

00364

1

2 ej

ESTUDIO GEOQUIMICO EN LA REGION SURESTE DE LA  
REPUBLICA MEXICANA

PARA LA EVALUACION DE ANOMALIA DE TITANIO, CROMO  
Y CIRCONIO EN LAS ESTACIONES DE CHILTEPEC, PUNTA  
BUEY, BOQUERON, LA UVITA Y PUNTA E. ZAPATA EN LOS  
ESTADOS DE TABASCO Y CAMPECHE.

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS  
(GEOLOGIA)

P R E S E N T A

LISANDRO CASTELLANOS TRUJILLO

1988

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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.

CONTENIDO

I.	Resumen. - - - - -	1
II.	Introducción. - - - - -	1
III.	Área de estudio. - - - - -	3
IV.	Clima (temperatura, precipitación pluvial, tipos climáticos de la zona, localización de la región hidrológica). Ríos. - - - - -	4
V.	Mar: Dirección del frente del oleaje, corrientes superficiales costeras en el área de estudio, Origen de las aguas marinas que entran al Golfo de México. -	6
VI.	Geomorfología, Sistemas Morfológicos en el Estado de Tabasco y Occidente de Campeche, Glaciaciones (Paleozoico, Mesozoico, Cenozoico), Sistemas Morfológicos en el área de estudio, Terrazas del Pleistoceno, Llanura Fluvial del Reciente, Los Llanos Costeros del Reciente, Registros hidrológicos, comportamientos y sistemas que forman los ríos. - - - - -	7
VII.	Obras construidas, - - - - -	16
VIII.	Principales Sistemas Deltáicos, Tipos de canales de descarga en Tabasco y Occidente de Campeche (tipos deltáicos en general y en el área de estudio). - - -	17
IX.	Bordos Costeros - - - - -	22
X.	Bosquejo Geológico. Las perturbaciones Geológicas, Situación Geológica del área de estudio, pliegues en el área de estudio. - - - - -	25

XI.	Estratigrafía (Mesozoico, Cenozoico Cuaternario), Suelos. 29	
XII.	Materiales y Métodos, Muestreo, Determinaciones Químicas, Físicas, Visitas a las estaciones de muestreo. - - - - -	38
XIII.	Resultados. - - - - -	44
XIV.	Granulometría, Unidades, (Mediana, Media, Desviación estándar, Asimetría, Moda, Curtosis), Términos verbales, Fórmulas más usadas, Conversiones de unidades Phi a milímetros. - - - - -	46
XV.	Representación gráfica de los resultados. - - - - - Descripción de la gráfica ternaria construcción y situación de los resultados. - - - - -	57
XVI.	Conclusiones. - - - - -	63
XVII.	Agradecimientos. - - - - -	66
XVIII.	Literatura citada. - - - - -	67

ANEXO.

Resultado Químico-Analítico.

## RESUMEN

El presente trabajo, consistió en el estudio superficial de -- las arenas de las playas pertenecientes a los Estados de Ta-- basco y Campeche situadas en la parte Sureste de la República Mexicana. Se pone interés en dichas arenas por sus contenidos de circonio(Zr), cromo (Cr) y titanio (Ti), ya que principalmen-- te el segundo fue localizado como anomalía en la sierra norte del Estado de Chiapas. Los tres son de gran consumo por parte de algunas industrias del país, siendo por esto materiales de importación. Debido a las inundaciones de las veredas que con-- ducen a lugares elegidos, fue alguna vez interrumpido el mues-- treo mensual, no obstante, las conclusiones que con base en -- los resultados analíticos se estiman, pueden ser de interés -- económico.

## INTRODUCCION

El hecho de haberse detectado una zona geoquímicamente anómala por su contenido en cromo en los suelos suprayacentes de la -- parte alta central del Estado de Chiapas, (Castellanos, L., -- 1982), ha sido la base del presente estudio que tuvo por obje-- to localizar el lugar en que pudieran encontrarse en partes -- por ciento. Para tal objeto, se consideró la erosión pluvial provocada por las precipitaciones siendo esta la causa de que los ríos que nacen o pasan por aquella zona tornen sus aguas en pardas debido a las arcillas que transportan. Muestras de es-- tas arcillas que son depositadas en las orillas de dichos cau-- ces contienen cromo. En segundo término se consideró la direc-- ción del drenaje encontrándose que tales corrientes se dirigen a la Cuenca del Golfo de México, así se tiene que en las arci-- llas del río Mezcalapa aparece el cromo en cuanto empieza a re-- cibir afluentes que provienen de la zona anómala, no así el -- Usumacinta que en territorio de México contiene cromo anómalo como lo demostraron tres muestras de sedimentos arcillosos to--

madas en este río a su paso por el pueblo de Frontera Echeverría, Chiapas, en los límites con la República de Guatemala. -- Estos y otros ríos antes de llegar al mar, atraviesan en la -- planicie costera de los estados de Tabasco y Campeche, debido a esto, hay pérdida de competencia en el arrastre, empezándose a depositar los metales más pesados que tienen como punto final el contacto con las aguas marinas y luego éstas influirán para dirigir la trayectoria de las arcillas que reciben, te--- niéndose por tanto que tomar en cuenta la acción de las co-- rrientes marinas en los litorales en que estos ríos hacen sus descargas. Se efectuó posteriormente un recorrido en las playas en que pudieran estarse acumulando los materiales de des-- carga de los ríos de interés, tomándose algunas muestras preli-- minares, dos de ellas de las lagunas del Carmen y la Machona, -- dos en Barra de Chiltepec y una en playa Boquerón, en el Esta-- do de Tabasco, y del Estado de Campeche se colectaron dos mues-- tras en las playas de Punta Zapata, una al oriente y otra al -- poniente del desembarcadero. Se cubrió en total un litoral de unos 100 km. De éstas siete muestras no dieron la reacción -- del cromo únicamente las de la Machona y el Carmen en Tabasco y la tomaña al oriente de Punta Zapata en Campeche, lo que re-- duciría el área de estudio. Las corrientes oceanográficas -- (Atlas Oceanográfico del Golfo de México y Mar Caribe, 1974)-- indican la existencia de corrientes costeras que pueden favo-- recer la acumulación de los materiales de descarga. Consideran-- do lo anterior, se asume que la erosión, la dirección del dre-- naje, el muestreo preliminar de la playa y las corrientes mari-- nas, determinaron el área de muestreos.

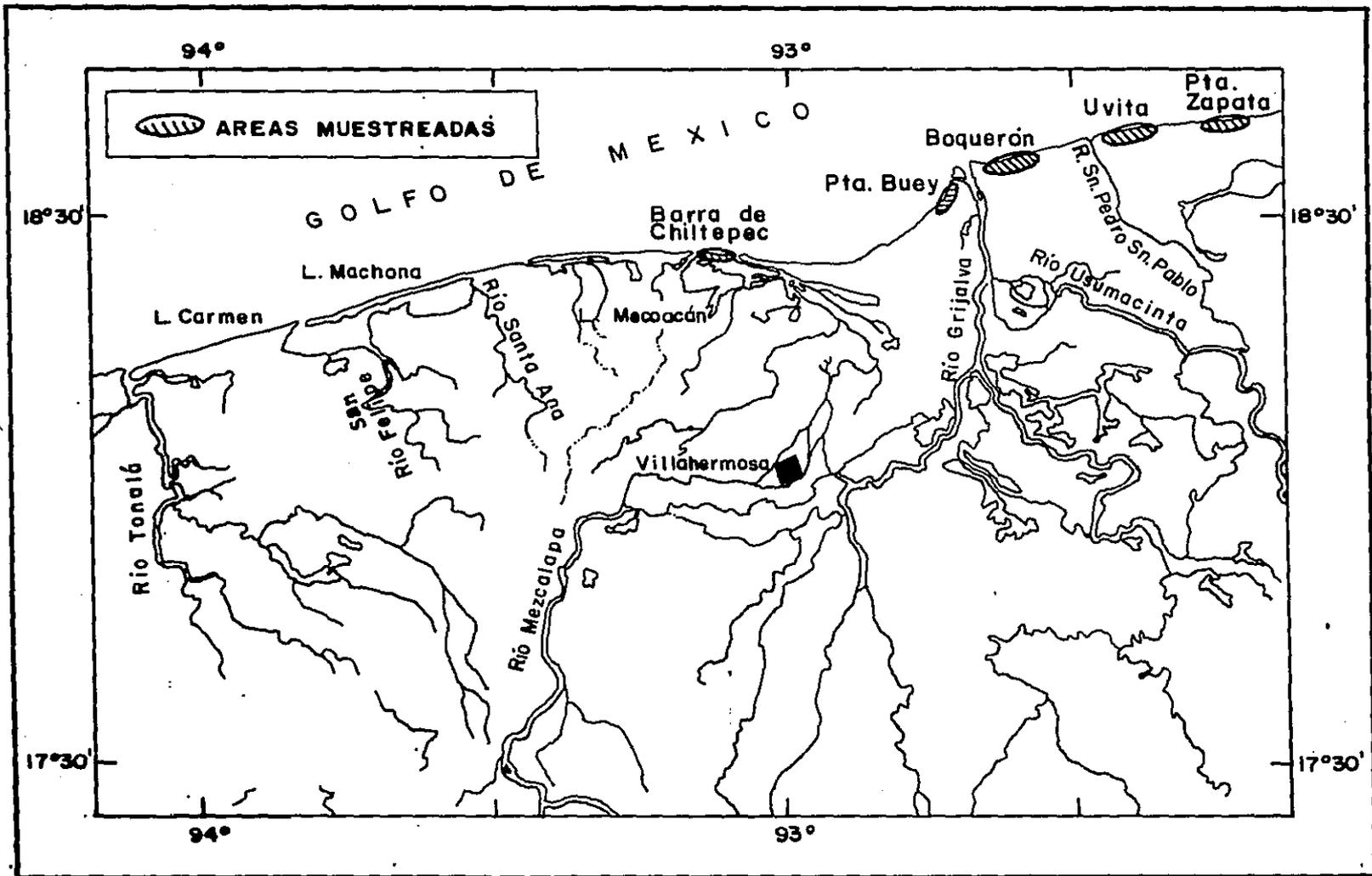
Indicando en este trabajo con la palabra playa a depósitos cos-- teros de arena o grava que Shepard (1963) define como la zona de depósito de materiales no consolidados comprendida desde la línea de agua baja hasta la zona de vegetación permanente en -

antiguos cordones de depósitos, farallones o escarpes en que se presentan cambios en el material o en la fisiografía (Galavíz, 1980).

#### AREA DE ESTUDIO

Con las observaciones anteriores, se determinó el área de estudio que se extiende a lo largo del litoral comprendido entre los  $18^{\circ}40'00''$  a  $18^{\circ}26'11''$  latitud norte y  $93^{\circ}08'30''$  a  $92^{\circ}18'56''$  longitudes al oeste de Greenwich, desde la Barra de Chiltepec en el Estado de Tabasco, hasta el pequeño embarcadero pesquero llamado Punta Emiliano Zapata en el Estado de Campeche, la distancia entre estos dos puntos es de unos 90 km aproximadamente. De éstos 90 km se eligieron cinco lugares para ser muestreados que fueron: Barra de Chiltepec que se extiende desde la desembocadura del río González hasta Dos Bocas, muestreándose una longitud de 5 km, Punta Buey en donde se muestrearon 4 km, Playa Boquerón con 5 km de muestreo, La Uvita con 4 km y Punta Emiliano Zapata 5 km. En total la longitud muestreada fue de 23 km. Estos lugares, pueden ser localizados en el mapa de la figura 1 y fueron elegidos por que se estimó que presentan menos dificultades para trasladarse a ellos sobre todo durante los meses de lluvias y épocas de ciclones, pudiéndose asegurar sus muestreos en todas o la mayor parte de las visitas. Se puede llegar a ellos viajando por la autopista que parte de la Ciudad de México, pasa por Puebla y continúa con rumbo a Orizaba y Córdoba; unos 60 km adelante de Córdoba con dirección al puerto de Veracruz se encuentra la estación La Tinaja en donde entronca la carretera 145 que conduce hasta Sayula, se continúa por la carretera transistmica 185 con rumbo a Acayucan, se sigue por la carretera costera No. 180 con rumbo a Cárdenas -- Tabasco, pasando antes por Coatzacoalcos, Minatitlán, Complejo

**FIG. 1. LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN EL AREA DE ESTUDIO.**



Pajaritos y la Cangrejera. En Ciudad Cárdenas, se toma la desviación que conduce a los poblados de Comalcalco, Paraíso, Chiltepec y a la barra del mismo nombre. Regresando a Ciudad Cárdenas y continuando por la misma carretera 180 se pasa Villahermosa Tabasco y se llega a Frontera en el mismo Estado. En Frontera se puede abordar lancha que bajando por el río Grijalva 9 km se llega al mar, localizándose en la margen izquierda de la desembocadura a Punta Buey, a cuyas playas se puede desembarcar en días de calma directamente por mar o bien, se puede utilizar la desviación del río cuyo canal en su parte final no ha roto la barra para desembocar al mar. De regreso nuevamente a Frontera y continuando 14 km por la misma carretera 180 con rumbo a Ciudad del Carmen, se encuentra la desviación que entra al pueblo ejidal de Nuevo Centla; 2 km adelante están las playas Balneario Boquerón. Regresando hasta la carretera y continuando con la misma dirección a Ciudad del Carmen, 3 km después de pasar el río San Pedro se localiza una desviación de 50 m que baja a la playa La Uvita; siguiendo con la misma dirección y carretera 14 km adelante, se llega a la población de Nuevo Progreso de donde parte el camino de 5 km que conduce a Emiliano Zapata y 1 km después se localiza la pesquería Punta Emiliano Zapata.

#### EL CLIMA EN LA ZONA DE ESTUDIO

El tema referente al clima ha sido apropiadamente expresado con el término "tropical húmedo" en el informe: Las tierras bajas de Tabasco en el Sureste de México (1976) publicado por el gobierno de aquel Estado.

La temperatura media anual se mantiene por encima de los 25°C en el área de trabajo, descendiendo muy ligeramente en las co-

linas del sur del Estado. La precipitación media anual es -- aproximadamente de 1,500 mm en el área de estudio y hasta más de 5,000 mm en las colinas del sur. La precipitación que depende de la estación anual registra un doble máximo en el verano: un tope que se observa en el mes de junio va seguido del máximo absoluto en el de septiembre, disminuyendo después la precipitación hasta el mínimo en el mes de abril (Fig. 2). En la mayor parte de Tabasco y occidente de Campeche, la estación seca es solamente relativa, recibiendo en los meses de menor precipitación marzo y abril aproximadamente entre 30 y 40 mm en el área de estudio y más de 100 en las colinas del sur. En términos generales la cantidad de precipitación recibida, el número de días lluviosos y la duración de éstos, tienden a disminuir en la costa y aumentar hacia el altiplano. La comparación de los datos de las estaciones de Cárdenas en el interior del Estado y de Comalcalco cercana a la costa (Tabla 1) cuyas cifras de precipitación son semejantes, sugiere que la estación próxima a la costa recibe 4.01% menos lluvia durante el ciclo anual pero en el verano, de abril a septiembre casi el 25% menos de lluvia que la estación interior, es decir, que los temporales en el interior son más lluviosos que los de la zona costera.

#### CARACTERISTICAS DE LA TEMPERATURA

La situación del área entre los 18°40'00" y 18°26'11" de latitud norte y su ubicación en zona costera, le aseguran a estas altas temperaturas durante todo el año. Las temperaturas medias anuales son bastante uniformes en el área de estudio como las que registran las estaciones de Villahermosa y Frontera, ésta última más cercana a la costa y con temperatura anual media menor en 1.6°C. (Fig. 2).

**TABLA 1. COMPARACION DE LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES ENTRE LAS ESTACIONES DE CIUDAD CARDENAS Y COMALCALCO.**

**TOMADO DEL INFORME " LAS TIERRAS BAJAS EN EL SURESTE DE MEXICO" (1976).**

PRECIPITACION MENSUAL (mm)

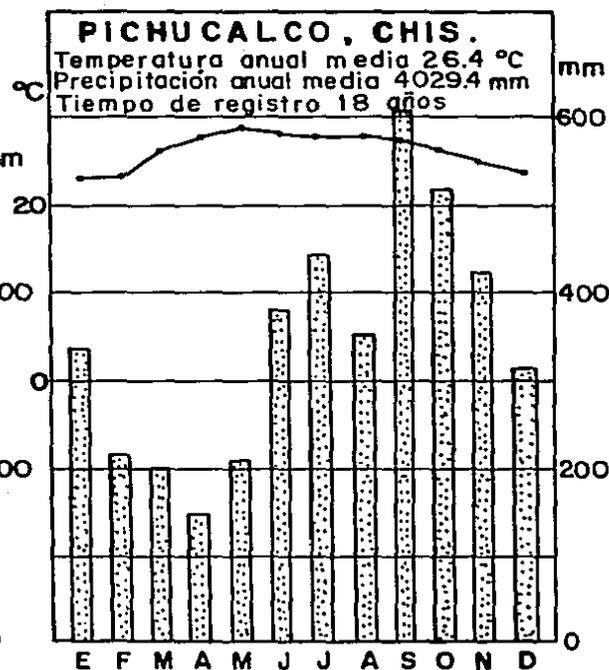
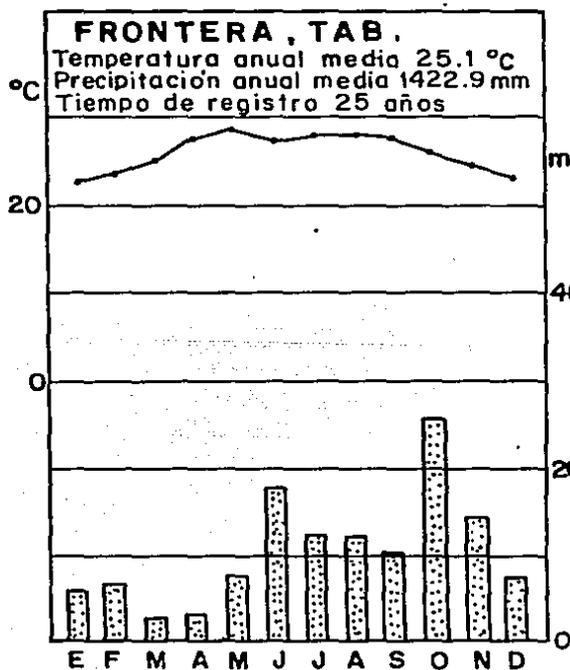
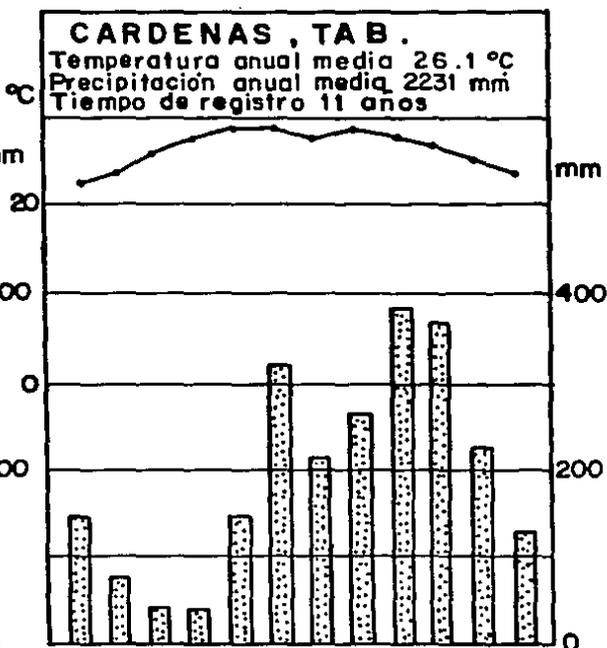
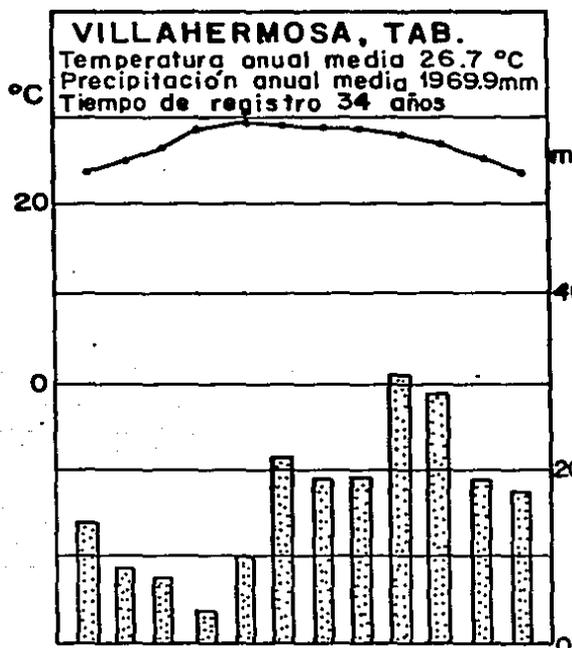
Estación	Enero	Feb.	Mar.	Abril	Mayo	Jun	Jul.	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Cárdenas en el interior	146.0	72.8	43.7	46.7	150.6	317.7	211.1	258.4	372.4	357.2	220.8	127.3
Colmalcalco costera	175.9	110.6	58.3	37.7	86.8	213.8	164.5	145.0	370.6	400.4	268.0	200

Total Anual Cárdenas interior 2 324.7

Colmalcalco costera 2 231.6

FIG. 2. GRAFICAS DE TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES REGISTRADAS EN  
LA REGION DE ESTUDIO.

TOMADO DEL INFORME: "LAS TIERRAS BAJAS EN EL SURESTE DE  
MEXICO". (1976).



El sistema Köppen con características básicas de temperatura y precipitación que resuelve en tres tipos climáticos a la zona del sureste que comprende Tabasco y parte de Campeche; indica: 1) tropical de tierras bajas húmedo y seco (AW) que corresponde a un corredor costero en que se localiza el área de estudio; 2) tropical de tierras bajas en monzón (AM) y 3) tropical de tierras bajas húmedo (AF) (Fig. 3).

Ríos. Los ríos que desembocan en esta parte de costa en el Golfo de México, están comprendidos en la región 30 del "Plano de -- Localización de las Regiones Hidrológicas" Sria. de Recursos - Hidráulicos (Fig. 4) y colectan las aguas y los materiales que arrastran de un área que abarca parte de la República de Guatemala, casi la totalidad del Estado de Chiapas, el Estado de Tabasco y parte del de Campeche. Estimándose la cuenca que desagua el río Usumacinta en 63,864 km<sup>2</sup>; el área del río Mezcala en 36,556 km<sup>2</sup>; el sistema del Sierra con 5,180 km<sup>2</sup>; el sistema del río Chilapa con 7,000 km<sup>2</sup> y el sistema del río Tonalá con 6,000 km<sup>2</sup>; haciendo un total de 118,550 km<sup>2</sup> (Fig. 5).

Una vez que los sedimentos son arrojados del continente por -- los ríos, son las mareas, el oleaje y las corrientes marinas -- las encargadas de distribuirlos para configurar la costa a lo largo del litoral. La dirección de frente del oleaje presenta alguna variación durante el ciclo anual, los diagramas A, B y C de la Fig. 6 indican que durante los meses de noviembre a febrero, época invernal diagrama A, la dirección de las olas se puede considerar perpendicular a la playa y durante los -- ocho meses siguientes se desvía hacia el oeste, diagramas B y C (Fig. 6).

Las aguas marinas que llegan al Golfo de México provienen del mar Caribe haciendo su entrada a través del canal de Yucatán -- (Fig. 7).

FIG. 3. TIPOS CLIMATICOS EN LA ZONA DEL SURESTE QUE COMPRENDE EL  
AREA DE ESTUDIO, TABASCO Y PARTE DE CAMPECHE.

TOMADO DEL INFORME "LAS TIERRAS BAJAS EN EL SURESTE DE  
MEXICO" (1976)

GOLFO DE MEXICO

FRONTERA

VILLAHERMOSA

CARDENAS

Am

Af

Aw

Am

Af

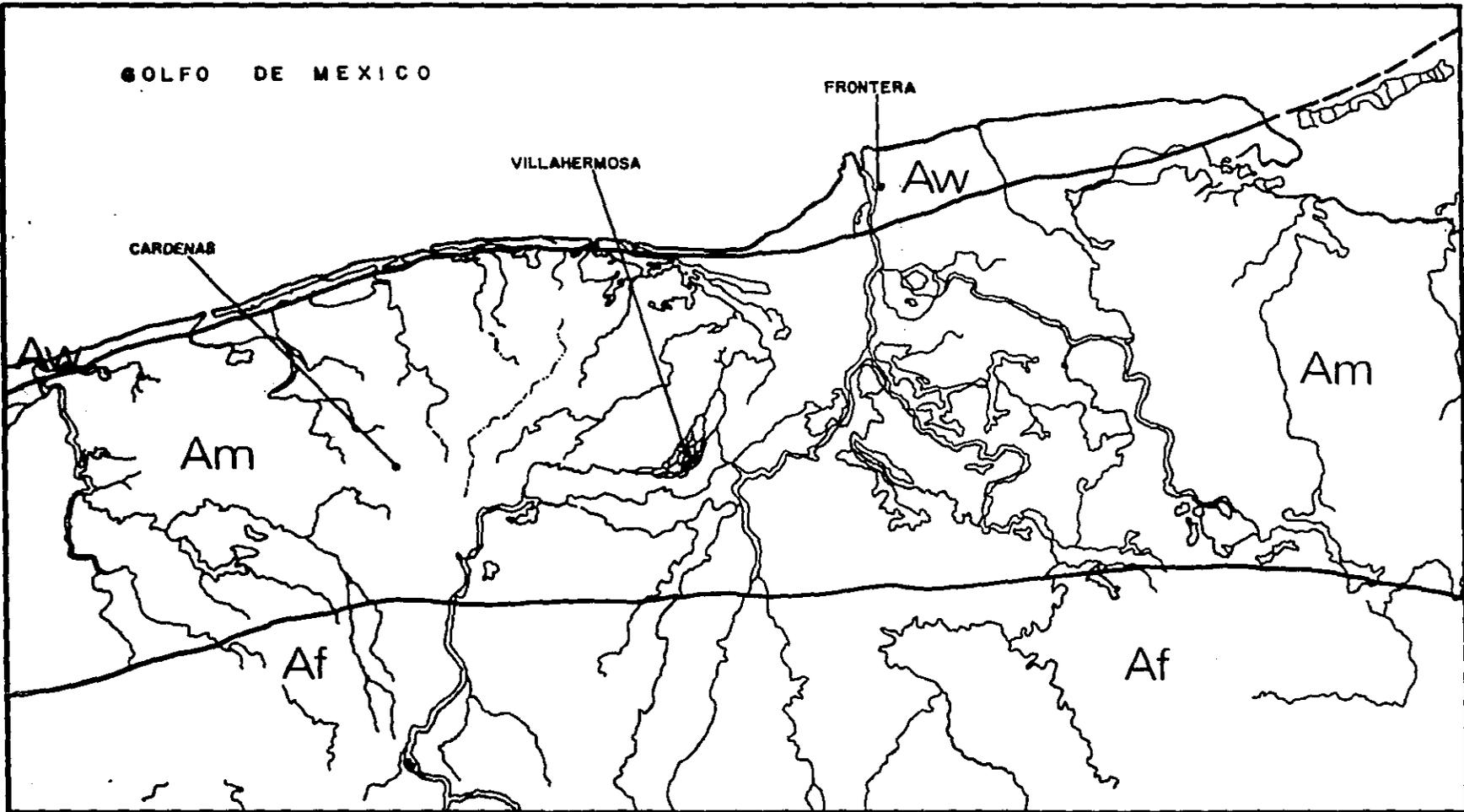
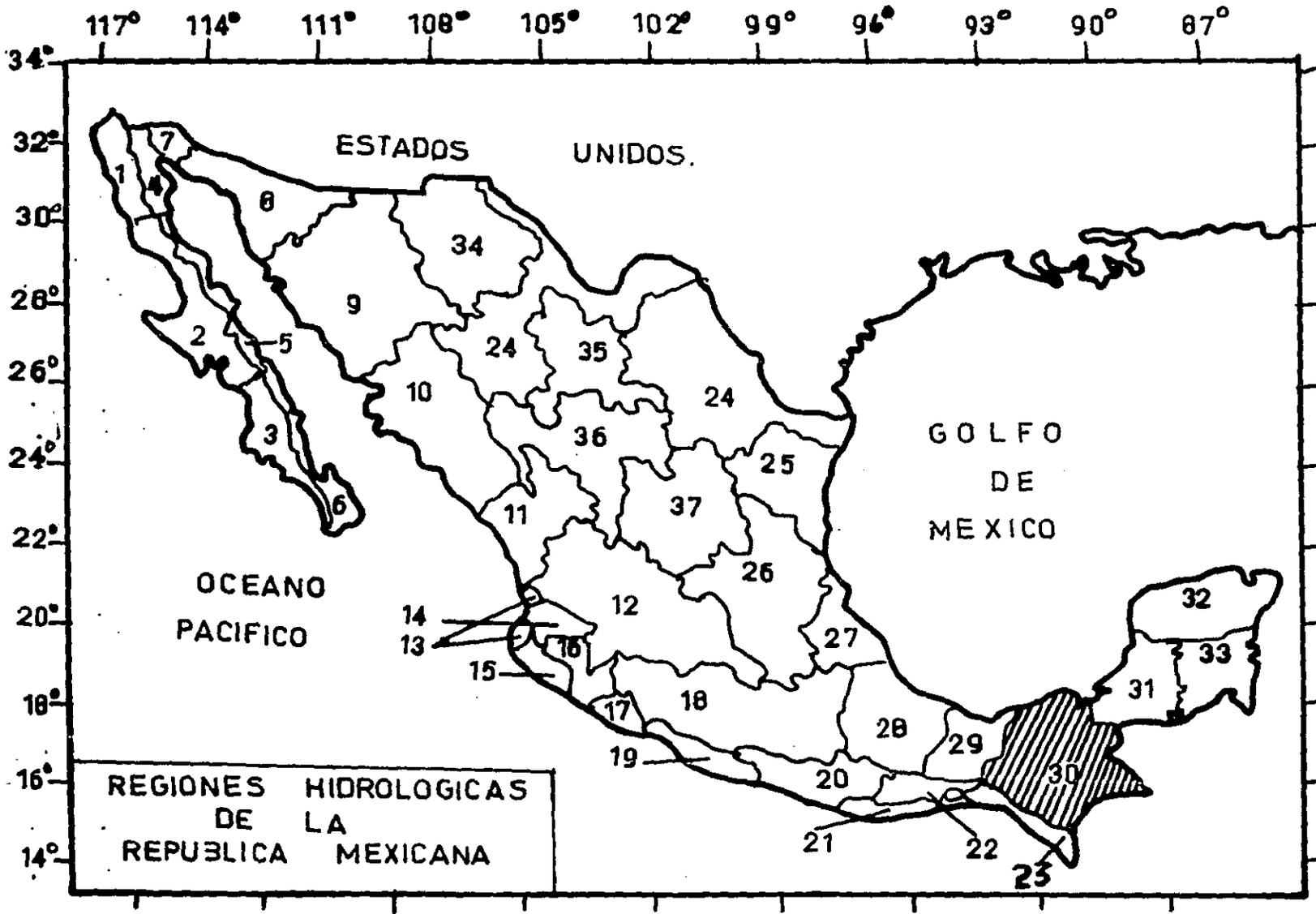
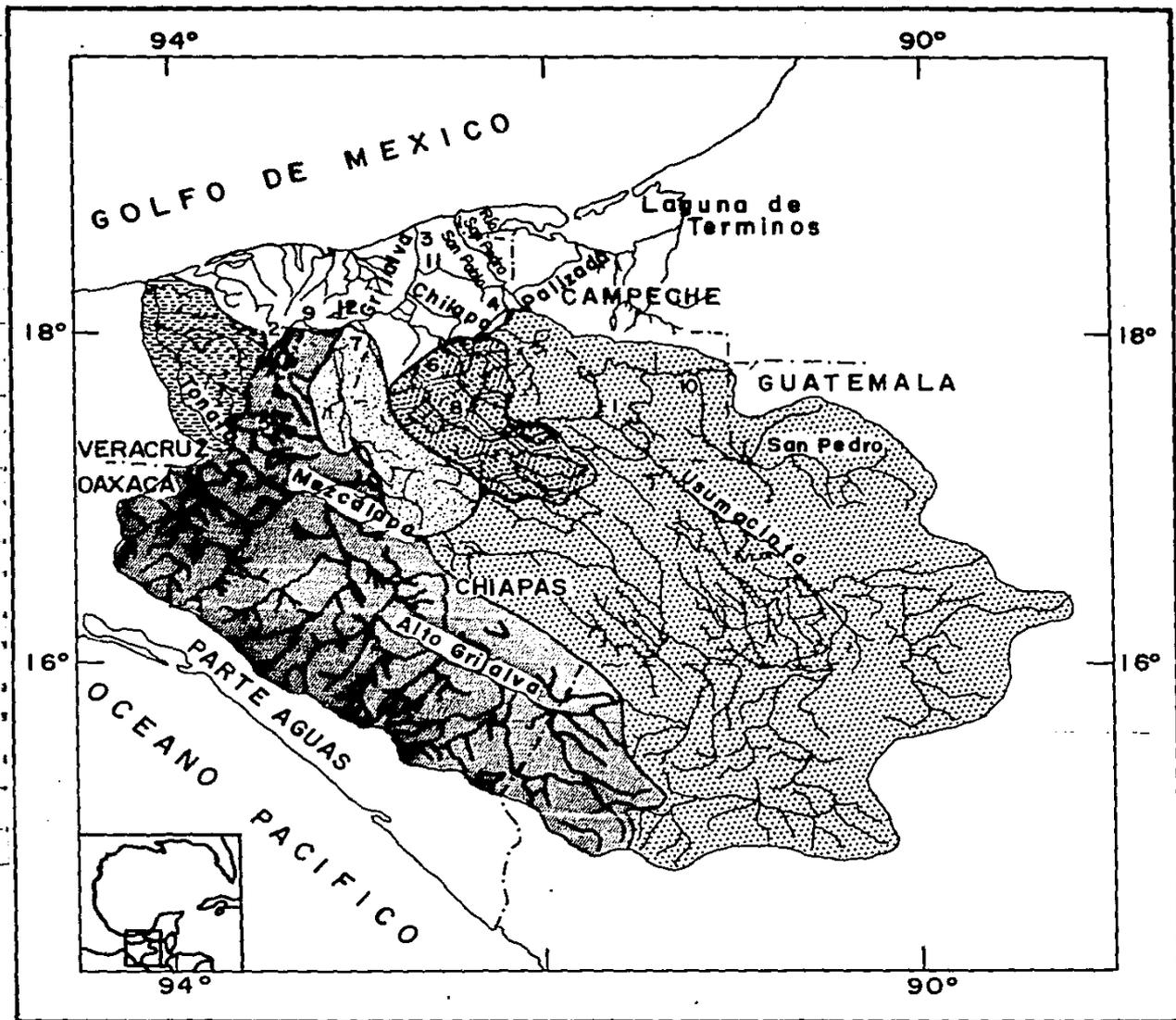


FIG. 4. LOCALIZACION DE LA REGION HIDROLOGICA 30, EN EL "PLANO DE LOCALIZACIONES DE LAS REGIONES HIDROLOGICAS DE LA REPUBLICA MEXICANA", DIRECCION DE HIDROLOGIA.

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS.



**FIG. 5. CUENCAS QUE DESAGUAN LOS RIOS QUE DESEMBOCAN EN EL AREA DE ESTUDIO.**

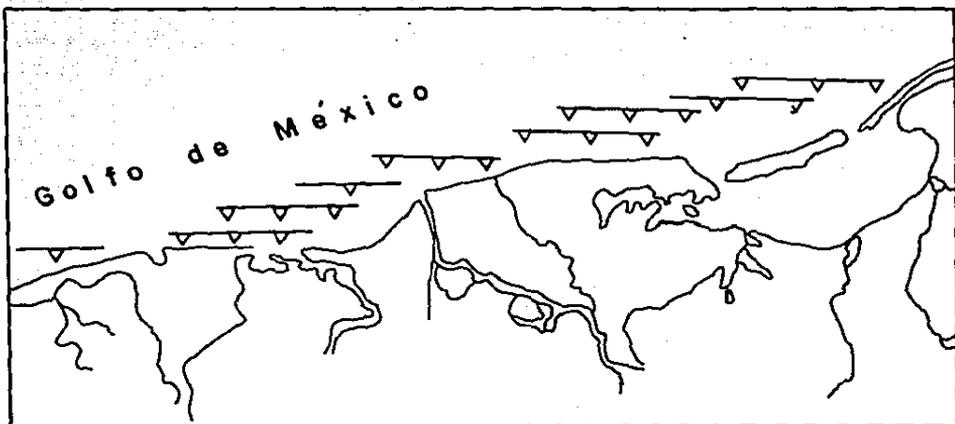


- |                   |                  |
|-------------------|------------------|
| 1. Boca del Cerro | 7. Pueblo Nuevo  |
| 2. Cardenas       | 8. Salto de Agua |
| 3. Frontera       | 9. Samaria       |
| 4. Jonuta         | 10. San Pedro    |
| 5. Las Penitas    | 11. Tres Brazos  |
| 6. Macuspana      | 12. Villahermosa |

**SISTEMA DE DRENAJE**

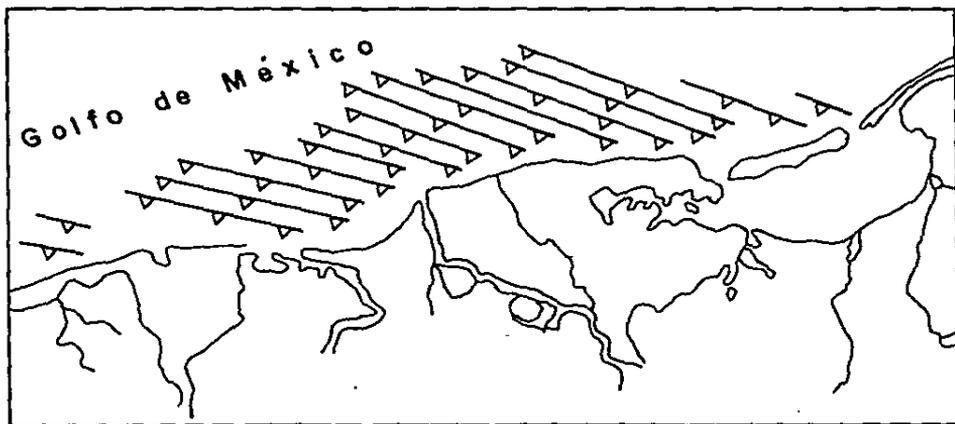
- |  |            |
|--|------------|
|  | Mezcalapa  |
|  | Sierra     |
|  | Chiapa     |
|  | Usumacinta |
|  | Tonalá     |

**FIG. 6. VARIACIONES DEL FRENTE DEL OLEAJE DURANTE EL CICLO ANUAL EN  
EL AREA DE MUESTREO.**



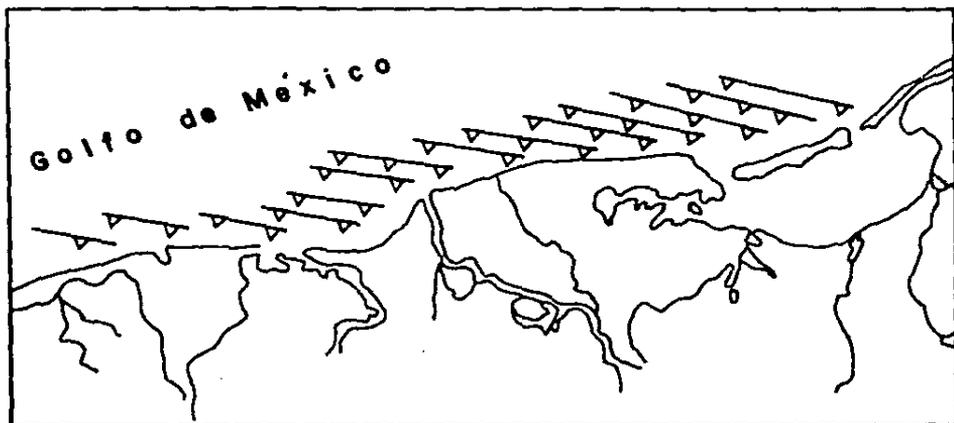
Nov. a Feb.

A



Mar. a Jun.

B

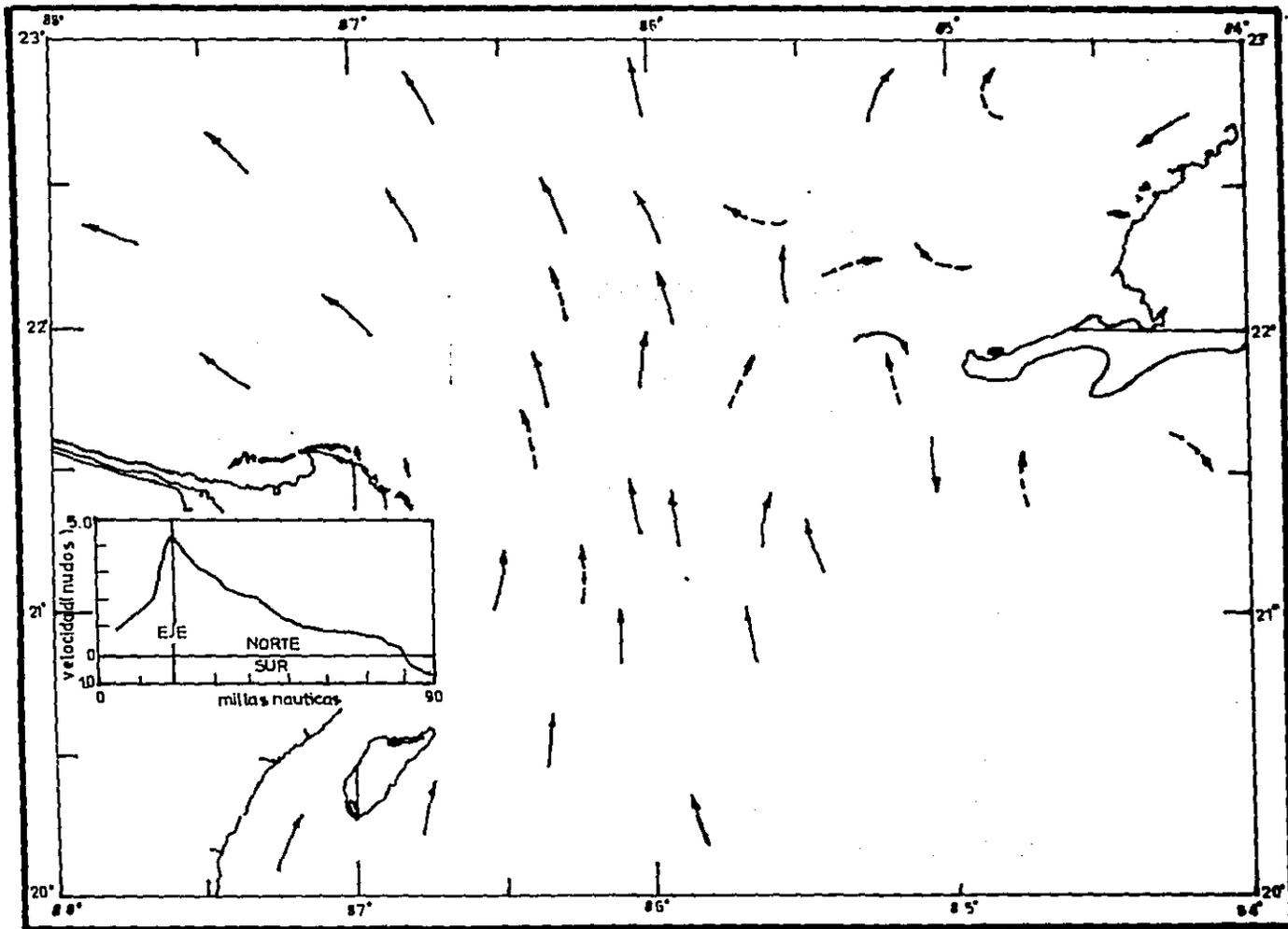


Jul. a Oct.

C

FIG. 7. ENTRADA DE LAS AGUAS DEL CARIBE AL GOLFO DE MEXICO, A TRAVES  
DEL CANAL DE YUCATAN.

TOMADO DEL ATLAS OCEANOGRAFICO DEL MAR CARIBE Y GOLFO DE  
MEXICO (1974).



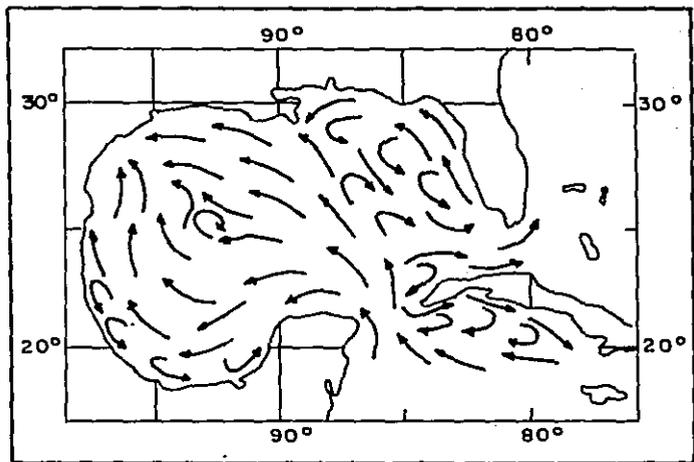
Las velocidades de las corrientes superficiales publicadas -- por la Secretaría de Marina en el Atlas Oceanográfico del Mar Caribe y Golfo de México (1974) indican que estas aumentan des de un nudo (Nudo: Unidad de velocidad equivalente a 1,852 m/h. --- Milla marina: medida itineraria equivalente a 1,852 m. -- Ramón García-Pelayo y Gross, 1972), cerca de la costa orient-- tal del canal a más de cinco nudos a una distancia de 20 a 30 millas náuticas al este de la punta de la península de Yucatán alcanzando el máximo en los meses de julio, agosto y septiem-- bre. Después de pasar el canal de Yucatán la corriente se en-- sancha y bifurca a medida que penetra en el Golfo de México -- (Fig. 8). Por la observación en esta figura de la trayectoria de las aguas en el Golfo, es notoria la contra corriente que - se engendra en la zona costera de estudio siendo mínima en la estación primaveral, crece en el verano, alcanza el máximo en otoño y levemente empieza a disminuir en invierno.

### Geomorfología

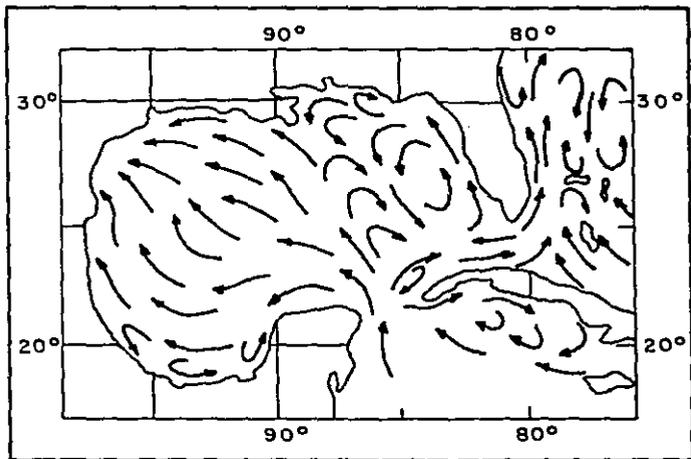
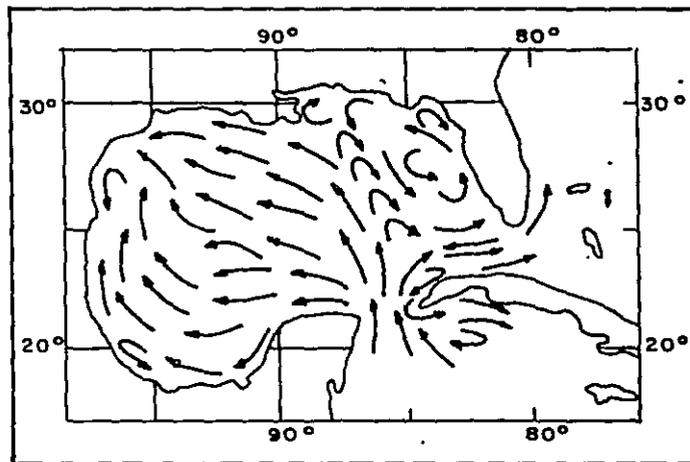
Características. Las características de las llanuras del Es-- tado de Tabasco y occidente de Campeche, en gran parte son de origen aluvial y del Cuaternario, Fig. 9. Se ha sugerido que abajo del plan tabasqueño existe una extensa estructura que ha estado recibiendo y cediendo sedimentos desde principios del - Mesozoico. Las unidades de rocas depositadas están suavemente inclinadas y son progresivamente más recientes hacia el Golfo de México, siendo los sedimentos del margen costero la adición más reciente de los depósitos cuaternarios que se adelgazan en dirección sur del Estado de Tabasco, en donde son deformados - por los estratos del Terciario que afloran. Hacia el norte, - los sedimentos cuaternarios son amplios y de mayor espesor --

FIG. 8. CORRIENTES SUPERFICIALES PREDOMINANTES EN EL GOLFO DE MEXICO.  
TOMADO DEL ATLAS OCEANOGRAFICO DEL MAR CARIBE Y GOLFO DE  
MEXICO (1974).

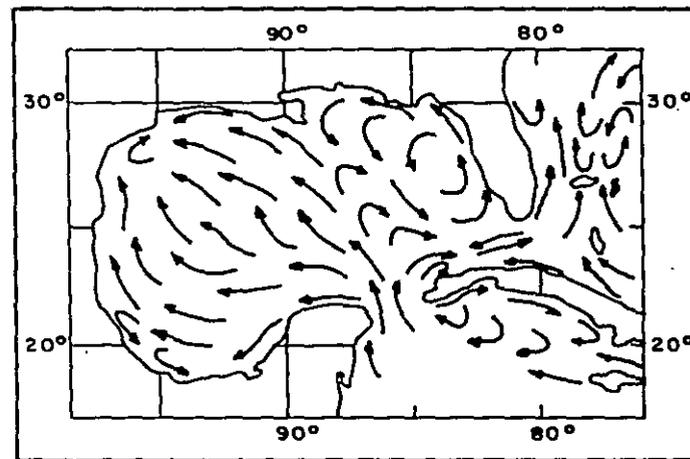
**OTOÑO**  
(oct., nov., dic.)



**PRIMAVERA**  
(abr., may., jun.)

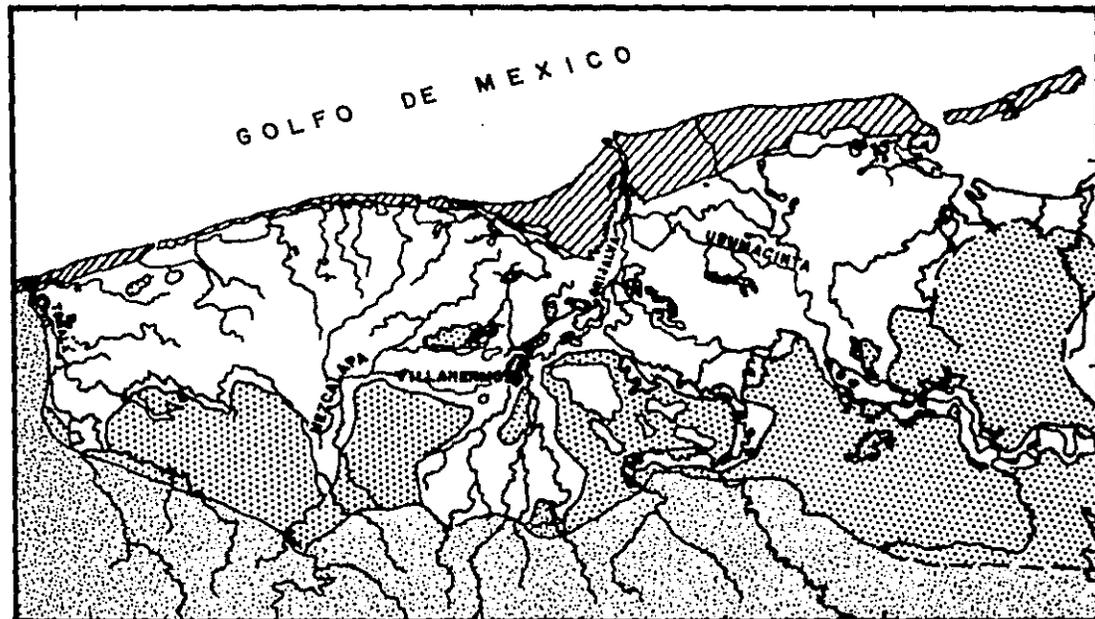


**INVIERNO**  
(ene., feb., mar.)



**VERANO**  
(jul., ago., sep.)

**FIG. 9. SISTEMAS MORFOLOGICOS EN EL ESTADO DE TABASCO Y OCCIDENTE DE CAMPECHE.**



TERRAZAS FLUVIALES  
DEL PLEISTOCENO

LLANO FLUVIAL  
DEL RECIENTE

LLANO COSTERO  
DEL RECIENTE

COLINAS DE LOS ESTRATOS  
DEL TERCIARIO

siendo éstos muy pocas veces afectados por alfloramientos de rocas más antiguas. Se ha indicado que los datos históricos de los depósitos aluviales en las llanuras de Tabasco son en parte similares a los del bajo Mississippi, datos proporcionados por Petróleos Mexicanos (West R.C., 1976) revelan que los sistemas de sedimentación de las terrazas aluviales del Mississippi, con sedimentos de tamaño de grano fino en la superficie y más gruesos en la profundidad se repiten en las llanuras aluviales del Estado de Tabasco, lamentando para éste caso que los barrenos se limitaran a escasos metros de profundidad no llegando a atravesar toda la secuencia de tamaños, proporcionando solamente información parcial al no indicar si los depósitos del Pleistoceno forman varios estratos deposicionales o únicamente el último episodio de éste es el sedimentado.

Glaciaciones.- A fines del Paleozoico, en el Pérmico, hubo -- (Pearl M. Richard, 1971) una extensa glaciación en el hemisferio sur en que porciones de la India fueron cubiertas por glaciares continentales, pruebas de esta glaciación se encuentran tanto en Africa y América del Sur como en Australia, llegando los hielos a 20 grados del ecuador en la India y 10 grados en Brasil.

Mesozoico. En el Cretácico en una región al oriente de Australia, se produjo una glaciación.

A fines del Cenozoico, durante el Pleistoceno, las glaciaciones cubrieron una quinta parte o sea el 20% de la superficie del planeta. Se ha confirmando (Pearl M. Richard, 1971) la existencia de glaciaciones múltiples, aquellas en que alternan épocas glaciares e interglaciares, habiéndose registrado para América del Norte, cuatro principales etapas glaciares y 3 interglaciares.

- 1 Glacial Nebrascana, comenzó aproximadamente hace 1 millón de años; duración 100,000 años.
- 2 Interglacial Aftoniana; duración 200,000 años.
- 3 Glacial Kansana, duración 100,000 años
- 4 Interglacial Yarmonthiana; duración 310,000 años
- 5 Glacial Illinoisiana; duración 100,000 años
- 6 Interglacial Sangamoniana; duración 135,000 años
- 7 Glacial Wisconsiniana; duración de 50 a 70 mil años y ha sido dividida en cinco subetapas que son comenzando con la más antigua.

- |  |                |
|--|----------------|
| 1 Altoniano  | 3 Woodfordiano |
| 2 Farmdaliano  | 4 Twocreekano  |
| Etapa interglacial<br>en que hubieron de-<br>pósitos adyacentes<br>al área de estudio. | 5 Valderano    |

Los sistemas morfogénicos que se interpretan en el Estado de Tabasco y occidente de Campeche son 3. (Fig. 9).

- 1) Las terrazas fluviales del Pleistoceno
- 2) El llano fluvial del Reciente
- 3) El llano costero del Reciente

En la combinación de los procesos morfológicos que han dado -- la forma al terreno resultante, la dinámica fluvial ha predom--  
inado en la conformación de los contornos superficiales y ba--  
jo de ella en las terrazas del Pleistoceno y en el llano flu--  
vial del Reciente, en cambio, el llano costero del Reciente es  
tá controlado además por la dinámica de las olas y las corrien--  
tes marinas.

- 1) Terrazas fluviales del Pleistoceno. De los 3 sistemas que se interpretan en el Estado de Tabasco y occidente de Cam--

peche, las terrazas fluviales del Pleistoceno constituyen - el terreno más internado y más antiguo, comprende una área de casi 10,800 km<sup>2</sup>, cerca del 34% del total de los sistemas.

Es el producto de sedimentación aluvial ante-Woodfordiano interglacial a lo largo del margen del mar y de las colinas del Terciario, montañas del sur de Tabasco y extremo septentrional de Chiapas. Durante una elevación del nivel del mar los sistemas fluviales transportaron grandes cantidades de sedimentos - en dirección al Golfo y construyeron llanos de sedimentación - similar en el aspecto descrito respecto a los llanos aluviales del río Mississippi en el Reciente, 16,000 AP.

Las terrazas del Pleistoceno que consisten en una amplia superficie con inclinación hacia el Golfo de México, han sido segmentadas por la erosión de los sistemas de drenaje que la atraviesan presentando similitud entre las llanuras superficiales de los ríos Tonalá, Mezcalapa, Sierra y Usumacinta. En sus límites hacia el norte con el llano aluvial del Reciente, el Pleistoceno de superficie descansa entre 20 y 30 m sobre el nivel del mar, la elevación crece gradualmente en dirección al sur hasta los 50 a 70 m en la base de las colinas del Terciario.

En la superficie suavemente ondulada de las terrazas del Pleistoceno, aparecen algunas características. En algunos lugares se presentan depósitos de forma oval y poca profundidad llenos de agua la mayor parte del año, se les conoce localmente como lagos de lágrima por la similitud de gota que presentan observando con mayor frecuencia que los desagüaderos de estos lagos están hacia el norte con dirección a la costa, también se presentan terrenos pantanosos de forma alargada y bajos que pudieran indicar a viejos canales de corrientes.

A lo largo del margen costero la superficie del Pleistoceno -- con frecuencia se encuentra seccionada por corrientes que la erosionan formando valles en V que en algunos lugares alcanzan taludes de 10 a 15 m de altura, algunas de esas disecciones pudieron haber ocurrido durante los períodos de bajos niveles marinos, por hoy, solamente en los lugares más altos tiene lugar la erosión por corrientes, en tanto en lugares cercanos al contacto con el fluvial del Reciente, el baño aluvial es notorio.

Los depósitos superficiales de las terrazas del Pleistoceno -- han sido afectadas por el intemperismo, convirtiendo parte del material en caolinita con sílice coloidal, encontrándose en algunos lugares rocas ígneas de grano fino y rocas metamórficas. El color de la arcilla es roja en la superficie semejante al caolin desvaneciéndose con la profundidad hasta amarillo pálido y suelen encontrarse nódulos de hierro-manganeso. (West, - R.C., 1976 y Castellanos, Medina y Aguilera, 1975).

2) Llanura fluvial del Reciente. La sedimentación fluvial del Reciente ha constituido una faja ancha de 16,035 km<sup>2</sup>, cerca del 55% del área de que se trata, los principales sistemas de drenaje han erosionado ampliamente secciones de la superficie. Las llanuras fluviales del Reciente penetran a las colinas del Terciario, el sistema fluvial del Río Sierra-Pichucalco, ocupa uno de los más amplios reingresos aluviales, en tanto que los sistemas formados por el Tonalá, Mezcalapa, Chilapa-Macuspana y Usumacinta, resultan más angostos. (Fig. 9).

Partiendo de segmentos superficiales del Pleistoceno con dirección al mar, algunos remanentes del mismo material aparecen en la llanura fluvial del Reciente. Pequeñas porciones remanentes han resultado por la disección del borde septentrional de

la antigua superficie y los aluviones subsecuentes los han aig lado del cuerpo principal del Pleistoceno. Estos remanentes de material rojizo son bien drenados y sobresalen desde unos centímetros hasta más de 10 metros por encima de las tierras grisáceas y negras de los terrenos menos desgastados del Reciente. Algunas de estas porciones rojas se encuentran a muchos kilómetros de la orilla de los sedimentos de las terrazas del Pleistoceno, especialmente hacia el norte de Villahermosa en la porción noroccidental de los llanos aluviales.

3) Los llanos costeros del Reciente. La sedimentación costera en el Estado de Tabasco y occidente de Campeche, resulta de la transportación de los materiales procedentes de las tierras altas hacia el Golfo a través del transporte de los ríos más caudalosos de México y de los bajos deltas que éstos forman.

Registros hidrológicos, comportamientos y sistemas que forman los ríos.

En la planicie aluvial de los Estados de Tabasco y occidente de Campeche, los ríos siguen complicadas trayectorias; sufren desbordamientos, se ramifican en dos o más brazos; al abandonar sus cauces se intercomunican entre sí provocando inundaciones características en aquellos territorios; si a ésto se añade que se desarrolla una selva sumamente densa de manglares -- hasta de 25 m de altura y las lagunas bajas se cubren de lirios acuáticos y tules y palmas en los lugares menos inundados, se comprendera lo difícil que resulta delinear las zonas en su mayoría lacustres de la región.

Por los registros hidrológicos de las estaciones existentes -- (Fig. 5), se tiene para el Usumacinta un poco antes de la entrada al plan aluvial, un gasto de 55,832 millones de metros -

cúbicos anuales (estación Boca de Cerro, Secretaría de Recursos Hidráulicos. Datos Hidrométricos, 1962a, p. 705) a los que habrá que añadir 3,565 millones de metros cúbicos anuales que aporta el río San Pedro que se une al Usumacinta abajo de Boca de Cerro. La carga que transportan respectivamente el Usumacinta y el San Pedro es de 5 millones 600,000 y de 200,000 metros cúbicos anuales de sedimentos. Abajo de Boca de Cerro, cerca de Jonuta, el Usumacinta vierte su primer distribuidor al noreste, el río Palizada, hacia la Laguna de Términos. Después de Jonuta se vuelve a bifurcar extendiendo el canal del San Pedro San-Pablo que desemboca en el Golfo hacia al norte (Fig. 5). El resto continúa al noroeste hasta Tres Brazos en que tributa sus aguas al Grijalva. El río San Pedro San Pablo está en vías de extinción por la acumulación de sedimentos y vegetación, fotografías aéreas de la porción baja de este río, revelan la existencia de otros canales actualmente inactivos.

El río Mezcalapa hace su entrada al llano fluvial del Reciente en Cárdenas. Datos hidrométricos de la S. R. H., indican que a su paso por la estación Las Peñitas el gasto del río es de 23,714 millones de metros cúbicos anuales y 21 millones 600,000 metros cúbicos anuales de sedimentos. El Mezcalapa, es el río más dinámico de Tabasco, es el responsable de las frecuentes crecientes de la porción central del llano aluvial. En la vecindad de Cárdenas se bifurca empezando la fase de sedimentación conduciendo grandes descargas al bajo delta, muchos son los canales abandonados que en forma radial parten de Cárdenas al Golfo. Actualmente son dos las distribuciones activas con tendencia a dirigirse a Villahermosa, el del sur, el río Carrizal, conduce un tercio del caudal del Mezcalapa dirigiendo una porción de la corriente al norte de Villahermosa en que se une al Grijalva y la otra porción se dirige al norte ha

cia el río González llegando a Barra de Chiltepec. El río - Cañas o Samaria es el otro distribuidor, el del norte, se desprende del Mezcalapa cerca de Cárdenas con dirección al este - pero antes de unirse al Grijalva se vuelve al norte y hacia el río González. Un tercer canal actualmente inactivo es el del río Viejo al sur del Carrizal.

Además muchas descargas más pequeñas del Mezcalapa se efectúan a través de lagunas y pantanos que desde la porción central es curren al mar. La Secretaría de Recursos Hidráulicos ha estimado que únicamente una cuarta parte de las aguas del Mezcalapa llegan a formar el río Grijalva; el resto descarga en el - Golfo de México de manera antes descrita.

El río Sierra se sitúa como un sistema pequeño entre las mar ges de los más grandes, el Usumacinta y el Mezcalapa. Drena - una superficie relativamente pequeña al pie de las colinas -- del Terciario. Datos de la Secretaría de Recursos Hidráulicos citan que a su paso por la estación Pueblo Nuevo (Fig. 5) el - gasto del río es de 5,856 millones de metros cúbicos anuales y un millón 800,000 metros cúbicos anuales de carga en suspensión. Los datos de descarga son incompletos para este sistema por la unión de pequeños tributarios que tiene lugar abajo de la esta ción Pueblo Nuevo pudiendo llegar el gasto a 7,000 millones an tes de unirse a la cabeza del Grijalva.

Otro sistema pequeño es el del río Chilapa que drena una área similar a la del Sierra, los datos tomados en Salto del Agua - Y Macuspana estiman un promedio de 13,500 millones de metros - cúbicos de gastos anual que descarga al bajo Grijalva a través de su canal principal y de su menor distribuidor, el río Chilapi lla.

En la zona que se trata se forma un río que vuelve a tomar el nombre de su nacimiento (el río Grijalva) tiene su principal -

afluente en el Tapizalá que colecta las aguas de su cuenca en territorio guatemalteco, después se le conoce localmente como río Grande de Chiapa y forma las presas la "Angostura" y "Netzahualcoyotl" más conocida como Malpaso, ambas en el Estado de Chiapas en el que el río recibe muchos afluentes; luego recibe el nombre de Mezcalapa y pasando la estación hidrométrica de "Las Peñitas" la cual se encuentra como 31 km aguas abajo de la presa Netzahualcoyotl, Chis., el río Mezcalapa sirve como límite estatal entre Chiapas y Tabasco. El río Mezcalapa tiene varios afluentes la mayor parte de ellos en la cuenca Chiapaneca. Posteriormente, el río se bifurcará a la altura de Cárdenas de donde partirán sus distribuidores con otros nombres.

El río Grijalva enclavado entre el Usumacinta y el Mezcalapa es un parásito cuyo caudal se forma a expensas de estos y del Sierra y Chilapa que se le unen a la altura de Villahermosa. Por el reporte presentado por Christiani and Nielsen de México, S.A. a la Secretaría de Marina, México, D.F. para el mejoramiento y desarrollo de Puerto Frontera, Tabasco, se estima el gasto del río en 86,200 millones de metros cúbicos anuales y en 13 millones docientos mil metros cúbicos anuales de carga transportada.

El río Tonalá cuyo sistema se ubica en el costado occidental del Mezcalapa, drena la porción más oriental del vecino estado de Veracruz y el oeste de Tabasco. El río toma éste nombre a partir de la confluencia de los ríos Tancochapa y Poza Crispín, después tiene únicamente un afluente el Cacajapa. Para este río, la Secretaría de Recursos Hidráulicos ha estimado el escurrimiento promedio anual en 5,875 millones de metros cúbicos que descarga directamente al Golfo.

Con los datos de los gastos anuales que se tienen para los ríos anteriormente referidos y las cargas sedimentarias que transportan se forma la tabla 2 que los compara.

### Obras Construidas

El autor del presente trabajo que tuvo la oportunidad de visitar varias veces la presa de "Malpaso" (Netzahualcoyotl) con capacidad para almacenar 14 mil millones de metros cúbicos, construida para la producción de energía eléctrica principalmente, pudo observar que durante la época de menor precipitación se descubría hasta el atrio la Iglesia del poblado sumergido de Quechula y que nuevamente ésta se volvía a inundar llegando el nivel del agua hasta algunos metros arriba de la cruz del campanario y que las aguas del río con material suspendido a la entrada de la presa, al salir de ésta por arriba de la cortina eran bastante más claras. Aguas arriba se ha construido la presa "La Angostura" con capacidad aproximada de almacenamiento de 18 mil millones de metros cúbicos que junto con la presa "Chicoasén" recientemente construida, forman el potencial eléctrico más grande del país; existiendo además (Estudio de Gran Visión del Estado de Tabasco 1976) la planificación para la construcción de la presa "Las Peñitas" en el sitio de la estación hidrométrica del mismo nombre (Fig. 5) y de la Presa "Salto del Agua" sobre el río Tulijá, afluente del Chilapa, afluente del Grijalva. En los días en que el presente trabajo se escribe, apareció un encabezado que dice: "La Presa Las Peñitas ha empezado a llenarse" (Domingo 6 de julio de 1986, Excelsior), y otro en el que se lee: "No será llenada la Presa Las Peñitas hasta reubicar a los afectados: Absalón Castellanos (Sábado 12 de Julio de 1986, El Universal).

**TABLA 2. COMPARACION DE GASTOS, CARGAS SEDIMENTARIAS Y AREAS QUE DRENAN LOS PRINCIPALES RIOS QUE BAÑAN LAS LLANURAS DEL ESTADO DE TABASCO Y OCCIDENTE DEL DE CAMPECHE.  
(LAS TIERRAS BAJAS 1976).**

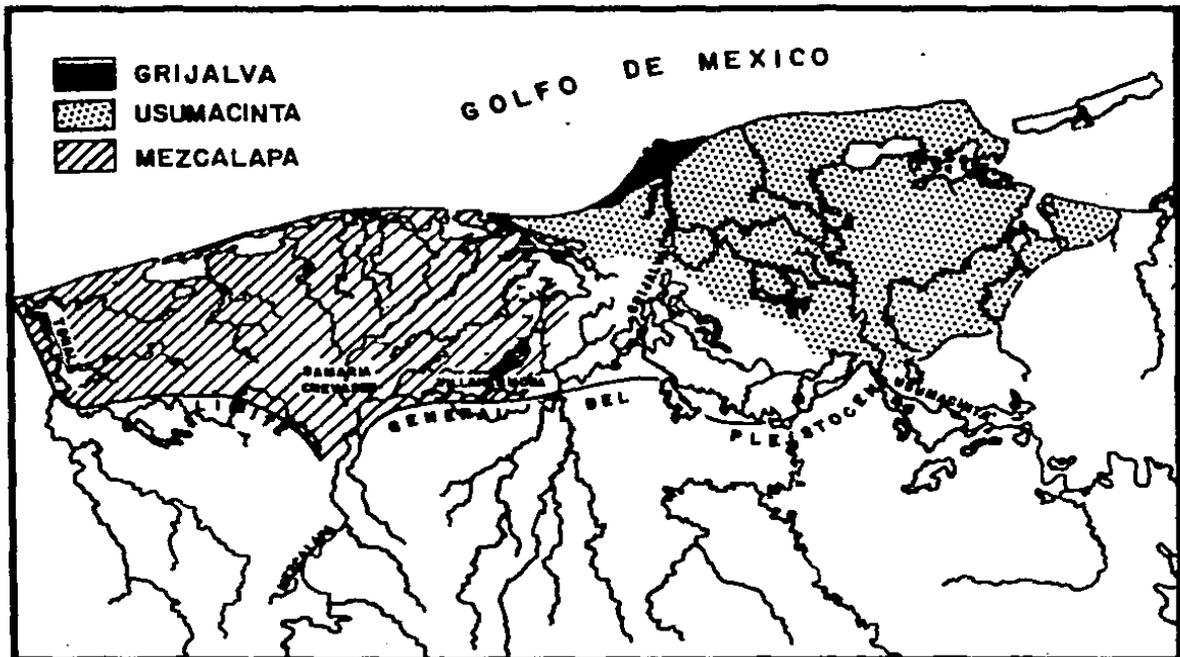
Sistema Fluvial y Estación	Áreas de Drenaje Km <sup>2</sup>	Gasto anual Total x 10 <sup>6</sup> Metros cúbicos	Carga anual suspend. Total x 10 <sup>5</sup> Metros cúbicos	% de carga suspen % = F x 100 F %	
Usumacinta Estación Boca de Cerro San Pedro	63,804 incluido	55,832 3,565	56 2	0.0001 0.00005	0.01 0.005
Mezcalapa Estación Las Peñitas	36,566	23,714	216	0.0009	0.09
Sierra Estación Pueblo Nuevo	5,180	5,856	18	0.0003	0.03
Chilapa Estaciones Salto del Agua y Macuspana	7,000	13,500			
Grijalva	6,000	86,200	132	0.0001	0.01
Tonalá		5,875			

Las obras a que se hace referencia son posteriores a los pocos datos con que se estimó la tabla 2 y habrá que tenerlo presente si se desea referirse a condiciones actuales. Es muy posible que las obras construidas hayan hecho cambiar los datos.

Principales sistemas deltaicos en el plano fluvial del Reciente en los Estados de Tabasco y occidente de Campeche. Son pocos o muy escasos los datos referentes a las cargas de sedimentación que conducidas por los sistemas fluviales han formado la base y los llanos del Reciente. Las mediciones indicadas en la Tabla 2 sitúan al Mezcalapa como el transportador de mayor carga absoluta como relativa y posee el mayor potencial para el desarrollo aluvial del Reciente. Las mediciones efectuadas en el Usumacinta, indican transportes de carga menores.

La diferencia entre los transportes de los sistemas Mezcalapa y Usumacinta pueden relacionarse con las características geológicas de las áreas que drenan. Al sistema Mezcalapa le corresponden la cuenca y las estribaciones septentrionales de la Sierra Madre en el Estado de Chiapas, la primera se caracteriza por sus formaciones sedimentarias quebradizas, mal consolidadas y de fácil erosión pertenecientes al Cretácico y Terciario; la segunda por sus granitos muy intemperizados además de recientes erupciones volcánicas en las alturas de las áreas de drenado limitantes con la República de Guatemala, las que han proporcionado abundante material para el Mezcalapa. Como ejemplo están los gránulos de piedra pómez que se encuentran en los cauces de las corrientes actuales y en las de otros tiempos, de un extremo a otro del llano fluvial del Reciente en el área que éste sistema irriga, esto es de la porción central hasta la occidental (Fig. 10). En contraste, el Usumacinta drena áreas de calizas también Cretácicas y del Terciario proponiéndose por esto (West 1976) que una parte de la carga que el sistema transporta, se encuentra en solución lo que explica-

FIG. 10. DELTAS DE LOS RIOS USUMACINTA, MEZCALAPA Y GRIJALVA.



ría los bajos valores de la Tabla 2. Al área de drenado se -- vuelve a recurrir cuando se hace referencia al color café oscu ro de las aguas del sistema Mezcalapa en comparación con el -- verdoso de las del Usumacinta y sus afluentes.

Los canales de descarga en Tabasco y occidente de Campeche son de 2 tipos, 1) los sinuosos (meandros) y 2.) los trenzados. Los sinuosos son más comunes y reflejan equilibrio entre la capaci dad de carga que puede transportar la corriente y la que trans porta; los distribuidores activos del Usumacinta, Grijalva y - Tonalá con suaves inclinaciones de sus canales entre el ingre so al llano fluvial del Reciente y la desembocadura de los mis mos al Golfo, presentan el tipo sinuoso. A lo largo del curso del Grijalva, las sinuosidades tienden a ser menos profundas, localmente los diques naturales se amplían por el lado exte--- rior de las curvas de las sinuosidades. Las sinuosidades que el Usumacinta presenta, son más marcadas que las del Grijalva. Los canales y afluentes del Mezcalapa presentan las caracterís ticas del tipo trenzado, un canal trenzado indica que se está proporcionando a la corriente mayor cantidad de sedimentos que los que efectivamente puede transportar. En las temporadas en que el caudal disminuye, se forman islas y entre éstas la co rriente drena presentando las características del tipo trenza do. Cuando nuevamente el caudal aumenta, la carga se equili bra y podrían aparecer las características del tipo sinuoso. - Algunas partes del patrón del bajo Mezcalapa adquieren la ten dencia a la sinuosidad pero en la mayor parte del ciclo anual, las islas arenosas y las corrientes trenzadas son las caracte rísticas del sistema Mezcalapa que contrasta con las demás, es pecialmente con el Grijalva en lo ancho como en profundidad, in dicando para el primero la mayor carga y condiciones de tren-- zado.

## Deltas.

Cuando los canales que hacen sus descargas al mar añaden a éste los terrígenos que transportan, las aguas oceánicas responden con su energía sedimentando, transportando o alterando de variada manera al material aportado, resultando de la interacción una morfología y ambiente distintos en la zona de depósito. La interacción de esos procesos producen los diferentes tipos de deltas, usando aquí a la palabra de acuerdo a la definición de Lyell (1854) como "una llanura aluvial formada -- por la desembocadura de un río" y pueden ser desde el dominio completo de los sedimentos terrígenos hasta el otro extremo -- cuando los procesos marinos dominan el influjo (Reading H.G., 1978). Usando estos conceptos como base para clasificar las imágenes de los deltas construidos en las líneas de playas, -- resultan los siguientes tipos (Richard C. Selley, 1970).

- Tipo I. Lobulado en que la energía marina, oleaje y corrientes principalmente, no son suficientemente competentes para esparcir el incremento detrítico, un ejemplo es el delta formado por el río Mississippi con canales de distribución radiales, alargados como dedos que recuerdan la pata de un palmípedo (Holmes, A., 1968).
- II. Truncado en que la energía marina distribuye en parte a los terrígenos aportados, pero se forman frente a las bocas, islas a manera de barras paralelas a la línea de playa. El ejemplo de este tipo podría ser el formado por el río Nilo que fue el primero -- en recibir el nombre por su parecido con la letra griega delta, advertido por Herodoto en el año 454 A.C.

- III. Mixto en que los terrígenos dominan la planicie -- costera aluvial con ambiente de lagunas y barreras y después de la línea de baja mar, el paisaje es -- de mar abierto.
- IV. Dominio del oleaje y de la corriente costera en que la energía marina es capaz de distribuir la mayor -- parte de los sedimentos, se caracteriza por una línea de playa continua con solamente una ligera de-- flección en la boca del distribuidor del que se ex-- cluye la formación de barras y se presenta el fenó-- meno de progradación que consiste en la sedimenta-- ción de los terrígenos aportados en el talud mari-- no frente a la desembocadura. (Reading H.G., 1978).

El autor del presente trabajo considera que los deltas del -- área de estudio, no encuadran en ninguno de los anteriores, -- pudiendo ser el IV el de mayor semejanza. Los deltas en el -- área de estudio presentan líneas de bordos indicando anterio-- res posiciones de playas debido a desembocaduras de canales -- con bastantes sedimentos que formaron deltas de aspecto acam-- panado. Como actualmente lo hace el río Grijalva (Fig. 1D). -- Cuando los río emiten otros canales de distribución o abando-- nan los actuales, como se estima que ha sucedido en el área -- de que se trata; es la dinámica marina lo que conformará la -- playa cortando para este caso la cúspide de los deltas acam-- panados (Tipo V) y enderezando la línea de playa.

El sistema fluvial del Usumacinta ha construido un delta ar--- queado que cubre aproximadamente  $4,850 \text{ km}^2$ , desde el inicio -- del delta cuyo ápice puede situarse arriba del poblado de -- Jonuta el río Usumacinta extiende varios distribuidores radia-- les hasta el Golfo de México. Al oriente, el delta del Usuma-- cinta se encuentra limitado por terrazas del Pleistoceno, al --

occidente se mezcla con la corriente del río Chilapa cubriendo con pantános y lagos gran parte de la superficie deltaica. En este delta se ubican las estaciones de "Playa la Uvita" y "Punta Emiliano Zapata" (Fig. 10).

El Río Mezcalapa ha construido un gran delta arqueado de aproximadamente  $6,750 \text{ km}^2$ , el ápice podría localizarse cerca del poblado de Huimanguillo, la distribución radial del delta se extiende hacia el occidente con rumbo a las colinas Terciarias del Estado de Veracruz y hacia el oriente con dirección al Río Grijalva.

Del río Mezcalapa se tienen indicaciones de haber cambiado los cursos de sus distribuidores por la existencia de viejos e inactivos canales muchas veces inadvertidos por observancias sobre el terreno pero distinguibles en fotografías aéreas. A medida que los canales se acercan a la costa, disminuyen en profundidad y amplitud, la sedimentación fluvial y el cambio de los distribuidores han creado la amplia extensión del delta del Mezcalapa. La Secretaría de Recursos Hidráulicos en base a las mediciones que la Comisión del Grijalva (1962) ha proporcionado, estima que aproximadamente del 70 al 75% del gasto del Mezcalapa desagua por el canal del río Samaria o Cañas, indicando este hecho que la mayor sedimentación y desarrollo morfológico se ha mudado del Grijalva con dirección al occidente abajo del Cañas. En este delta se localiza la estación "Barra de Chiltepec".

El río Grijalva a pesar de ser un distribuidor de importancia, no ha depositado suficientes sedimentos para producir un delta fluvial, más bien, su delta cusgado es de características costeras siendo la mayor parte de su recorrido desde Villahermosa hasta el Golfo un sencillo canal sinuoso con diques laterales bajos y angostos, sin ramificaciones. En el lugar del contac-

to con el río Chilapa, se encuentra bordeado por lagos alargados y pantanosos y después de recibir el desagüe del Usumacinta, los lagos dejan de rodear el canal del Grijalva. Relativamente el canal del Grijalva ha permanecido estacionario desde la llegada de los españoles, hace 450 años. En la actualidad, la porción más cercana a su desembocadura unos 50 kms tiende a desviarse al oriente. En este delta se localizan las estaciones de "Punta Buey" y "Playa Boquerón", esta última influenciada también por el Usumacinta.

Bordos Costeros. Los procesos costeros han causado una acumulación de sedimentos que antes de llegar al mar han pasado por los deltas más próximos. Se han formado series de montículos de arena, siendo un complejo de múltiples bordos de playa la característica costera dominante.

La formación de bordos costeros acompañan a la descarga de los canales en particular a lo largo de la costa, si la cantidad de sedimentos es adecuada hará que se desarrolle un sistema de bordos de playa a ambos lados de la desembocadura del canal distribuidor en tanto que el abandono de los distribuidores -- conduce a la estabilidad costera. Las 5 estaciones de muestreo están incluidas en el sistema de bordos de los llanos del Reciente.

Sistema de Bordos de Playa. Los sistemas de bordos de playa se componen de numerosas crestas en playas abandonadas, cada cresta indica una posición anterior de la línea de costa; estos sistemas también incluyen descargas de agua con abundantes sedimentos de una playa en particular. Los crecimientos de estas formas son más grandes en las proximidades de la fuente, los patrones modelos de los sistemas de bordos se acampanan hacia el mar frente a la desembocadura del río formando -- crestas con proyección cuspada; por consiguiente, un sistema de bordos de playa indica el lugar de la desembocadura de un --

río con abundantes sedimentos que además proyecta el sistema de bordos como delta cuspadó (con punta; acampanado).

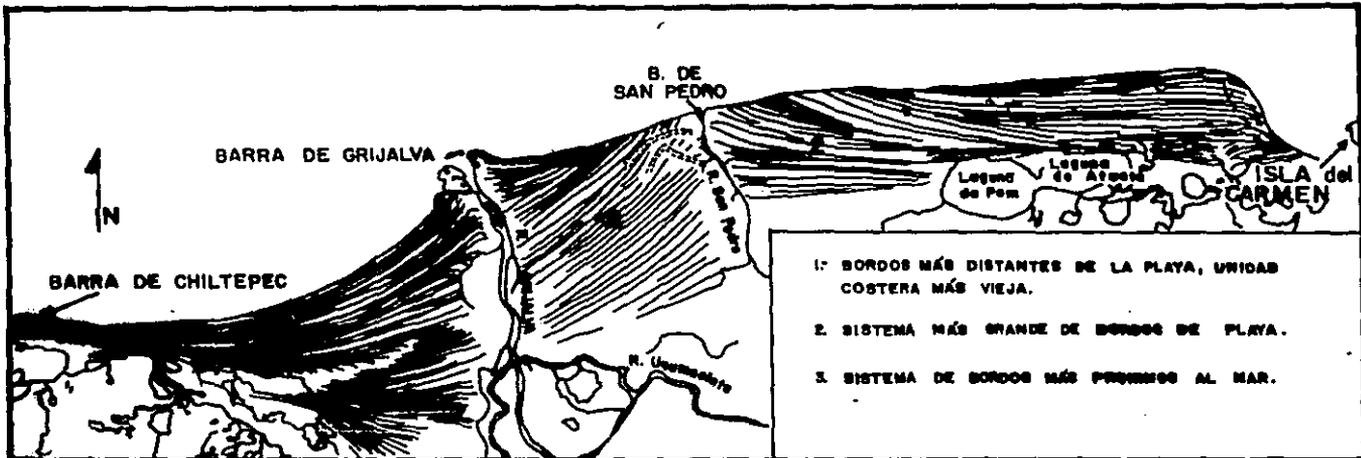
Los sistemas de bordos más distantes de la playa próximos al río Grijalva (Fig. 11) constituyen la unidad costera más vieja. Este sistema superficial (1) se revela en el lado occidental del río Grijalva con probabilidad de que exista otra parte en el margen del oriente. Este antiguo sistema podría ser decrito como marginal del delta del Mezcalapa y fue construido probablemente anterior al Grijalva actual en cuyas proximidades se abre presentando el patrón de abanico sugiriendo el desarrollo de delta cuspadó.

Al noreste del sistema más antiguo, al oriente de Tabasco y occidente de Campeche, una formación más joven se concentra en el río San Pedro-San Pablo con extensión aproximada de 100 km longitudinales y 1,350 km<sup>2</sup>, forma el sistema más grande de bordos de playa (2). El curso actual del Grijalva que corta el costado occidental de este sistema, es indicio de que las aguas del Usumacinta corrían principalmente por el río San Pedro-San Pablo originando los depósitos de bordos en forma de abanico que se acumularon progresivamente hacia el mar y podría ser índice de la conservación de éste río durante muchos años. Los bordos de playa de la porción oriental, occidente de Campeche, se componen principalmente de carbonatos (despojos de conchas) lo que pudiera describir una fuente en el extremo oriental de sedimentos lagunares o próximas a la costa, más bien que una fuente fluvial. Después del abandono del canal San Pedro-San Pablo como principal fuente de descarga del Usumacinta, el delta cuspadó que se asocia al sistema de estos bordos de playa, se convirtió en un lugar de erosión costera por falta de sedimentos con la subsecuente modificación de la línea de costa que eliminó la punta del delta truncando la tendencia de los bordos de playa en el río San Pedro-San Pablo.

**FIG. 11. LINEAS DE SISTEMAS DE BORDOS DE PLAYA**

- 1. SISTEMA DEL USUMACINTA Y DEL ACTUAL RIO GRIJALVA**
- 2. SISTEMA DE BORDOS DE MEZCALAPA**
- 3. SISTEMA DE BORDOS DEL TONALA**

1



1. SISTEMA MÁS ANTIGUO
2. BORDOS CON SUAVE TENDENCIA AL MAR.
3. SISTEMA DE BORDOS QUE TRUNCA LA ANTERIOR.
4. BORDOS MAS RECIENTES.



BORDOS DE PLAYA

3



BORDOS DEL TONALÁ

El sistema de bordos más próximos al mar y adyacentes al actual río Grijalva, es el sistema que este río ha formado (3) después del abandono del San Pedro como principal distribuidor del Usumacinta, este sistema tiene un patrón en forma de abanico con vértice en la desembocadura que se amplía al sur en una corta distancia. Es una nueva fase del delta del Usumacinta cuyo gasto se une al del Mezcalapa que llega hasta Villahermosa.

Los sistemas de bordos del Mezcalapa se desarrollan entre la Barra de Chiltepec y el curso del río Palmas (Fig. 11), se caracterizan por ser relativamente pocas y presentar menor madurez, ésto puede deberse a que los distribuidores del delta han sido numerosos y tenido corto tiempo de actividad. Integran la unidad 4 sistemas: (1) el más antiguo, fue construido en la porción suroriental del Canal del Seco, eliminado más tarde por la erosión de ese delta cuspadado cuyo vestigio es la serie de bordos truncados por una duna longitudinal al suroeste del río González.

La fase siguiente (2) en la desembocadura del río Palmas y Corché cuya suave tendencia al mar pudiera indicar una formación lenta, esta siendo truncada por otro sistema de bordos (3) que abre hacia el río Seco y finalmente, el más reciente sistema de bordos de playa, el del río Seco (4), está truncado por el contorno de costa enderezando desde Barra de Chiltepec hasta el Canal del Palmas.

El sistema de bordos de playa del río Tonalá, se localiza en la salida costera del río y es dudoso que los sedimentos hayan sido totalmente derivados de la cuenca que el sistema desagua, más bien, estos bordos debieron desarrollarse cuando el Mezcalapa dirigió sus distribuidores al extremo occidental hasta el canal del Tonalá (West, R.C., 1976). Las interpretaciones del río Tonalá sugieren que se desarrollaron en las margenes del delta del Mezcalapa cuando éste se extendió hacia el mar más

allá de lo que actualmente es. En la Barra de Santa Ana en la boca de la Laguna del Carmen, los bordos más internos tienden hacia el mar y están truncados por la actual línea de costa (Fig. 11), además varios bordos que forman arcos hacia la desembocadura del Tonalá están truncados. Esta secuencia indica que la desembocadura del río Tonalá fue lugar de intermitentes descargas de sedimentos que se correlacionan con cambios en los cursos de los distribuidores del delta de Mezcalapa. Estas interpretaciones podrían ser alteradas en el sentido de que los bordos de playa localizados en la salida costera del río Tonalá no se hubieran formado con sedimentos similares a los que descargan los distribuidores del Mezcalapa en el caso de confirmarse la ausencia del cromo en esa región como el presente trabajo lo indica por las muestras tomadas en las lagunas del Carmen y la Machona, que no dieron la reacción del cromo.

#### BOSQUEJO GEOLOGICO

El área de estudio tiene como marco la llanura costera del Golfo de México que es una faja de forma irregular, continua, cuya estratigrafía entre otros aspectos geológicos (Cserna, 1958), son comparables con los denominados Gulf Coastal Plain (Estados Unidos de Norteamérica).

En la era Mesozoica hubieron 3 perturbaciones geológicas. La palizadiana a fines del periodo Triásico, la nevadiana al finalizar el Jurásico y la laramídica hacia fines del Cretácico, cuya compresión dirigida desde el noroeste, continuó en la era Cenozoica en forma tal que confeccionó casi en su totalidad a muchas de las estructuras actuales (Pearl M. Richard, 1971). Durante el Triásico, se encuentra una conexión entre la manifestación tectónica tensional de la orogenia Palizada como generadora de impulsos y el origen de la creación del Golfo

fo de México en un lapso de 20 millones de años (H. Sandoval, A. Comínguez y L. Del Castillo, 1977).

Por el estudio de dos columnas litostáticas modelo, cada una inferida en los extremos de una sección que va de Punta Jerez en la Paleopenínsula de Tamaulipas, Méx., hasta La Florida en los EEUU de Norteamérica las que se comparan con las columnas litostáticas de: Progreso en la península de Yucatán, Méx.; - Galveston en los EEUU de Norteamérica; la de la parte media - del Golfo de México y la columna Oceánica tipo, observándose que: a) las columnas litostáticas (Punta Jerez, La Florida, - Progreso y Galveston) alrededor respecto a la de la parte media del Golfo de Méx., son de menor densidad, b) las columnas experimentan homogeneidad lateral, principalmente en lo referente a densidad, c) la columna de Galveston es la de mayor - densidad respecto a la de sus compañeras, d) la columna de - Progreso es la de menor densidad respecto a la de sus compañeras, e) la densidad de la columna Oceánica tipo, es mayor a - la de la parte media del Golfo.

Simultáneamente en el tiempo en que el esfuerzo tensional de la Palizadiana hace derivar al norte a Canadá y forma el Golfo de México, en la Paleopenínsula de Tamaulipas hay movimiento epeirogenético ascendente debido a que siendo esta de menor - densidad había tendencia al equilibrio isostático, a este fenómeno se recurre para explicar la homogeneidad lateral. La columna de Florida con rocas del Paleozoico es anterior al - Golfo de México. La columna Galveston con densidad mayor a - la de sus compañeras, tiende a la subsidencia. La columna - Progreso presenta menor densidad y mayor velocidad ascendente y en general el Golfo de México con menor densidad que la columna Oceánica tipo, tiende al equilibrio isostático a la vez que recibe los aportes de la erosión continental (H. Sandoval, A. Comínguez y L. Del Castillo, 1977) y en sus litorales no

se observan los efectos de borde de placas típicos de la nueva tectónica global (Choque de placas). La oquedad del Golfo de México se considera creada por los efectos de tensión y recuperación isostática de la estructura sedimentaria y el emplazamiento del manto.

Durante el Mesozoico, desde el Jurásico Superior y parte del Cretácico, la llanura costera consistía en una plataforma sumergida, localizada en el límite oriental del geosinclinal norteamericano que se extendía (Cserna, 1958) desde Canadá hasta Centroamérica; representan esta edad las formaciones correlacionadas con las etapas Oxfordiano, Kimmeridgiano y Titoniano en el Jurásico Superior (López R., 1978. Fig. 15), en que se depositaron en cuencas marinas grandes masas de sal con espesores de más de 2,600 m formando domos y anticlinales alargados de orientación S-W. Los domos y anticlinales salinos al pasar gradualmente a capas rojas, pierden la sal.

Las formaciones del Cretácico Inferior y Medio son las que en la Figura 15 corresponden al Neocomiano, Aptiano, Albiano y Cenomaniano, consisten en rocas de origen marino y en gran parte calizas densas con lutitas y margas intercaladas y espesores de 600 a 800 m.

Geológicamente el área de estudio puede situarse al Norte de las Cuencas Terciarias del Sureste, Sub-Provincia XIVa de las Provincias Geológicas del Sureste de México (López R., 1979) Fig. 12, pudiéndose también localizar en la parte septentrional de la zona de transición entre la que se ha clasificado como Cuenca Simojovel-Campeche y la Cuenca Salina del Istmo, influenciadas por el Anticlinorium Sierra Madre (Contreras, 1958) Fig. 13. Por observaciones de campo y de sismología principalmente, se ha establecido la existencia de pliegues, abarcando la geología superficial de campo una área comprendida entre Macuspana, extendiéndose a Villahermosa, Tamulté y

FIG. 12. SUB-PROVINCIA XIVA (14a) DE LAS PROVINCIAS GEOLOGICAS  
DEL SURESTE DE MEXICO (TOMADO DE LOPEZ R., 1979).

E. U. A.

PROVINCIA GEOLOGICA

SUB-PROVINCIA

- 7 ALTIPLANO MEXICANO (MESA CENTRAL)
- 8 PLANICIE COSTERA DEL PAMPAO
- 9 EJE NEOVOLCANICO
- 10 CUENCA DE QUERETERO
- 11 CUENCA DE TLAMACO
- 12 CUENCA DE VERACRUZ
- 12b SIERRA DE JUAREZ
- 13 SIERRA MADRE DEL SUR Y ALTIPLANO DE OAXACA
- 13a PORCION S. DEL INTMO DE YEMANTEPEC.
- 14 SURESTE DE MEXICO
- 14a CUENCAS TERCIARIAS DEL SE
- 14b SIERRA DE CHIAPAS
- 14c MACIZO DE CHIAPAS
- 14d PLANICIE COSTERA DE CHIAPAS
- 15 PLATAFORMA DE YUCATAN COMPACTA
- 16 SAN ANDRES TUTTLA



AREA DE ESTUDIO

PROVINCIA GEOLOGICA

SUB-PROVINCIA

1 BAJA CALIFORNIA

1a MEXICALI

1b SIERRA DE JUAREZ

1c SAN SEBASTIAN VERACRUZ

1d SIERRA DE LA CIBARTA

1e PURISIMA - MIAY

1f SIERRA DE LA VICTORIA

2 ESCORA

3 SIERRA MADRE OCCIDENTAL

4 CHIAPANCA

5 OAXACA

6 SURESTE DE MEXICO

5a PARRAS

5b SIERRA DE TORREÓN-MONTERREY

5c SAMPAS

6a CUENCA DE BUENOS AIRES, 6b SIERRA DE TAMAUCA

6c PLATAFORMA BUENOS AIRES, 6d SIERRA DE TAMAULIPAS

6e SIERRA TAMPAO - MICHTLA

G O L F O  
D E  
M E X I C O

O C E A N O  
P A C I F I C O

GUATEMALA

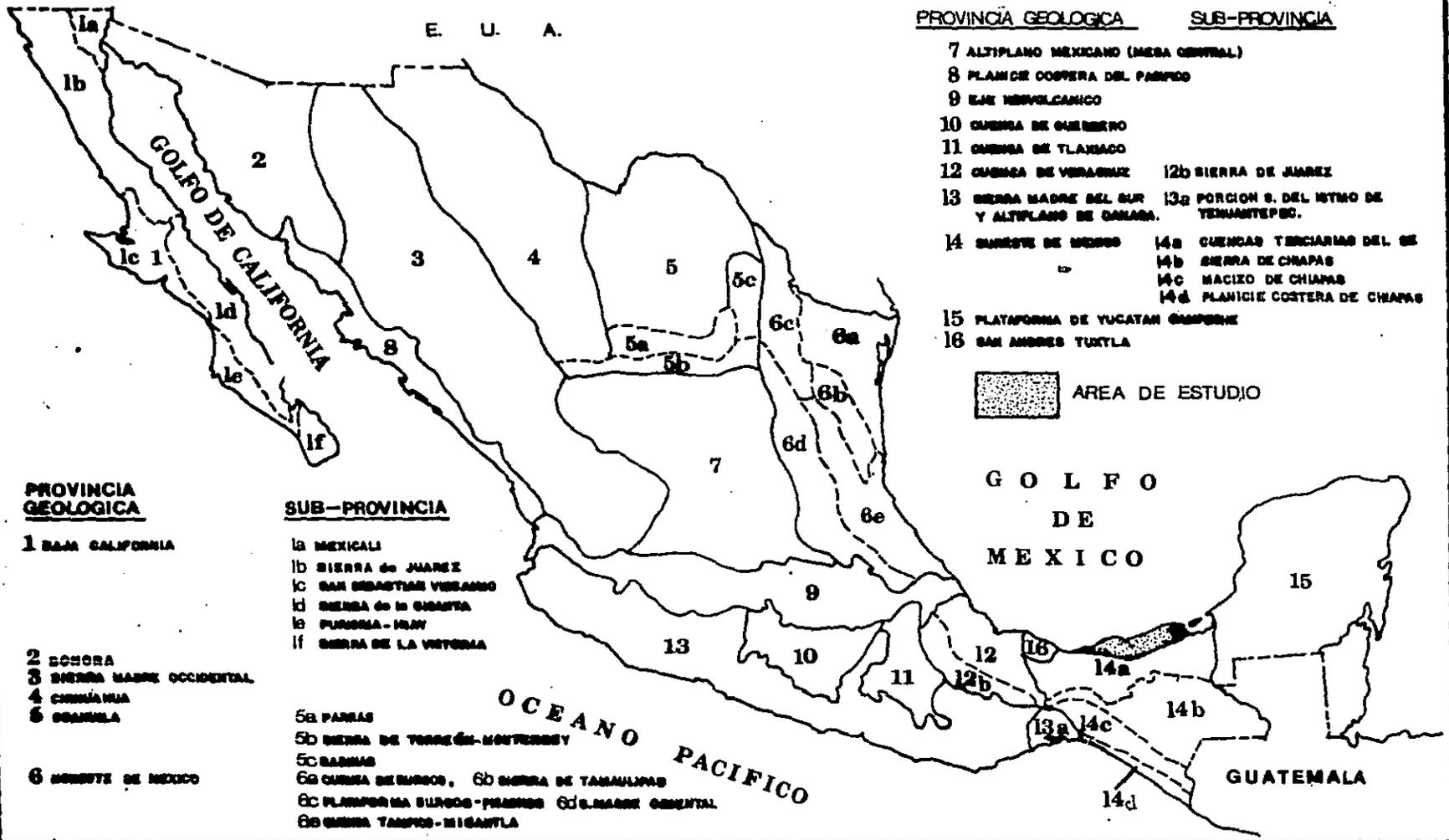


FIG. 13. CUENCAS SIMOJOVEL-CAMPECHE Y SALINA DEL ISTMO, EN  
EL SURESTE DE MEXICO. (TOMADO DE CONTRERAS, 1958).



PLATAFORMA  
de YUCATAN



CUENCA SALINA del ISTMO



CUENCA SIMOJOVEL-CAMPECHE



ANTICLINORUM SIERRA MADRE



SINCLINORUM CENTRAL CHIAPAS



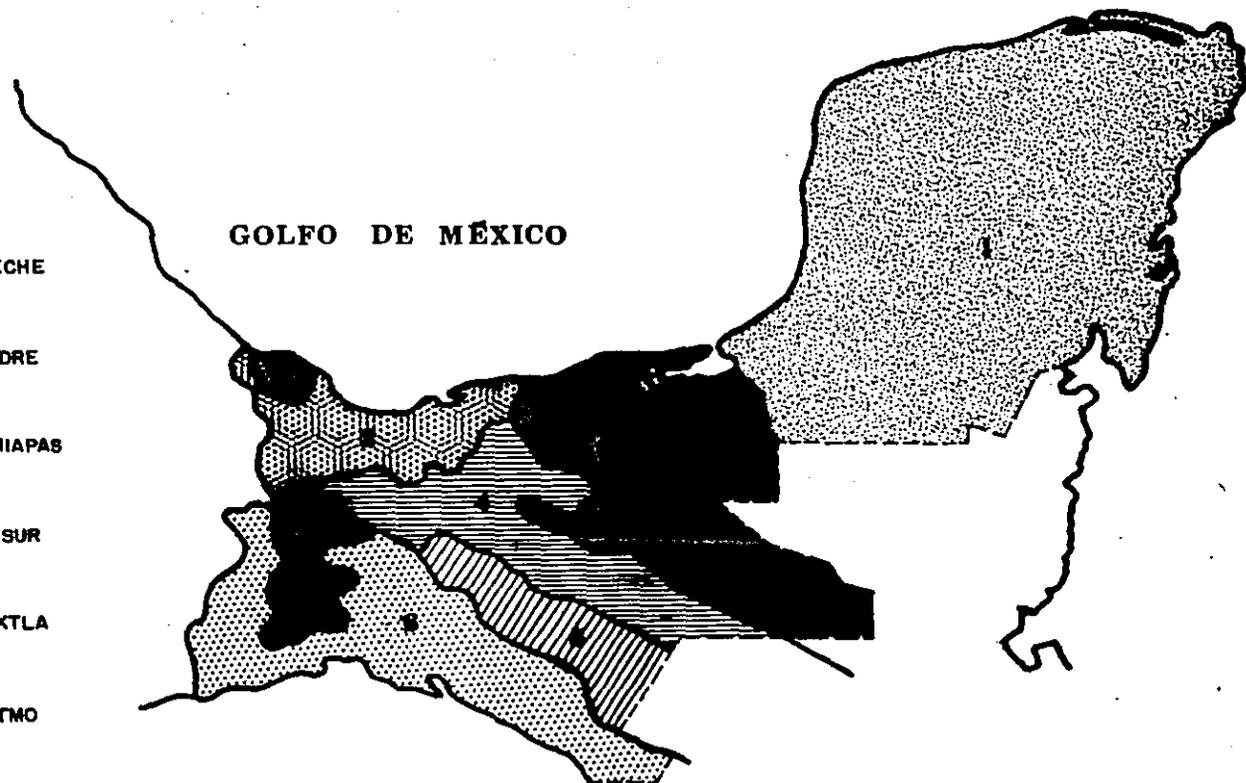
MACIZO SIERRA MADRE del SUR



MACIZO de SAN ANDRES TUXTLA



ZONA METAMORFICA del ISTMO



UNIDADES TECTONICAS

hacia el frente de la Sierra Madre, observándose que la mayoría de estos presentan orientación NW-SE como los de la Sierra Madre de Chiapas, dichos pliegues buzan en la planicie Tabasqueña (Fig. 13, No. 4), observadas en la Fig. 14.

Por sismología, se obtienen reflejos a profundidades promedio de 2,500 m con máximos hasta de 3,500 m en los sinclinales y flancos de las estructuras, no llegando la información a los 2,500 m en las cimas de los anticlinales. Por éste método se presentan estructuras con dos orientaciones NW-SE y SW-NE hasta E-W principalmente. Las observaciones anteriores han sido representadas (Contreras, 1958) en la Fig. 14.

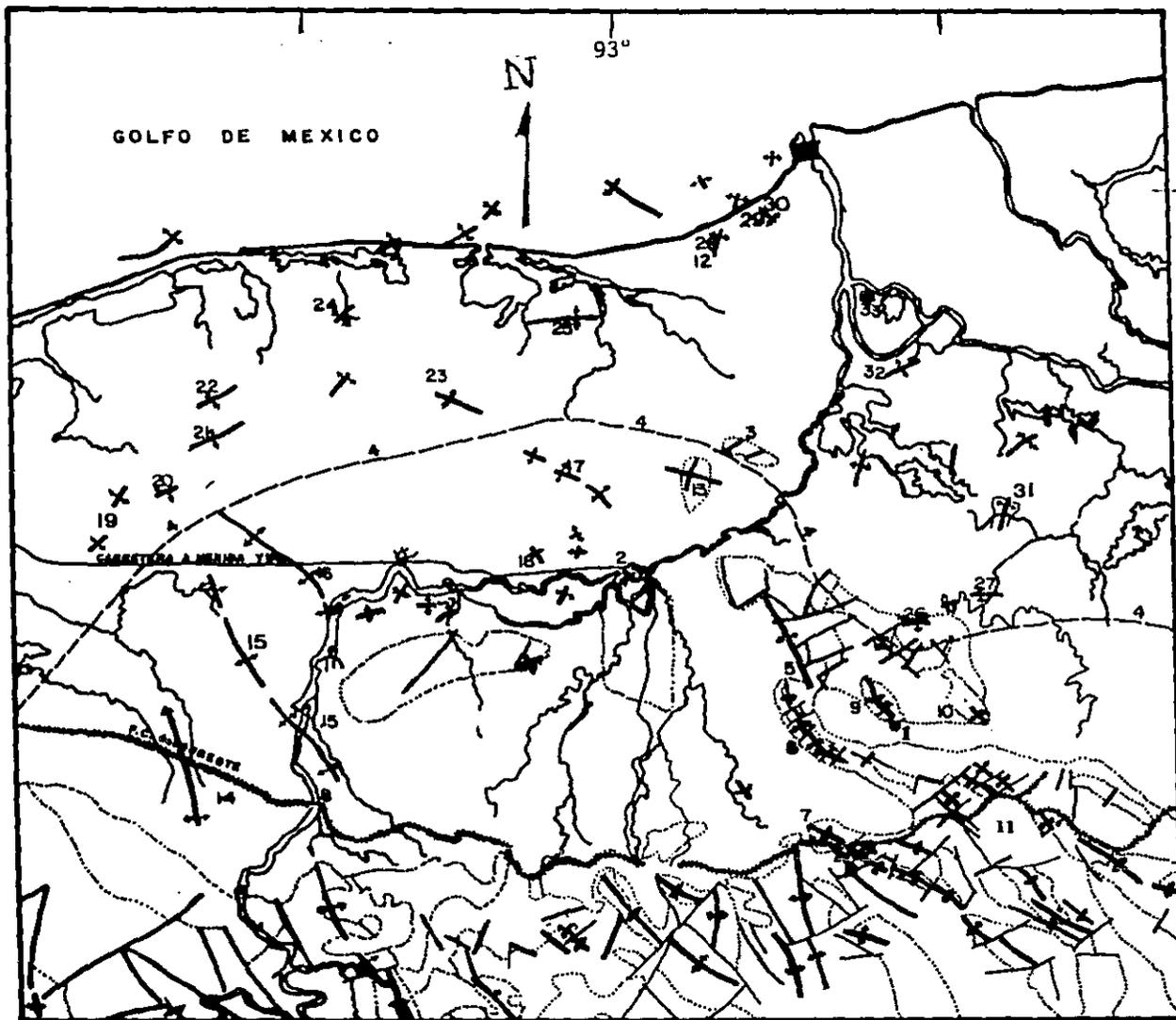
Los sedimentos depositados en el Cretácico Superior, son los que se correlacionan al Turoniano, Cenoniano y Maestrichtiano consistentes en calizas de estratificación delgada, lutitas, margas y horizontes de limos insinuando una serie regresiva.

En el Cenozoico, se desarrollaron pequeñas cuencas y bahías a lo largo de la antigua línea costera en el Golfo de México - quedando la mayor parte sumergida limitada al sur y al oeste por masas terrestres. En el Eoceno se depositan sedimentos - clásticos continentales en volúmenes considerables que disminuyen en espesor hacia el oriente en donde tales depósitos marinos se ausentan de algunas áreas.

Durante el Oligoceno la regresión continúa hacia oriente interrumpiéndose por una transgresión en la porción Sur y Occidental en el Oligoceno Inferior. Las condiciones de depósito y sedimentación eran semejantes a las actuales (Guzmán, 1951).

Las capas de sedimentos que se correlacionan con edades del - Mioceno, Plioceno, Pleistoceno y Reciente (Fig. 15), tuvieron condiciones de depósito y sedimentación actuales. Durante el Mioceno Inf., una transgresión cubrió casi toda la parte norte del Istmo de Tehuantepec. Los depósitos del Mioceno aumentan en espesor hacia el Golfo de México y consisten en arena y lutita.

**FIG. 14. EXISTENCIA DE PLIEGUES OBSERVADOS POR GEOLOGIA DE  
CAMPO Y SISMOLOGIA (TOMADO DE CONTRERAS, 1958).**



GOLFO DE MEXICO

93°

N

18° 30'

CARRETERA A MERIDA YUC

F.C. YUCATECA

## GEOLOGIA SUPERFICIAL

1. MACUSPANA
2. VILLAHERMOSA
3. TAMULTE
4. FRENTE DE LA SIERRA MADRE (limite teorico)
5. AMATE BARRANCAS
6. ENCARNACION
7. TACOTALPA
8. SAN MANUEL
9. FORTUNA NACIONAL o BELEM
10. SARLAT
11. EL TRIUNFO
12. GUERRERO

## SISMOLOGIA

13. MACUILTEPEC
14. ENCOMENDERO
15. EL FENIX, TECOMINOACAN
16. EL DORADO CARDENAZ
17. JALUPA
18. SAMARIA
19. LA PALMA
20. PELUZNAL
21. ALEMAN
22. LA ENCRUCIJADA
23. COMALCALCO
24. TUPILCO
25. MECOACAN
26. VERNET
27. JOSE COLOMO
28. GUERRERO
29. LA CONSTANCIA
30. LA VICTORIA
31. JAHUACTE
32. LOS IDOLOS
33. TRES BRAZOS

Estratigrafía. El estado de Tabasco y Occidente del de Campeche, se extienden sobre una amplia llanura aluvial en que las estructuras han sido sepultadas o cubiertas por sedimentos que en su mayoría van del Mioceno al Reciente. En el área de estudio las muestras de playa fueron tomadas de la superficie -- hasta un metro de profundidad siendo éstas del Reciente; lo -- mismo se puede decir de las muestras tomadas en terrenos --- anexos a las áreas de muestreo y las marinas fueron tomadas en la superficie de la plataforma bajo un somero tirante mar adentro frente a la playa muestreada.

No existe un estudio estratigráfico específico para el área de que se trata, por la localización de la misma podría aceptarse el enlace estratigráfico entre la Cuenca Salina del Istmo y la Cuenca Simojovel-Campeche a la que también se le da el nombre de Macuspana-Campeche por ser éste lo más próximo al área de estudio y en tal caso, se presenta la tabla estratigráfica comparativa Istmo y datos de Comalcalco-Macuspana de López -- Ramos (1978), Fig. 15 que ha sido conformada con los análisis de muestras de pozos exploratorios que PEMEX ha perforado.

Las capas rojas son sedimentos inferiores (Triásico-Jurásico) en su mayor parte continentales derivados de las partes altas y relativamente cercanas. A fines del Jurásico y principios -- del Cretácico se inició una transgresión hacia el Sur debiendo -- se extender hasta los bordes de la Cuenca Salina del Istmo de Tehuantepec y algunos de los depósitos sedimentados (Caliza -- Chinameca) indican mares poco profundos.

En el Cretácico Medio se acentuó la profundidad marina y por -- la existencia de áreas con contenidos de brechas conglomeráticas se deduce la presencia de zonas sujeta a emersión lo que -- explica el mayor depósito hacia el sur que en el norte parece no existir. Al finalizar el Cretácico, principiaron los grandes movimientos orogénicos de la Revolución Laramídica, ocasio -- naron el hundimiento de la Cuenca Salina y plegaron los sedi--

FIG. 15. TABLA ESTRATIGRAFICA COMPARATIVA ISIMO Y DATOS COMALCALCO-  
MACUSPANA.

TABLA ESTRATIGRAFICA COMPARATIVA  
ISTMO Y DATOS DE COAMALCALCO-MACUSPANA

				ISTMO	COMALCALCO AREA REFORMA-MACUSPANA
QUAT. QUAT.	SERIE	PISO EUROPA	FORMACION	FORMACION	
TERCIARIO	RECIENTE		Aluvión	Aluvión	
	PLEISTOCENO		GRAVAS Y TIERRA COLORADA	TIERRA COLORADA	
	PLIOCENO		ASTIANO	ABALAPA	Tres Puentes
			PLAIBANCIANO		Belem Sup. e Inf.
	MIOCENO	SUP.	PONTIANO	Cedral	ZARCAZAL
			VINDOBONIANO	Agueguexquita PARAJE SOLO	Encajonado
		MED.	TORTONIANO	Filleola Concepcion Sup.-Inf.	Amate
			HELVETIANO	Encanto	Superior e Inferior
		INF.	BURDIGALIANO AQUITANIANO	Deposito	Calizas y lutitas Macuspans
	OLIGOCENO	SUP.	CHATTIANO		
		MED.	RUPELIANO	Congl. Nanchital La Leja	Lutitas y calizas Misopd
		INF.	LATTORFIANO		
	EOCENO	SUP.	PRIABONIANO	Lutitas Nanchital (Guarumo)	CHINAL
		MED.	LUTECIANO		
		INF.	Y PRESIANO LANDENIANO		
	PALEOCENO		MONTIANO- DANIANO	Congl. Unpecepe	Lutitas Condalaria
	CRETACICO	SUP.	MAESTRICHIANO	MEÑEZ	POZOS TANAS YNTELI OLZA DUMEN
			CAMPANIANO	Anhidritas, calizas y lutitas	San Felipe (?)
			SANTONIANO		
			CONIACIANO		
TURONIANO					
MED.		CENOMANIANO	Sierra Madre	ASUA NUEVA Sierra Madre Calizas y dolomias	
		ALBIANO			
INF.		APTIANO	Chinameca sup.	Chinameca Sup.	
		BARREMIANO			
		MAUTERIVIANO VALANGINIANO BERRIASIANO		Calizas, margas, dolomias y evaporitas	
JURASICO	SUP.	TITONIANO	Mogoné (?)	Pimiento (?)	
		KIMMERIDGIANO	Chinameca Inf.	San Andres (?)	
		OXFORDIANO CALLOVIANO			
	MED.	BATHONIANO BAJOCIANO	P P	Calcarenitas	
		LIASICO			
	TRIASICO			CAPAS ROJAS	CAPAS ROJAS P
PERMIANO					
PRE- PERMIANO			BASAMENTO	BASAMENTO	

NOTA: EL CONTACTO DE LA SAL Y LAS  
FORMACIONES POST-TRIASICAS  
ES POR PENETRACION.

FMS. PRODUCTORAS DE HIDROCARBUROS  
AUSENTE  
NO AFLORA NI APARECE  
EN LA SECCION

mentos del frente de la Sierra Madre de Chiapas produciendo - cambios en el ambiente, suspendiéndose la depositación de sedimentos calcáreos y sobreviniendo la sedimentación de grandes espesores de lutitas y areniscas (Santiago Acevedo, 1962).

Datos Bioestratigráficos. Cretácico Inferior (Neocomiano) con 350 m de espesor en contacto normal con Cretácico Medio, los sedimentos son lutitas color verde claro y gris verdoso, con bentonita, dolomita y los microfósiles (Ramos, L., 1978).

Colomiella recta  
Colomiella mexicana  
Microcalamoides diversus  
Nannoconus katneri  
Nannoconus wasalli

Cretácico Medio (Albiano Cenomaniano). Espesor 250 m con discordancia regional entre Cretácico Superior y Medio. Son rocas compuestas por dolomías color blanco cremoso, gris y café oscuro; su cima se ha fijado con los foraminíferos planctónicos (Ramos, L., 1978)

Rotalipora appenninica  
Rotalipora cushmani  
Planomalina buxtorfi

Cretácico Superior. Esta unidad por sus características se ha diferenciado en 3 formaciones. Agua Nueva (Turoniano) de espesor 140 m, constituida principalmente por lutitas de color blanco cremoso, arcilloso, con nódulos de pedernal de color café claro y negro por impregnaciones de aceite. Su contacto ha sido determinado por las siguientes especies de foraminíferos planctónicos (Ramos, L., 1978).

Marginotruncana concavata  
Marginotruncana hervética  
Marginotruncana renzi

Formación San Felipe (Senoniano). Espesor 150 m, se diferencia de la anterior por estar constituida principalmente por lutitas arcillosas de color gris claro a gris verdoso con intercalaciones de lutitas bentónicas oscuras con fracturas rellenas de caliza blanca y horizontes bentoníticos verdes y gris, al igual que la anterior posee especies de foraminíferos planctónicos diagnósticos (Ramos, L., 1978).

Marginotruncana fornicata  
Marginotruncana sigali  
Marginotruncana hervética

Formación Guayal (Maestrichtiano). Salas G.P. y López R. (1951) identifican dos características para esta formación. En el cerro Paso Mono con 15 m de la base a la cima está formada por bancos de caliza gris masiva, blanca, bien estratificada con lentes de pedernal negro y de brecha conglomerática. En el cerro Guayal con 144 m está constituida por cuerpos de caliza bien estratificada con textura porcelanosa de colores blanco sacaroides, gris y gris oscuro, estratificada con intercalaciones de capas y lentes de pedernal negro y de brecha conglomerática. Contreras V.H. (1958) opina que ninguna de las perforaciones hechas en zonas cercanas al área de estudio ha llegado a la cima del Cretácico.

Cenozoico (Terciario)

Lutita Candelaria (Paleoceno-Eoceno Inferior). Espesor aproximado 1300 m, ocupa una extensión superficial reducida formada por los remanentes de erosión de los anticlinales de la parte sur de Tabasco, consiste en lutitas apizarradas calcáreas de -

color gris obscuro y azules cuando frescas y café obscuro cuando intemperizan, son micáceas y contienen horizontes conglomeráticos y arenas bien estratificadas.

Chinal (Eoceno Medio y Superior). A esta serie pertenecen el Conglomerado Puente de Piedra y las Lutitas y Calizas Chinal (Luteciano-Priaboniano).

El Conglomerado Puente de Piedra de 4 a 8 m de espesor, marca la iniciación del Eoceno Superior que debe incluir la base de la Lutita Chinal. Consiste de material clástico de gravas y cantos rodados angulosos y mal clasificados de calizas del Albano-Cenomaniano, coralíferas, en matriz de areniscas y cementados con carbonato de calcio.

Lutita Chinal, el espesor más aproximado para esta formación es de 1050 m, son lutitas de color gris azul y gris obscuro, micáceas, estratificadas en delgadas capas, con microfauna, cubren a las lutitas de la Formación Cardelaria estando interpuesto el Conglomerado Puente de Piedra.

Caliza Chinal, de éstas calizas se ha dicho que pudieran ser las facies equivalentes a la parte superior de las Lutitas Chinal, su espesor varía de 200 a 250 m. Tiene color gris claro, criptocristalina, sin micro o macrofauna aparente, masiva y en parte de estratificación delgada, descansa concordante sobre las lutitas Chinal y yace bajo las del Oligoceno.

#### Oligoceno

Inferior, Medio y Superior. Lutitas Misopá, Caliza Macuspana y Conglomerado Limón. Las rocas de esta edad han indicado espesores variables que van de 73 a 850 m en las perforaciones hechas en su mayoría por PEMEX. Las Lutitas Misopá subyacen a un conglomerado basal llamado Conglomerado Limón pero que forma parte de la Lutita Misopá. Otra denominación de la Mi-

sopá es de Lutitas Macuspana. Salas y López Ramos (1951) recomiendan que el Oligoceno de la Cuenca de Macuspana sea subdividido en dos zonas, la inferior que subyace a la Caliza Macuspana que deberá denominarse Lutita Misopá y la superior con el nombre de Caliza Macuspana.

Las Lutitas Misopá, se encuentran bien desarrolladas en la parte norte del cerro del mismo nombre, consiste en lutitas calcáreas de color azul y gris oscuro, en partes son someras y micáceas, hacia la base aumenta el contenido arenoso y disminuye en la cima en donde son más calcáreas. Sobre éstas yacen las lutitas y calizas Macuspana.

Caliza Macuspana, Calizas arrecifales de colores crema, gris y blanco, con estratificación por lo común en capas delgadas, su espesor variable alcanza 500 m.

Las rocas del Oligoceno son abundantes en microfauna, su cima ha sido fijada por los foraminíferos planctónicos (Ramos, L., 1978).

Globorotalia opima opima  
Globorotalia ampliapertura  
Globigerina ciperoensis

#### Mioceno

Las rocas del Mioceno en esta área son de gran importancia -- por ser productoras de gas y aceite. El Mioceno se encuentra representado por los grupos: Amate, Encajonado, Zargazal y -- Belem.

Grupo Amate (desde el Mioceno Inferior hasta Superior). Amate Inferior, espesor medio aproximado 900 m. Esta formación está constituida por lutitas color gris azul, bien estratificadas en capas delgadas que alternan con lechos de arenisca fina

color gris crema amarillento, hacia la parte superior de la sección se encuentra una zona de arenisca denominada arenas - Prudencia con espesores hasta de 80 m.

Amate Superior, los espesores que se le han medido en las diferentes perforaciones son muy variables reportándose desde - 300 hasta 2735 m. Amate Superior presenta dos miembros, el primero o sea la base consiste en lutitas grises a gris azulado que hacia abajo disminuye el contenido de arena, bien es tratificadas en la base y van graduando hacia arriba en clásicos más arenosos formando en ocasiones gruesas capas de arenas en la cima, siendo éste grupo el más importante desde el punto de vista petrolero.

Formación Encajonado, espesor variable de 140 a 1,000 m, se encuentra contenido casi totalmente en el Mioceno Medio, es un cuerpo casi continuo de arenas que se ha subdividido en dos (Salas y López R., 1951), el Encajonado Inferior, formado por areniscas de grano fino, mal cementado, arcilloso, de colores azul claro a gris crema y el Encajonado Superior, constituido por lutitas carbonosas y arenas arcillosas de color gris.

Formación Zargazal (Mioceno Superior), espesor máximo 660 m, se le ha identificado en algunas perforaciones en que descansa sobre el Encajonado, consiste de una sucesión de lutitas - color gris azulado con intercalaciones de arena fina a media, a menudo con moluscos, lignita y pequeños cristales de yeso, gradúa hacia arriba con la Formación Belem.

Formación Belem (Mioceno Superior-Plioceno). De ésta formación López Ramos (1979) dice que desde los primeros estudios que se hacen de ella se le reconoció como Belem Inferior y Superior.

Belem Inferior, espesor medio 700 m, constituida por potentes cuerpos de arcilla color verde olivo y café, calcáreos, duros, que alternan con lechos de arcilla arenosa compacta y arenas

de grano fino; en la base, apariciones de *Ostrea gigas*.

Belem Superior, espesor 750 m, constituida por capas de arcilla calcárea de colores gris verdoso, azul y café, poco consolidadas y muy fracturadas, alternando con lechos de arena -- suelta y en parte estratificada.

#### Plioceno-Cuaternario Plioceno

Formación tres Puentes (Plioceno), espesor máximo 430 m, consiste en lutitas gris y verde pálido con manchas amarillas con concreciones calcáreas. Se ha dicho (Benavides, 1956) que el Plioceno, formado por depósitos en deltas y pantanos, cubre gran parte del Estado de Tabasco debiendo acontecer lo mismo en el occidente de Campeche. Consiste en arenas arcillosas -- que alternan con lechos de arcilla gris y púrpura mal estratificadas entre las que ocasionalmente se encuentran algunas arcillas carbonosas y lechos de turba, descansa sobre la Formación Belem Superior y subyace al Cuaternario.

#### Cuaternario

Tierra Colorada y Aluvión son los representantes del Cuaternario. La Formación Tierra Colorada está constituida por bajos arcillo-arenosos que posiblemente se deban a una laterización in situ (Castellanos, L., 1975), en tanto que los de Aluvión pueden deberse a los derrames de los cuerpos hídricos -- (lagunas, ríos, pantanos, deltas) cuyos materiales que transportan proporcionan textura areno-arcillosa y una capa superficial de color oscuro por la gran cantidad de materia orgánica; a estos suelos se les ha clasificado como Fluvisoles -- Gleyicos (Estudio de Gran Visión, 1976).

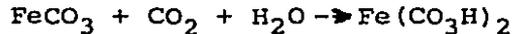
Abundando un poco más, esta clasificación se refiere a suelos hidromorfos, es decir, que los suelos de las llanuras costeras de Tabasco y occidente de Campeche están influenciados por una capa hídrica que los cubre temporal o permanentemente o -- que no los cubre, exponiendo un terreno subaéreo y la capa hídrica estará representada por el nivel freático que puede ser alto o profundo o bajo con respecto a la superficie del suelo. Lo anterior origina procesos que darán por resultado suelos con características edafológicas antagónicas ya que las capas acuosas influyen en el Eh y pH.

Cuando la capa acuosa es temporal, alimentada por lluvias que aportan oxígeno disuelto, tienen un Eh relativamente elevado -- que aunado a la presencia de materia orgánica se producen -- iones complejantes; se reduce el Eh y aumenta la acidez proporcionando el medio en que el fierro es reducido de  $Fe^{+++}$  a  $Fe^{++}$  soluble; aunque el  $Fe^{++}$  se moviliza en los periodos en -- los que existe la cubierta de agua, no permanece en forma ferrrosa volviendo a oxidarse cuando la capa hídrica desaparece, degradándose los complejantes orgánicos y precipitándose óxido férrico insoluble  $Fe^{++} \rightarrow Fe^{+++}$  formando manchas o concreciones de aspecto moteado característico, sin que se observe evolución turbiforme; son suelos de pseudogley (Duchauford, P. 1984).

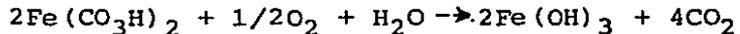
Cuando la cubierta de agua es permanente los complejos de  $Fe^{++}$  no se oxidan ya que el medio es reductor y ácido pudiendo permanecer así en el perfil del suelo o abandonarlo por arrastre de existir alguna corriente; si las condiciones del Eh cambian a oxidante el  $Fe^{++}$  se oxida a  $Fe^{+++}$  insoluble, este fenómeno -- dará lugar a la formación de 2 tipos de suelos antagónicos uno pobre en hierro y arcilla al mismo tiempo y corresponderá a -- aquel en el que el fierro se reduce, solubiliza y emigra en cu y o caso los horizontes minerales se decoloran desde más o menos hasta completamente o bien, la materia orgánica descompues

ta lentamente forma una turba; el otro tipo de suelo corresponderá a aquel en el que el hierro se oxida y deposita formando un horizonte herrumbroso que endurece y forma islotes concrecionales, es decir un estrato duro y sinuoso; se trata de suelos (ferrosol) denominados stagnogley.

En los gleysoles con capa freática alta y por lo tanto ácidos, el ion ferroso migra hacia las partes más altas distancias limitadas y la movilización está ligada a la producción de  $\text{CO}_2$  de la siguiente manera: el complejo de  $\text{Fe}^{++}$  debido a la materia orgánica, se inmoviliza por descomposición y formación de carbontato ferroso poco soluble ( $\text{FeCO}_3$ ) cuando el nivel freático se localiza más abajo; el agua de lluvia que arrastra  $\text{CO}_2$  hasta la base del perfil solubiliza al fierro por formación del bicarbonato, el bicarbonato disuelto, emigra por ascenso capi-



lar hacia la parte superior del suelo oxidándose nuevamente el fierro por el oxígeno de la lluvia e inmovilizándose, resultando un suelo alto en sales de fierro (Ferosol).



Otro resultado es cuando se trata de suelos de gley, estrato bien drenado, sin capa acuosa superficial, nivel frático profundo, cubierto de vegetación en que además actúan las características de clima tropical húmedo, condiciones que inequívocamente darán por resultado un suelo laterítico. Estas son las razones por las que (Castellanos, L., Medina, M. y Aguilera, N., 1975) se ha hecho prospección por arcillas bauxíticas en los estados de Tabasco y occidente de Campeche, debiendo buscarse estos suelos de preferencia en las terrazas fluviales del Pleistoceno y en el sur del llano fluvial del Reciente (Fig. 9).

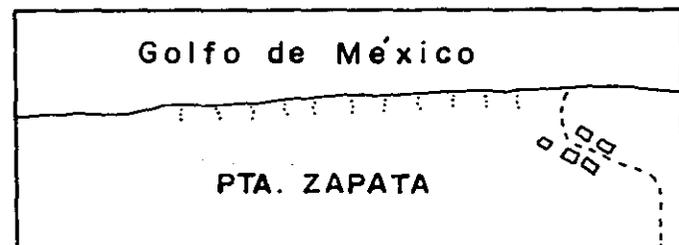
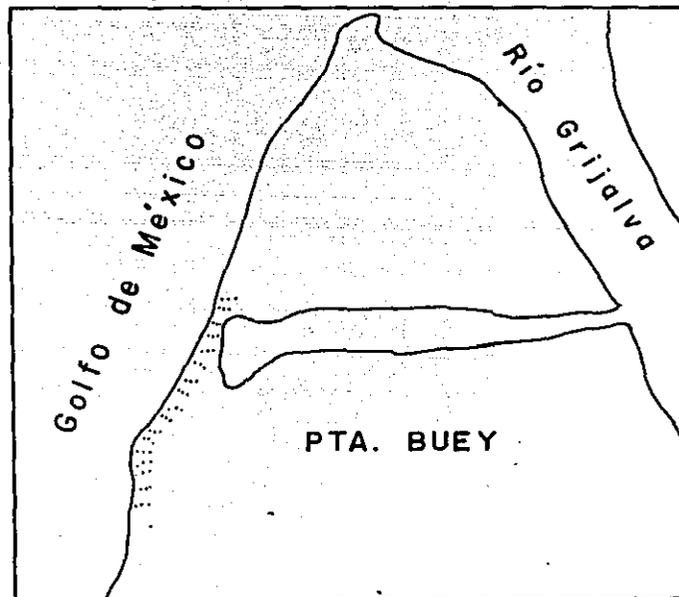
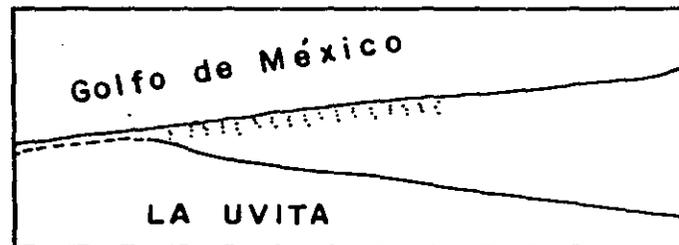
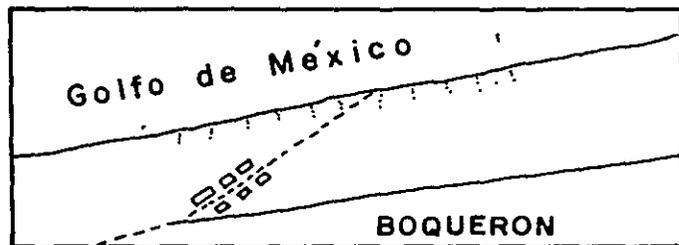
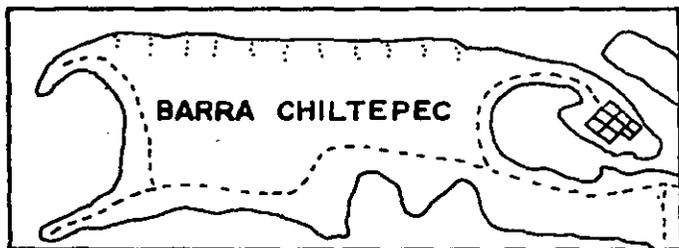
## MATERIALES Y METODOS

Muestreo.- La recolección de muestras se planteó efectuarla mensualmente durante un ciclo anual o de no ser ésto posible por las altas precipitaciones de septiembre y de octubre, -- Fig. 2, visitar cuando menos estacionalmente una vez a cada uno de los cinco lugares electos. Se determinó tomar tres muestras en dirección transversal a la playa, una en la zona de intermareas que limita la alta y baja marea, otra en la duna o berma aproximadamente a 10 m de la primera y la tercera en donde termina la playa y empieza la vegetación comunmente manglar o coccal, procurando que los lugares de toma estuvie-- ran dentro de una línea perpendicular a la orilla del mar en ese punto.

Esta operación se repitió cada 500 m a lo largo de playas con recorridos de 5 km (Chiltepec, Boquerón y Punta Zapata) y cada 250 m en playas en que se recorrieron 4 km (Punta Buey y - La Uvita) Fig. 16. En algunas visitas se tomaron muestras marinas y de lugares adyacentes a las playas, por ello el promedio mensual de muestras resultó ser más de 200. Tendiendo en cuenta la cantidad de trabajo que se generaría como consecuencia de un número tan alto de muestras, se hicieron compósitos juntando por hileras longitudinales a todas aquellas que perteneciendo a un mismo ambiente (misma estación y muestreo) esté no mostrara al tacto ni megascópicamente cambio alguno. Aún así, la cantidad de compósitos fue considerable.

Aunque en el recorrido preliminar y en la primera visita a -- los lugares elegidos se intentaron diferentes formas de muestreo, el uso de tubos de PVC de 4.5 cm de diámetro interno y 5 externo, que se introdujeron 1 m en la arena por golpes dados en el extremo superior interponiendo una tabla, fue sin - duda el método más acertado por su rapidez, obtención de la - columna de arena sin interrupción, menor esfuerzo y mayor economía. Las muestras puestas en bolsas de plástico fueron mar

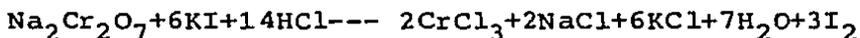
FIG. 16. DETALLE DE LOS LUGARES EN QUE SE TOMARON LAS MUESTRAS,  
LOS PUNTOS MAS CERCANOS AL MAR CORRESPONDEN AL AMBIENTE  
DE INTERMAREAS; LOS INTERMEDIOS A DUNA O BERMA Y LOS  
MAS DISTANTES CORRESPONDEN AL COCAL O MANGLAR.



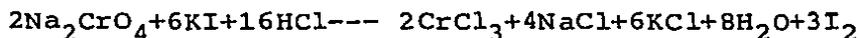
·cadas y transportadas hasta el laboratorio en que se secaron, se pesaron 100 g de cada una y juntando por hileras longitudinales a todas aquellas que perteneciendo a un mismo ambiente - no mostrara al tacto ni megascópicamente cambio alguno, se formaron los diferentes compósitos que se usaron para el análisis químico.

Las determinaciones químicas fueron por cromo Cr, circonio Zr y titanio Ti. Los métodos seguidos para las 2 primeras están indicados en Standard Methods of Chemical Analysis (1962).

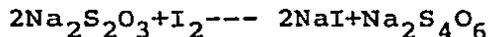
Cromo. EL cromo, presente como cromato en solución ácida, es reducido por la adición de yoduro de potasio y el yodo liberado en cantidad equivalente al cromo reducido es valorado con - solución de tiosulfato de sodio, usando almidón como indicador.



o bien



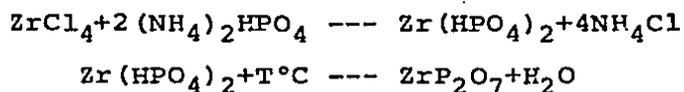
y



Determinación. Pesar 0.5 g de muestra finamente pulverizada - y fundirla en crisol de níquel con 5 g de peróxido de sodio u oxilita; después de la fusión dejar enfriar y pasar crisol y - contenido a vaso de precipitados de 600 ml, añadir 150 ml de - agua destilada y 2 gr más de peróxido, hervir 15 minutos, de--jar asentar el precipitado de hidróxido férrico y filtrar la--vando 8 veces con agua caliente para que el cromo pase a la -- solución. A las aguas de lavado en donde se encuentra el cro--mo, se le añaden 15 a 20 gr de carbonato de amonio y filtrar, - la porción filtrada en que se encuentra el cromo se recibe en matraz Erlenmeyer de un litro, se hierve, enfría y añade cui--dadosamente ácido clorhídrico concentrado hasta neutralizar a

la solución poniendo en exceso 25 ml, se agrega agua destilada hasta 300 ml, un gramo de yoduro de potasio y se titula con solución valorada de tiosulfato de sodio usando almidón como indicador.

Circonio. El circonio se determinó en forma gravimétrica como pirofosfato. El circonio en forma de cloruro en solución, precipita de ésta por la presencia de ion fosfato y se determina como pirofosfato de circonio.



Determinación. Pesar 0.5 gr de mineral y fundir como en el caso anterior para cromo. Dejar enfriar y disolver la masa en vaso de precipitados de 400 ml con 30 ml de ácido clorhídrico y 100 de agua destilada, separar crisol con tapa y llevar la solución del vaso a sequedad.

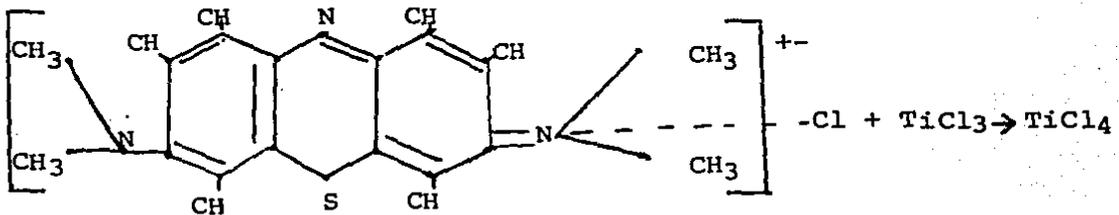
Se recuperan las sales con 30 ml de clorhídrico concentrado y 100 de agua destilada, hervir durante 5 minutos y filtrar para separar sílice. Las aguas filtradas y de lavado se diluyen a 300 ml, se neutraliza la solución con hidróxido de amonio hasta la aparición de un precipitado que se redisuelve añadiendo 35 ml de sulfúrico concentrado, el aluminio y el fierro no se precipitan en solución ácido mineral por el ácido fosfórico y si hubiera titanio, añadir peróxido de hidrógeno que debe estar presente durante la manipulación (Treadwell, 1956).

Se precipita el circonio agregando 50 ml de solución de fosfato de amonio al 10%, se hierve 15 minutos y se deja reposar 12 horas mínimo; se filtra sobre fino, se lava 10 veces con solución sulfúrica de fosfato de amonio (0.1 gr de fosfato y 20 ml de sulfúrico por litro), se calcina en crisol de arcii-

lla a 1000°C, se enfría y pesa como  $ZrP_2O_7$  (Pirofosfato de -- circonio).

Titanio. El titanio se determinó por el método del azul de metileno que Hillebrand (1980) y otros apuntan en Applied Inorganic Analysis. Tiene la ventaja de poder ser aplicado en presencia de Fe, Al, Ca, Mg, Sb, As y P. Cuando una solución de cloruro titánico se reduce a titanoso, es nuevamente oxidado por la adición de cloruro de metiltionina  $C_{16}H_{18}SN_3Cl$  o azul de metileno (Giral, 1953).

Neumann y Murphy (1913), modifican en método al reducir el cloruro titánico a titanoso  $TiCl_4 + Al \rightarrow TiCl_3$  y el cloruro titanoso es oxidado por el azul de metileno que es decolorado al ser reducido. El punto final será cuando una gota de azul de metileno colorea la solución.



Determinación. Pesar 0.5 gr de muestra y fundirla en crisol de fierro con 5 gr de hidróxido de sodio y 2 de peróxido de sodio. Después de fría la pasta, se disuelve en vaso de 400 ml con 200 ml de agua y 30 ml de clorhídrico. Se hierve durante 3 minutos, se filtra recibiendo el filtrado en matraz Erlenmeyer de 500 ml, se agregan 50 ml de ácido clorhídrico, se reduce el titanio con laminilla de aluminio metálico Q.p. en caliente y en atmósfera de anhídrido carbónico ( $CO_2$ ).

En todas las ocasiones, a los compósitos se les determinó la densidad usando el método del picnómetro descrito por Dana y --

Ford (1982). A las muestras procedentes del mes de julio se les estudió por granulometría siguiendo a Inman (1952), Folk y Ward (1957). Para ésto, de cada muestra seca se tomaron 5 g para formar un compósito por cada playa, usándose para la clasificación mallas números 18, 35, 60, 120, 230 y 270 de la U.S.A. Standard Sieve ASTM, E-11 que corresponden (Tabla 3) respectivamente a (0, 1, 2, 3, 4 y 4.25)  $\phi$ .

Barra Chiltepec. Chiltepec fue muestreado a lo largo de 5 km de playa tomándose las muestras de 3 en 3 separadas 10 m una de otra, correspondiendo una muestra para el cocal o manglar, una para la duna o berma y otro para la zona de intermareas, procurando que las tomas estuvieran en línea recta perpendicular a la orilla del mar, esta operación se repitió a cada 500m hasta sumar 5 km. Además se muestreó una área adyacente de 3 km de longitud por 300 m de ancho.

Punta Buey. En la estación Punta Buey se tomaron las muestras transversales a la playa de 3 en 3 a unos 10 m separadas una de otra, tratando de alinearlas como el caso anterior, perpendiculares a la orilla del mar. Cada una de estas 3 muestras fue tomada en ambientes de cocal o manglar, duna o berma y en la zona de intermareas. Esta operación fue repetida cada 250m a lo largo de 4 km. Este método se repitió en todas las visitas, se muestreó además un huerto adyacente de 300 m de ancho por 2 km longitudinales y se tomaron 7 muestras marinas, la más lejana a 3 km de la playa.

Boquerón. La estación Playa Boquerón fue muestreada a través de 5 km longitudinales, tomándose las muestras transversales de 3 en 3 en línea perpendicular a la orilla del mar, repitiéndose ésta operación cada 500 m a través de 5 km. Este patrón se repitió en todas las visitas tomándose además 4 muestras marinas, la más distante a 2 km de la playa.

**TABLA 3. COMPARACION DE LAS ESCALAS DE TAMAÑO  
PARTICULAR Y NUMEROS DE TAMIZ.**

Tamiz U.S. Stora. No.	Hidden (1914)	phi	Min.	Wentworth (1972)	National Research Council	Tamiz Tyler No.
		12	3075		canto rodado	
		11	2048	C A N T O	muy gruesa	
		10	1024	R O D A D O	canto rodado	
		9	512		grande	
		8	255		canto rodado	
		7	123	G U I J A	mediana	
		6	64		canto rodado	
		5	32		pequeña	
		4	15	G U I J A R R O S	Guijarros	
5/16	Guijarro muy gruesa	3	8		Guijarros gruesos	
5	Guijarro gruesa	2	4		Guijarros medianos	2 1/2
10	Guijarro media	1	2	Gránulos	Guijarro muy fino	5
18	Guijarro fina	0	1	Arena muy gruesa	Arena muy gruesa	9
35	Arena gruesa	1	1/2	Arena gruesa	Arena gruesa	16
60	Arena media	2	1/2	Arena media	Arena media	32
120	Arena fina	3	1/8	Arena fina	Arena fina	60
230	Arena muy fina	4	1/16	Arena muy fina	Arena muy fina	115
270	limo grueso	4.25			limo grueso	250
	limo medio	5	1/32		limo	
	limo fino	6	1/64	L I M O	limo mediano	
	limo muy fino	7	1/128		limo fino	
	Arcilla gruesa	8	1/250		limo muy fino	
	Arcilla media	9	1/512		Arcillo gruesa	
	Arcilla fina	10	1/1024	A R C I L L A	Arcillo mediana	
		11	1/2048		Arcillo fina	
		12	1/4096		Arcillo muy fina	

Uvita. En la Uvita, la longitud de playa muestreada fue de 4 km y como en las playas anteriores, las muestras fueron tomadas de 3 en 3, repitiéndose esta operación a cada 250 m a través de 4 km. Se muestreó además un lote adyacente de 300m de ancho por 3 km de longitud y 2 muestras marinas, la más distante a 2 km de la playa.

Punta Emiliano Zapata. La estación Emiliano Zapata, tuvo su primer muestreo en diciembre de 1980 debido a que las inundaciones no permitieron llegar a ella en el mes anterior. Se muestreó la playa en 5 km longitudinales, tomando las muestras como en las estaciones anteriores de 3 en 3, una por ambiente y repitiendo la operación a cada 500 m, además se tomaron 5 muestras marinas, la más distante a 2 km de la playa.

Visitas. La colecta de muestras se practicó mensualmente durante un ciclo anual excluyéndose los meses de septiembre y octubre en que es recomendable no visitar la zona por las altas precipitaciones y mareas que se presentan.

La primera visita fue en noviembre de 1980, la planicie costera en la zona de muestreo había sido invadida por copiosa lluvia, ésta y el paso final de un ciclón, hicieron que se declarara aquel lugar zona de desastre presentándose dificultades en la operación muestreo cumpliéndose éste en 4 de las estaciones ya que a punta Emiliano Zapata no fue posible llegar. La segunda visita se hizo en diciembre de 1980, llegándose a las 5 estaciones de muestreo. La tercera visita en enero de 1981, la ausencia de arenas en algunas playas era notoria, -- llegándose a las 5 estaciones. En la cuarta visita en febrero de 1981, se llegó a las 5 estaciones. En marzo de 1981, se efectuó la quinta visita siendo ésta la menos muestreada por dificultades de transporte que impidió llegar a las estaciones de Punta Buey y Chiltepec. En abril de 1981 tuvo lu--

gar el sexto muestreo a las 5 estaciones. El séptimo muestreo en mayo de 1981, se visitaron las 5 estaciones, notándose las aguas marinas más azules, con respecto a las visitas anteriores. La octava visita en junio de 1981, se muestrearon las 5 estaciones, el mar continuaba azul, en las playas se notaba incremento de arenas negras. La novena visita en julio de 1981, las lluvias cada vez más frecuentes acumulaban sus aguas en las partes bajas de los caminos obstaculizando el paso a los lugares de muestreo, pudiéndose llegar a las 5 estaciones. El mar presentaba un color más oscuro debido a los sedimentos aportados por los ríos. En la décima visita en agosto de 1981, fue más difícil llegar a las zonas de muestreo por lo inundado y enlodado de las hondonadas del camino, no obstante fue posible arribar a las 5 estaciones; las aguas marinas continuaban oscuras.

En todos los casos los muestreos fueron hechos en los primeros 15 días de los meses correspondientes.

## RESULTADOS

Los resultados de los análisis químicos se anotan en el apéndice anexo. Con los resultados químicos de dichos análisis interpretados como cromita, circón e ilmenita se estimaron las toneladas correspondientes a cada uno de ellos en las diferentes estaciones y visitas, de la forma siguiente:

Los resultados analíticos de los diferentes compósitos pertenecientes a la misma especie, estación y muestreo, se sumaron y dividieron entre el número de compósitos, obteniendo así la media por especie, estación y muestreo. Estas medias aritméticas fueron los factores por las que se multiplicó el tonelaje total muestreado que se estimó multiplicando lo ancho de 30 m de playa por la longitud de 4 km para Punta Buey y La Uvi

ta y 5 km para Chiltepec, Boquerón y Zapata, por 1 m de profundidad y por el promedio de la densidad del material muestreado, diferente ésta para cada estación y fecha de muestreo. Los resultados de lo anterior fueron las toneladas existentes para cada especie analizada, cada estación y fecha de muestreo (ver anexo).

Las cantidades por cromita ( $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ ), circón ( $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ ) e ilmenita ( $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ ) por km lineal de 30 m de ancho y 1 m de profundidad de playa correspondiente a las estaciones en cada uno de los muestreos, pueden estimarse dividiendo las toneladas reportadas en los resultados mensuales entre la longitud muestreada en cada playa, es decir, entre: 5 para B. Chiltepec, 4 para Punta Buey, 5 en Boquerón, 4 La Uvita y entre 5 para Punta Emiliano Zapata; obteniéndose principalmente los promedios mensuales por Km lineal y 1 m de profundidad que sumados y divididos entre el número de muestreos proporciona la media de los 10 meses. Tomando en cuenta que en septiembre y octubre aquellos litorales son azotados por vientos ciclónicos y lluvias e inundados por mareas que impiden el muestreo, la media deca mensual, puede considerarse promedio anual X km lineal, considerando lo ancho de la playa en 30 m y 1 m de profundidad.

Los datos así obtenidos son los de la tabla 4, éstas y las gráficas de las figuras 17, 18 y 19 muestran las variaciones mensuales en el ciclo de muestreo.

Como anteriormente se dijo que el objetivo del presente trabajo fue tratar de encontrar el sitio en que por procesos naturales las anomalías por cromo de la sierra norte del Estado de Chiapas se estuvieran acumulando, motivó que los demás componentes de las arenas del área de estudio no tuvieran la misma atención; sin embargo, por una sola vez, se determinó fierro en los compósitos formados con muestras de febrero de 1981, colectadas en las estaciones: Punta Buey, Boquerón y La Uvita; por presentarse este elemento en gran parte en forma magnéti-

TABLA 4. TONELADAS POR KILOMETRO LINEAL DE PLAYA  
A 1 M DE PROFUNDIDAD y 30 M DE ANCHO EN  
LAS DIFERENTES ESTACIONES Y MUESTREOS Y  
LOS PROMEDIOS DECA MENSUALES DE CROMITA  
 $\text{FeOCr}_2\text{O}_3$ , CIRCON  $\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$  E ILMENITA  
 $\text{FeOTiO}_2$ .

TONELADAS POR KILOMETRO LINEAL

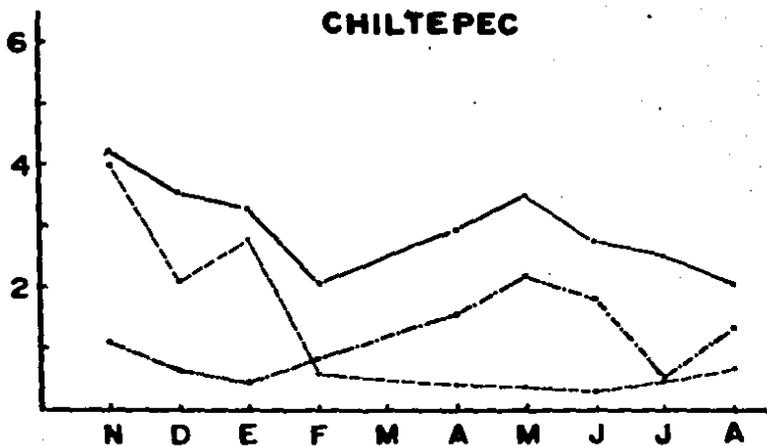
Fecha	B. CHILITEPEC			PUNTA BUEY			BOQUERON			LA UVITA			PUNTA E. ZAPATA		
	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	FeOTiO <sub>2</sub>	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	FeOTiO <sub>2</sub>	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	FeOTiO <sub>2</sub>	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	FeOTiO <sub>2</sub>	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	FeOTiO <sub>2</sub>
XI/80	1,117.80	4,024.08	4,272.48	1,138.47	5,617.56	5,310.09	4,300.32	3,147.21	8,886.75	4,204.80	727.08	8,269.44			
XII/80	671.58	2,118.06	3,581.76	1,187.79	1,994.10	2,635.68	3,897.00	1,863.00	1,179.00	2,210.40	5,581.26	10,867.80	2,514.24	4,181.67	5,311.79
I/81	458.60	2,776.41	3,316.95	2,080.80	1,574.88	3,190.56	7,691.28	3,942.00	7,340.88	3,559.95	5,379.48	7,260.54	1,530.45	2,556.45	5,685.75
II/81	850.68	575.46	2,068.32	1,254.81	2,750.61	3,589.92	3,144.39	2,857.77	8,615.46	2,465.19	909.09	6,723.99	1,596.00	1,159.20	6,081.60
III/81							2,034.90	4,215.15	7,763.40	1,222.02	2,678.40	3,967.38	529.92	629.28	3,576.96
IV/81	1,598.94	406.08	2,994.84	930.60	126.90	3,274.02	2,769.48	2,390.22	4,268.88	2,640.39	687.69	3,353.55	1,601.46	1,722.00	5,122.99
V/81	2,201.76	383.64	3,519.48	1,492.95	274.38	2,703.45	3,372.00	1,129.62	7,890.48	2,111.40	803.16	5,075.64	2,341.92	644.64	4,781.70
VI/81	1,854.60	295.05	2,765.04	1,671.60	344.40	3,326.40	2,293.20	747.60	1,923.60	2,975.40	607.05	2,847.15	1,646.40	814.80	3,368.40
VII/81	566.82	473.76	2,529.54	1,301.04	909.06	3,361.02	3,466.26	1,834.56	6,685.56	2,199.24	822.48	5,721.60	1,498.68	736.92	3,469.32
VIII/81	1,359.42	683.88	2,059.98	1,391.04	505.08	3,444.48	3,329.28	667.59	6,528.51	3,307.86	1,082.88	5,304.42	2,650.50	1,308.15	4,693.95
Promedio de ca mensual	1,186.68	1,304.04	3,012.04	1,383.23	1,566.05	3,426.18	3,629.81	2,279.47	6,108.52	2,689.66	1,927.85	5,939.15	1,767.73	1,528.12	4,788.00

FIG. 17. REPRESENTACION GRAFICA DE LAS VARIACIONES MENSUALES POR KM LINEAL DE PLAYA A 1 M DE PROFUNDIDAD Y 30 M DE ANCHO DE CROMITA, CIRCON E ILMENITA DURANTE EL CICLO DE MUESTREO EN LAS ESTACIONES DE CHILTEPEC Y PUNTA BUEY EN EL ESTADO DE TABASCO.

(LAS ORDENADAS X  $10^3$  REPRESENTAN TONELADAS Y LAS ABSISAS EL TIEMPO EN MESES).

X 10<sup>3</sup> tons.

### CHILTEPEC



— ilmenita  
- - - cromita  
- · - · circon

### PTA. BUEY

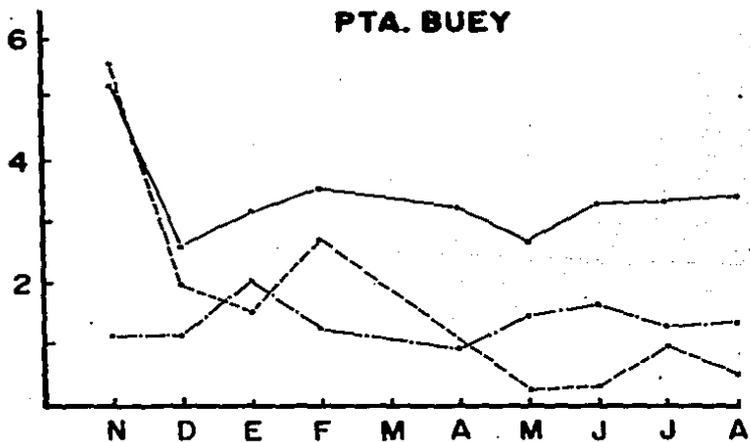


FIG. 18. REPRESENTACION GRAFICA DE LAS VARIACIONES MENSUALES POR KM LINEAL DE PLAYA A 1 M DE PROFUNDIDAD Y 30 M DE ANCHO DE CROMITA, CIRCON E ILMENITA DURANTE EL CICLO DE MUESTREO EN LAS ESTACIONES DE BOQUERON EN EL ESTADO DE TABASCO Y DE LA UVITA EN CAMPECHE.

(LAS ORDENADAS X  $10^3$  REPRESENTAN TONELADAS Y LAS ABSCISAS EL TIEMPO EN MESES).

X 10<sup>3</sup> tons.

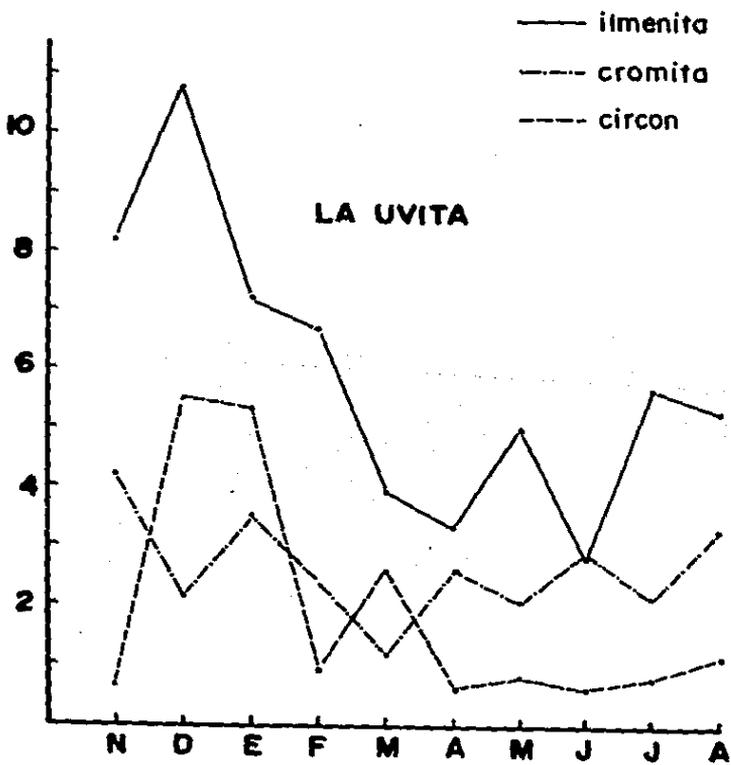
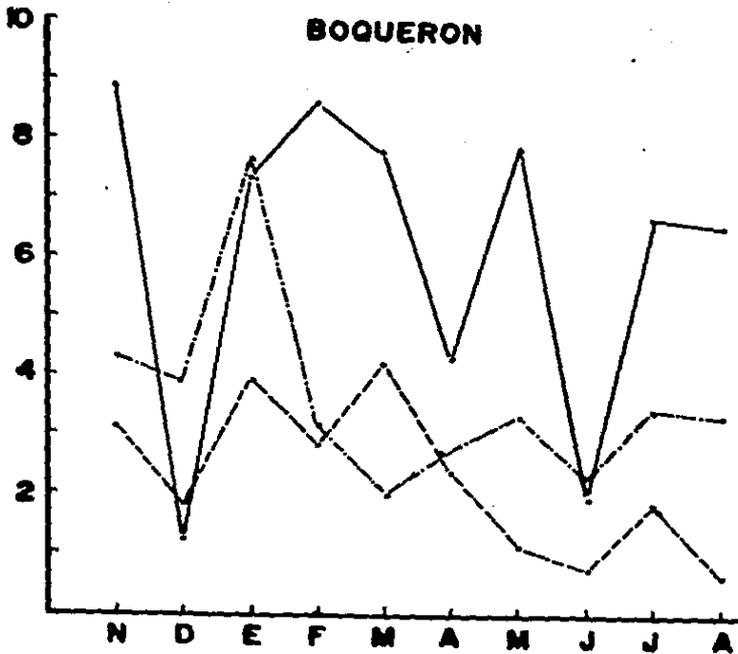


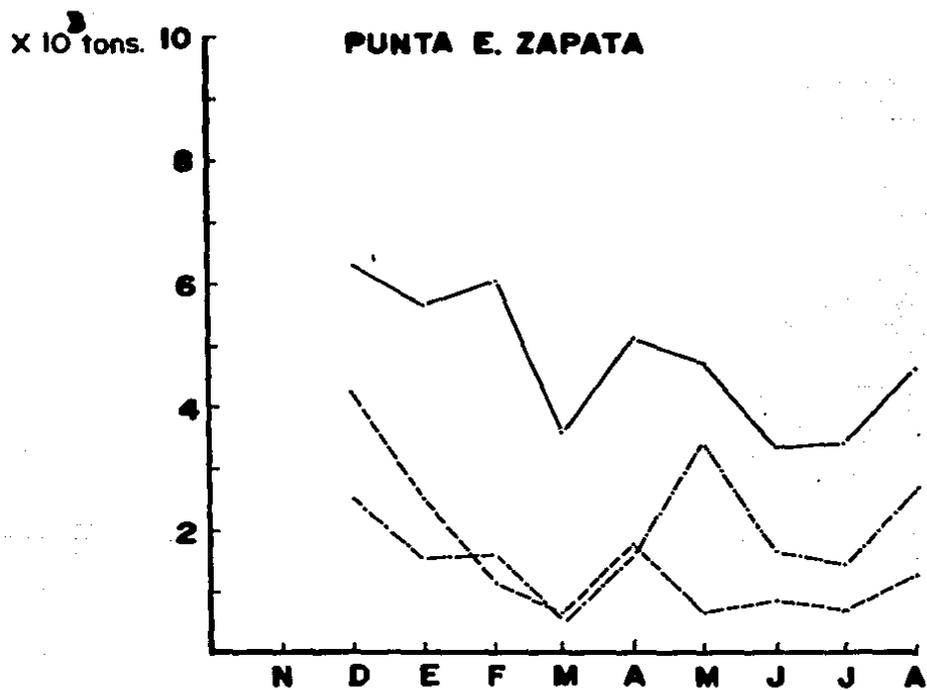
FIG. 19. REPRESENTACION GRAFICA DE LAS VARIACIONES MENSUALES POR KM LINEAL DE PLAYA A 1 M DE PROFUNDIDAD Y 30 M DE ANCHO DE CROMITA, CIRCON E ILMENITA, DURANTE EL CICLO DE MUESTREO EN LA ESTACION PUNTA E. ZAPATA EN EL ESTADO DE CAMPECHE.

(LAS ORDENADAS  $\times 10^3$  REPRESENTAN TONELADAS Y LAS ABSISAS EL TIEMPO EN MESES).

— ilmenita

- - - cromita

- · - · - circon



ca, los contenidos son reportados como  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y variaron de 7 - a 33%, el resto del material lo constituyen considerables porcentajes de arena sílica.

Tanto el cromo como el titanio, por razones de costumbre se reportan como cromita e ilmenita, no así el circón que puede ser detectado por el color amarillo oro que imparte a la luz ultra violeta. Si se desea obtener a tales elementos como óxidos recuérdese que los componentes porcentuales son:

Mineral	Fórmula	Porcentajes			
Cromita	$\text{FeOCr}_2\text{O}_3$	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	68.0;	FeO	32.0
Circón	$\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$	$\text{ZrO}_2$	67.2;	$\text{SiO}_2$	32.8
Ilmenita	$\text{FeOTiO}_2$	$\text{TiO}_2$	52.7;	FeO	47.3

Y por lo tanto habrá que multiplicar los tonelajes por estos factores y dividir entre cien.

Granulometría. El método más común y ampliamente aceptado para separar en clases los materiales arenosos, es el uso de mallas de alambre. Aunque podría pensarse que el procedimiento es relativamente simple, las apreciaciones teóricas pueden tener mayores consideraciones. El análisis granulométrico fue hecho con muestras tomadas de las diferentes playas durante la visita correspondiente a junio y de ello se derivan los datos de la tabla 5. Los porcentos de arena y limo de la tala 5 se obtuvieron del nomograma adaptado de Shepard (1963) para la conversión de phi-milímetros a la clase (Fig. 20).

Con los valores de la tabla 5, se obtuvieron los histogramas, curvas de porcentos acumulativos y distribución normal de las figuras 21 y 22 correspondientes a cada lugar de muestreos.

TABLA 5. CANTIDAD DE MUESTRA EMPLEADA, PORCIENTOS Y PORCIENTOS ACUMULTAVOS DE LOS GRAMOS DE MUESTRA RETENIDOS EN LOS TAMICES (1,2,3,4 y 5)  $\phi$ , CORRESPONDIENTES A LAS ARENAS DE LAS DIFERENTES ESTACIONES DEL AREA DE ESTUDIO EN EL MES DE JUNIO.

origen de muestra	gramos de muestra seca	Gramos de muestra retenidas en las mallas:							Porciento	
		1ø	2ø	3ø	4ø	5ø	Suma	Faltante	Arena	Limo
Barra Chiltepec	36.21	0.62	7.89	26.66	0.90	0.04	36.11	0.10	99.62	0.11
	porciento	1.71	21.79	73.63	2.49	0.11		0.28		
	porciento acumulativo	1.71	23.50	97.13	99.62	99.73	99.73	0.28		
Punta Buey	42.38	0.05	0.53	33.59	7.67	0.30	42.14	0.24	98.72	0.70
	porciento	0.12	1.25	79.26	18.10	0.71		0.57		
	porciento acumulativo	0.12	1.37	80.63	98.73	99.44	99.44	0.57		
Boquerón	36.65	0.14	2.49	30.43	3.39	0.15	36.60	0.05	99.45	0.41
	porciento	0.38	6.79	83.03	9.25	0.41		0.14		
	porciento acumulativo	0.38	7.17	90.20	99.45	99.86	99.86	0.14		
La Uvita	73.76	0.22	0.44	54.10	18.26	0.35	73.37	0.39	98.99	0.47
	porciento	0.30	0.60	73.35	24.76	0.47		0.53		
	porciento acumulativo	0.30	0.90	74.25	99.01	99.48	99.48	0.53		
Punta E. Zapata	64.46	0.06	0.34	46.68	17.04	0.34	64.46	0.00	99.47	0.53
	porciento	0.09	0.53	72.42	26.43	0.53		0.00		
	porciento acumulativo	0.09	0.62	73.04	99.47	100.00	100.00	0.00		

FIG. 20. NOMOGRAMA ADAPTADO DE SHEPARD PARA LA CONVERSION DE  
phi-MILIMETROS A LA CLASE (1963).

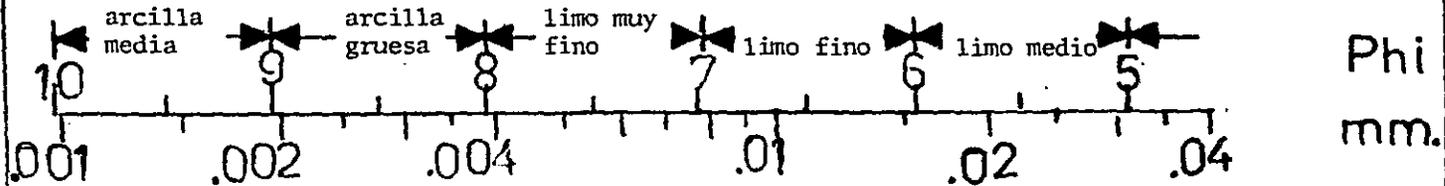
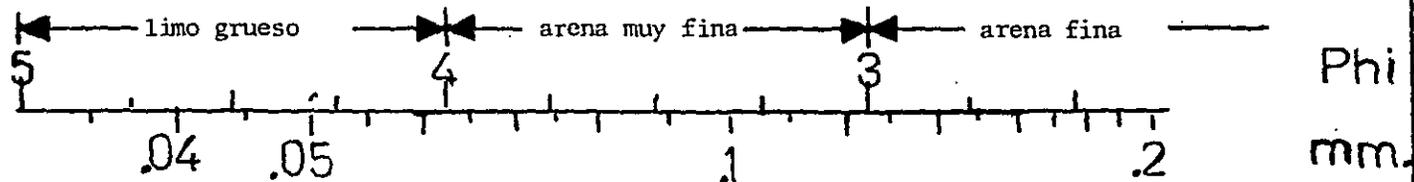
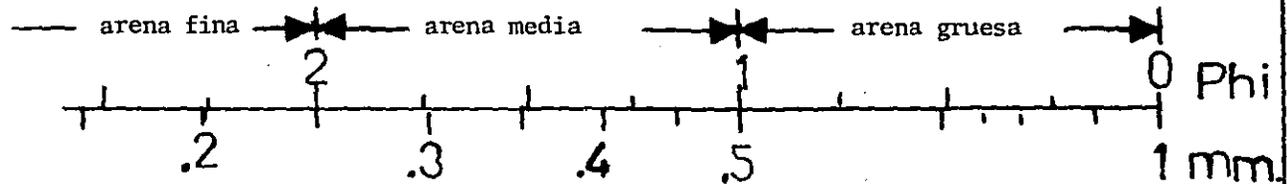
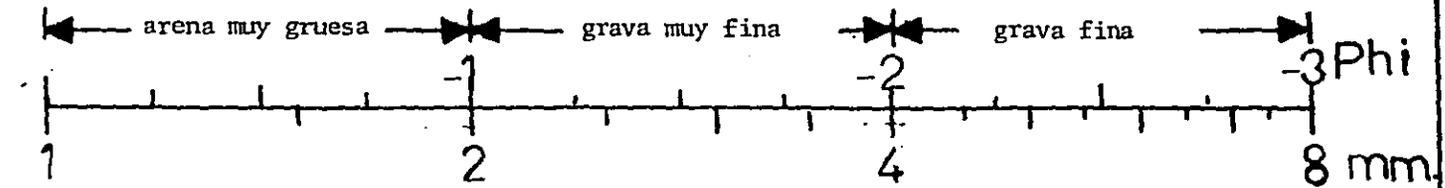


FIG. 21. HISTOGRAMA, CURVAS DE PORCIENTOS ACUMULATIVO Y DE DISTRIBUCION NORMAL, EN LAS ESTACIONES DE CHILTEPEC, PUNTA BUEY Y BOQUERON EN EL ESTADO DE TABASCO. LAS ORDENADAS REPRESENTAN PORCIENTOS DE MUESTRA Y LAS ABCISAS TAMAÑOS DE PARTICULAS EN phi ( $\phi$ ).

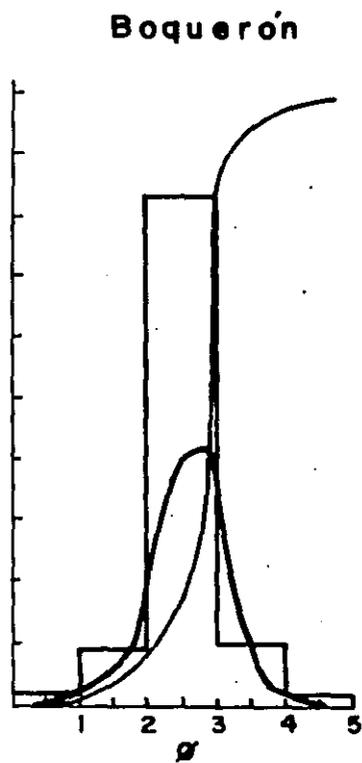
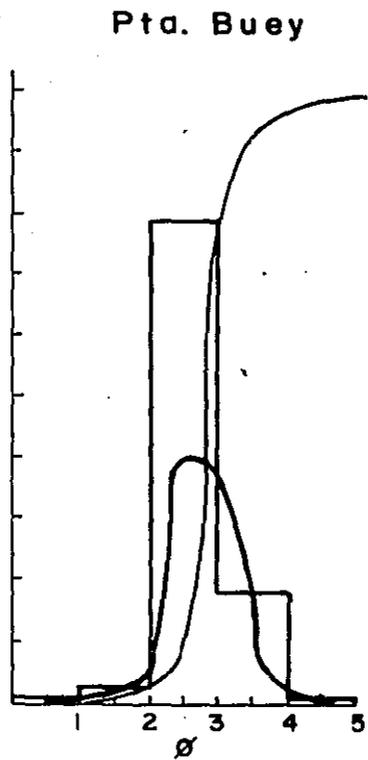
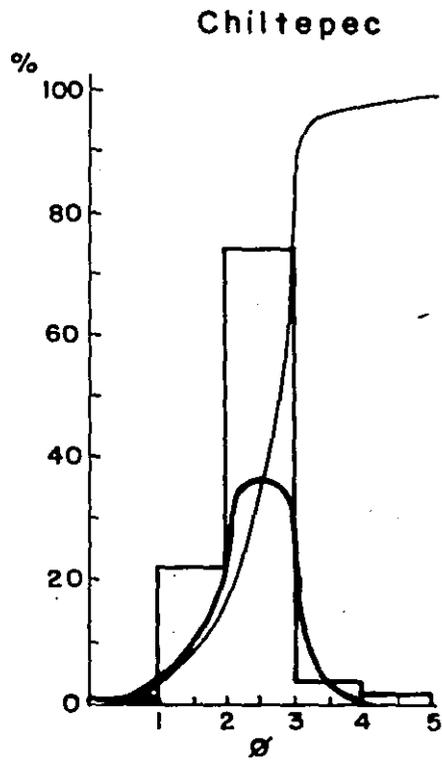
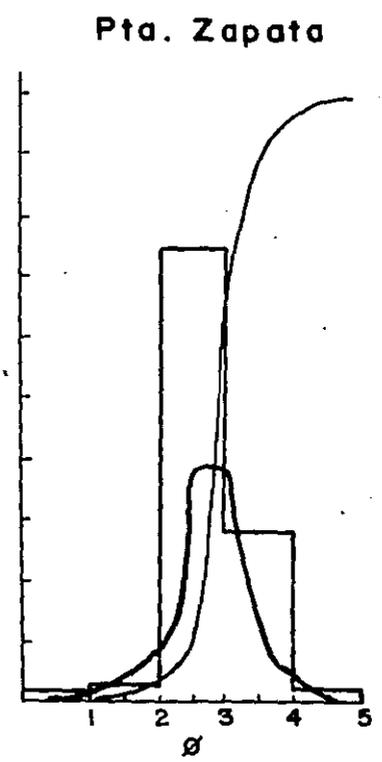
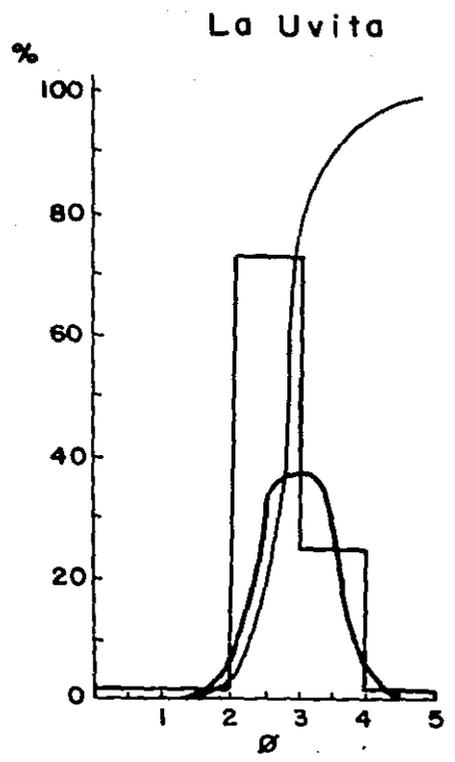


FIG. 22. HISTOGRAMAS, CURVAS DE PORCIENTOS ACUMULATIVOS Y DE DISTRIBUCION NORMAL, EN LAS ESTACIONES DE LA UVITA Y PUNTA E. ZAPATA EN EL ESTADO DE CAMPECHE. LAS ORDENADAS REPRESENTAN PORCIENTOS DE MUESTRA Y LAS ABSCISAS TAMAÑOS DE PARTICULA EN  $\phi = (\emptyset)$ .



Aunque anteriormente se ha anotado que para la clasificación granulométrica se usaron mallas números 18, 35, 60, 120, 230 y 270 que corresponden a (0, 1, 2, 3, 4 y 4.5)  $\phi$  Tabla 3, aparece en la Tabla 5 y en las abscisas de las figuras 21 y 22 la marca de  $\phi 5$  con el objeto de mantener el gradiente (0, 1, 2, 3, 4 y 5)  $\phi$  toda vez que de haberse usado el número de malla correspondiente a  $\phi 5$ , hubiera retenido el material retenido en  $\phi 4.25$  y posiblemente algo del reportado como faltante en la Tabla 5. En ambos casos, los valores de la Tabla 5, los histogramas, curvas de porcentos acumulativos y distribución normal de las figuras 21 y 22, no se hubieran modificado, dado que se trata de un material prácticamente de 100% arena (Tabla 5) y por lo tanto los valores  $\phi$  de la Tabla 6 que se derivan de los porcentiles 5, 16, 25, 50, 75, 84 y 95 de las figuras 21 y 22 como se verá adelante, por el tamaño de grano están comprendidos en la clase de arenas (Fig. 20).

Los tamaños de las partículas sedimentadas varían desde menos de una micra a mayores de 1 metro de diámetro, la diversidad -- que puede haber entre tales extremos hace prohibitivo el uso -- de una escala lineal para separar los sedimentos en clases. Se han propuesto varias escalas de clasificación desde las geométricas en que los límites de clases aumentan por un factor de 2 a partir de 1 mm (1, 2, 4, 8, mm etc.), o disminuyen por un factor de  $\frac{1}{2}$  ( $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}$  mm etc.). Otras escalas están basadas en la nomenclatura de sistemas de mallas. Esto es, el número de aberturas por unidad lineal por superficie de tamiz, se usa para designar la fracción de tamaño particular retenida en esa malla. Los tamices (Folk, 1969) de la U.S. Standard aprobados por la American Society For Testing Materials son los de uso más general para estudios geológicos. La precisión de -- los tamices en sí puede considerarse variable por que son hechos por varios manufactureros y construidos con alambre de -- diámetros diferentes, por ejemplos el tamiz número diez de la

TABLA 6. DIFERENTES VALORES DE PHI ( $\phi$ ) EN LOS PORCENTILES 5, 16, 25, 50, 75, 84 y 95 DE LAS CURVAS ACUMULATIVAS DE LAS FIGURAS 20 Y 21 EN LA DIFERENTES ESTACIONES DE MUESTREO.

	5	16	25	50	75	84	95
Barra Chiltepec	1.3	1.8	2.1	2.7	2.8	2.9	3.0
Punta Buey	2.4	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.5
Playa Boquerón	1.7	2.4	2.6	2.8	2.85	2.90	3.5
Playa La Uvita	2.2	2.5	2.7	2.8	2.9	3.2	3.7
Punta E. Zapata	2.2	2.6	2.8	2.9	3.2	3.4	3.8

Tyler Standard tiene un tamaño de apertura de 1.65 mm, mientras que en el de la U.S. Standard del mismo número es de 1.68 mm. Por el conocimiento únicamente del número de malla el tamaño puede considerarse dudoso.

Alentado por los trabajos de Wentworth que propuso una escala que se puede expresar como la función: Diámetro de partícula en milímetros igual al  $2^{\pm \Phi}$  en donde  $\Phi$  es un número entero,  $\text{mm} = 2^{\pm \Phi} \text{Ø}$ ; Krumbein (1934) propuso una notación  $\Phi$  la cual está basada en el logaritmo base 2 del diámetro de la partícula con la forma  $\Phi = -\log_2 D(\text{mm})$  en que las partículas menores a 1 mm (cero  $\Phi$ ), arena muy gruesa, tienen logaritmos negativos y  $\Phi$  ( $\text{Ø}$ ) positivas. Así, las clases más finas que arena gruesa tienen valores  $\Phi$  positivos y las clases más gruesas que arena muy gruesa tienen valores negativos. Esta notación fue posteriormente redefinida por McManus (1963), con la forma  $\Phi = -\log_2 \frac{\text{diam mm}}{1 \text{ mm}}$  la cual ha sido ampliamente aceptada por los sedimentólogos en años recientes.

Con las curvas acumulativas se estimaron los valores del  $\Phi$  ( $\text{Ø}$ ) en los porcentiles 5, 16, 25, 50, 75, 84, 95, de la Tabla 6. Con estos valores se obtuvieron la mediana, la media, la desviación o grado de clasificación, la moda, la asimetría o tendencia del material hacia gruesos, medios o finos y la curtosis o relación existente entre la población intermedia y las colas.

**MEDIANA.** La mediana ( $M_d$ ) es un parámetro que corresponde al diámetro de las partículas en la ordenada 50% en la curva acumulativa y puede ser expresada en  $\text{Ø}$  o en mm; tiene la ventaja de ser una medida fácilmente determinable y por ello comúnmente usada, sus desventajas son que no refleja los tamaños de los sedimentos en los extremos de la curva y cuando éstas son bimodales no es recomendable su empleo (Folk, 1969). Las medianas correspondientes a cada estación son los valores  $\text{Ø}$  en

los percentiles 50 (Tabla 6) usando las curvas acumulativas de las Figs. 21 y 22.

MEDIA. LA media (Mz) es un parámetro que se expresa como el promedio de los tamaños Phi comprendidos entre los percentiles 16 y 84 de las curvas acumulativas (Figs. 21 y 22). Es el promedio del tamaño de las partículas en el 68% central de la distribución. Los valores de las medias de la Tabla 7 se obtuvieron de la fórmula (Inman, 1952).

$$Mz = \frac{(84+16)}{2} \phi$$

La media de Folk y Ward (1957) se define como el promedio de los valores Phi en 3 puntos de la curva acumulativa referentes a los porcentajes 16, 50 y 84. De acuerdo a esto los valores de la Tabla 7 se obtuvieron de la fórmula:

$$Mz = \frac{(16+50+84)}{3} \phi$$

DESVIACION ESTANDARD. Inman (1952) aproxima la desviación estándar ( $\sqrt{G}$ ) como la mitad de la diferencia de los valores Phi en los porcentajes 84 y 16 de las curvas acumulativas y significa que las 2/3 partes de los granos (68% de sedimento) tienen como diámetro la media  $\pm \sqrt{G}$ . La medida de la desviación Phi se expresa  $\sqrt{G} = \frac{(84-16)}{2} \phi$  e incluye a dos desviaciones estándar.

Propuesta por Folk y Ward (1957) y basada en los porcentajes 5 y 95 la denominada "Desviación Estándar Gráfica Inclusiva" ( $\sqrt{I}$ ) que abarca una porción mayor de la curva y hace una estimación de las desviaciones extremas a partir de la media, combina el promedio de los intervalos de Inman que incluyen dos desviaciones estándar con 3.3 desviaciones estándar que cubren el tramo entre (5 y 95)  $\phi$ , de la siguiente manera:

$$\sqrt{I} = \frac{1}{2} \left( \frac{(84-16)}{2} + \frac{(95-5)}{3.3} \right) \phi = \frac{(84-16)}{4} + \frac{(95-5)}{6.6} \phi.$$

Con las fórmulas respectivas se obtuvieron los valores de  $\sqrt{G}$  y de  $\sqrt{I}$  (Tabla 7).

ASIMETRIA. La asimetría se puede expresar como el distanciamiento Phi que existe entre la mediana y el diámetro medio (media) en una distribución y no es indiferente de la desviación  $\sqrt{G}$  o  $\sqrt{I}$  de la curva permitiéndose así una comparación al dividir la diferencia de la media (Mz) con la mediana (Md) entre la des---viación estándar ( $\sqrt{G}$  o  $\sqrt{I}$ ).

Esta expresión para Inman (1952) se indica como  $\alpha\phi = \frac{Mz - Md}{\sqrt{G}}$ .

Para una distribución simétrica este valor es cero; positivo si los sedimentos finos son los que predominan (desplazamiento hacia la derecha) y negativa si predominan los gruesos (desplazamiento a la izquierda).

pero  $\alpha\phi = \frac{Mz - Md}{\sqrt{G}}$

$$Mz = \frac{(84+16)}{2} \phi$$

$$Md = \phi 50$$

$$\sqrt{G} = \frac{(84-16)}{2} \phi$$

sustituyendo  $\alpha\phi = \frac{\frac{1}{2}(84+16) \phi - \phi 50}{\frac{1}{2}(84-16) \phi} = \frac{(84+16) \phi - 2\phi 50}{(84-16) \phi}$

Inman (1952) derivó una segunda medida de asimetría  $\alpha_2 \phi$  basada en los porcentajes 5 y 95 que la hacen abarcar las colas de la distribución. Haciendo lo mismo para  $\alpha_2 \phi$  se obtiene la expresión:

$$\alpha_2 \phi = \frac{(95+5) \phi - 2 \phi 50}{(95-5) \phi}$$

Folk y Ward (1957) derivaron una expresión de asimetría ( $SK_I$ ) al promediar las dos medidas asimétricas de Inman  $\alpha_1 \phi + \alpha_2 \phi$ .

$$\begin{aligned} SK_I &= \frac{1}{2} \left( \frac{(84+16) \phi - 2 \phi 50}{(84-16) \phi} + \frac{(95+5) \phi - 2 \phi 50}{(95-5) \phi} \right) \\ &= \frac{(84+16) \phi - 2 \phi 50}{2(84-16) \phi} + \frac{(95+5) \phi - 2 \phi 50}{2(95-5) \phi} \end{aligned}$$

En cuanto  $SK_I$  se aleja de cero, mayor es el grado de asimetría los límites en la ecuación son de +1.00 a - 1.00 pero pocos sedimentos tienen valores de asimetría mayores de +0.60 y menores de -0.80. Curvas simétricas tendrán  $SK_I$  iguales o cercanas a 0.00; valores positivos indican asimetría hacia finos y negativos hacia gruesos. Con las fórmulas respectivas se obtuvieron los valores  $SK_I$  de la Tabla 7.

MODA. No existe una fórmula matemática para determinar la moda ( $Mo$ ) región de mayor frecuencia  $\Phi$ , Folk y Ward (1957), recomendaron un método experimental que recurre a intervalos de 0.5 en 0.5 unidades  $\Phi$  leídas directamente en la curva acumulativa. Folk (1969) define a la moda como el diámetro de partícula que presenta la mayor frecuencia; corresponde al punto de máxima pendiente de la curva acumulativa cuando la escala de ésta es aritmética y al punto más alto en la curva de frecuencias de la distribución normal. El término concentración modal ha sido aplicado como la mitad del intervalo de unidades  $\Phi$  que contiene el máximo porcentaje en peso sin precisar el intervalo.

En el presente trabajo las curvas de distribución normal se graficaron por la unión de puntos que se situaron de la sigui-

te manera (Folk, 1969):

Primeramente se eligió un punto, el  $0.5 \phi$  en el extremo izquierdo de este eje y leyendo en la curva acumulativa en porcentaje correspondiente a  $1/4 \phi$  a la derecha e izquierda de  $0.5 \phi$ , se obtiene la altura de este punto al dividir la diferencia. La función Phi es continua, tiene máximo, decrece y tiende a cero;  $f \phi = K \Delta \phi = \frac{1}{2} (\% \phi_2 - \% \phi_1)$  (Phillips, 1947).

Por ejemplo :  $0.5 \phi = \frac{0.75 \phi - 0.25 \phi}{2}$ ; cuando hay dos máximos la curva es bimodal.

De igual manera se sitúa otro punto, el  $1 \phi$  y así hasta agotar las abscisas de  $0.5 \phi$  (Folk, 1969). en  $0.5 \phi$ .

CURTOSIS. La medida de la curtosis Phi para Inman (1962) ( $\beta \phi$ ) se define como la razón del promedio de la dispersión de los valores  $5 \phi$ ,  $16 \phi$  y  $84 \phi$ ,  $95 \phi$  y la desviación  $\sqrt{G}$ ; puede asociarse a la razón de la dispersión promedio en las colas de la distribución y la desviación de la siguiente manera:

$$\beta \phi = \frac{(16-5) \phi + (95 - 84) \phi}{\frac{2}{\sqrt{G}}} = \frac{(16-5+95-84) \phi}{\frac{2}{\sqrt{G}}}$$

Pero  $\frac{(84-16) \phi}{2} = \sqrt{G}$

cambiando

los signos  $\frac{(-84+16) \phi}{2} = -\sqrt{G}$

y substituyendo  $\beta \phi = \frac{\frac{1}{2} (95-5) \phi - \sqrt{G}}{\sqrt{G}}$

Para Folk (1969) la curtosis ( $K_G$ ) mide la razón entre el grado de clasificación de las colas y la parte central de la curva; explica que cuando la curva acumulativa está representada por una recta ascendente correspondiente a una distribución normal, el intervalo en el eje de Phi correspondiente a los puntos 5 y 95 leídos en la curva acumulativa, debe ser igual a 2.44 veces la distancia Phi entre los puntos 25 y 75 de la misma curva, - teniendo para éste caso  $K_G=1.00$ . Si la gráfica acumulativa se aleja de la normal la relación se altera y la curtosis mide a ésta de la siguiente manera:

$$K_G = \frac{(95-5) \phi}{2.44 (75-25) \phi}$$

Con las fórmulas respectivas se obtuvieron los valores de la - Tabla 7. Además de las fórmulas descritas en el presente trabajo, en la Tabla 8 aparecen otras debidas a Trask (1932), . actualmente menos usadas por sedimentólogos (Folk, 1969).

TERMINOS VERBALES. Las mediciones de la desviación  $\sqrt{G}$  y desviación Estandard gráfica inclusiva  $\sqrt{I}$ , efectuadas en un gran número de sedimentos sugiere la siguiente escala para indicar el grado de clasificación (Folk, 1969).

- $\sqrt{I}$ .....  $< 0.35$ .....muy bien clasificado
- de 0.35 a  $< 0.50$ .....bien clasificado
- de 0.50 a  $< 0.71$ .....moderadamente bien clasificado
- de 0.71 a  $< 1.00$ .....moderadamente clasificado
- de 1.00 a  $< 2.00$ .....mal clasificado
- de 2.00 a  $< 4.00$ .....muy mal clasificado
- de 4.00 a  $> 4.00$ .....extremadamente mal clasificado

TABLA 7. MEDIDAS DE DISTRIBUCION DE TAMAÑOS DE LAS ARENAS; VALORES PHI ( $\phi$ ) DE LA MEDIANA Md, MODA Mo, MEDIA Mz Y DESVIACIONES ESTANDAR ( $\sqrt{I}$ ,  $\sqrt{G}$ ) GRADO DE ASIMETRIA GRAFICA (SKI) Y CURTOSIS (Kg), CORRESPONDIENTES A LAS ARENAS DE CADA ESTACION EN EL AREA DE ESTUDIO.

Origen de las muestras	Mediana Md	Media		Desviación		Asimetría		Folk SKI	Moda Mo	Curtosis	
		Inman Mz	Folk Mz	Inman $\sigma$	Folk $\sigma$	Inman $\alpha$	Folk $\alpha$			Inman $\beta$	Folk KG
Barra de Chiltepec	2.7	2.35	2.46	0.55	0.56	-0.63	-0.64	-0.63	2.5	0.54	1
Punta Buey	2.8	2.80	2.80	0.20	0.26	0.00	0.27	0.13	2.5	1.75	2.29
Playa Boquerón	2.8	2.65	2.70	0.25	0.39	-0.60	-0.22	-0.41	2.6	2.60	3.75
Playa La Uvita	2.8	2.85	2.83	0.35	0.39	0.14	0.20	0.17	3.0	1.14	3.15
Punta E. Zapata	2.9	3.00	2.96	0.40	0.44	0.25	0.12	0.18	2.9	0.81	1.64

TABLA 8. MEDIDAS DESCRIPTIVAS PARA LA DISTRIBUCION DE TAMAÑOS  
DE SEDIMENTOS DE ACUERDO A VARIOS AUTORES (TRASK,  
1932; INMAN, 1952 y FOLK, WARD, 1957).

PARAMETRO	TRASK, 1932	INMAN, 1952	FOLK, WARD, 1957
MEDIANA	050	050 (Md)	050 (Md)
MEDIA	$\frac{025 + 075}{2}$	$\frac{016 + 084}{2} = Mz$	$\frac{016 + 050 + 084}{3} = Mz$
DISPERSION	$\sqrt{075/025}$	$\frac{084 - 016}{2} = \sqrt{G}$	$\frac{084 - 016}{4} + \frac{095 - 05}{6.6} = \sqrt{I}$
ASIMETRIA	$\frac{025 + 075 - Md}{2}$ $\sqrt{\frac{025 \cdot 075}{Md^2}}$	$\frac{Mz - Md}{\sqrt{G}} = \alpha \phi$ $\frac{084 + 016 - 2050}{084 - 016} = \alpha \phi$ $\frac{095 + 05 - 2050}{095 - 05} = \alpha 2\phi$	$\frac{084 + 016 - 2050}{2(084 - 016)} + \frac{095 + 05 - 2050}{2(095 - 05)}$ SKI
CURTOSIS	$\frac{075 - 025}{2(P_{98} - P_{10})}$	$\frac{1(095 - 05' - \sqrt{G})}{\sqrt{G}} = \beta \phi$	$\frac{095 - 05}{2.44(075 - 025)} = KG$

Para la asimetría se han sugerido los siguientes límites:

$$\frac{1}{2} (\alpha\phi + \alpha 2\phi) = SK_I$$

desde - 1.0	hasta - 0.3	asimetría muy negativa, hacia los tamaños gruesos.
> de - 0.3	hasta - 0.1	asimetría negativa, hacia los tamaños gruesos.
> de - 0.1	hasta + 0.1	casi simétrico
> de + 0.1	hasta + 0.3	asimetría positiva, hacia finos.
> de + 0.3	hasta + 1.0	asimetría muy positiva, hacia los tamaños finos.

Para la curtosis los valores de Inman (1952) sugieren que en una distribución normal  $\beta\phi=0.65$  y en curvas menos agudas éste valor disminuye  $\beta\phi < 0.65$ .

La siguiente tabla sugiere los límites para la curtosis KG de Folk.

KG.....	< de 0.67	muy platocúrtica
	de 0.67 a < de 0.90	platocúrtica
	de 0.90 a < de 1.11	mesocúrtica
	de 1.11 a < de 1.50	leptocúrtica
	de 1.50 a < de 3.00	muy leptocúrtica
	de 3.00 a > de 3.00	extremadamente leptocúrtica

Por observaciones a la Tabla 7 los tamaños de los granos  $\phi$  -- ( $\phi$ ) de las medianas (Md), medias (Mz) y modas (Mo), son tamaños que en general tienden a disminuir hacia el oriente desde Barra Chiltepec hasta Punta E. Zapata.

Los valores de los grados de clasificación o desviación  $\sqrt{G}$ ,  $\sqrt{I}$  con excepción de Barra Chiltepec moderadamente bien clasificada, las demás estaciones están en el rango de Bien y Muy Bien clasificadas.

El grado de asimetría (SKI) indica para Barra Chiltepec y Playa Boquerón asimetría muy negativa "hacia los tamaños gruesos" y - las 3 estaciones restantes con asimetría positiva "hacia finos".

La relación curtósis KG se manifiesta mesocúrtica en Barra Chiltepec; muy leptocúrtica en Punta E. Zapata y Punta Buey, para - Playa Boquerón y Playa La Uvita, extremadamente leptocúrtica.

Por observaciones de las curvas de frecuencia de las arenas en las figuras 21 y 22, se puede estimar las concentraciones modales de  $\phi$  2.5 en Barra Chiltepec,  $\phi$  2.6 en Punta Buey,  $\phi$  2.7 en Boquerón,  $\phi$  2.9 La Uvita y  $\phi$  2.8 en Punta E. Zapata; todos los tamaños phi (  $\phi$  ) están comprendidos en el tramo de arenas finas (Fig. 20). Por la clasificación de las arenas se puede inferir la pendiente de las playas aplicando la relación que --- Shepard (1973) establece entre éstos parámetros (Galaviz, 1980).

Sedimento	Pendiente promedio
arena muy fina - - - - -	1°
arena fina- - - - -	3°
arena media - - - - -	5°
arena gruesa- - - - -	7°
arena muy gruesa- - - - -	9°
gravas - - - - -	11°

La suave pendiente que la relación anterior sugiere para las estaciones de muestreo y en general para las playas en toda aquella zona, es concordante con las observaciones hechas tomando - la pendiente de la tangente  $= \frac{c. opuesto}{c. adyacente}$  la que en algunos casos resulta ser mayor debido a la erosión marina sobre algunos antiguos bordos de playa.

Conversiones. Además de la existencia del nomograma de Shepard y de tablas con equivalencias de ( $\phi$ ) a milímetros, estas pueden ser obtenidas de la ecuación  $\phi = -\text{Log}_2 D$  (mm) propuesta por -- Krumbein (1934), en que D es el diámetro en milímetros de la

partícula. Esta notación fue posteriormente redefinida por McManus (1963) con la forma  $\phi = -\text{Log}_2 \frac{\text{diam mm}}{1 \text{ mm}}$

$$\phi = -\log_2 D = -\frac{\log D}{\log 2} = -\frac{\log D}{0.301} \quad (\text{Ress, 1960})$$

Cuando se usan tablas de logaritmos decimales, si la característica de D es positiva o cero, no hay inconveniente alguno, cuando es negativa, habrá que sumarle a ésta, la mantisa positiva antes de dividir entre 0.301 ejemplos.

Si D tuviera los valores de 3; 0.3; 0.03 y 0.003, entonces se tendrá:  $\phi = -\frac{\log D}{0.301}$

1er caso D=3;  $\log 3.0 = 0.4741;$   $\phi = -\frac{0.4774}{0.301} = -1.586$

2o caso D=0.3;  $\log 0.3 = \bar{1}.4771;$   $\begin{matrix} -1.0000 \\ +0.4771; \\ -0.5229 \end{matrix}$   $\phi = -\frac{-0.5229}{0.301} = 1.737$

3er caso D=0.03;  $\log 0.03 = \bar{2}.4771;$   $\begin{matrix} -2.0000 \\ +0.4771; \\ -1.5229 \end{matrix}$   $\phi = -\frac{-1.5229}{0.301} = 5.059$

4o caso D=0.003;  $\log 0.003 = \bar{3}.4771;$   $\begin{matrix} -3.0000 \\ +0.4771; \\ -2.5229 \end{matrix}$   $\phi = -\frac{-2.5229}{0.301} = 8.381$

Esto se obvia cuando se dispone de una calculadora de bolsillo que efectúa la operación dando el logaritmo en forma deseada antes de la división.

Cuando lo que se conoce es  $\phi$  y se usan tablas de logaritmos decimales, el caso es contrario y se tiene

$\phi = -\frac{\ln D}{\ln 2} = -\frac{\log D}{\log 2} = -\frac{\log D}{0.301}; \log D = -0.301 \phi$  de donde D= anti-log de  $-0.301 \phi$ . Cuando este producto es positivo o cero no hay inconveniente, cuando es negativo habrá que sumar (+1) a la parte decimal que representará a la mantisa y (-1) a la -

parte entera que representará a la característica.

Ejemplos: si  $\phi$  tuviera los valores de -1.586; 1.737; 5.059 y 8.381, los valores para D serían:  $D = \text{antilog}(-0.301 \phi)$ .

- 1er caso  $\phi = -1.585$ ;  $-.301 \times -1.585 = 0.4771$ ;  $D = \text{antilog } 0.477 = 3.0$
- 2o. caso  $\phi = 1.737$ ;  $-.301 \times 1.737 = -0.5228$ ;  $\frac{1.0000}{0.4772}$ ;  $D = \text{antilog } -1.477 = 0.30$
- 3er caso  $\phi = 5.059$ ;  $-.301 \times 5.059 = -1.5228$ ;  $\frac{1.0000}{0.4772}$ ;  $D = \text{antilog } -2.477 = 0.030$
- 4o. caso  $\phi = 8.381$ ;  $-.301 \times 8.381 = -2.5227$ ;  $\frac{1.0000}{0.4773}$ ;  $D = \text{antilog } -3.477 = 0.003$

Si se dispone de calculadora de bolsillo, la operación se reduce y facilita; partiendo de la definición de  $\phi$ , se tiene:

$$\phi = -\log_2 D = -\frac{\log D}{\log 2} = -\frac{\ln D}{\ln 2}; \ln D = -\phi \ln 2 = \phi \ln \frac{1}{2} = \phi(-0.693) \text{ de don}$$

de  $\ln D = -0.693 \phi$ ;  $-0.693 \phi$  es el exponente al que se eleva la base para obtener D; por lo tanto  $\ln D = -0.693 \phi$ , de donde  $D = e^{(-0.693 \phi)}$ .

Estos son los caminos que el autor sigue para las conversiones  $\phi \Rightarrow \text{mm}$  y con ello obtiene los valores de las medianas (Md), modas (Mo) y medias (Mz) en milímetros, anotados en la Tabla 9.

### Representación gráfica de los resultados.

Los atributos estructurales del análisis granulométrico en los diferentes ambientes sedimentarios, entre otros pueden ser: -- texturales, geométricos, litológicos, faunísticos, químicos y mineralógicos; tradicionalmente estos datos estadísticos se -- han considerado para discriminar ambientes de sedimentación ha -- ciendo diversas combinaciones, así para discriminar arenas de

TABLA 9. VALORES EN MILIMETROS DE LAS MEDIANAS (Md), MEDIAS (Mz) Y MODAS (Mo) CORRESPONDIENTES A CADA ESTACION DE MUESTREO EN EL MES DE JUNIO.

	MEDIANA		MEDIA				MODA	
	Md		INMAN (1952)		FOLK (1957)		Mo	
	Ø	mm	Ø	Mz mm	Ø	Mz mm	Ø	mm
BARRA DE CHILTEPEC	2.7	0.154	2.35	0.196	2.46	0.181	2.5	0.176
PUNTA BUEY	2.8	0.143	2.80	0.143	2.80	0.143	2.5	0.176
PLAYA BOQUERON	2.8	0.143	2.65	0.159	2.70	0.154	2.6	0.164
PLAYA LA UVITA	2.8	0.143	2.85	0.139	2.83	0.140	3.0	0.125
PUNTA E. ZAPATA	2.9	0.134	3.00	0.125	2.96	0.128	2.9	0.134

diferentes ambientes sedimentarios se ha usado el grado de asimetría contra el tamaño promedio representándolos gráficamente en sistemas binarios. Propuesto por Aguayo, J. E. (1980), el sistema ternario para discriminar o representar gráficamente -- los resultados, involucra a tres parámetros y es el usado en el presente trabajo.

Descripción. La gráfica ternaria está formada por un círculo -- que contiene un sistema de coordenadas cuyo punto de intersección a criterio del analista, puede o no coincidir con el centro del círculo, el eje de las abscisas divide al círculo en dos partes que podrán ser desiguales y en tal caso, dicho eje se -- convertiría en cuerda del círculo subtendiendo dos arcos (Wentworth, 1915), superior e inferior o bien si el eje coincide con con el centro de círculo, dividirá a este en semicírculos, --- mitades de circunferencia. El eje de las ordenadas, dividirá al círculo en semicírculos situados a la derecha e izquierda de -- dicho eje en el que se representará a criterio del analista el valor de cualesquiera de los tres parámetros que se desean conjugar y los otros dos se sitúan en la parte superior e inferior de las áreas o de los semicírculos formados por el eje de las abscisas.

Representación gráfica. Un ejemplo ilustrativo será la representación gráfica del ambiente sedimentario de las playas del área de estudio correspondientes al mes de junio, usando los datos texturales de la Tabla 7.

Construcción y descripción de la gráfica. Primero se han elegido los tres parámetros estadísticos, texturales, ellos son: tamaño promedio ( $Mz$ ), grado de clasificación o desviación ( $\sqrt{G}$ ,  $\sqrt{I}$ ) y grado de asimetría  $SKI = \frac{1}{2}(\alpha\phi + \alpha 2\phi)$ .

Primer caso. Se traza un sistema de coordenadas cuyo punto de intersección coincide con el centro de la circunferencia que contendrá a la gráfica. El eje de las abscisas divide al círculo en dos hemisferios, superior e inferior (Fig. 23). El eje de las ordenadas se eligió para representar los tamaños promedios ( $Mz$ ), el segmento de recta en el hemisferio superior representa a los  $\phi$  positivos ( $+\phi$ ) y en el inferior los negativos ( $-\phi$ ) aunque en el presente estudio por tratarse de arenas finas los valores con éste signo no aparecen. En el hemisferio superior se representan los valores de la desviación estándar o grado de clasificación ( $\sqrt{I}$ ,  $\sqrt{G}$ ), éstos valores son los mismos a izquierda y derecha del eje de las ordenadas que en el punto de intersección con la circunferencia representa el grado de clasificación textural mayor que puede tener el sedimento, a partir de ese punto sobre la izquierda o derecha de la circunferencia los valores de la desviación estándar se incrementan y significa que el grado de clasificación textural es menor. El espaciamiento de la escala será de acuerdo a los valores de las muestras. La construcción de la escala en el hemisferio superior, puede representarse marcando con un compás las divisiones sobre el arco partiendo de cero en el punto de intersección con el eje de las ordenadas y aumentando a ambos lados de acuerdo al valor asociado a las divisiones de la escala o bien tomando como origen al punto de intersección mencionado, marcar a ambos lados equidistantes los extremos de una escala cuya cuerda que uniera a dichos extremos estaría bisectada por el eje de las ordenadas que también bisectaría al arco que la cuerda subtiende (Wentworth, 1915). Tomando a uno de los cuadrantes y uniendo el punto final de la escala con el centro del círculo se formará un ángulo interno cuyos lados estarán representados por éste radio y el que constituye el eje superior de las ordenadas.

El arco limitado por los extremos de los radios puede ser bisectado, bisectando el ángulo, pudiéndose repetir la operación hasta obtener un segmento de arco adecuado para representar las graduaciones de la escala. En el hemisferio inferior se representan los valores de --

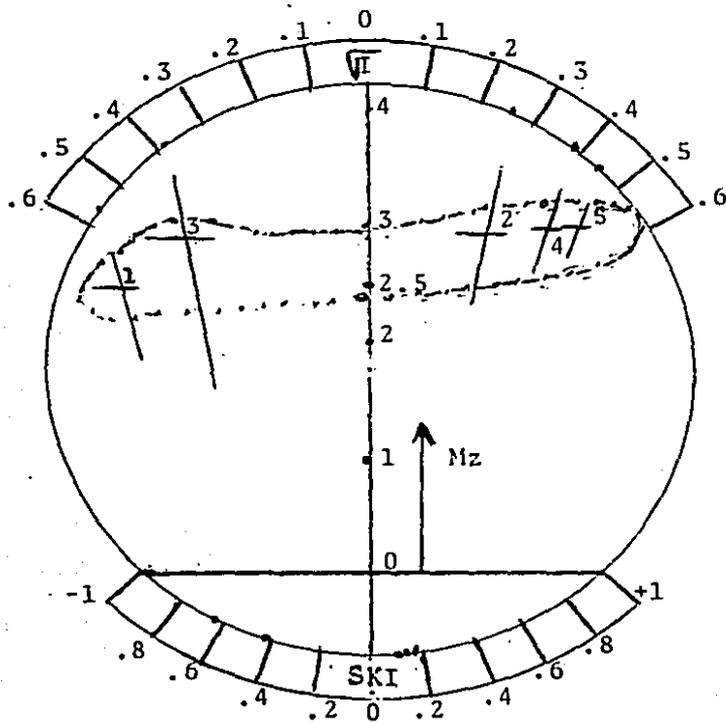
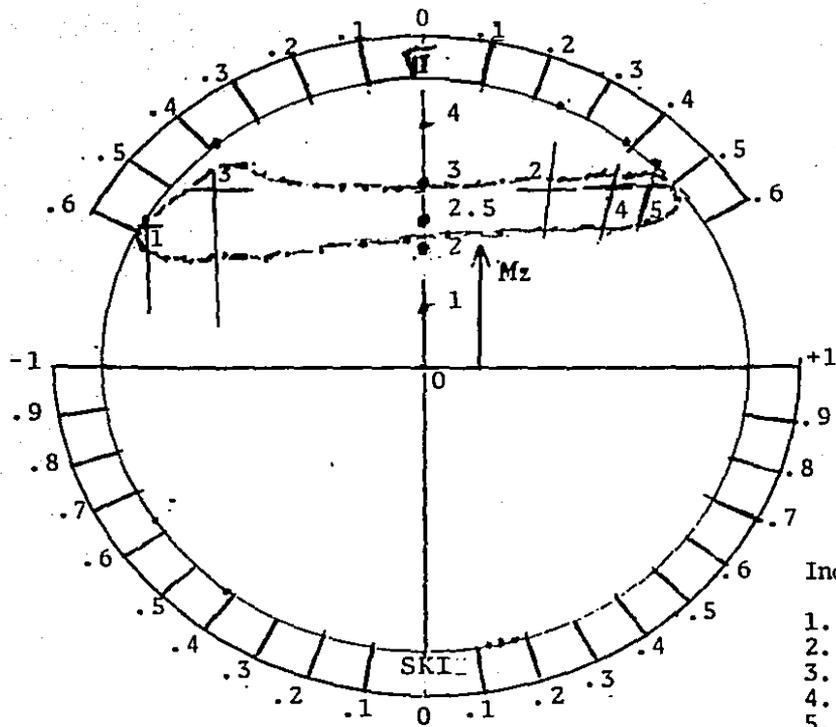
asimetría (SKI), el punto de intersección del eje negativo de las ordenadas con la circunferencia es el cero de la escala y representa el grado de mayor simetría que texturalmente puede tener un sedimento, a partir de éste punto la asimetría aumenta a ambos lados del arco; a la izquierda los valores negativos indican tendencia hacia los tamaños gruesos y a la derecha valores positivos hacia tamaños finos. El arco puede ser graduado como en el caso del arco del hemisferio superior únicamente que tendrá como límites los valores de  $\pm 1.00$ . Lo anterior podría tener su explicación en que siendo las expresiones de la asimetría  $\alpha \phi = \frac{\phi 84 + \phi 16 - 2\phi 50}{\phi 84 - \phi 16}$ ;  $\alpha 2\phi = \frac{\phi 95 + \phi 5 - 2\phi 50}{\phi 95 - \phi 5}$   $SKI = \frac{\phi + \alpha 2\phi}{2}$ ; tomando la primera expresión y suponiendo la existencia de arenas de tamaño tan fino que no contuviera a  $\phi 50$  y por lo tanto ni a  $\phi 16$ , la expresión se reduciría a  $\phi = \frac{\phi 84}{\phi 84} = 1$ ; caso contrario cuando se trata de arenas gruesas que no contuvieran a  $\phi 50$  y por lo tanto ni a  $\phi 84$ , la expresión se reduciría a  $\phi = \frac{+\phi 16}{-\phi 16} = -1$ , el mismo resultado se obtendrá usando las demás formas. Estos valores no se han encontrado en la naturaleza en que la máxima asimetría es de  $\pm 0.8$  (Folk, 1969); si éste es el caso se recomienda dividir la hemicircunferencia que será el arco inferior subtendido por el eje de las abscisas en veinte partes iguales para representar la escala, cada una de ellas equivaldrá a 0.1 SKI de la siguiente manera; primero se dividirá la circunferencia en cinco segmentos de arcos iguales, tal como se indica en los libros de matemáticas de segunda enseñanza (Bello, G. Angel, 1958); por bisección de la cuerda que subtiende a cualesquiera de los cinco segmentos, se obtendrá la medida de los arcos que dividirán en diez a la circunferencia, repitiendo la operación, se obtendrá la medida de los que dividirán en veinte a la circunferencia y es la equivalente a 0.2 de la escala SKI con origen en el punto de intersección del eje inferior de las ordenadas con la circunferencia o bien. Segundo caso dividir la circunferencia de igual manera a la correspondiente a la parte superior y en tal caso el centro del eje de las coordenadas,

no corresponderá con el de la circunferencia (Fig. 24). Lo versátil del diagrama ternario se pone de manifiesto por su elasticidad al permitir aglutinar en él a más de tres parámetros estadísticos. Los diagramas de las figuras 23 y 24, indican el ambiente de las arenas de las playas en el área de muestreo en el mes correspondiente.

Tanto las escalas en los hemisferios superior e inferior pueden, siguiendo la misma técnica ser reducidas o aumentadas a juicio del analista. Cuando en las diferentes escalas se han situado los valores correspondientes a los parámetros estadísticos de cada una de las muestras:

- a).- Se observa el signo positivo o negativo del valor de asimetría en el hemisferio inferior.
- b.- Si el valor de asimetría es positivo, con una línea recta se une este valor con el que le corresponde a la clasificación o desviación en el hemisferio superior hacia la derecha del punto de intersección con el eje de las ordenadas; si el valor de la simetría es negativo, con una línea recta se une este valor con el que le corresponde a la clasificación o desviación en el hemisferio superior hacia la izquierda del punto de intersección con el eje de las ordenadas. Esto se hace para que la línea de unión de los valores, no cruce el eje vertical que bisecta al círculo.
- b.- Una vez trazada la recta que une el valor de asimetría con el de clasificación, se proyecta sobre ella, normalmente al eje vertical, el valor de la media (tamaño promedio).

**FIG. 23 y 24. REPRESENTACION GRAFICA TERNARIA DE LAS ARENAS CORRESPONDIENTES AL MUESTREO DEL MES DE JUNIO.**



Las figs. 23 y 24, ilustran el mecanismo. La isla limitada por la dispersión de los puntos dentro del círculo, describe el ambiente de playa para ese mes, a lo ancho de 30 m y 1 m. de profundidad.

Por la observación a las figuras 23 y 24, es notorio que los tamaños de las medias Mz de las arenas en los 90 km de playa en que se — — encuentran las estaciones de muestreo, oscila entre  $\phi 2.5$  a 3 y que disminuyen desde Barra de Chilpetec hasta Punta E. Zapata. La asimetría SKI en términos generales (puntos 0.13, 0.17 y 0.18) se sitúan — — cerca a la curva de frecuencia normal, alejándose hacia los tamaños gruesos en el punto -0.63 para Chilpetec y con desviación menor -0.41 Boquerón; hacia el oriente, tiende a la simetría y las — — desviaciones  $\sqrt{I}$ , oscilan entre 0.26 a 0.55.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente trabajo, quedan resumidas en los siguientes puntos:

- 1.- Que los placeres por cromita, circón e ilmenita, se originan por las descargas de los ríos más caudalosos de la República Mexicana que conducen tales materiales desde la porción norte del Estado de Chiapas, parte de Centroamérica, Estado de -- Tabasco y parte de Campeche y no como pudiera pensarse que -- por corrientes marinas, provienen de áreas ajenas a las costas mexicanas.
- 2.- Que las corrientes marinas costeras juegan papel importante al no permitir que aquellos materiales se desplacen más allá de los límites geográficos de litorales mexicanos, aunque -- algo se pierde por desplazamiento a las profundidades del -- Golfo de México, debido al choque de 2 corrientes costeras de sentido contrario.
- 3.- Que puede estimarse el contenido promedio por Km. lineal a -- 30 m. de ancho y 1 m. de profundidad de playa de cromita, -- circón e ilmenita en el litoral de estudio, sumando las medias deca mensuales de la Tabla 2 y dividiendo entre 5, -- resultan ser por cromita 2,131.42 tons; circón 1,721.10 tons;

ilmenita 4,654.78 tons, multiplicando las cifras anteriores por la longitud del área, es decir x90 Km, se estima el tonelaje total de cromita en 191,827.80 tons., circón - 154,899.00 tons., e ilmenita 418,930.20 tons. Si a esto se le sumaran las cantidades existentes en manglares, huertos y contenidos submarinos en la región nerítica, cuando menos hasta el tirante de 5m. que asegura en aquellas costas una distancia de 500 m mar adentro desde la orilla de la playa, todas ellas adyacentes al área de estudio, principalmente las submarinas, se incrementarán los tonelajes.

- 4.- Que las cantidades de los materiales mencionados podrían ser económicamente utilizadas por la industria en la obtención de estos productos que por sus contenidos en cromita, circón e ilmenita, califiquen como menas.
- 5.- Que después de separar los minerales analizados en los sedimentos del área de estudio, es de esperarse en el residuo, arena sílice y magnetita que por sus aplicaciones industriales podrían considerarse sub-productos.
- 6.- Que los materiales a que este trabajo se refiere, a pesar de ser no renovables, la dinámica de las playas en el área de estudio, las convierte en renovables.
- 7.- Que por las observaciones de campo en el área de muestreo y por las respuestas a preguntas hechas a los habitantes de aquellos lugares en el lapso de las visitas, se advirtió en términos generales un avance de las aguas marinas hacia

las playas, un ejemplo es el hecho de que la carretera que va a Ciudad del Carmen. a su paso frente a la playa de Uvita, Camp. fue borrada por la acción marina.

8.- Que materiales extraídos a más de 1 m de profundidad en las estaciones muestreadas y las obtenidas por la excavación de pozos poco profundos, presentan megascópicamente un aumento en el contenido de limo y arcilla, con el consecuente decremento de arenas.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Arturo Carranza Fraser, Director del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, por su apoyo brindado para la realización de este trabajo. Al Dr. Alfredo Laguarda Figueras, Ex-Director del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, por su apoyo definitivo para la ejecución de este trabajo. A la cuadrilla de labriegos y pescadores que abandonaron sus labores diez días durante diez meses consecutivos para juntos hacer la operación muestreo. Al Ing. Arturo Uribe Alvarado\* quien me cedió lancha, motor y remolque haciendo con ello posible los muestreos marinos. A César Rincón Orta, de la Facultad de Ciencias de la UNAM, por sus indicaciones y consejos. A los que sin compromiso alguno me brindaron sus laboratorios, el uso de sus aparatos y reactivos, para llevar a cabo la parte analítica de las muestras.

A Mario Medina Valenzuela, profesor de la Facultad de Ciencias Químicas de la UNAM, quien al frente de un grupo de analistas tuvo a cargo las determinaciones químicas hechas a los compósitos. A Mario Gutiérrez Estrada, Investigador en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, por su participación en el primer muestreo y la discusión en la elección del método más adecuado. A José Antonio Careaga Viliesid Ex-Director del Centro de Materiales de la UNAM, por su mesianica actuación para que este trabajo se realizara.

\* quepd

LITERATURA CITADA

- Acevedo, J.S., 1962. Estructuras de la porción occidental del frente de la Sierra Madre de Chiapas. Asoc. Méx. de Geol. Petroleros. Vol. 14. No. 5-6.
- Aguayo, J.E., 1980. Representación gráfica ternaria de parámetros estadísticos y su aplicación en el análisis de ambientes sedimentarios. Instituto Mexicano del Petróleo. Vol. XII, No. 1.
- Alvarez, Jr. M., 1961. Provincias Fisiográficas de la República Mexicana. Bol. Soc. Geol. Mexicana 24 (2), p. 7, 17 y 18.
- Bello Gómez, A., 1958. Matemáticas. Sexta Edición. Editorial Herrero, S.A., p. 177.
- Benavides, G.L., 1956. Notas sobre la Geología Petrolero de México: XX Congr. Geología Internacional Symposium sobre yacimientos de petróleo y gas, 20, México, Tomo; p. 351-562.
- Castellanos, L., Medina M. y Aguilera N., 1975. Los Hidróxidos de aluminio en los suelos de Chiapas. Inst. de Geología. U.N.A.M. Vol. 95.
- Castellanos, T.L., 1982. El origen Marino de las anomalías por cromo en el Estado de Chiapas México. An. Inst. Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Vol. 9. No. 1.
- Contreras, V.H., 1958. Resumen de la Geología de la parte media del Estado de Tabasco y Norte del Estado de Chiapas. Bol. II de la convención de la Asoc. Mex. de Geólogos Petroleros.
- Cserna, Z., 1958. Notes on the tectonics of Southern Mexico. In. Weeks. L.G. (ed.). Habitat Af Oil. Am. Assoc. Petroleum Geologist, Tulsa Oklahoma. p. 523-532.
- Dana, S.E. y W.E. Ford, 1982. Tratado de Mineralogía. Cía. Editorial Continental, S.A. de C.V., México 912 p.
- Duchaufour, P., 1984. Edafología. 1 Edafogénesis y Clasificación. Masson, S.A. Balmes, 151-08008 Barcelona, España. p. 373-379.
- Folk, L.R. and Ward, W.C., 1957. Brazos River bar a Study in the Significance of grain size parameters: Jour. Sedimentary Petrology, V. 27, p. 3-26.
- Folk, L.R., 1969. Petrología de las Rocas Sedimentarias Traducción del Inglés por Carmen Schlaepfer y Rebeca M. de Schemitter. Inst. Geol. U.N.A.M. p. 94-117.

- Galavíz, S.J.A., 1980. Morfología y Sedimentos Recientes del sistema Lagunar El Carmen-La Machona, Tabasco, México. Tesis Profesional Facultad de Ingeniería, UNAM. México D.F., p. 34-38.
- García, R. Pelayo y Gross, 1971. Pequeño Larousse. Diccionario Enciclopédico de todos los conocimientos. Editorial Noguer, Paseo de la Gracia 96. Barcelona 8 Cruzada 3; Madrid 13, España.
- Giral, J., 1953. Diccionario de Química. Segunda Edición Española. Editorial Atlante, S.A. México, D.F., p. 128 y 667.
- Guzman, E.J., 1951. Volúmenes Sedimentarios en la Llanura Costera del Golfo de México. PEMEX, Gerencia de Exploración (Inédito).
- Hillebrand, L.B.H., 1980. Applied Inorganic Analysis Second Edition by Robert E. Krieger publishing Company, Inc. 645 New York Avenue, Huntington, New York 11743.
- Holmes, A., 1968. Geología Física. Cuarta Edición. Omega, Casanova, 220 Barcelona, España, p. 232-270.
- Inman, D.L., 1952. Measures for describing Size of Sediments. Jour. Sedimentary Petrology 22: 125-145.
- Krumbein, W.C., 1934. Size Frequency Distribution of Sediments Jour. Sedimentary Petrology, V. 4, p. 65-77.
- López, R.E., 1979. Geología de México. 2a. Edición Tomo III. Edición Escolar, México, D.F. p. 165-205.
- Mc Manus, D.A., 1963. A Criticism of Certain usage of the phinotation: Jour. Sedimentary Petrology, V. 33, p. 670-674.
- Neumann and R.K. Murphy, 1913. Angew. Chem., 26, Part 1-163.
- Pearl, M. Richard, 1971. Geología. Editorial Continental, S.A. Calzada de Tlalpan No. 4620, México 22, D.F. p. 265-279.
- Phillips, H.B., 1947. Elementos de Cálculo Infinitesimal, UTEHA. p. 9.
- Reading, H.G., 1978. Sedimentary Environments and facies. Elsevier, New York. p. 97-142.
- Rees, P.K., and F.W. Sparkes, 1960. Algebra. Editorial Revertes, S.A., Barcelona, México, Buenos Aires. 481 p.
- Richard, C. Selley, 1970. Ancient Sedimentary Environments. Cornell University Press. Ithaca New York. p. 74-91.

- Salas, P.G. y López, R.E., 1951. Geología y Tectónica de la región Macuspana, Tabasco y Norte de Chiapas. Bol. Asoc. Méx. de Geol. Petrol. 3 (1-2), p. 3-56.
- Sandoval, H., Comínguez, A., Castillo, L., 1977. Modelo Geodinámico de la Estructura del Golfo de México. An. Inst. Geofísica, UNAM. Vol. 22-23.
- Scott, W.W., 1962. Standard Methods of Chemical Analysis. Sixth Edition Vol. 1. D. Van Nostrand Company Inc. 120 Alexander St. Pricenton, New Jersey. p. 350-376. 24 West 40 Street New York 18
- Secretaría de Marina, 1974. Atlas Oceanográfico del Golfo de México y Mar Caribe. Sección 1, Mareas y Corrientes. México, D.F. p. 7, 18-19.
- Secretaría de la Presidencia, 1976. Estudio de Gran Visión del Estado de Tabasco. Proyecto EI-6-2. Comisión de Estudios del Territorio Nacional. p. 27-67.
- Treadwell, D.W., 1956. Tratado de Química Analítica, Salvador Claro Allué. Manuel Marín y Cía. Editores Provenza 273, Barcelona, 7a. Ed. Vol. II, p. 440-442.
- West, R.C., Psuty, N.P. y B.G. Thom, 1976. Las tierras bajas de Tabasco en el Sureste de México. Gobierno del Estado de Tabasco. 199 p.
- Wentworth, J. y Smith, E.D., 1915. Geometría Plana y del Espacio. Ginn y Company, Boston, U.S.A., p. 95-102.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

**A N E X O**

**RESULTADO QUIMICO-ANALITICO DE LAS MUESTRAS PROCEDENTES DE LAS  
DIFERENTES ESTACIONES DE MUESTREO EN CADA VISITA CORRESPONDIENTE,  
PRACTICADO EN LOS LABORATORIOS NACIONALES DE FOMENTO INDUSTRIAL.**

BARRA DE CHILTEPEC

NOVIEMBRE DE 1980

Chiltepec fue muestreada a lo largo de 5 km. de playa tomándose las muestras de 3 en 3 a cada 500 m. (Fig. 16), esta técnica se mantuvo en todas las visitas, de la zona de cocal o manglar se tomaron 11 muestras con las que se generó un compósito, con las 11 correspondientes al ambiente de Duna o Berma se obtuvo un segundo compósito y el tercero con las 11 tomadas en la playa en la zona de intermarea. Además se tomó otra de un huerto de palmeras adyacente a la playa muestreada.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedio	Toneladas
cocal o manglar	1.82	2.10	4.37	2.97	1.35%	414,000.00
Berma o Duna	1.01	6.45	2.22	2.69	4.86%	5,589.00
Intermareas	1.22	6.05	8.91	2.62	5.16%	20,120.40
Huerto Adyacente	6.10	4.10	8.33	3.17	2.76	21,362.40

En los promedios no están incluidos los resultados de la muestra tomada en el huerto adyacente y las toneladas muestreadas se obtuvieron multiplicando la longitud de 5,000 m, de playa por 30 de ancho por 1 m, de espesor por la densidad promedio.

Este resultado multiplicado por el promedio de cada componente y dividido entre 100 de las toneladas da cada uno de ellos.

DICIEMBRE DE 1980

Diciembre, se tomó la misma cantidad de muestras de igual manera que la vez pasada, con ellas se formaron 6 compósitos 2 por cada ambiente para representar 3 km y 2 km de oriente y poniente respectivamente, de la playa muestreada. Además una muestra del huerto adyacente.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
cocal o manglar oriente	1.5	1.78	6.85	3.07	0.78%	430,500.00
Duna o Berma oriente	0.70	3.44	4.70	2.87	2.46%	3,357.90
Intermareas oriente	0.56	2.13	3.07	2.62	4.16%	10,590.30
cocal o manglar poniente	0.44	0.124	3.45	2.91	Densidad 2.87	FeOTiO <sub>2</sub> 17,908.80
Duna o Berma poniente	0.73	2.29	5.04	2.98		
Intermareas poniente	0.73	3.38	1.88	2.8		
huerto adyacente	0.72	3.16	4.56	2.85		

En los promedios no fueron tomados en cuenta los resultados del huerto adyacente.

ENERO DE 1981

En el mes de enero de 1981, la Barra de Chiltepec fue muestreada siguiendo el mismo sistema, con las 33 muestras se formaron 3 compósitos uno para cada ambiente. Además se tomaron 27 muestras en la huerta adyacente a la playa en una área de 2 Km de longitud por 300 m de ancho, las muestras tomadas de 3 en 3 separadas por 100 m una de otra a lo ancho, formando hileras que se repitieron cada 250 m de longitud, con ellas se obtuvieron 3 compósitos, el de la línea norte más cercana a la playa, la línea centro a 100 m de distancia y paralela a la anterior y el compósito de la línea sur a 100 m paralela a las anteriores.

RESULTADOS

Ambiente	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	FeOFeO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Porcentajes	Toneladas
Local o Manglar	0.69	3.64	6.14	2.9	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.56%	Muestreadas 409,500.00
Huerta o Barro	0.79	3.44	4.01	2.8	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 3.39%	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2,293.20
Inter- marinas	0.19	3.11	2.00	2.5	FeOFeO <sub>2</sub> 4.05%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 13,882.05
				Densidad	FeOFeO <sub>2</sub>	
				2.73	10,584.75	

HUERTA ADYACENTE

Línea Norte	0.40	5.95	4.32	2.82		
Línea Centro	0.59	6.09	2.19	2.67		
Línea Sur	0.59	2.23	2.39	2.68		

FEBRERO DE 1981

En el mes de febrero además del recorrido de 5 Km longitudinales, se muestreo 1 Km más de la huerta adyacente a la playa siguiendo el mismo patrón que la vez anterior. Con las muestras de la playa se formaron 3 compósitos cada uno representando un ambiente. El mismo número de compósitos se formaron con las muestras de la huerta adyacente para representar las líneas norte, centro y sur.

RESULTADOS

Ambiente	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	FeOFeO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Local o Manglar	0.69	0.74	3.68	2.90	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1.02%	Muestreado 417,000.00
Huerta o Barro	0.89	0.67	3.00	2.8	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 0.69%	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 4,253.40
Inter- marinas	1.49	0.67	0.77	2.65	FeOFeO <sub>2</sub> 2.48%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 2,877.30
					Densidad	FeOFeO <sub>2</sub>
					2.78	10,341.00

HUERTA ADYACENTE

Línea Norte	0.792	2.71	3.94	2.8		
Línea Centro	0.594	1.51	4.99	2.73		
Línea Sur	0.594	2.23	3.66	2.68		

Los promedios y toneladas no incluyen la huerta adyacente.

En MARZO de 1981 no hubo muestreo en Barra de Chiltepec.

ABRIL DE 1981

Después de la omisión de marzo se continúa en el mes de abril de 1981, el muestreo fue como las veces anteriores tomándose 33 muestras de la playa de Chiltepec más 2 en la huerta adyacente en el extremo más occidental, con las muestras de playa se formaron 3 compósitos representando cada uno un ambiente y con las otras 2 muestras se obtuvo uno solo.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar	0.99	0.35	4.18	2.9	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1.89%	Muestreadas 423,000.00
Duna o Berma	2.2	0.41	3.8	2.85	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 0.48%	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 7,994.70
Inter-mareas	2.5	0.68	2.65	2.71	FeOTiO <sub>2</sub> 3.54%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 2,030.40
					Densidad 2.82	FeOTiO <sub>2</sub> 14,974.20

HUERTO ADYACENTE

	3.73	0.95	2.28	2.85		
--	------	------	------	------	--	--

MAYO DE 1981

Mayo, como en otras ocasiones, en este mes se tomaron en la playa de Chiltepec 33 muestras a 10 largo de 5 Km longitudinales y 30 m de ancho, de 3 en 3 a cada 500 m, con ellas se formaron 6 compósitos para representar 2 Km de la porción oriental y 3 Km del poniente de la zona muestreada.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	3.33	0.95	4.00	2.85	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2.64%	Muestreadas 417,000.00
Duna o Berma oriente	2.22	0.30	4.94	2.85	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 0.46%	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 11,008.80
Inter-mareas oriente	1.51	0.39	1.40	2.63	FeOTiO <sub>2</sub> 4.22%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 1,918.20
Cocal o Manglar poniente	2.2	0.27	5.24	2.80	Densidad 2.70	FeOTiO <sub>2</sub> 17,597.40
Duna o Berma poniente	3.33	0.70	7.97	2.92		
Inter-mareas poniente	3.33	0.20	1.82	2.71		

JUNIO DE 1981

En el mes de junio el muestreo que se hizo en Chiltepec fue similar al de la visita anterior; se tomaron 33 muestras que dieron 6 compósitos representando 2 Km del oriente y 3 Km del poniente de la zona muestreada.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	0.80	0.20	3.00	2.79	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2.20%	Muestradas 421,500.00
Hana o Berna oriente	3.33	0.33	3.22	3.00	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 0.35%	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 9,273.00
Inter-mareas oriente	1.80	0.21	1.36	2.70	FeOTiO <sub>2</sub> 3.26%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 1,475.25
Cocal o Manglar oriente	1.6	0.26	3.76	2.80	Densidad 2.81	FeOTiO <sub>2</sub> 13,025.20
Hana o Berna poniente	3.50	0.89	6.45	2.90		
Inter-mareas poniente	2.22	0.21	1.9	2.7		

JULIO DE 1981

En julio, de la misma manera que anteriormente se hizo, se tomaron de Chiltepec 33 muestras para representar 2 Km del oriente y 3 del poniente de la zona muestreada.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	0.51	0.60	2.70	2.82	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.67%	Muestradas 423,000.00
Hana o Berna oriente	0.62	0.30	4.65	2.84	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 0.56%	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2,854.10
Inter-mareas oriente	0.60	0.80	1.10	2.79	FeOTiO <sub>2</sub> 2.99%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 2,368.80
Cocal Manglar poniente	0.75	0.31	2.15	2.90	Densidad 2.82	FeOTiO <sub>2</sub> 12,047.70
Hana o Berna poniente	0.82	0.58	4.65	2.84		
Inter-mareas poniente	0.75	0.31	2.74	2.74		

AGOSTO DE 1931

En el mes de agosto, los 5 Km de playa muestreados en Chillicopec fueron como otras veces, obrando con las 33 muestras o conjuntos que representaron 2 Km del oriente y 3 del poniente de la zona muestreada, siendo esta la última visita.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOFeO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	2.15	0.44	3.20	2.8	FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1.63%	Muestreada 417,000.00
Duna o Berna oriente	1.22	0.26	1.10	2.8	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 0.82%	FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 6,797.10
Inter- Mareas oriente	0.84	0.54	1.80	2.68	FeOFeO <sub>2</sub> 2.47%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 3,419.40
Cocal o Manglar poniente	2.80	1.00	4.43	2.85	Densidad 2.73	FeOFeO <sub>2</sub> 10,399.90
Duna o Berna poniente	1.40	1.80	1.80	2.86		
Inter- Mareas poniente	1.35	0.88	2.50	2.70		

PUNTA BUEY

NOVIEMBRE DE 1980

Punta Buey. La estación se muestreó tomando las muestras de 3 en 3 a unos 10 m separadas una de otra, tratando de colocarlas en línea perpendicular a la orilla del mar, cada una fue tomada en los ambientes de cocal o manglar, duna o berma y en la zona de intermareas. Esta operación fue repetida cada 250 m a lo largo de 4 Km de playa, a cada ambiente correspondieron 17 muestras tomándose un total de 51. En el mes de noviembre de 1980 con las 51 muestras se formaron 9 compósitos que representaron 3 de ellos a 300 m, 3 a 1 Km y los 3 compósitos restantes a 2,5 Km. Oriente parte intermedia y poniente respectivamente de la playa muestreada. Además, se tomaron 3 muestras marinas a 1, 2 y 3 Km distantes de la playa mar adentro. (Fig. 16).

RESULTADOS

Ambiente	%FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	2.03	1.49	8.77	2.82	FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Muestreadas
Duna o Berma oriente	0.81	11.69	3.58	2.96	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Intermareas oriente	1.82	9.65	4.21	2.82	FeOTiO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>
Cocal o Manglar intermedio	1.42	8.86	3.43	2.70	Densidad	FeOTiO <sub>2</sub>
Duna o Berma intermedio	1.42	7.97	4.54	2.70		
Intermareas intermedio	0.81	9.38	5.94	2.75		
Cocal o Manglar poniente	1.21	0.07	9.40	2.69		
Duna o Berma poniente	2.43	11.62	14.86	2.83		
Intermareas poniente	0.40	0.14	2.50	2.68		

MARINAS

Distancia a la playa

1 Km	1.20	1.11	1.77	2.66
2 Km	1.30	1.02	1.52	2.62
3 Km	1.00	1.02	1.25	2.53

DICIEMBRE DE 1980

En el mes de diciembre de Punta Buoy se colectó el mismo número de muestras tomadas de manera análoga a las del mes anterior, formándose 9 compósitos que representaron 2 Km del oriente 1 Km de la porción media y 1 Km del poniente de los 4 Km muestreados, además se tomaron 3 muestras marinas a 500, 2000 y 2500 metros distantes de la playa.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	1.16	0.00	0.21	2.75	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1.371	Muestreadas 346,800.00
Duna o Berma oriente	1.37	0.89	0.19	2.95	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 2.304	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 4,751.16
Inter-mareas oriente	0.00	0.00	0.09	2.75	FeOTiO <sub>2</sub> 3.041	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 7,976.40
Cocal o Manglar intermedia	3.56	0.85	8.14	3.17	Densidad 2.89	FeOTiO <sub>2</sub> 10,542.72
Duna o Berma intermedia	0.79	3.93	6.14	3.28		
Inter-mareas intermedia	2.18	4.79	4.17	2.91		
Cocal o Manglar poniente	1.00	1.75	4.38	2.81		
Duna o Berma poniente	1.28	4.97	1.57	2.75		
Inter-mareas poniente	1.00	3.57	2.47	2.71		

MARINAS

Distancia a la playa			
500 m	1.29	1.63	1.76
2000 m	1.20	1.53	1.51
2500 m	1.19	1.12	1.25

ENERO DE 1981

En enero de 1981, la playa de Punta Buoy fue muestreada como anteriormente se hizo, representando a cada uno de los 3 ambientes 17 muestras haciendo un total de 51. Con ellas se formaron 9 compósitos para presentar 1, 1 y 2 km, del oriente parte intermedia y poniente respectivamente en los 4 Km de playa. Se tomó además una muestra de un huerto de palmas adyacente a la zona y distante es ésta 150 m.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	1.58	2.89	5.39	2.85	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2.55	Muestreadas 326,400.00
Duna o Berma oriente	1.00	2.65	4.61	2.79	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 1.934	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,323.20
Inter-mareas oriente	0.50	3.62	3.38	2.58	FeOTiO <sub>2</sub> 3.914	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 6,299.52
Cocal o Manglar intermedia	1.19	3.80	4.08	2.85	2.72	FeOTiO <sub>2</sub> 12,762.24
Duna o Berma intermedia	1.00	0.57	4.79	2.90		
Inter-mareas intermedia	1.81	0.72	4.12	2.65		
Cocal o Manglar poniente	4.54	1.05	3.92	2.68		
Duna o Berma poniente	5.25	1.05	2.72	2.61		
Inter-mareas poniente	6.16	1.10	2.26	2.62		

HUERTO ADYACENTE

6.16	1.03	3.21	2.76
------	------	------	------

FEBRERO DE 1981

En el mes de febrero el muestreo en Punta Bucy siguió el mismo patrón colectándose 17 muestras para cada uno de los 3 ambientes, haciendo en total 51, con las que se formaron 9 compósitos que representaron 1, 2 y 1 km de la parte oriente, media y poniente de los 4 Km longitudinales de playa.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	2.38	9.10	3.79	2.98	1.51%	332,400.00
Duna o Berma oriente	2.79	8.8	4.45	2.94	3.31%	5,019.24
Intermareas oriente	2.08	4.79	3.82	2.73	4.32%	11,002.44
Cocal o Manglar intermedia	1.29	1.15	5.64	2.87	2.77	14,359.68
Duna o Berma	1.30	1.73	3.38	2.70		
Intermareas	0.99	0.91	6.59	2.70		
Cocal o Manglar poniente	0.70	1.10	3.38	2.65		
Duna o Berma poniente	1.10	1.05	3.72	2.79		
Intermareas poniente	0.99	1.20	3.15	2.65		

En marzo de 1981 no hubo muestreo en la Estación Punta Bucy.

ABRIL DE 1981

En abril el muestreo fue similar a las veces anteriores, 17 muestras por hilera de cada uno de los 3 ambientes, hasta colectar 51. Con las muestras se formaron 9 compósitos que representaron 1, 1 y 2 Km de la porción oriente, media y poniente respectivamente de los 4 km de playa.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	1.21	0.03	2.88	2.73	1.12	338,400.00
Duna o Berma oriente	0.81	0.80	2.65	2.74	0.15%	3,722.40
Intermareas oriente	1.11	0.03	2.5	2.73	3.87%	507.60
Cocal o Manglar intermedia	1.92	0.03	7.3	3.00	2.82%	13,096.03
Duna o Berma intermedia	1.71	0.47	6.07	3.12		
Intermareas intermedia	0.51	0.03	1.35	2.71		
Cocal o Manglar poniente	0.61	0.03	2.73	2.76		
Duna o Berma poniente	0.91	0.65	4.25	2.82		
Intermareas poniente	1.11	0.03	4.18	2.82		

MAYO DE 1981

En la visita del mes de mayo se notaban las aguas marinas más claras que en otras ocasiones a pesar de la influencia del Río Grijalva. La parte oriente de la zona de muestreo se encontraba invadida por aguas marinas llegando estas hasta las huertas de cocos desapareciendo la playa que nuevamente se ensanchaba hacia el poniente. Siguiendo el mismo patrón, se colectaron 51 muestras a través de 4 km de playa y con ellas se formaron 6 compósitos que representaron 2 y 2 km del oriente y del poniente respectivamente. Además se muestreo un lote adyacente de 2 km de longitud paralelos a la playa, en este lote se tomaron muestras a cada 250 m de longitud y 300 m de ancho a cada 100 m longitudinales procurando que estas pertenecieran a una recta perpendicular a la playa, formando una área recorrida por 3 líneas paralelas separadas 100 m una de otra y 2 km de longitud. Así se tuvo la línea norte más cercana a la playa, la centro paralela a la norte a 100 m de distancia y la sur paralela a la centro a 100 m, de distancia.

RESULTADOS

Ambiente	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	1.63	0.26	1.14	2.57	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1.85%	Muestreadas 322,800.00
Duna o Berma oriente	1.31	0.12	5.31	2.8	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 0.34%	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5,971.80
Inter-Mareas oriente	1.31	0.12	5.31	2.8	FeOTiO <sub>2</sub> 3.35	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 1,097.52
Cocal o Manglar poniente	2.42	0.41	5.5	2.8	2.69	10,813.80
Duna o Berma poniente	2.22	0.41	1.71	2.57		
Inter-Mareas poniente	1.81	0.48	5.13	2.65		

LOTE ADYACENTE

Línea	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc
Línea Norte	1.51	0.18	3.61	2.55
Línea Centro	2.12	0.15	1.33	2.53
Línea Sur	2.22	0.1	1.52	2.55

JUNIO DE 1981

Como en otras visitas, en el mes de junio se tomaron de Punta Huey 51 muestras con las que se formaron 6 compósitos para representar 1 y 3 kilómetros del oriente y poniente respectivamente de la zona muestreada. Además 4 muestras marinas distantes una de otra 1 Km y a 700 m de la playa mar adentro, con ellas se preparó un solo compósito.

RESULTADOS

Ambiente	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	2.76	0.33	2.60	2.82	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1.99%	Muestreadas 336,000.00
Duna o Berma oriente	3.6	0.8	2.92	2.84	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 0.41%	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 6,686.40
Inter-Mareas oriente	1.8	0.33	2.39	2.77	FeOTiO <sub>2</sub> 3.96%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 1,377.00
Cocal o Manglar poniente	1.01	0.33	5.31	2.80	Densidad 2.8	FeOTiO <sub>2</sub> 13,305.60
Duna o Berma poniente	1.02	0.35	7.30	2.77		
Inter-Mareas poniente	1.8	0.33	3.25	2.82		

MARINAS

	1.11	0.21	3.24	2.6
--	------	------	------	-----

JULIO DE 1981

En julio, siguiendo la forma usual, de Punta Buoy se tomaron las 51 muestras con que se prepararon 6 compósitos que representaron a 1 y 3 Km. del oriente y poniente respectivamente de la zona muestreada.

RESULTADOS

Ambiente	$\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$	$\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$	$\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	1.54	1.07	3.20	2.8	$\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ 1.56%	Muestradas 333,600.00
Duna o Berma oriente	2.54	2.54	6.00	2.86	$\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ 1.09%	$\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ 5,204.16
Inter-Mareas oriente	0.95	0.9	2.08	2.69	$\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ 4.03%	$\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ 3,636.24
Cocal o Manglar poniente	1.08	0.54	4.18	2.82	Densidad 2.78%	$\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ 13,444.08
Duna o Berma poniente	2.18	0.88	6.32	2.82		
Inter-Mareas poniente	1.08	0.66	2.40	2.7		

AGOSTO DE 1981

En el mes de agosto, de Punta Buoy se tomó el mismo número de muestras de 3 en 3 m cada 250 m como anteriormente se hizo hasta recorrer 4 Km de playa. Con las 51 muestras se formaron 6 compósitos representando 1 y 3 Km del oriente y poniente respectivamente de la zona muestreada, siendo esta la última visita.

RESULTADOS

Ambiente	$\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$	$\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$	$\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	1.70	0.21	6.45	2.76	$\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ 1.68%	Muestradas 331,200.00
Duna o Berma oriente	2.87	0.63	3.97	2.82	$\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ 0.61%	$\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ 5,564.16
Inter-Mareas oriente	1.00	0.35	2.15	2.69	$\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ 4.16%	$\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ 2,020.32
Cocal o Manglar poniente	1.15	0.42	4.89	2.75	Densidad 2.76	$\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ 13,777.92
Duna o Berma poniente	2.30	1.4	4.15	2.82		
Inter-Mareas poniente	1.10	0.7	3.40	2.72		

BOQUERON  
NOVIEMBRE DE 1980

La estación playa Boquerón se muestreó a través de 5 Km longitudinales, tomándose las muestras de 3 en 3 a cada 500 m; una muestra por ambiente; Fig. 16 sumando en total 13, con ellas se formaron 6 compósitos; 3 para representar 2 Km del oriente y el resto para representar 3 Km del poniente de la zona muestreada.

Esta técnica, se trató de repetir en cada una de las visitas, en éste mes se tomó una muestra marina a 1 Km distante de la playa.

RESULTADOS

Ambiente	XFeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	XZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	XFeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	9.34	0.14	15.04	3.7	FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 4.96%	Huestreadas 433,500.00
Duna o Berma oriente	1.42	4.54	9.40	2.96	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 3.63%	FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 21,501.60
Inter-Mareas oriente	3.05	0.07	5.39	2.68	FeOTiO <sub>2</sub> 10.25%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 15,736.05
Cocal o Manglar poniente	10.16	11.17	19.73	3.12	Densidad 2.89	FeOTiO <sub>2</sub> 44,433.75
Duna o Berma poniente	3.75	2.6	5.64	2.74		
Inter-Mareas poniente	2.03	3.28	6.32	2.78		

MARINAS

Distancia				
1 Km.	1.01	0.70	1.88	2.40

DICIEMBRE DE 1980

Siguiendo el mismo patrón, en el mes de diciembre se tomaron de Boquerón al mismo número de muestras formándose 6 compósitos que representaron 2 y 3 Km del oriente y poniente respectivamente, 2 muestras en una huerta adyacente de la zona muestreada más 2 muestras marinas a 500 m. y 2 Km mar adentro de la playa.

RESULTADOS

Ambiente	XFeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	XZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	XFeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	3.96	2.96	6.10	2.97	FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 4.33%	Huestreadas 450,000.00
Duna o Berma oriente	4.95	0.77	0.40	2.95	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 2.07%	FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 19,485.00
Inter-Mareas oriente	1.26	0.00	0.11	2.74	FeOTiO <sub>2</sub> 1.31%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 9,315.00
Cocal o Manglar poniente	6.34	3.45	0.43	3.23	Densidad 3.00	FeOTiO <sub>2</sub> 5,895.00
Duna o Berma poniente	7.72	5.24	0.62	3.26		
Inter-Mareas poniente	1.80	0.00	0.20	2.9		

HUERTA ADYACENTE

oriente	1.81	0.00	0.17	2.69
poniente	2.64	0.53	0.20	2.80

MARINAS

500 m.	1.80	0.00	1.88	2.60
2 Km.	2.64	0.53	1.75	2.55

ENERO DE 1981

El muestreo, el número de muestras, los compósitos que con ellas se formaron y las áreas de playa que estos representaron, fueron en la visita de enero iguales a los de los meses anteriores.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	10.60	2.74	10.25	2.85	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8.78%	Muestreadas 438,000.00
Duna o Berma oriente	13.13	1.79	6.64	2.71	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 4.5%	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 38,456.4
Inter-Mareas oriente	14.64	1.81	4.46	2.64	FeOTiO 8.38%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 19,710.00
Cocal o Manglar poniente	3.46	6.13	9.13	3.18	Densidad 2.92	FeOTiO <sub>2</sub> 36,704.40
Duna o Berma poniente	5.09	6.14	10.15	3.00		
Inter-Mareas poniente	5.80	8.39	9.64	3.16		

FEBRERO DE 1981

En febrero no hubo ninguna variante en el muestreo, con respecto a las veces anteriores.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	1.7	1.44	7.61	2.64	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3.73%	Muestreadas 421,500.00
Duna o Berma oriente	4.0	3.69	2.77	3.39	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 3.39	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 15,721.95
Inter-Mareas oriente	2.9	4.02	7.27	2.70	FeOTiO <sub>2</sub> 10.22	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 14,288.85
Cocal o Manglar poniente	4.3	4.44	8.13	2.9	Densidad 2.81	FeOTiO <sub>2</sub> 43,077.30
Duna o Berma poniente	4.9	4.69	15.18	2.95		
Inter-Mareas poniente	4.6	2.11	15.00	2.90		

MARZO DE 1981

En la siguiente visita en marzo, de la misma manera se tomaron las 33 muestras formándose con ellas 9 compósitos que representaron 2, 1 y 2 Km, del oriente, parte media y poniente respectivamente de la zona muestreada.

RESULTADOS

Ambiente	XFeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	XZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	XFeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o					FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Muestreadas
Hanglar oriente	4.95	3.39	14.81	3.16	2.38%	427,500.00
Duna o Berma oriente	3.03	8.20	6.77	2.92	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 4.93	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 10,174.50
Inter-Mareas oriente	0.81	5.81	5.07	2.63	FeOTiO <sub>2</sub> 9.08%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 21,075.75
Cocal o					Densidad	FeOTiO <sub>2</sub>
Hanglar Intermedia	1.81	7.20	6.03	2.71	2.85	38,817.00
Duna o Berma intermedia	1.71	0.67	5.07	2.64		
Inter-Mareas intermedia	1.91	0.30	3.99	2.60		
Cocal o						
Hanglar poniente	1.81	5.48	17.30	3.18		
Duna o Berma poniente	3.03	5.24	15.21	3.13		
Inter-Mareas poniente	2.42	8.11	7.5	2.73		

ABRIL DE 1981

En abril se tomaron las 33 muestras de la playa y de forma usual, se formaron 9 compósitos que representaron 2, 1 y 2 Km del oriente, parte media y poniente respectivamente de la zona muestreada.

RESULTADOS

Ambiente	XFeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	XZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	XFeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o					FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Muestreadas
Hanglar oriente	1.05	1.55	7.20	2.97	3.14	441,000.00
Duna o Berma oriente	4.54	2.26	5.7	3.24	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 2.71	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 13,847.40
Inter-Mareas oriente	1.51	2.98	1.63	2.67	FeOTiO <sub>2</sub> 4.84	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 11,931.10
Cocal o					Densidad	FeOTiO <sub>2</sub>
Hanglar media	4.54	3.34	9.12	1.97	2.94	21,344.40
Duna o Berma media	5.95	5.96	7.60	3.40		
Inter-Mareas media	1.24	5.91	1.40	2.60		
Cocal o						
Hanglar poniente	4.74	1.78	5.70	3.10		
Duna o Berma poniente	3.43	0.41	3.6	2.85		
Inter-Mareas poniente	1.31	0.23	1.63	2.7		

MAYO DE 1981

De la misma forma en el mes de mayo se tomaron las 33 muestras formando 6 compósitos que representaron 2 y 3 Km. del oriente y poniente de la zona muestreada en Buquerón.

RESULTADOS

Ambiente	XFeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	XZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	XFeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	3.23	2.60	7.60	2.93	4.00Z	421,500.00
Duna o Berma oriente	4.54	2.53	13.67	2.92	1.34	16,860.00
Inter-Mareas oriente	3.33	0.57	5.32	2.60	9.36Z	5,648.10
Cocal o Manglar poniente	4.64	0.12	14.02	2.97	2.81	39,452.40
Duna o Berma poniente	6.26	1.16	12.53	2.82		
Inter-Mareas poniente	2.02	1.10	2.47	2.65		

JUNIO DE 1981

En junio no hubo alteración alguna en el muestreo con respecto a la visita anterior.

RESULTADOS

Ambiente	XFeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	XZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	XFeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	2.52	0.96	1.23	2.74	2.73Z	420,000.00
Duna o Berma oriente	3.10	1.26	1.42	2.97	0.89	11,466.00
Inter-Mareas oriente	1.75	0.35	0.85	2.60	2.29Z	3,738.00
Cocal o Manglar poniente	2.75	1.08	1.36	3.06	2.8	9,618.00
Duna o Berma poniente	3.80	1.22	7.02	3.16		
Inter-Mareas poniente	2.5	0.50	1.9	2.70		

JULIO DE 1981

El muestreo en el mes de julio se considera igual a los dos últimos principalmente, se formaron 6 compósitos con las 33 muestras y representaron 2 y 3 Km, de oriente y poniente respectivamente.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	3.20	1.64	5.41	3.00	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3.93%	Muestreadas 441,000.00
Duna o Berma oriente	4.8	1.61	9.55	2.97	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 2.08%	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 17,331.30
Inter-Mareas oriente	2.35	1.10	4.30	2.70	FeOTiO <sub>2</sub> 7.58%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 9,172.80
Cocal o Manglar poniente	4.00	2.95	9.15	3.16	Densidad 2.94	FeOTiO <sub>2</sub> 33,427.8
Duna o Berma poniente	6.08	3.70	14.3	3.14		
Inter-Mareas poniente	3.15	1.50	2.80	2.70		

AGOSTO DE 1981

El último muestreo a Boquerón fué en agosto, tanto en el muestreo como los compósitos formados y las áreas que estos representaron, fueron iguales a los de los 3 meses anteriores.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	7.26	0.27	12.32	2.98	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3.84%	Muestreadas 433,500.00
Duna o Berma oriente	1.30	0.68	5.34	2.82	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 0.77%	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 16,646.4
Inter-Mareas oriente	1.94	0.81	3.10	2.65	FeOTiO <sub>2</sub> 7.53	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 3,337.95
Cocal o Manglar poniente	7.16	0.44	14.10	3.10	Densidad 2.89	FeOTiO <sub>2</sub> 32,642.55
Duna o Berma poniente	4.00	1.32	6.08	2.95		
Inter-Mareas poniente	1.50	1.10	4.24	2.88		

## LA UVITA

La Uvita, a diferencia de las estaciones anteriores en la Uvita, localizada en el Estado de Casapcha cerca de la desembocadura del Río San Pedro. San Pablo, la operación del muestreo comenzó por el extremo poniente con dirección al oriente.

La longitud de playa muestreada fue de 4 Km. siendo esta ancha en el comienzo con una invasión marina al término de los 4 Km. Este fenómeno de pequeñas regresiones y transgresiones es frecuente en estas playas. Las muestras se tomaron de 3 en 3 una para cada ambiente que como en los muestreos anteriores fue cocal o manglar, correspondiente a la línea paralela a la orilla del mar en el lugar en que comienza a nacer la vegetación, a unos 10 m otra paralela representada por la Duna o Berma, a unos 10 m de esta, se tomó la tercera muestra en la zona de intormareas, siendo esta en algunas ocasiones bajo un pequeño tirante de agua marina. Se procuró que estas 3 muestras estuvieran en una recta perpendicular a la línea de playa en ese punto, repitiéndose la operación a cada 250 m correspondió a 17 el número de muestras por línea ambiental siendo en total 51 (Fig. 16).

## NOVIEMBRE DE 1980

En noviembre de 1980 fué la primera visita, se tomaron 51 muestras formando con ellas 3 compósitos, para representar a cada uno de los ambientes.

### RESULTADOS

Ambiente	XFeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	XZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	XFeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o					FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Muestreadas
Manglar	8.32	0.07	5.08	2.91	4.82	350,400.00
Duna o					ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Berma	3.05	1.49	10.18	2.92	0.831	16,819.20
Inter-					FeOTiO <sub>2</sub>	ZrOSiO <sub>2</sub>
Mareas	3.05	0.95	13.06	2.93	9.442	2,908.32
					Densidad	FeOTiO <sub>2</sub>
					2.92	33,077.74

DICIEMBRE DE 1980

En diciembre, la estación La Uvita se muestreó con bastante apego a la vez anterior añadiendo únicamente 2 muestras marinas tomadas a 500, 2000 m, mar adentro distantes de la playa.

RESULTADOS

Ambiente	IFeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	IZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	IFeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar	1.88	2.38	13.78	3.16	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2.40	Muestradas 368,400.00
Duna o Berma	3.86	7.09	15.35	3.19	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 6.06%	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,841.60
Inter-Mareas	1.48	8.71	6.27	2.88	FeOTiO <sub>2</sub> 11.80%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 22,325.04
					Densidad 3.07	FeOTiO <sub>2</sub> 43,471.20

MARINAS

500 m.	0.99	3.94	1.25	2.61
2000 m.	0.59	2.57	1.57	2.14

ENERO DE 1981

En el mes de enero durante la tercera visita, el muestreo y los compósitos que se formaron siguieron la misma técnica que las veces anteriores. En lo que a la playa se refiere, ésta presentaba grandes ostragos debido al invierno, observándose que la capa arenosa se ha cía muy delgada dejando al descubierto un depósito arcilloso de antigüedad anterior, viéndose además en algunos lugares el mar invadiendo la vegetación de mangla tan reciente ásto que restos de esos vegetales se encontraban permanentemente en la zona marina.

RESULTADOS

Ambiente	IFeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	IZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	IFeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar	4.65	7.22	11.58	3.00	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 4.05%	Muestradas 351,600.00
Duna o Berma	4.55	6.25	8.52	3.00	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 6.12%	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 14,239.80
Inter-Mareas	2.97	4.90	4.7	2.80	FeOTiO <sub>2</sub> 8.26%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 21,517.92
					Densidad 2.93	FeOTiO <sub>2</sub> 29,042.16

FEBRERO DE 1981

En el mes de febrero, el muestreo fué igual a las veces anteriores Gni casente el número de compósitos varió a 6, con ellas se representaron 1 Km de oriente y 3 Km del poniente de la zona muestreada.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	3.22	1.53	8.00	2.71	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3.01%	Muestruadas 327,600.00
Duna o Berma oriente	3.21	1.74	8.40	2.82	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 1.11%	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 9,860.76
Inter-Mareas oriente	3.11	0.68	7.04	2.65	FeOTiO <sub>2</sub> 8.21%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 3,636.36
Cocal o Manglar poniente	3.53	1.04	10.60	2.79	Densidad 2.73%	FeOTiO <sub>2</sub> 26,895.96
Duna o Berma poniente	2.62	0.86	7.75	2.78		
Inter-Mareas poniente	2.40	0.86	7.50	2.67		

MARZO DE 1981

La siguiente visita correspondió al mes de marzo, tanto el muestreo los compósitos formados y las áreas que ellos representaron fueron iguales a los del mes anterior.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	0.3	1.59	6.93	2.77	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1.46%	Muestruadas 334,800.00
Duna o Berma oriente	1.72	1.44	3.21	2.87	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 3.20%	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 4,888.08
Inter-Mareas oriente	1.21	0.16	2.75	2.68	FeOTiO <sub>2</sub> 4.74%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 10,713.60
Cocal o Manglar poniente	1.22	2.98	3.87	3.04	Densidad 2.79	FeOTiO <sub>2</sub> 15,869.52
Duna o Berma poniente	1.82	6.18	5.68	2.79		
Inter-Mareas poniente	2.52	6.88	6.02	2.64		

ABRIL DE 1981

El siguiente muestreo que correspondió a abril, además de la playa en que se repitió la misma acción de los 2 meses últimos anteriores, se muestreó un lote adyacente de 3 km de largo paralelo a la playa y 300 m de ancho. Tomadas a cada 250 m de longitud y 100 m de anchura las muestras, fueron 36 y con ellas se formaron 3 compósitos.

El compósito de la línea norte formada por 12 muestras tomadas longitudinalmente más cercanas a la playa, la línea central, formada con las 12 muestras distantes 100 m de las primeras y la línea sur con las 12 restantes.

RESULTADOS

Ambiente	$2\text{FeOCr}_2\text{O}_3$	$\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$	$2\text{FeOTiO}_2$	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	4.14	.143	5.12	2.81	$\text{FeOCr}_2\text{O}_3$ 3.112	Muestreadas 339,600.00
Duna o Berma oriente	4.34	0.41	5.70	2.97	$\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$ 0.811	$\text{FeOCr}_2\text{O}_3$ 10,561.56
Inter- Mareas oriente	1.01	0.27	1.63	2.68	$\text{FeOTiO}_2$ 3.952	$\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$ 2,750.76
Cocal o Manglar poniente	3.93	1.13	4.82	2.90	Densidad 2.83	$\text{FeOTiO}_2$ 13,414.20
Duna o Berma poniente	4.04	1.46	5.12	2.95		
Inter- Mareas poniente	1.21	0.21	1.32	2.68		

LOTE ADYACENTE

Línea norte	1.51	0.71	1.35	2.50
Línea central	1.11	0.55	0.95	2.57
Línea sur	1.61	0.55	0.94	2.52

MAYO DE 1981

En el mes de mayo, el muestreo, los compósitos formados y las áreas que éstos representarán en la playa La Uvita, fueron como los de la visita anterior.

RESULTADOS

Ambiente	$2\text{FeOCr}_2\text{O}_3$	$\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$	$2\text{FeOTiO}_2$	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	3.13	1.20	6.83	2.84	$\text{FeOCr}_2\text{O}_3$ 2.552	Muestreadas 331,200.00
Duna o Berma oriente	3.64	1.63	8.83	2.77	$\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$ 0.972	$\text{FeOCr}_2\text{O}_3$ 8,445.00
Inter- Mareas oriente	1.72	0.20	3.34	2.65	$\text{FeOTiO}_2$ 6.132	$\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$ 3,212.64
Cocal o Manglar poniente	1.92	0.67	4.25	2.73	Densidad 2.76	$\text{FeOTiO}_2$ 20,302.56
Duna o Berma poniente	2.56	0.77	8.73	2.82		
Inter- Mareas poniente	2.34	1.37	6.84	2.79		

JUNIO DE 1981

Igualmente en el mes de junio, se tomaron las 51 muestras, se prepararon 6 compósitos y éstos representaron 1 y 3 Km, del oriente y poniente respectivamente de la playa muestreada

RESULTADOS

Ambiente	%FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	2.60	0.7	3.10	2.94	FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1.48%	Muestradas 342,000.00
Duna o Berma oriente	2.70	0.58	2.23	2.73	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 0.71%	FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 11,901.60
Inter-Mareas oriente	3.60	0.90	3.70	2.97	FeOTiO <sub>2</sub> 3.33%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 2,428.20
Cocal o Manglar poniente	3.83	0.82	3.20	2.94	Densidad 2.85	FeOTiO <sub>2</sub> 11,388.60
Duna o Berma poniente	5.00	0.77	3.90	2.85		
Inter-Mareas poniente	3.15	0.52	1.90	2.68		

JULIO DE 1981

El muestreo correspondiente a la visita de julio, en todos los aspectos se considera igual a la anterior de junio.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	26.3	0.76	6.05	2.99	FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2.46%	Muestradas 357,600.00
Duna o Berma oriente	2.83	0.89	7.10	3.00	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 0.92%	FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,796.36
Inter-Mareas oriente	2.15	0.78	4.80	2.87	FeOTiO <sub>2</sub> 6.40%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 3,280.92
Cocal o Manglar poniente	2.47	0.88	6.90	3.00	Densidad 2.98	FeOTiO <sub>2</sub> 22,884.40
Duna o Berma poniente	2.74	1.43	7.92	3.15		
Inter-Mareas poniente	1.95	0.80	5.65	2.87		

AGOSTO DE 1981

La última visita para su muestreo en la estación La Uvita, fué en el mes de agosto. El número de muestras, los compósitos que con ellas se formaron y las áreas que estas representaron, fueron iguales a las de las 6 últimas visitas.

RESULTADOS

Ambiente	%FeCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	6.16	1.00	12.00	2.86	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3.91%	Muestreadas 338,400.00
Duna o Berma oriente	4.70	2.70	6.03	3.00	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 1.28%	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 13,231.44
Inter- Mareas oriente	2.10	0.73	3.18	2.72	FeOTiO <sub>2</sub> 6.27%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 4,331.52
Cocal o Manglar poniente	5.30	1.00	9.38	2.88	Densidad 2.82	FeOTiO <sub>2</sub> 21,217.68
Duna o Berma poniente	3.44	1.80	4.65	2.80		
Inter- Mareas poniente	1.80	0.50	2.38	2.70		

PUNTA EMILIANO ZAPATA  
DICIEMBRE DE 1980

Punta Emiliano Zapata. La estación Emiliano Zapata, tuvo su primer muestreo en el mes de diciembre de 1980, debido a que las inundaciones no permitieron llegar a ella en el mes anterior. Se muestreó la playa en 5 Km longitudinales, tomándose las muestras de 3 en 3 a cada 500 m, una muestra por cada ambiente como en las estaciones anteriores. Se colectaron 33 muestras de plays y 2 marinas tomadas éstas a 500 y 2000 m distantes de la playa, con las 33 muestras se formaron 6 compósitos que representan 2 y 3 Km, de oriente y poniente respectivamente de la zona muestreada, (Fig. 16).

RESULTADOS

Ambiente	$\text{FeOCr}_2\text{O}_3$	$\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$	$\text{FeOTiO}_2$	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Coccol o Manglar oriente	2.17	3.64	3.64	2.72	$\text{FeOCr}_2\text{O}_3$ 2.882	Muestreadas 436,500.00
Duna o Berma oriente	2.77	2.34	5.58	2.93	$\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$ 4.792	$\text{FeOCr}_2\text{O}_3$ 12,571.20
Inter-Mareas oriente	1.98	10.78	2.82	2.75	$\text{FeOTiO}_2$ 7.231	$\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$ 20,909.35
Coccol o Manglar poniente	2.77	4.82	1.94	2.73	Densidad .2.91	$\text{FeOTiO}_2$ 31,558.95
Duna o Berma poniente	3.76	4.07	15.04	3.34		
Inter-Mareas poniente	3.86	3.11	14.41	2.99		

MARINAS

500 m.	1.78	2.71	7.20	2.90
2 Km.	.40	1.18	1.31	1.57

ENERO DE 1981

En la segunda visita, el muestreo en la playa de Punta Emiliano Zapata fue como el anterior, tomándose además 3 muestras marinas a 1 Km distantes de la playa separadas una de otra 1.5 Km, y una muestra en el manglar adyacente.

RESULTADOS

Ambiente	$\text{FeOCr}_2\text{O}_3$	$\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$	$\text{FeOTiO}_2$	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Coccol o Manglar oriente	1.98	4.50	3.85	2.80	$\text{FeOCr}_2\text{O}_3$ 1.792	Muestreadas 427,500.00
Duna o Berma oriente	2.67	4.81	9.15	2.86	$\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$ 2.992	$\text{FeOCr}_2\text{O}_3$ 7,662.25
Inter-Mareas oriente	1.48	4.81	6.13	2.80	$\text{FeOTiO}_2$ 6.05	$\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$ 12,787.25
Coccol o Manglar poniente	0.44	0.30	2.28	2.65	Densidad 2.85	$\text{FeOTiO}_2$ 28,428.75
Duna o Berma poniente	2.39	2.10	10.63	3.16		
Inter-Mareas poniente	1.78	1.43	7.88	2.86		

Distancia a la Playa 1 Km. MARINAS

Muestra de oriente	1.90	1.80	8.65	2.60
Muestra Central	2.00	2.00	7.30	2.73
Muestra de poniente	1.95	1.97	8.65	2.75

DEL MANGLAR

0.83	0.83	3.64	2.73
------	------	------	------

FEBRERO DE 1981

La tónica en el muestreo, el número de compósitos y las áreas que estas representaron, fueron para el mes de febrero iguales a las que se hicieron en la playa las dos visitas anteriores, tomándose además 3 muestras en una huerta de cocos adyacente a la zona de muestreo y con estas se foró un solo compósito.

RESULTADOS

Ambiente	IFeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	IZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	IFeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Tonuladas
Cocal o Manglar oriente	2.5	1.22	4.34	2.8	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1.90%	Muestreadas 420,000.00
Duna o Berma oriente	1.40	0.52	4.00	2.67	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 1.38%	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 7,980.00
Inter-Mareas oriente	1.00	0.3	1.69	2.61	FeOTiO <sub>2</sub> 7.24%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 5,796.00
Cocal o Manglar poniente	2.10	2.86	16.24	3.16	Densidad 2.80	FeOTiO <sub>2</sub> 30,408.00
Duna o Berma poniente	2.40	1.74	12.01	2.90		
Inter-Mareas poniente	2.00	1.66	5.16	2.68		

HUERTA ADYACENTE

1.70      1.65      10.37      2.82

MARZO DE 1981

El muestreo correspondiente a este mes no vario con respecto de anteriores

RESULTADOS

Ambiente	IFeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	IZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	IFeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Tonuladas
Cocal o Manglar oriente	1.11	0.46	3.77	2.73	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.64%	Muestreadas 415,000.00
Duna o Berma oriente	0.40	0.35	1.86	2.70	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 0.76%	FeOCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2,649.60
Inter-Mareas oriente	0.81	0.77	3.49	2.65	FeOTiO <sub>2</sub> 4.32	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 3,146.40
Cocal o Manglar poniente	0.87	0.59	1.97	2.67	Densidad 2.76	FeOTiO <sub>2</sub> 17,884.80
Duna o Berma poniente	0.40	1.93	9.08	3.12		
Inter-Mareas poniente	0.30	0.49	5.75	2.70		

ABRIL DE 1981

La operación, tanto del muestreo como los compósitos formados y las áreas que éstos representaron en el mes de abril, fue igual a como se hizo anteriormente.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	1.82	0.03	3.50	2.73	FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1.86%	Muestreadas 430,500.00
Duna o Berma oriente	2.42	0.90	4.86	2.84	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 2.00%	FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,007.30
Inter-Mareas oriente	4.6	2.78	2.28	2.71	FeOTiO <sub>2</sub> 5.95%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 8,610.00
Cocal o Manglar poniente	0.00	2.80	4.94	2.74	Densidad 2.87	FeOTiO <sub>2</sub> 25,614.75
Duna o Berma poniente	0.00	3.93	15.95	3.42		
Inter-Mareas poniente	2.32	1.56	4.18	2.80		

MAYO DE 1981

En el mes de mayo, lo referente al muestreo, formación de compósitos y áreas que éstos representaron, no experimentaron cambios respecto a los efectuados en la playa en los meses anteriores. La característica de esta visita fue que en la parte oriental la playa bastante ancha, se volvía angosta rumbo al oeste, a tal grado que en partes desaparecía por invasión del manglar por aguas marinas -- volviendo a aparecer después de tramos cortos.

RESULTADOS

Ambiente	%FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	%FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	1.71	0.42	4.71	2.63	FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2.87%	Muestreadas 408,000.00
Duna o Berma oriente	2.22	0.74	5.24	2.70	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 0.79%	FeOcr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 11,709.40
Inter-Mareas oriente	1.62	0.17	2.34	2.64	FeOTiO <sub>2</sub> 5.86%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 3,223.10
Cocal o Manglar poniente	3.33	0.17	3.49	2.68	Densidad 2.72	FeOTiO <sub>2</sub> 23,908.00
Duna o Berma poniente	6.26	2.62	14.71	3.03		
Inter-Mareas poniente	2.12	0.64	4.71	2.67		

JUNIO DE 1981

Igualmente sin cambio alguno, fue la colecta correspondiente a junio.

RESULTADOS

Ambiente	FeCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o					FeCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Muestreadas
Manglar oriente	1.87	0.77	2.44	2.68	1.96%	420,000.00
Duna o					ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	FeCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Berme oriente	2.10	1.19	3.28	2.76	0.97%	8,232.00
Inter- Mareas oriente	1.27	0.83	1.85	2.65	FeOTiO <sub>2</sub> 4.01%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 4,074.00
Cocal o					Densidad	FeOTiO <sub>2</sub>
Manglar poniente	2.22	0.77	5.30	2.89	2.80	16,842.00
Duna o						
Berme poniente	2.80	1.30	8.03	3.14		
Inter- Mareas poniente	1.50	1.00	3.16	2.68		

JULIO DE 1981

Muestreo, compósitos y áreas de playa que estas representaron sigue sin alterarse en el mes de julio.

RESULTADOS

Ambiente	FeCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	FeOTiO <sub>2</sub>	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o					FeCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Muestreadas
Manglar oriente	0.92	0.30	2.50	2.70	1.81%	414,000.00
Duna o					ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>	FeCr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Berme oriente	1.00	0.54	3.20	2.76	0.89%	7,493.40
Inter- Mareas oriente	1.08	0.17	1.80	2.65	FeOTiO <sub>2</sub> 4.19%	ZrO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> 3,684.60
Cocal o					Densidad	FeOTiO <sub>2</sub>
Manglar poniente	2.90	1.40	4.80	2.80	2.76	17,346.60
Duna o						
Berme poniente	3.80	1.60	10.49	2.99		
Inter- Mareas poniente	1.20	1.35	2.35	2.69		

AGUSTO DE 1981

En la última visita para el presente trabajo realizado en agosto, el muestreo, compósitos y áreas de playa que éstos presentaron, fue como en meses anteriores.

RESULTADOS

Ambiente	$\text{FeCr}_2\text{O}_3$	$\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$	$\text{FeOTiO}_2$	Densidad g/cc	Promedios	Toneladas
Cocal o Manglar oriente	2.13	0.84	4.72	2.78	$\text{FeCr}_2\text{O}_3$ 3.10%	Muestreadas 427,500.00
Duna o Berma oriente	4.63	1.34	5.17	2.87	$\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$ 1.53%	$\text{FeCr}_2\text{O}_3$ 13,252.50
Inter- Mareas oriente	1.27	0.90	3.31	2.76	$\text{FeOTiO}_2$ 5.49%	$\text{ZrO}_2\text{SiO}_2$ 6,540.75
Cocal o Manglar poniente	2.92	2.57	8.14	2.88	Densidad 2.85	$\text{FeOTiO}_2$ 23,469.75
Duna o Berma poniente	6.16	2.43	8.32	3.06		
Inter- Mareas poniente	1.52	1.10	3.28	2.77		