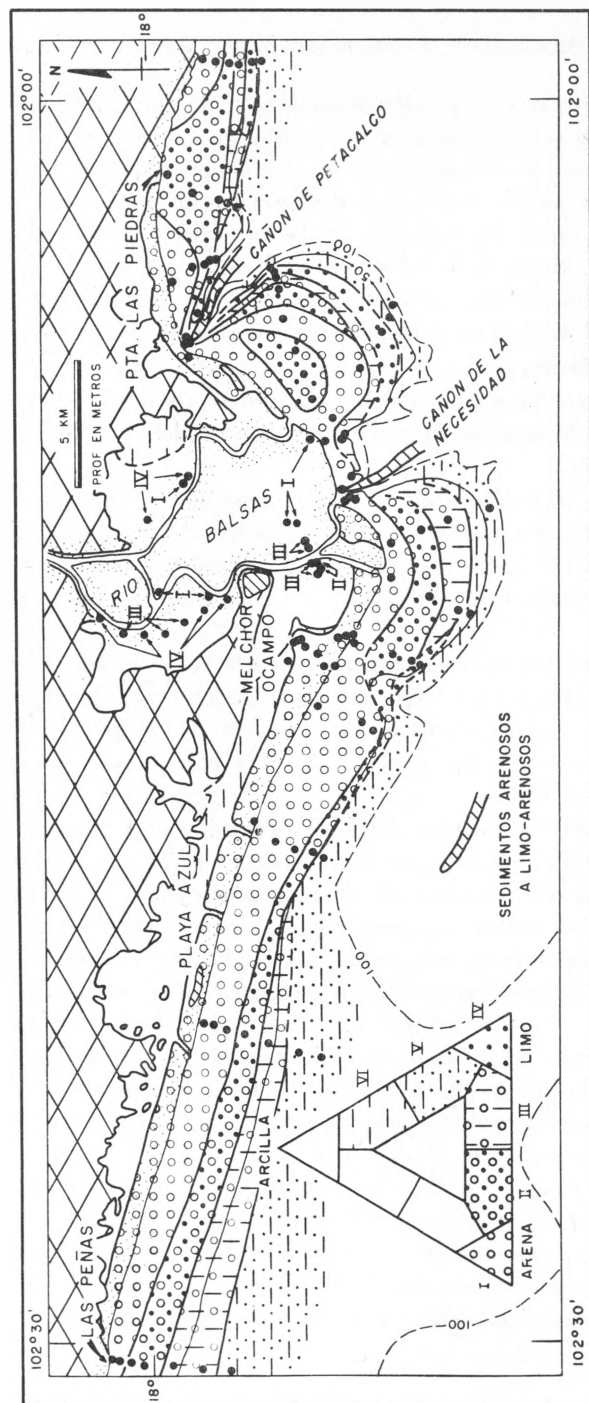


Fig. 6. Plano que señala la distribución textural de los sedimentos, según sus porcentajes de arena-limo-arcilla.

De las 23 muestras concentradas en el vértice correspondiente al 100% de arena, figura 4, dos corresponden a arena de ríos (muestras 123 y 125). siete pertenecen a sedimento colectado en las playas, seis de ellas localizadas entre el Estero de El Pichi y El Manglito (números 102, 104, 105, 110, 114 y 115) y una (72) en la Bahía de Petacalco; ocho pertenecen a sedimento obtenido a profundidades de 0 a 10 m y corresponden a las muestras 1, frente a Punta Las Peñas; 8, frente a Playa Azul; 20, al W de El Manglito. 23, al E de El Manglito; 27, frente a la Barra de Burras; 35, 39 y 96, en el Cañón de La Necesidad; cuatro muestras colectadas a profundidades entre 10 y 20 m (63, Punta Mangle; 97 Punta Las Piedras; 38 y 74, Cañón de Petacalco); una muestra correspondiente a profundidades de 20 a 40 m, obtenida en el Cañón de Petacalco (79); y una correspondiente a los niveles naturales del río (126).

ANÁLISIS MODAL DE LOS SEDIMENTOS

Por varios años se ha usado la distribución del tamaño de los granos sedimentarios como elementos para tratar de resolver algunos problemas geológicos. Sin embargo, existen serias limitaciones pues no es aplicable en muchos casos o bien es preciso utilizar diferentes técnicas de expresión de sus características de distribución. El sistema de análisis modal de los sedimentos ayuda a lograr un mejor entendimiento de ciertos sedimentos complejos y ha sido desarrollado por Curry (1960).

El uso de los parámetros citados con anterioridad, se basa en la suposición de que las distribuciones del tamaño de los granos se aproximan a la normalidad, siendo posible evaluar las desviaciones de la normalidad.

En muchos casos, tales desviaciones se incrementan, probablemente porque el sedimento es mezcla de dos o más componentes; cada uno de los cuales puede constituir un sedimento normalmente distribuido, aún cuando el sedimento resultante de su mezcla no sea normal, resultando de ello una distribución polimodal.

PROCEDIMIENTO

Se estudiaron las curvas de frecuencia acumulativas a fin de identificar los modos representantes de un sedimento constituido por componentes múltiples (Figs. 7a, b, c).

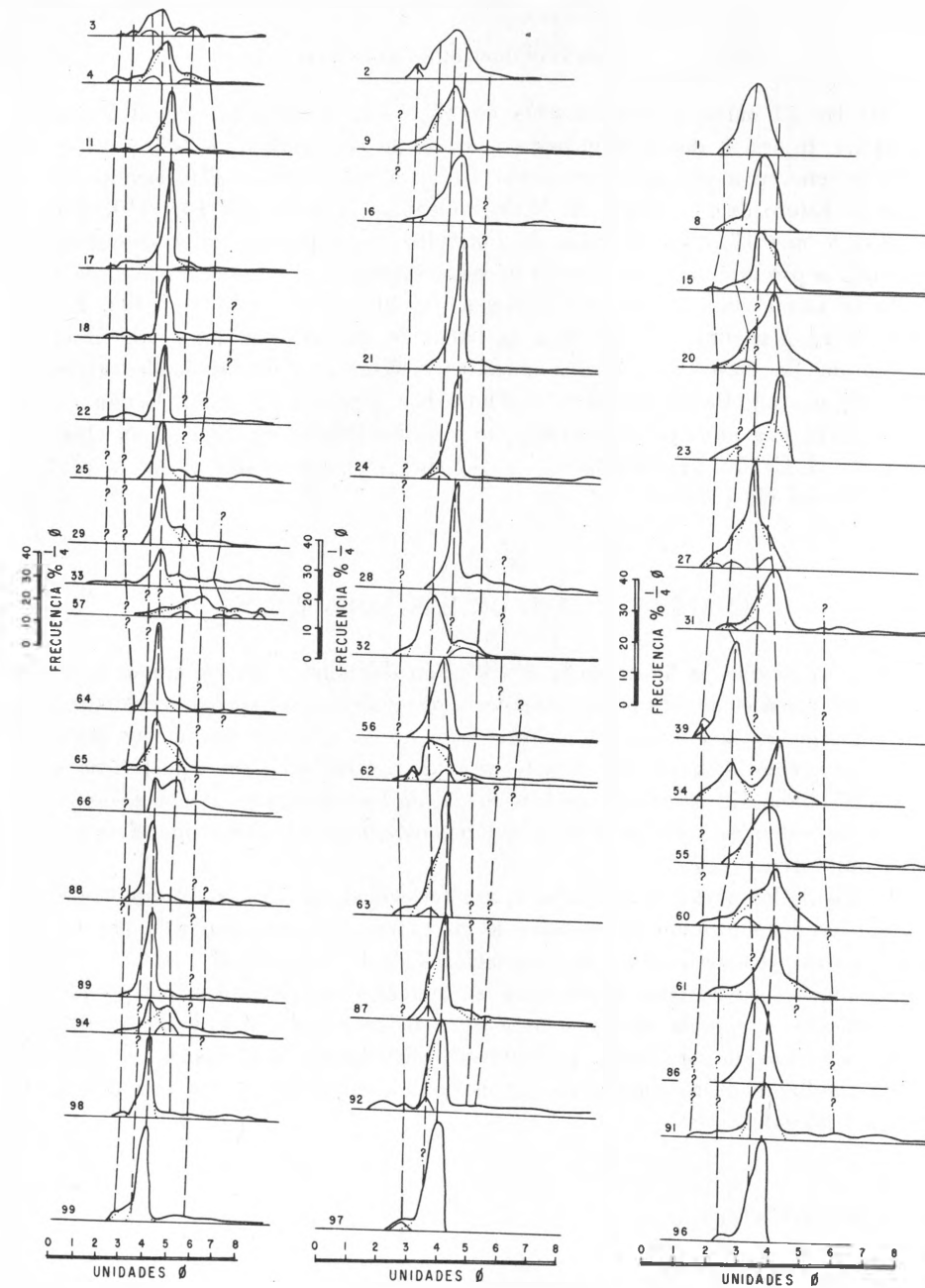


Fig. 7. a, b, c. Curvas de frecuencia que indican la correlación entre los componentes mezclados de sedimentos polimodales: a) Muestras localizadas entre 20 y 40 m de profundidad. b) Muestras localizadas entre 10 y 20 m de profundidad. c) Muestras localizadas entre 0 y 10 m de profundidad

No se consideraron modos basándose en puntos aislados y se tuvo especial cuidado de no interpretar como tales a pequeñas curvaturas, precaución necesaria en la región de la curva de frecuencia donde se trata de ajustar técnicas diferentes, por ejemplo a 62μ , (4ϕ), donde los datos obtenidos del tubo de sedimentación son correlacionados con los aportados por el análisis de la pipeta. Las curvas de frecuencia ideales, correspondientes a sedimentos polimodales, fueron disectadas según la curva normal de distribución de Gauss. Cuando diversos sedimentos son mezclados, cada uno tiende a retener sus propias características, las que no son modificadas por los procesos de transporte. Si es posible reconocer las características de los componentes presentes en cantidades suficientemente amplias, entonces se podrá utilizar la distribución de cada masa de sedimento determinando su presencia en los sedimentos mezclados.

APLICACION

Del examen de las curvas acumulativas obtenidas se observó que la mayoría de ellas son polimodales; una descripción basada sólo en parámetros estadísticos es de escaso valor si se desea identificar más que sus características texturales. Agrupando los diversos rangos modales obtenidos, se determinaron mapas de distribución que concordaron bien con las conclusiones de otras fases del estudio.

Los sedimentos que constituyen el delta son aportados por el Río Balsas; las arenas son depositadas dentro y en las cercanías de sus desembocaduras. los sedimentos finos son depositados lejos de la costa en áreas de relativo reposo estando su acomodo en función de la topografía del lugar de depósito.

El resultado obtenido es una distribución paralela a la actual línea de costa, distribución que sufre las modificaciones impuestas por la topografía submarina, modificada grandemente por la existencia de los cañones submarinos.

Como fuente principal de sedimentos se tiene al Río Balsas, debiéndose hacer incapié en la existencia de otros aportes tales como el Arroyo de Chucuitán y el Río de Arteaga; cada uno de estos ríos y arroyos contribuye al aporte de sedimentos y su distribución. Debido al deshielo de los glaciales del Wisconsiniano el mar ha transgredido la plataforma continental alcanzando su nivel actual; esa transgresión no fue uniforme, sino que fue interrumpida por varios períodos regresivos correspondientes a avances de los glaciales. Durante aquellos breves períodos de regresión, el sistema de vientos fue diferente y la dirección de las corrientes sufrió modificaciones.

En el presente, el depósito es escaso, dando lugar al retrabajo y mezclado destruyendo las estructuras primarias tales como la estratificación. Algunos de los sedimentos han alcanzado la homogeneidad constituyendo grupos enteramente diferentes respecto a sus características, tal y como se aprecia en la distribución de los grupos según el criterio de Inman y Chamberlain (1955) (Fig. 2).

El área estudiada incluye gran parte del delta submarino, hasta una profundidad de 50 m. Las curvas de frecuencia de los sedimentos se agruparon de acuerdo a condiciones ambientales de profundidad, habiendo construido una sección para cada medio, procediendo de occidente a oriente.

La zona analizada incluye una antigua línea de costa, hoy sumergida, hacia ambos lados del delta, truncada en la porción central de él, correspondiente al desarrollo real del delta (Fig. 5).

La distribución de los modos respecto al tamaño de los granos, en los tipos determinados, se ilustra en las figuras 7a, 7b y 7c.

DISTRIBUCION

TIPO "A".—Correspondientes a sedimentos arenosos finos, (rango: 3.50 a 4.00 ϕ). La figura 8a. muestra su amplia distribución, que cubre, en la porción central, una zona comprendida desde la línea de costa actual hasta una profundidad, no determinada, no menor de los 65 m y menor de los 100 m. Salvo una estrecha faja, paralela a la costa, frente a Las Peñas y que no fue posible conocer su extensión con exactitud.

Este tipo de sedimentos no se presenta en las proximidades del Cañón de Petacalco, a lo largo del relieve donde incrementa la pendiente. Frente a la Barra de La Necesidad, su distribución es afectada por la descarga del río, por lo cual su límite es errático y de difícil establecimiento.

Hacia el E del Cañón de Petacalco, se aprecia una extensa área en la cual los sedimentos no presentan a este tipo modal debiéndose, probablemente, a la dirección del transporte litoral y por tanto el cañón apresa a esos sedimentos.

TIPO "B".—Corresponde a arenas muy finas (rango 3.00 a 3.50 ϕ). Exceptuando a una angosta faja, a los 10 m de profundidad, de extensión no determinada, este tipo modal se distribuye desde el extremo occidental del área estudiada hasta las inmediaciones del Cañón del Manglito, frente al cual no fue determinada su presencia (Fig. 8b). Esto es debido, posiblemente, a la acción erosiva y selectiva del Ramal de El Manglito, en la actualidad cegado, que dejó como remanente el estero del mismo nombre y ocasionó la erosión del cañón.

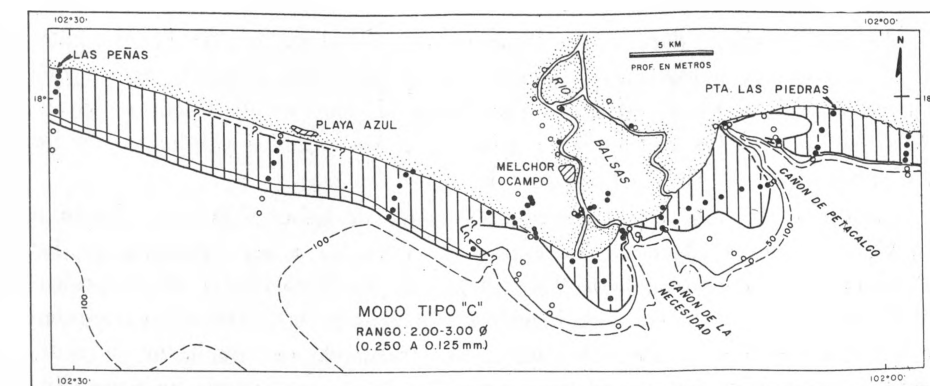
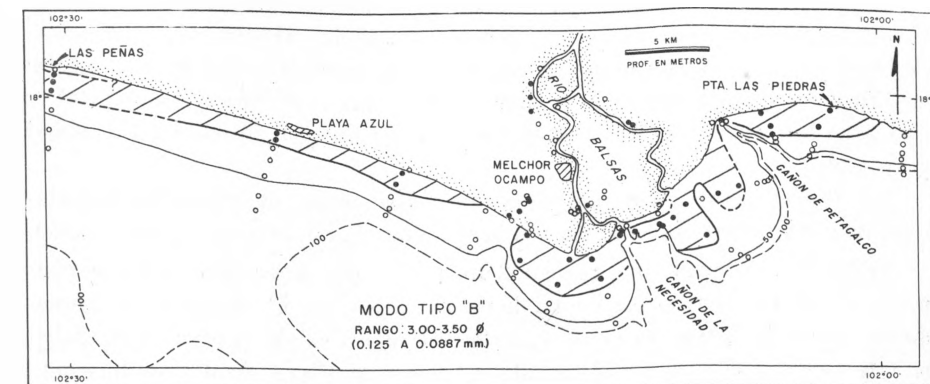
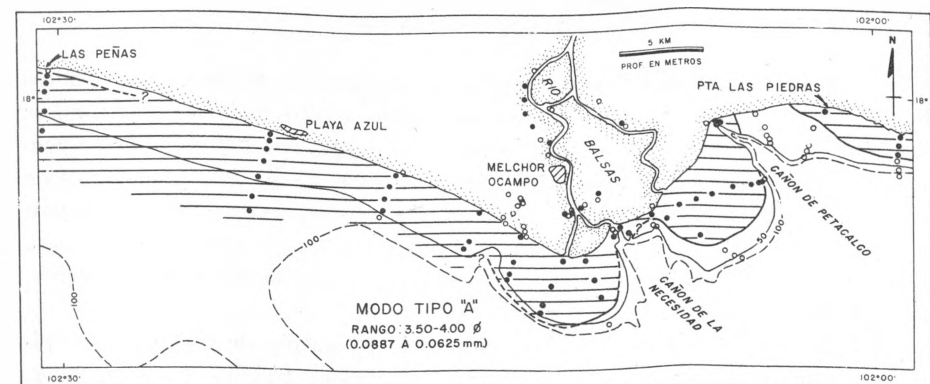


Fig. 8. a, b, c. Plano que señala la distribución modal del tamaño de grano en los sedimentos del delta del río Balsas. a) Rango de 3.50 a 4.00 ϕ . b) Rango de 3.00 a 3.50 ϕ . c) Rango de 2.00 a 3.00 ϕ .

Dos kilómetros al E del sitio anterior se manifiesta nuevamente, alejándose de la costa conforme a la batimetría del lugar, conservando los 20-25 m de profundidad, tornándose indefinida su extensión en las zonas de cambio de pendiente en el Cañón de la Necesidad. Frente a la costa de Isla Grande, desde la Barra de La Necesidad hasta la de San Francisco, no existen sedimentos con la presencia de este tipo modal, debido tal vez a la descarga del río a través de tales barras y al transporte de litoral que, seleccionando el sedimento, aleja de la costa a este tipo en particular.

Al E, la distribución es irregular, adoptando un patrón de distribución típico, dado que es el adoptado en otros aspectos de este trabajo, salvo pequeñas diferencias.

La batimetría de esta zona es, a grandes rasgos, semicircular, por lo tanto la distribución irregular de los sedimentos es atribuida al retrabajo y mezclado desigual en las diversas etapas transgresivas y regresivas del mar (con las modificaciones en la dirección e intensidad de las corrientes y transporte) y a la gran influencia ejercida por los cañones, en especial los de La Necesidad y Petacalco.

Los depósitos subaéreos que muestran a este modo, corresponden indistintamente a las arenas finas de río y a sedimentos de las llanuras de inundación.

TIPO "C".—Arena fina (rango 2.00 a 3.00 ϕ). Está distribuido ampliamente desde el extremo occidental hasta el Cañón de El Manglito, comprendiendo desde la actual línea de costa hasta 50-55 m de profundidad. Salvo la faja angosta que se presenta, ahora, frente a Playa Azul (posiblemente correlacionable con las anteriormente citadas, remanentes de una antigua línea de costa, sumergida) (Fig. 8c).

La distribución adoptada en las cercanías de el Cañón de El Manglito, se atribuye como causada directamente por su presencia y por la acción que ejerció cuando el ramal estuvo abierto hacia el mar, no sin tomar en consideración los aspectos expuestos en relación a los cambios originados en los sedimentos durante las fluctuaciones del nivel del mar.

La distribución se torna irregular, después de haber sido nula, frente a El Manglito, no obedeciendo la batimetría y vuelve a ser imprecisa en las zonas de pendiente variable de los cañones de La Necesidad y de Petacalco. Al E del Cañón de La Necesidad, adopta nuevamente la distribución irregular y típica. El Cañón de Petacalco debe estar actuando como selector de sedimentos, en combinación con el transporte litoral, pues se aprecia un área elipsoidal de sedimentos con ausencia de este tipo modal y, por la orientación, se relaciona con la dirección del transporte.

En la porción subaérea deltaica, los sedimentos de este tipo corresponden a arenas de río y llanuras de inundación de las partes bajas del delta, así como de los esteros, por ejemplo: El Manglito.

TIPO "D".—Arena media, con rango desde 1.5 a 2.0 ϕ . La distribución de este tipo de sedimentos guarda gran semejanza con las de los grupos I y II determinados según el criterio de Inman y Chamberlain (Fig. 5).

Se distribuye desde el W del área hasta frente a El Manglito en dos franjas de igual longitud pero presumiblemente pertenecientes a diferentes niveles del mar; la primera cubre desde la línea de costa hasta los 10-20 m de profundidad finalizando frente al estero de El Manglito; la segunda se distribuye desde los 30-35 m de profundidad hasta 50-55 m de profundidad, tornándose imprecisos sus límites en las cercanías de el Cañón de El Manglito, extremo occidental deltaico (Fig. 9a).

Frente a la Barra de La Necesidad, la distribución está influenciada por la descarga del río y frente a la de San Francisco derivada de las intermitentes descargas de la barra. Frente a Punta Las Piedras, los sedimentos de este tipo son el resultado de la erosión marina en la costa rocosa.

En la porción subaérea, la distribución corresponde a sedimentos arenosos del río y llanuras de inundación.

TIPO "E".—Limo grueso (rango 5.74 a 5.00 ϕ). Se encontró siempre alejado de la costa, a profundidades que fluctúan de 10 a 15 m, en distribución uniforme hacia el W del área y adquiriendo el patrón característico entre los cañones de La Necesidad y Petacalco. Su límite inferior, a profundidades siempre mayores de 60 m, fue determinado con precisión frente a Las Peñas y a Playa Azul.

Los sedimentos subaéreos corresponden a limos de río, depósitos de llanuras o planicies de inundación, lagunas y manglares (Fig. 9b).

TIPO "F".—Limo medio, rango 5.00 a 6.00 ϕ . Se distribuye uniformemente, hacia el W del área, como una amplia franja ubicada entre los 25-40 m de profundidad, adelgazándose e incrementando la profundidad conforme se aproxima al Cañón de El Manglito; inferido su trazo en el cañón, se manifiesta nuevamente entre los 15-20 m en su límite superior y 30-35 m en el inferior hasta aproximarse al Cañón de La Necesidad en donde reduce su amplitud y presenta dificultades su separación.

Frente a la Isla del Mar se localiza un área similar a la observada en el plano de distribución de grupos (Fig. 5); en el área comprendida entre los cañones de La Necesidad y de Petacalco, la distribución adquiere el patrón irregular y característico. Hacia el E del Cañón de Petacalco y frente a Punta

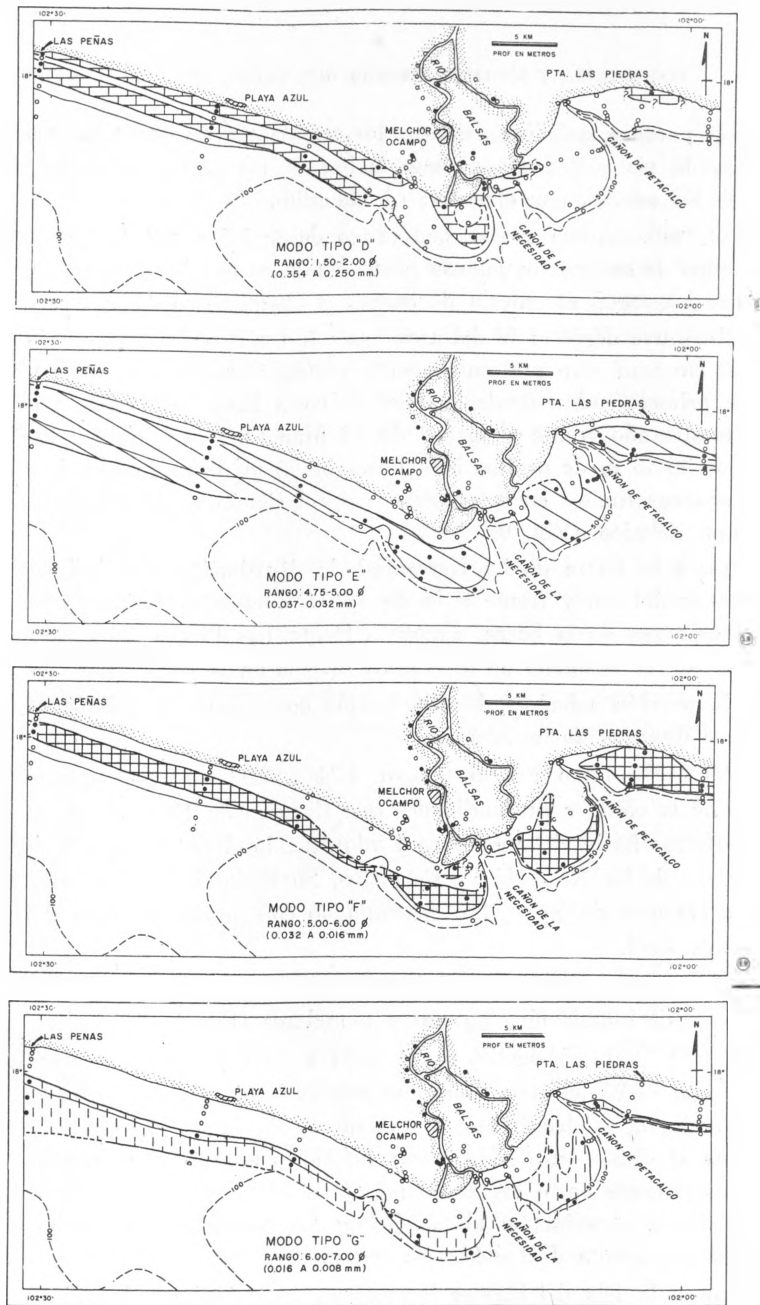


Fig. 9. a, b, c, d. Plano que señala la distribución nodal del tamaño en los sedimentos del río Balsas: a) Rango de 1.50 a 2.00 ϕ . b) Rango de 4.75 a 5.00 ϕ . c) Rango de 5.00 a 6.00 ϕ . d) Rango de 6.00 a 7.00 ϕ .

Las Piedras, su distribución alcanza a la costa extendiéndose hasta los 50 m de profundidad (Fig. 9c).

Una vez más el estudio del muestreo efectuado en la porción aérea indica que estos sedimentos corresponden a depósitos de llanuras de inundación exclusivamente.

TIPO "G".—Limo fino (rango 6.00 a 7.00 ϕ). Está distribuido en las partes más profundas y alejadas de la costa (Fig. 9d). Su límite superior se localiza frente a Las Peñas, Playa Azul y El Manglito, a los 45-50 m de profundidad, disminuyendo conforme se aproxima al Cañón de La Necesidad (25-30 m). Entre los Cañones de La Necesidad y Petacalco, vuelve a adquirir el patrón característico. Hacia el E de este cañón, se manifiesta como una franja delgada que se inicia en los 20 m de profundidad, indicando 40 m en el extremo oriental del área.

La distribución de este modo corresponde, en los sedimentos subaéreos, a ambientes de llanura de inundación.

COMPOSICION

La fracción arenosa fue analizada mediante el estudio al microscopio estereoscópico. Se dividió en dos porciones, una inorgánica y la otra orgánica, calculando el porcentaje acumulativo de ambos.

En la fracción inorgánica se diferenciaron: cuarzo, feldespatos, minerales oscuros, fragmentos de roca y micas.

En la fracción orgánica se determinaron: foraminíferos, conchas y fragmentos, espículas de esponja, fibras vegetales. La información así obtenida se resume en las tablas 2 y 3.

PORCENTAJE DE CARBONATO EN LOS SEDIMENTOS

Se determinó empleando el método acidimétrico. Oscila, en términos generales, entre 0.35 y 6.20% (Fig. 10).

Evidentemente, el factor condicionante de la cantidad de carbonato de calcio en los sedimentos es la presencia de conchas. La variación del porcentaje, a lo largo de las secciones del delta submarino, no es uniforme. correspondiendo los valores más altos a los sedimentos localizados a 50 m de profundidad en el Cañón de El Manglito y frente a la Barra de Burras y a lo largo de la sección desde la Barra de San Francisco hasta el flanco poniente

del Cañón de Petacalco. El porcentaje más bajo se localiza en los sedimentos arenosos cercanos a la costa, frente a Las Peñas y Playa Azul.

El porcentaje de carbonato de calcio en los sedimentos obtenidos en el delta subaéreo varía considerablemente, de 0.70 a 0.90% para los sedimentos arenosos de playa y río, exceptuando la muestra 124, colectada en la playa arenosa de Punta Mangle fuertemente influenciada por los sedimentos derivados de la erosión marina en los manglares; y la muestra 135 que siendo sedimento arenoso de origen fluvial presenta un contenido elevado (2.4%).

La muestra 103, obtenida en un ambiente pantanoso y lagunar, al SW de la población Melchor Ocampo, acusó un contenido considerablemente alto (2.26%). De manera general, en áreas con depósitos de arenas disminuye el porcentaje de carbonato de calcio.

PORCENTAJE DE CARBONO ORGANICO EN LOS SEDIMENTOS

Fue determinado por el método conocido de combustión húmeda, desarrollado por Schollemberger (1927), modificado posteriormente por el mismo autor (1945), al incluir la corrección por cloruros.

Bordoskiy (1965), recomienda emplear los valores de carbono orgánico preferentemente a los de materia orgánica, debido a que el contenido relativo de carbono orgánico en la materia orgánica varía según la composición y descomposición de ella, además, Klenova (1948), Trask y Patnode (1942), han usado diferentes coeficientes de conversión carbono orgánico-materia orgánica, dando como consecuencia el contenido relativo de carbono orgánico y motivando más dificultad en la comparación de los datos. Por consiguiente, se optó referirse exclusivamente a valores de carbono orgánico, dando los de materia orgánica como ilustración. La variación en el porcentaje de carbono orgánico se muestra en la figura 11.

En la porción sumergida del delta, los valores bajos corresponden a sedimentos cercanos a la costa y a poca profundidad; conforme ésta se incrementa, los porcentajes se elevan, alcanzando valores extremos de 1.20% al E del Cañón de Petacalco.

Los sedimentos localizados frente a Playa Azul, a profundidades cercanas a los 50 m arrojaron un resultado muy alto de difícil crédito (9.91%). Por lo general, el rango de variación normal fluctúa entre 0.05 y 0.90%.

En el delta subaéreo, los sedimentos correspondientes a arenas de playa contienen escaso contenido, entre 0.00 y 0.12%; los sedimentos correspon-

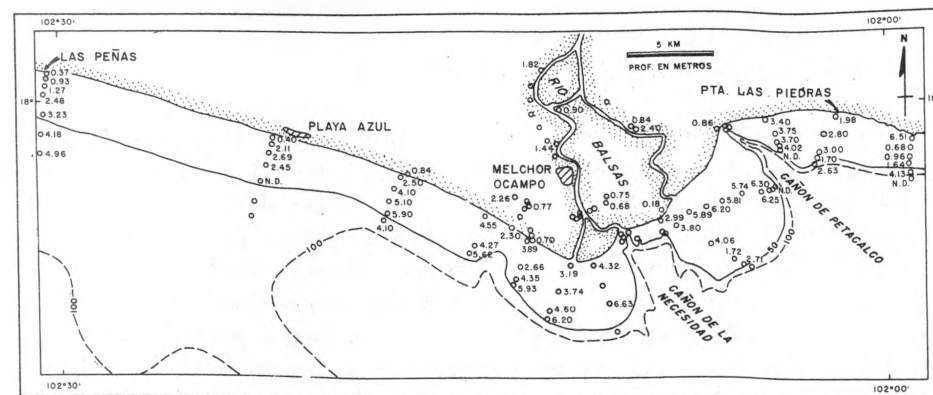


Fig. 10. Porcentaje de carbonato en los sedimentos

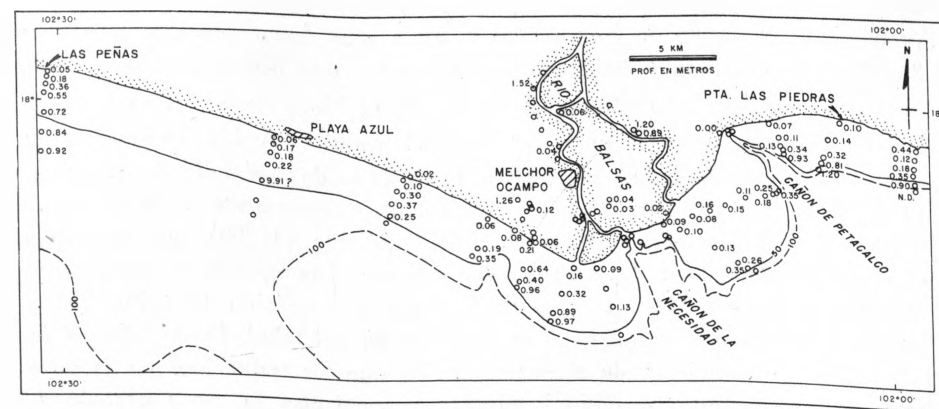


Fig. 11. Porcentaje de carbono orgánico en los sedimentos

dientes a las llanuras de inundación y pantanos muestran, razonablemente, valores mayores, de 1.20 a 1.52%.

RELACION DE LA BATIMETRIA CON LOS PARAMETROS ESTADISTICOS, CONTENIDO DE CARBONO Y MATERIA ORGANICA DE LOS SEDIMENTOS

El comportamiento de los sedimentos, en la sección localizada frente a Punta Las Peñas, al extremo occidental del delta, figs. 1 y 12, es uniforme hasta los 30 m de profundidad (estación 3) en cuanto al incremento de sedimentos finos; el coeficiente de asimetría presenta valores positivos, indicando predominio de partículas finas; variando los sedimentos desde bien clasificados hasta muy pobremente clasificados; según el diámetro medio, los tamaños del grano que predominan corresponden a arenas finas y muy finas. El porcentaje de carbonatos, expresados en términos de carbonato de calcio, se incrementa ligeramente, en tanto que el contenido de carbono orgánico lo hace suave y uniforme.

Entre 30 y 40 m de profundidad (estaciones 2 y 3) el porcentaje de arena se eleva, predominan las partículas finas que varían progresivamente desde arenas muy finas hasta limo fino; el coeficiente de clasificación varía de pobremente a moderadamente clasificados; el contenido de carbonatos y carbono orgánico se incrementa, rápidamente el primero, ligeramente el segundo.

A partir de esta última estación y hasta 57 m de profundidad (estación 6), el porcentaje de arena se reduce uniformemente, llegando a constituir el 10% del total de la muestra, aumentando hasta 70% el de limo; las partículas finas predominan, variando de limo medio a arena muy fina, entre las estaciones 3 y 4; y de arenas muy finas a limos finos entre esta última estación y la 6.

La sección localizada frente al Estero de El Manglito, se extiende desde la zona intertidal hasta 35 m de profundidad, figuras 1 y 13a. Desde la zona comprendida entre la baja y alta marea, hasta 20 m de profundidad (estaciones 115 y 25), la pendiente del fondo marino varía suavemente (1:400) manifestándose a continuación un aumento del gradiente (1:200) que se refleja en el comportamiento de las curvas comparativas; el porcentaje de arena varía de 100% (estación 115), a 50% en la zona de transición (estación 25) y 11% a 35 m de profundidad, en la parte media del talud, límite inferior de la sección. El coeficiente de asimetría indica que los sedimentos en la zona intertidal no presentan predominio alguno de partículas, la curva granulométrica es simétrica; a los 5 m de profundidad (estación 23) predominan las

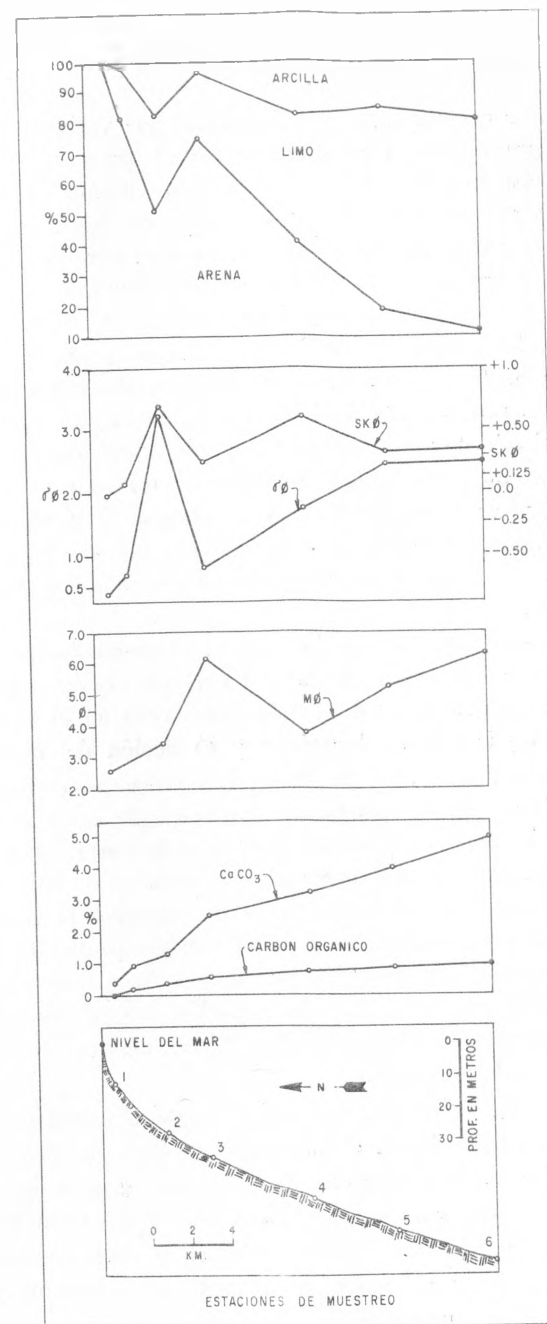


Fig. 12. Relación de la batimetría con los parámetros estadísticos, contenido de carbonatos y carbono orgánico, en los sedimentos de la sección localizada frente a Punta las Peñas, al W del delta

partículas gruesas que corresponden a arenas finas que varían desde muy bien clasificadas a moderadamente bien clasificadas; el porcentaje de carbonato se incrementa rápidamente de 0.8 a 4.0%. Según Ottman (1964), la playa submarina se inicia por una serie de surcos y cordones ligados a las rompientes de las olas y a la granulometría de los sedimentos; por tanto, en los surcos se acumulan con frecuencia conchas y pequeños rodados.

Los sedimentos gruesos predominan, aproximadamente, hasta los 12 m de profundidad (entre las estaciones 23 y 24), a mayor profundidad, el predominio es de partículas finas, tendiendo a la simetría desde los 25 m en adelante. A partir de la profundidad de 5 m, los sedimentos se presentan moderadamente clasificados hasta pobremente clasificados a los 35 m de profundidad.

Entre 5 y 15 m de profundidad, la pendiente es suave y el porcentaje de carbonatos disminuye gradualmente; al acentuarse el gradiente, los sedimentos presentan mayor contenido de carbonatos y el carbono orgánico descendiendo ligeramente. Al iniciarse el talud, disminuye y al acentuarse la pendiente se incrementa.

Las variaciones manifestadas por las curvas correspondientes a los parámetros estadísticos, contenido de carbonatos y carbono orgánico, entre la zona intertidal y los 5 m de profundidad, se relacionan con: a) el cambio de ambiente b) el inicio de la playa submarina; y c) acción del oleaje.

La sección trazada 3 Km al E de Punta Las Peñas, se extiende hasta los 100 m de profundidad, aproximadamente. La línea de costa es rocosa, con ausencia de playas. El perfil batimétrico es acentuado hasta 50 m de profundidad (1:50), siendo casi vertical a mayor profundidad (1:30) (Fig. 13b). La operación de muestreo se inició a 5 m de profundidad (estación 96). Posiblemente, desde los cero metros hasta los 10 m de profundidad el 100% del sedimento está constituido por arenas medias y finas, con predominio de partículas gruesas ($Sk\phi$ negativo), muy bien clasificadas; el contenido de carbonatos desciende considerablemente, de 6.6 a 0.5%, mientras que el de carbono orgánico disminuye ligeramente.

Desde 10 m hasta 27 m de profundidad, el contenido de arena representa el 70% (limo 25%, arcilla 5%). el sedimento se presenta desde muy bien hasta pobremente clasificado predominando partículas gruesas que corresponden a arena muy fina, ($M\phi$ entre 4 y 5 ϕ), hasta los 20-25 m de profundidad; a mayor profundidad, predominan las partículas finas correspondientes a limo grueso ($M\phi$ entre 4 y 5 ϕ); el contenido de carbonatos aumenta ligeramente al igual que el de carbono orgánico.

En los siguientes 10 m de profundidad (37 m) el contenido de arena asciende aproximadamente 10%; predominan, en menor proporción, las par-

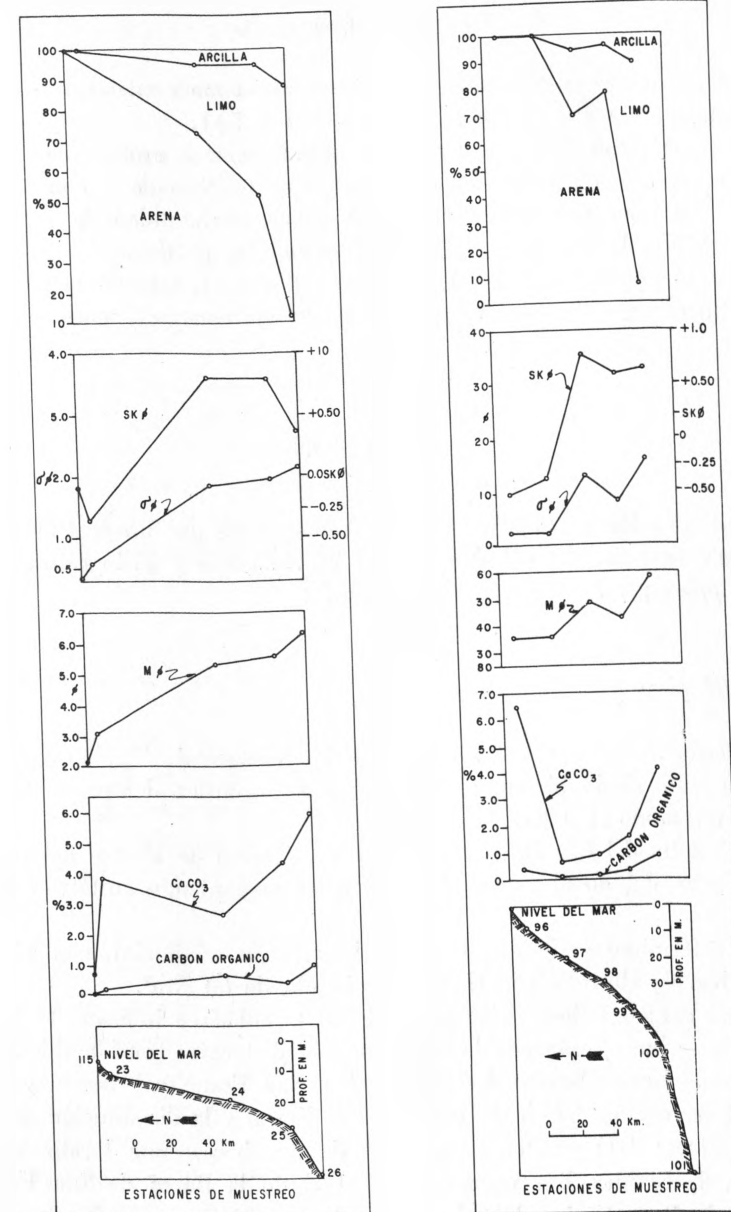


Fig. 13. Relación de la batimetría, con los parámetros estadísticos, contenido de carbonatos y carbono orgánico en los sedimentos de las secciones: a) Frente al Estero el Manglito. b) 3 km al E de Punta las Peñas, en el extremo oriental del delta

tículas finas que se presentan desde pobremente a moderadamente clasificadas, correspondiendo a limo grueso ($M\phi$, entre 4 y 5ϕ).

El porcentaje de limo se incrementa grandemente a profundidades mayores de 50 m (punto de inflexión de la pendiente), llegando a constituir hasta el 90% del total del sedimento; a 55 m de profundidad, la arena representa el 5% y la arcilla el 10%, predominan las partículas finas correspondientes a limos medios y finos ($M\phi$, entre 4 y 6ϕ), estando moderadamente a pobremente clasificados. El contenido de carbonatos y carbono orgánico aumenta.

DISCUSION

A continuación se analizan aquellas conclusiones que aparentemente tienen mayor importancia, dividiéndose en: 1) Morfológicas y Fisiográficas; 2) Sedimentológicas; y 3) Histórico geológicas.

1) Morfológicas y Fisiográficas

a) Dos kilómetros aguas abajo del sitio denominado "La Villita", último estrechamiento de la sierra, el Río Balsas se ramifica dentro de la llanura costera, formando el delta.

b) El delta del Río Balsas constituye un proceso de avance del continente hacia el mar, debido al aporte fluvial y a los movimientos eustáticos del nivel del mar.

c) En términos generales, el delta tiene forma triangular, con 13 Km de base, 9 Km de altura y superficie aproximada de 60 Km².

d) Las características fisiográficas del delta subaéreo indican: I) los canales del río se han desplazado lateralmente por distancias considerables. II) las tres bocas abiertas (Burras, La Necesidad y San Francisco) tienen gran inestabilidad por acción del oleaje, corrientes de litoral y la disminución del aporte de sedimentos; III) existen remanentes de dos bocas, una localizada frente al cañón de El Manglito y otra hacia el E de la Barra de San Francisco, denominada Boca Vieja; IV) las áreas de bermas corresponden a depósitos no deltaicos; V) el área de dunas localizada hacia el W de la Barra de Burras es de dimensiones reducidas.

e) En la porción submarina del delta, las características fisiográficas más interesantes están representadas por la existencia de por lo menos cuatro ca-

ñones submarinos, erosionados frente a las diferentes desembocaduras que ha adoptado el río.

f) El ciclo normal de erosión del Río Balsas y del sistema de cañones, se aceleró con la construcción de las presas de El Infiernillo y J. M. Morelos y Pavón (La Villita).

g) El Río Balsas, al recorrer la llanura costera, se encuentra en la etapa de madurez tardía, dentro del ciclo geomorfológico, indicada por: a) amplias llanuras de inundación; b) abundancia de meandros; c) ligera tendencia a erosionar las márgenes de los meandros, en la porción superior del delta; d) anchura del cauce. e) escasa competencia y gran capacidad.

h) Gran parte del delta subaéreo está formado predominantemente por una llanura de inundación limosa a arenosa, depósitos correspondientes a niveles naturales del río (bordes) y por gravas gruesas subyacentes.

i) Al cesar el aporte de sedimentos gruesos, las cabeceras de los cañones de La Necesidad y Petacalco, sufrieron un rejuvenecimiento, encontrándose en la etapa de juventud dentro del ciclo geomorfológico.

2) Sedimentológicas.

a) Se reconocieron los siguientes grupos de sedimentos: Grupo I, arenas finas a muy finas, variando desde muy bien a moderadamente clasificadas. Grupo II, arenas finas, muy finas y limos gruesos; pobremente clasificados, con predominio de sedimentos arenosos muy finos y limosos gruesos. Grupo III, limos pobremente y muy pobremente clasificados, con ligero predominio de sedimentos finos. Grupo IV, limos finos a muy finos y arcillas, pobremente clasificados. Estos grupos están distribuidos en bandas más o menos paralelas al litoral, dependiendo del relieve local, retrabajo y descarga del río.

b) Los sedimentos de la plataforma frontal son predominantemente arenosos y decrecen rápidamente, en tamaño, mar afuera.

c) En el área de los cañones, la distribución de los sedimentos es irregular debido a la acción de las corrientes, mareas, elevada erosión a que están sujetos y a las características topográficas.

d) La alternancia de sedimentos, al W y E del delta submarino, se atribuye a inmovilidad temporal del nivel del mar durante la transgresión motivada por el deshielo post pleistocénico.

e) Las evidencias mineralógicas señalan que las condiciones imperantes fueron de rápido depósito y escaso retrabajo (granos de cuarzo angulosos, ausencia de corrosión y oxidación, conchas en buen estado de conservación, etc.)

f) La descarga del río ha motivado el retrabajo local de los sedimentos depositados durante las fluctuaciones del nivel del mar o bien su sepultamiento.

g) En el delta subaéreo, la distribución de los sedimentos es irregular e imposible de generalizar o agrupar debido, principalmente, a los movimientos laterales de los canales del río.

h) De las curvas granulométricas acumulativas obtenidas, la mayoría son polimodales. Los patrones de distribución modal concordaron con las conclusiones de otras fases del estudio.

i) Las variaciones ambientales entre las épocas glacial y post glacial, se reflejaron en la mezcla y discordancia de los sedimentos.

j) El delta submarino muestra en sus extremos, remanentes sedimentarios relacionados con la transgresión post glacial.

k) La composición mineral y orgánica de los sedimentos indica predominio de terrígenos.

l) Los sedimentos proceden de diversas fuentes: I) erosión de las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas predeltaicas, por procesos fluviales, eólicos y marinos; II) retrabajo de los sedimentos depositados sobre la plataforma frontal del delta, debido al oleaje, corrientes y mareas; III) erosión fluvial, eólica y marina costera de los sedimentos de la llanura limosa-arenosa del delta subaéreo; y IV) origen biógeno.

m) Los sedimentos arenosos cercanos a la costa indican valores bajos en el porcentaje de carbonatos; los sedimentos localizados a 50 m o más de profundidad presentan porcentajes elevados.

n) Se observó bajo contenido de carbono orgánico en sedimentos cercanos a la costa y a escasa profundidad, así como en las arenas de playa; los sedimentos de las llanuras de inundación y pantanos alcanzan valores altos.

ñ) El comportamiento de los parámetros estadísticos, contenido de carbonatos y materia orgánica corresponde, en general, a las modificaciones de la batimetría. Los sedimentos gruesos se encuentran entre 0 y 20 m de profundidad. La clasificación es irregular si el gradiente batimétrico es acentuado; el grado de clasificación se modifica según la profundidad, desde muy bueno para sedimentos de las playas hasta pobremente a los 10 m de profundidad.

o) Los estudios de movimiento de arenas (E. Reimnitz, 1968) indican, para el Cañón de Petacalco: I) escasa porción del sedimento, se mueve paralelo a las isóbatas y contrario a las corrientes de superficie; II) parte del sedimento se mueve paralelo a las olas; y III) el transporte pendiente abajo es rápido donde las olas son semi paralelas a los contornos batimétricos. Para el Cañón de La Necesidad, se concluye: I) El oleaje y las fuertes corrientes hacia el E causan transporte en la misma dirección; II) Flujos laminares de

alta velocidad desvían hacia el mar gran parte del sedimento; III) Corrientes superficiales de retorno motivan transporte de sedimentos en suspensión; y IV) Las corrientes hacia el E transportan pocas cantidades de sedimento, a lo largo del litoral y cruzando la cabecera del cañón.

p) Las cabeceras de los cañones se han labrado en materiales suaves y sueltos.

q) La posición relativa del mar no ha variado notablemente durante el tiempo del crecimiento de las bermas.

r) Durante la transgresión marina, el litoral se remontó a través de los depósitos desarrollados sobre la plataforma, llegando a 2 ó 3 Km tierra adentro de su posición actual. Desde entonces la costa ha sido de carácter regresivo y las líneas de crecimiento son evidencias de este proceso.

s) La truncación que presentan los depósitos que constituyen la costa de Isla Grande, se atribuye a compactación de los sedimentos.

t) Hace ya algunos años, se suspendió el aporte de sedimentos al área de "Boca Vieja", por lo que la superficie del delta en esa zona está sumergiéndose, como lo indican extensos crecimientos de manglar.

u) Desde la construcción de dos presas en el Bajo Río Balsas, y la detención en el aporte de sedimentos gruesos, el frente del delta se ha retirado.

TABELA 1

PARAMETROS GRANULOMETRICOS

Muestra No.	Ø 16	Md Ø Ø 50	Ø 84	GI Ø	M Ø	SK Ø
1	2.225	2.625	3.000	0.387	2.612	-0.013
2	2.750	3.400	4.150	0.700	3.450	+0.071
3	2.900	3.900	9.400	3.250	6.150	+0.700
4	2.950	3.550	4.550	0.800	3.750	+0.250
5	3.475	4.175	6.975	1.750	5.225	+0.600
6	3.850	5.500	8.750	2.450	6.300	+0.330
7	4.300	5.950	0.275	2.487	6.787	+0.340
8	2.525	2.950	3.325	0.400	2.925	-0.063
9	2.800	3.325	3.750	0.475	3.275	+0.120
10	2.700	3.250	3.325	0.562	3.262	+0.021
11	3.300	3.850	4.600	0.650	3.950	+0.150
12	3.550	4.550	8.650	2.550	6.100	+0.700
13	4.550	5.850	9.450	2.450	7.000	+0.470
14	4.750	6.800	9.900	2.575	7.325	+0.190
15	2.700	3.225	5.600	1.450	4.150	+0.650
16	3.125	3.600	3.925	0.400	3.525	-0.190
17	3.125	3.775	4.100	0.437	3.612	-0.330
18	3.550	3.875	6.850	1.650	5.700	+1.100
19	4.600	6.525	9.550	2.475	7.075	+0.220
20	2.575	3.150	3.550	0.487	3.062	-0.180
21	3.525	3.825	4.200	0.337	3.860	+0.104
22	3.250	3.750	4.950	0.850	4.100	+0.410
23	2.550	3.325	3.700	0.575	3.125	-0.350
24	3.500	3.850	7.250	1.875	5.375	+0.810
25	3.600	4.000	7.500	1.950	5.550	+0.800
26	4.200	5.575	8.500	2.150	6.350	+0.360
27	2.150	2.750	3.300	0.575	2.725	-0.044
28	3.700	4.000	6.150	1.225	4.925	+0.760
29	3.700	4.175	5.850	1.075	4.775	+0.560
30	4.750	6.725	9.725	2.487	7.237	+0.205
31	3.050	3.550	5.450	1.200	4.250	+0.590
32	2.950	3.400	4.500	0.775	3.725	+0.420
33	3.660	4.700	7.700	2.050	5.650	+0.460
34	6.200	7.850	10.100	1.950	8.150	+0.300
35	2.500	2.850	3.275	0.387	2.887	+0.095
36	3.450	4.000	10.550	3.550	7.000	+1.180
37	3.125	4.125	7.625	2.250	5.375	+0.550
38	2.450	2.850	3.300	0.425	2.875	+0.060
39	1.900	2.300	2.575	0.337	2.237	-0.188
40	2.950	3.375	3.750	0.400	3.350	-0.062
41	2.850	3.300	3.750	0.450	3.300	0.000
42	3.275	3.975	6.700	1.712	4.987	+0.590
43	2.500	3.225	3.800	0.650	3.150	-0.114
44	3.300	3.800	6.900	1.000	5.100	+0.720
45	3.000	3.600	7.400	2.200	5.200	+0.730

TABLA 1 (CONT.)

Muestra No.	Ø 16	Ø 50	Ø 84	Ø	M Ø	SK Ø
48	3.350	4.700	7.400	2.025	5.375	+0.330
50	3.075	3.500	4.425	0.675	3.750	+0.370
52	4.000	6.400	8.850	2.425	6.425	+0.010
53	4.025	5.050	7.350	1.912	5.937	+0.460
54	2.200	3.300	3.950	0.875	3.100	-0.230
55	3.100	3.625	6.750	1.825	4.925	+0.700
56	3.325	3.675	6.150	1.412	4.737	+0.750
57	4.600	5.900	8.000	2.100	6.300	+0.190
58	5.450	6.750	10.200	2.375	7.825	+0.450
60	2.925	3.675	4.300	0.687	3.612	-0.092
61	3.200	3.800	4.625	0.712	3.912	+0.160
62	3.125	3.750	7.600	2.237	5.362	+0.730
63	3.250	3.775	3.800	0.275	3.525	-0.900
64	3.575	3.875	4.950	0.687	4.262	+0.560
65	3.700	4.175	4.900	0.600	4.300	+0.210
66	4.000	4.800	7.500	1.750	5.750	+0.540
67	5.250	7.325	11.200	2.975	8.225	+0.300
68	4.300	5.600	9.650	2.675	6.975	+0.510
70	2.675	3.175	3.700	0.510	3.190	+0.030
71	4.900	7.075	10.600	2.850	7.750	+0.235
72	1.225	2.000	2.575	0.675	1.900	-0.150
73	4.500	5.300	8.000	1.750	6.250	+0.540
74	2.450	2.900	3.350	0.450	2.900	0.000
77A	4.950	6.050	9.800	2.425	7.375	+0.220
77B	6.000	7.900	10.600	5.300	8.300	+0.078
79	2.725	3.150	3.550	0.410	3.137	-0.032
81	4.500	7.000	10.675	3.087	7.587	+0.190
82	3.400	4.450	9.000	2.800	6.200	+0.620
84	3.250	3.650	0.550	3.800	0.150	+0.275
85	4.925	5.600	8.475	1.775	6.700	+0.620
86	3.075	3.425	3.750	0.340	3.410	-0.044
87	3.450	3.800	4.450	0.500	3.950	+0.300
88	3.575	3.850	6.400	1.410	5.000	+0.820
89	3.500	3.800	8.000	2.250	5.750	+0.870
90	4.750	6.750	9.700	2.475	7.225	+0.210
91	3.250	3.800	6.800	1.800	5.000	+0.670
92	3.450	3.850	5.900	1.225	4.675	+0.670
93	3.325	3.850	6.200	1.437	4.762	+0.570
94	3.900	4.600	7.100	1.600	5.500	+0.560
95	5.400	8.350	9.825	2.200	7.600	-0.340
96	3.300	3.625	3.800	0.250	3.555	-0.500
97	3.325	3.650	3.800	0.237	3.562	-0.370
98	3.575	3.850	6.200	1.312	4.887	+0.790
99	3.475	3.800	5.125	0.825	4.300	+0.600
100	4.250	4.800	7.450	1.600	5.850	+0.650

TABLE 1 (CONT.)

Muestra No.	Ø 16	Ø 50	Ø 84	Ø	M Ø	SK Ø
102	2.350	2.725	3.000	0.325	2.675	-0.150
104	2.300	2.600	2.900	0.300	2.600	0.000
105	2.475	2.750	3.100	0.312	2.787	+0.120
106	2.350	2.750	3.100	0.375	2.725	-0.067
107	2.350	2.950	6.550	2.100	4.450	+0.720
108	2.050	2.450	5.000	1.950	3.975	+0.800
110	2.000	2.550	3.075	0.537	2.537	-0.024
111	1.825	2.450	4.350	1.262	3.087	+0.500
112	2.575	3.450	8.300	2.862	5.437	+0.142
113	2.100	2.450	4.300	1.100	3.200	+0.680
114	1.950	2.300	2.600	0.325	2.275	-0.077
115	1.800	2.200	2.450	0.325	2.125	-0.075
116	5.325	6.500	9.325	2.000	7.325	+0.410
117	2.300	3.000	5.500	1.600	3.900	+0.560
118	3.300	3.850	8.050	2.375	5.675	+0.770
119	4.950	7.300	8.800	1.925	6.875	-0.220
120	3.475	5.900	10.100	3.310	6.787	+0.260
121	2.100	4.200	7.650	2.775	4.875	+0.240
122	1.850	2.300	4.100	1.125	2.975	+0.600
123	1.650	2.200	2.700	0.525	2.175	-0.048
124	1.900	2.300	2.650	0.375	2.275	-0.067
125	1.950	2.350	2.750	0.400	2.350	0.000
126	5.500	6.400	7.550	1.025	6.525	+0.120
127	4.500	6.500	9.250	2.375	6.875	+0.160
128	3.700	5.000	9.800	3.050	6.750	+0.570
129	3.800	5.100	7.900	2.050	5.850	+0.370
130	4.750	7.450	8.650	1.950	6.700	-0.380
131	2.800	5.425	9.900	3.550	6.350	+0.260
132	4.875	6.650	8.700	1.912	6.787	+0.070
133	1.350	1.950	2.375	0.510	1.862	-0.170
134	4.300	4.900	8.300	2.000	6.300	+0.700
135	2.450	2.950	3.750	0.650	3.100	+0.230
136	4.900	5.975	8.700	1.900	6.800	+0.430

COMPOSICION DE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS.

Fracción Inorgánica.

Est.	Cuarzo	Frag. Roca	Min. obsc.	Feldespatos	Micas	Porcentaje
------	--------	------------	------------	-------------	-------	------------

Sección frente a Punta Las Peñas:

1	51	12	7	25	2	97
2	50	10	9	27	1	97
3	48	8	7	29	2	94
4	30	6	5	14	5	60
5	9	--	2	--	-	11
6	45	1	2	16	tr	64

Sección frente a Playa Azul:

9	51	10	7	26	1	95
11	35	10	5	23	2	75

Sección frente a Santa Ana:

15	50	10	7	28	-	95
16	30	3	3	13	6	55
17	28	6	5	12	8	59
102	48	10	10	30	-	98

TABLA 2 (CONT.)

Est.	Cuarzo	Frag. Roca	Min. obsc.	Feldespatos	Micas	Porcentaje
------	--------	------------	------------	-------------	-------	------------

Sección al E de Punta Las Piedras:

96	50	12	6	24	3	95
97	37	11	9	23	6	86
98	9	4	4	7	tr	24
99	29	5	3	15	8	60
100	48	10	8	27	tr	93
101	52	8	12	23	4	99

Sección frente a El Manglito:

23	49	12	10	27	-	98
24	48	10	9	28	2	97
25	49	8	7	29	6	99
26	40	10	9	21	15	95
115	46	15	12	27	-	100

Cañón de La Necesidad:

35	53	6	5	28	3	95
36	49	8	7	24	5	93
37	50	5	12	25	2	94
39	51	7	13	27	-	98
40	51	8	7	25	4	95
44	54	7	6	25	2	94

TABLA 2 (CONT.)

Est. Cuarzo Frag. Roca Min. obsc. Feldespatos Micas Porcentaje

Cañón de Petacalco:

74	52	6	8	29	-	95
84	50	8	6	28	tr	92
85	52	9	5	30	2	98

Delta Sub-áereo:

70	54	10	10	20	6	100
104	56	9	2	30	tr	97
105	55	12	4	29	tr	100
106	53	12	6	29	tr	100
108	52	15	5	27	1	100
110	56	13	4	26	1	100
111	53	16	3	28	-	100
117	66	2	-	29	3	100
121	65	4	2	28	1	100
122	59	7	5	28	1	100
123	56	8	7	27	2	100
125	54	13	9	23	1	100
128	59	10	5	26	tr	100
129	55	12	4	27	tr	98
131	54	13	2	29	-	98
133	57	9	8	24	2	100
135	56	11	9	22	2	100

TABLA 3

COMPOSICION DE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS.

Fracción Orgánica.

Est. Foraminíferos Conchas y Espículas Fibras Porcentaje
fragmentos de Esponja Vegetales

Sección frente a Punta Las Piedras:

1	--	3	--	--	3
2	--	3	--	--	3
3	1	5	tr	--	6
4	7	32	1	--	40
5	18	70	1	tr	89
6	8	25	3	tr	36

Sección frente a Playa Azul:

9	--	5	--	--	5
11	8	17	--	--	25

Sección frente a Santa Ana:

15	--	5	--	--	5
16	10	35	--	--	45
17	5	33	3	--	41
102	--	2	--	--	2

TABLA 3 (CONT.)

Est.	Foraminíferos	Conchas y fragmentos	Espículas de Esponja	Fibras Vegetales	Porcentaje
------	---------------	----------------------	----------------------	------------------	------------

Sección al E de Punta Las Piedras:

96	--	5	--	--	5
97	4	8	2	--	14
98	16	57	3	tr	76
99	11	26	3	--	40
100	1	6	--	--	7
101	tr	1	--	--	1

Sección frente a El Manglito:

23	tr	2	--	--	2
24	1	2	tr	tr	3
25	1	tr	--	--	1
26	3	1	--	1	5
115	--	--	--	--	0

Cañón de La Necesidad:

35	1	3	--	1	5
36	2	5	--	tr	7
37	1	5	--	--	6
39	--	2	--	--	2
40	--	5	--	--	5
41	--	6	--	--	6

TABLA 3 (CONT.)

Est.	Foraminíferos	Conchas y fragmentos	Espículas de Esponja	Fibras Vegetales	Porcentaje
------	---------------	----------------------	----------------------	------------------	------------

Cañón de Petacalco:

74	1	4	--	--	5
84	2	6	--	--	8
85	--	2	--	--	2

Delta Sub-Aéreo:

70	--	--	--	--	0
104	3	tr	--	--	3
105	--	tr	--	--	0
106	tr	tr	--	--	0
108	--	tr	--	--	0
110	--	tr	--	--	0
111	--	--	--	--	0
117	--	--	--	tr	0
121	--	--	--	tr	0
122	--	--	--	tr	0
123	--	--	--	tr	0
125	--	--	--	--	0
128	--	--	--	--	0
129	--	--	--	2	2
131	--	2	--	--	2
133	--	--	--	--	0
135	--	--	--	--	0

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Alvarez Jr., M. (1961). *Provincias Fisiográficas de la República Mexicana*. Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. 24, n. 2, 20 p., 1 mapa .
- Bordouskiy, O. K. (1965). *Sources of Organic Matter in Marine Basins*. Marine Geol., v. 3, n. 1 y 2, p. 5-31, 8 tablas.
- Curray, J. R. (1960). *Tracing Sediment Masses by Grain Size Modes*. Intern. Geol. Congr., Rpt. 21th Sess., Copenhagen, 1960, p. 119-130, figs. 1-8.
- , (1961). *Late Cuaternary Sea Level: A Discussion*. Geol. Soc. America, Bull., v. 72, n. 11, p. 1707-1712.
- Dill, R. F. (1964). *Contemporary Submarine Erosion in Scripps Submarine Canyon*. Ph. D. Thesis, Univ. Calif., Scripps. Int. Oceanogr. 269 p.
- Dirección General de Obras Marítimas (1954-1955). *Memoria de Estudios en la Zona de El Pichi, Michoacán*. Sría. Marina, Direc. Gral. Obras Marít., Dept. Est. Labs., Mem. n. 3, 20 p., mapas y tablas.
- , (1963). *Iniciación de Estudios Físicos en la Zona del Bajo Río Balsas realizados en el año de 1962*. Sría. Marina, Direc. Gral. Obras Marít., Dept. Est. Labs., Mem. n. 3, 20 p., mapas y tablas.
- Emery, K. O. (1938). *Rapid Method of Mechanical Analysis of Sands*. Jour. Sedim. Petrol., v. 8, n. 3, p. 105-111, figs. 1-5.
- Inman, D. L. (1949). *Sorting of Sediments in the Light of Fluid Mechanics*. Jour. Sedim. Petrol., v. 19, n. 2, p. 51-70, figs. 1-5.
- , (1952). *Measures for Describing the Size Distribution of Sediments*. Jour. Sedim. Petrol., v. 22, n. 3, p. 125-145, figs. 1-9.
- Inman, D. L. and Chamberlain. T. K. (1955). *Particle Size Distribution in Near-Shore Sediments*. In: *Finding Ancient Shorelines*. Soc. Econ. Paleont. Min., Spec. Publ. 3, p. 106-127, figs. 1-13, tablas 1-2.
- Krumbein (1932). *The Mechanical Analysis of Fine-Grained Sediments*. Jour. Sedim. Petrol., v. 2, n. 3. p. 140-149, figs. 1-2.
- , (1935). *A Time Chart for Mechanical Analysis by the Pipette Method*. Jour. Sedim. Petrol., v. 5. n. 2. p. 93-95, fig. 1, tabla 1.

- , (1936). *The Use of Quartile Measurements in Describing and Comparing Sediments*. American Jour. Sci. 5th, ser., v. 32, n. 232, p. 98-111, 5 figs.
- Poole D. M., Butcher, W. S. and Fisher, R. L. (1951). *The Use and Accuracy of the Emery Settling Tube for Sand Analysis*. Tech. Mem., n. 23, Beach Erosion Board, Corps of Engineers, p. 1-11, figs. 1-7, 1 tabla.
- Reimnitz, E. (1968). *The Rio Balsas Submarine Canyons Processes, History and Origin*. Inst. Geol., Univ. Autón., México. Reporte inédito, 72 p.
- Scruton, P. C. (1960). *Delta Building and the Deltaic Sequence*. In: *Recent Sediments of the Northwest Gulf of Mexico*. Shepard, F. P., Phleger, F. B. and Van Andel, Tj. H., Eds. American Assoc. Petrol. Geol., Tulsa, p. 82-102.
- Tamayo, J. L. (1962). *Geografía General de México*. Inst. Mexicano de Invest. Econ., 2a. Ed., p. 429-436.
- Twenhofel, W. H. and Tyler, S. A. (1941). *Methods of Study of Sediments*. McGraw-Hill Book Co., New York & London, 183 p., 17 figs.
- Umitaka-Maru (1965). *Report of Oceanography and Fishing Survey on the Pacific Coast of Mexico*. Tokyo Univ., Fisheries, 48 p.
- Wentworth, C. K. (1922). *A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments*. Journ. Geol., v. 30, n. 5, p. 377-392, figs. 1-3, 2 tablas.
- Yáñez, A. (1963). *Morfología y Sedimentología de los Depósitos Deltaicos del Río Balsas* Univ. Nal. Autón. México Inst. Geol. (informe inédito).

BOLETINES DEL INSTITUTO DE GEOLOGIA

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

- 67.—Pt. I.—*Salinidad, Batimetría, Temperatura y Distribución de los Sedimentos Recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México*, por AMADO YAÑEZ CORREA, 1963. \$ 25.00 M.N. \$ 2.50 Dlls.
- Pt. II.—*Sistemática y Distribución de los Géneros de Diatomeas de la Laguna de Términos, Campeche, México*, por ANGEL SILVA B., 1963. \$ 25.00 M.N. \$ 2.50 Dlls.
- Pt. III.—*Sistemática y Distribución de los Foraminíferos Recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México*, por AGUSTIN AYALA CASTAÑARES, 1963. \$ 75.00 M.N. \$ 7.50 Dlls.
- Pt. IV.—*Sistemática y Distribución de los Micromoluscos Recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México*, por ANTONIO GARCIA-CUBAS, 1963. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 68.—*Sistemática y Distribución de los Foraminíferos Recientes de la "Playa Washington" al S.E. de Matamoros, Tamps.*, por LUIS RAFAEL SEGURA V., 1963. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 69.—*Geología del Area delimitada por el Tomatal, Huitzuco y Mayanalán, Estado de Guerrero* por JOSE MA. BOLLIVAR, 1963. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 70.—*Derrames Cineríticos Las Américas de la Región de El Oro Tlalpujahua, Estados de México y Michoacán*, parte centromeridional de México por CARL FRIES JR., C. S. ROSS y ALBERTO ORREGON PEREZ. En preparación. Being prepared.
- 71.—*Estudios Geológicos en los Estados de Durango y San Luis Potosí*, por DIEGO A. CORDOBA, EUGENIO CSERNA y ALEJANDRO BELLO BARRADAS, 1963. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 72.—*Revisión Crítica de los Minerales Mexicanos*, LA PLUMOSITA, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1964. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 73.—*Contribuciones del Laboratorio de Geocronometría. Partes I-III.*
- Pt. I.—*Discusión de Principios y Descripción de la Determinación Geoquímica por el Método Plomo Alfa o Larsen*, por CESAR RINCON ORTA, 1965.
- Pt. II.—*Nuevas aportaciones Geocronológicas y Técnicas empleadas en el Laboratorio de Geocronometría*, por CARL FRIES, JR. y CESAR RINCON ORTA, 1965.
- Pt. III.—*Compendio de Edades de Radiocarbono de Muestras Mexicanas de 1962 a 1964*, por JOSEFINA VALENCIA y CARL FRIES, JR., 1965. \$ 45.00 M.N. \$ 4.50 Dlls.
- 74.—*Estudios Geológicos en el Estado de Chihuahua. Partes I-II*
- Pt. I.—*Geología del area de Plomosas, Chih.* por INTHER W. BRIDGES.

- Pt. II.—*Notas sobre la Geología de la Región de Placer de Guadalupe y Plomosas, Chih.* por ZOLTAN DE CSERNA, 1966. \$ 45.00 M.N. \$ 4.50 Dlls.
- 75.—*Estudios Mineralógicos*, por RICHARD V. GAINES:
- 1.—*Mineralización de Telurio en la Mina La Moctezuma, cerca de Moctezuma, Sonora.*
- 2.—*Métodos de Laboratorio para la Separación y Purificación de Muestras Minerales*, 1965. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 76.—*Estudios de Mineralogía. Partes I-III.*
- Pt. I.—*Los Minerales de Manganese de Molango, Hgo.*, por LIBERTO DE PABLO GALAN.
- Pt. II.—*Caolinita de Estructura Desordenada de Concepción de Buenos Aires, Edo. de Jalisco, México*, por LIBERTO DE PABLO GALAN.
- Pt. III.—*Nota Preliminar sobre la Identificación por Rayos X, de Oxido Tálico Ti_2O_3* por JESUS RUIZ ELIZONDO, GLORIA AVILA I., OCTAVIO CANO CORONA y GLORIA AYALA ROJAS 1965. \$ 35.00 M.N. \$ 3.50 Dlls.
- 77.—*Los Minerales Mexicanos*, 3. DURANGITA, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1966. \$ 45.00 M.N. \$ 4.50 Dlls.
- 78.—*Los Minerales Mexicanos*, 4. CUMENGEITA, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1966. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 79.—*Los Minerales Mexicanos*, 5. LIVINGSTONITA, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1966. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 80.—*"Biogeología Subsuperficial del Arrecife Alacranes, Yucatán"*, por FEDERICO BONET. 1967. Agotado. 60.00 M.N. \$ 6.00 Dlls.
- 81.—*Ecology Distribution and Taxonomy of Recent Ostracoda of Laguna de Términos, Campeche, México*, por GUSTAVO A. MORALES. 1966. \$ 50.00 M.N. \$ 5.00 Dlls.
- 82.—*Estudios de Geocronometría y Mineralogía.*
- Pt. I.—*Edad de Tres Rocas Intrusivas en la Parte Centro Septentrional de México*, por JERJES PANTOJA ALOR y CESAR RINCON ORTA.
- Pt. II.—*Nuevos datos sobre Mackayita*, por RICHARD V. GAINES.
- Pt. III.—*Ilvaita de El Guariche, Mich.* por LIBERTO DE PABLO.
- Pt. IV.—*Cálculo Cristalográfico*, por FRANCISCO J. FABREGAT y RICARDO ESQUIVEL ESPARZA, 1967. \$ 30.00 M.N. \$ 3.00 Dlls.
- 83.—*Los Minerales Mexicanos*, 6. JALPAITA por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1967. \$ 40.00 M.N. \$ 4.00 Dlls.
- 84.—*Sedimentología de la Laguna Madre, Tamaulipas.*
- Pt. I.—*Composición y distribución de los Sedimentos Recientes de la Laguna Madre, Tamaulipas*, por AMADO YAÑEZ y CARMEN SCHLAEPFER. 1968.

Pt. II.— <i>Minerales Pesados de los Sedimentos de la Laguna Madre, Tamaulipas</i> , por CARMEN J. SCHLAEPFER. 1968.			\$ 40.00 M.N.	\$ 4.00 Dlls.
85.— <i>Los Minerales Mexicanos</i> , 7. VANADINITA y ENDLICHITA, por FRANCISCO J. FABREGAT G., 1970.	\$ 50.00 M.N.	\$ 5.00 Dlls.		
86.— <i>Ecología y Distribución de los Micromoluscos Recientes de la Laguna Madre, Tamaulipas, México</i> , por ANTONIO GARCIA-CUBAS JR., 1968.	\$ 50.00 M.N.	\$ 5.00 Dlls.		
87.— <i>Ecología y Distribución de los Foraminíferos Recientes de la Laguna Madre, Tamaulipas, México</i> , por AGUSTIN AYALA-CASTAÑARES y LUIS R. SEGURA., 1968	\$ 50.00 M.N.	\$ 5.00 Dlls.		
88.— <i>Geología Marina de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, Mexico</i> . por RODOLFO CRUZ O., 1968.	\$ 40.00 M.N.	\$ 4.00 Dlls.		
89.— <i>Algunos programas de Cálculo Cristalográfico mediante computadora electrónica</i> , por FRANCISCO J. FABREGAT GUINCHARD 1971.	\$ 50.00 M.N.	\$ 5.00 Dlls.		
90.— <i>Espeleología de la región de Cacahuamilpa. Estado de Guerrero, México</i> . por F. BONEF 1971.	\$ 70.00 M.N.	\$ 7.00 Dlls.		
91.—En preparación				
92.—Sistema Caolinita Caolinita Desordenada Metahatcistita-Endelita Atapulgita-Microscopia y Difracción Electrónica. Por LIBERTO DE PABLO. 1971.	\$ 40.00 M.N.	\$ 4.00 Dlls.		
93.—Fisiografía y Sedimentología del delta del Río Balsas, Michoacán, México. Por MARIO GUTIÉRREZ ESTRADA, 1971.	\$ 40.00 M.N.	\$ 4.00 Dlls.		

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

Se terminó de imprimir este libro
 el día 22 de marzo de 1972 en los
 talleres de la Editorial Libros de
 México, S. A. Av. Coyoacán 1035,
 México 12, D. F. Se imprimieron
 1 200 ejemplares.