

203



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**CARACTERISTICAS SEDIMENTOLOGICAS Y
EVOLUCION MORFOLOGICA, SUBMARINAS,
DEL DELTA DEL RIO BALSAS MICHOACAN
Y GUERRERO**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO GEOLOGO**

P R E S E N T A N:

**ABIGAIL ARACELI CERVANTES MEDEL
FAUSTINO MONROY SANTIAGO**



MEXICO, D. F.

1987.



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.

INDICE

	PAGINA
RESUMEN	
I. INTRODUCCION - - - - -	1
II. GENERALIDADES - - - - -	3
1. ANTECEDENTES - - - - -	3
2. OBJETIVOS DEL TRABAJO - - - - -	8
3. METODO DE TRABAJO - - - - -	9
4. LOCALIZACION DEL AREA - - - - -	19
5. CLIMA - - - - -	21
III. MARCO GEOLOGICO - - - - -	22
1. FISIOGRAFIA - - - - -	22
2. HIDROGRAFIA - - - - -	27
3. GEOLOGIA REGIONAL - - - - -	30
4. MORFOLOGIA LITORAL - - - - -	40
5. DELTA SUBAEREO - - - - -	47
IV. ANALISIS TEXTURAL - - - - -	50
1. PARAMETROS ESTADISTICOS GRANULOMETRICOS - - - - -	50
2. ANALISIS DE GRUPOS - - - - -	59
3. DISTRIBUCION DE GRUPOS - - - - -	64
V. ANALISIS COMPOSICIONAL - - - - -	72
1. CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA - - - - -	74
2. ANALISIS MICROSCOPICO - - - - -	77
3. CONTENIDO DE CARBONATO DE CALCIO - - - - -	86

VI.	MORFOLOGIA SUBMARINA Y NEOTECTONICA- - -	93
	1. TECTONICA REGIONAL - - - - -	93
	2. MORFOLOGIA SUBMARINA - - - - -	101
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES - - - - -	114
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

RESUMEN

Una incipiente forma de abanico, una extinta llanura-fluvial, carencia total de depósitos fluviales actuales, canales y meandros abandonados, márgenes erosionadas, zonas de - - acreción y terrazas marinas de diferentes eventos son las características generales del delta subaéreo del Río Balsas, el cual se encuentra en un proceso Destructivo, debido principalmente a la alteración que sufrió el balance dinámico del río, - provocada al entrar en funcionamiento las presas de José Ma. - Morelos (La Villita) y El Infiernillo, por lo que en este lito - ral predominan los efectos erosivos sobre los depositacionales, carácter que se manifiesta también en la porción submarina del delta, en donde, los principales rasgos morfológicos, como son los cañones submarinos, se han modificado considerablemente, - estos cañones, cortados sobre un basamento granítico (?), su - gieren un origen tectónico en su formación, que aunado a otros factores como son; la erosión fluvial y las corrientes de tur - bidez, han permitido la evolución y preservación de éstos.

Dentro de las características sedimentológicas esen - ciales, determinadas a profundidades superiores a los 100 m., - destaca la presencia de dos grupos de sedimentos (I y II), es - tcs considerados de acuerdo al criterio de Inman y Chamberlain, obedeciendo su distribución a la topografía submarina.

En lo que concierne a la distribución de grupos textu-
rales de sedimentos, de acuerdo a su contenido de arena-limo--
arcilla, se reconocen dos grupos que son: limo-arcilloso y ar-
cillo-limoso, ubicados a profundidades mayores de 80 m también
en estos su distribución se encuentra controlada por la topo--
grafía submarina.

En función de las características composicionales co-
mo son; contenido de materia orgánica, contenido de carbonato-
de calcio y fauna entre otros, se establece un análisis sobre -
los ambientes implicados en la porción submarina del delta del
Río Balsas.

I. INTRODUCCION

El presente estudio trata sobre el comportamiento de la porción submarina del delta del Río Balsas, tanto sedimentológico como morfológico, no sin antes realizar un pequeño análisis sobre la porción subaérea de este delta.

A partir de la construcción de las presas José Ma. Morelos (La Villita) (1958) y El Infiernillo (1966), se ha alterado el balance dinámico entre el efecto constructivo del delta relacionado con el depósito de los sedimentos aportados por el río y el efecto destructivo debido al oleaje oceánico y a las corrientes litorales. Por lo tanto, los sedimentos transportados por el Río Balsas han quedado atrapados en el interior de la cuenca, ocasionando con esto que se rompa el balance sedimentación-erosión. Domina actualmente una elevada tasa de erosión tanto en el litoral como en los cañones submarinos que se encuentran formando parte del sistema deltáico. Esta alta tasa de erosión pone en grave peligro la estabilidad de las instalaciones portuarias de Lázaro Cárdenas.

En base a casos similares observados en diferentes países, la erosión del frente deltáico del Río Balsas probablemente continuará hasta que el promontorio deltaico haya sido reducido, el litoral adquiera un desarrollo relativamente rec-

tilíneo y se alcance un nuevo perfil de equilibrio.

Para conocer mejor el problema y proponer soluciones, la Universidad Nacional Autónoma de México por medio de los -- Institutos de Ciencias del Mar y Limnología, Geografía y Geología, en colaboración con CONACYT desarrollaron un proyecto que comprendió el conocimiento morfológico del fondo marino, por medio de un levantamiento batimétrico así como del muestreo de sedimentos, realizado por dragas y nucleadores, lo cual fue llevado a cabo por el B/O "El Puma" del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología en el crucero oceanográfico denominado Geo-Batlín 86.

II. GENERALIDADES

II.1 ANTECEDENTES

El área de la desembocadura del Río Balsas y en general la cuenca del Balsas, ha sido estudiada con diferentes objetivos.

En 1926, los Estados Unidos de Norteamérica a través de su Oficina Hidrográfica hicieron un levantamiento hidrográfico de la zona costera frente a los estados de Michoacán y -- Guerrero, con fines de navegación.

Marín T. (1938) efectuó un levantamiento topohidrográfico de la Ensenada de Patacalco, Gro., Éste estudio tenía como objetivo principal la localización de un sitio para abrir - un puerto, además comprobó que en la "la parte donde un saliente se produce en la costa por el avance hacia el mar del Delta del Río Balsas, formando un recodo que quedaba protegido de -- los vientos y marejadas del SW por los pronunciados bajos que prolongaba submarinamente aquel saliente, coincidiendo con dicho recodo se encontraba el origen de un profundo talweg o depresión marina que iniciándose en la proximidad de la playa, - alcanzaba grandes profundidades al prolongarse mar adentro en dirección al "SE".

Schulze G. (1941) publicó sus observaciones preliminares relativas a una ocurrencia de un vestigio de aceite mineral en la costa pacífica del estado de Guerrero.

Durante el año de 1946, la empresa Higgins estudió el río Balsas con fines de navegación y llegó a la conclusión de que la sección media es la que presentaba más posibilidades para dicha navegación.

En 1954, la Secretaría de Marina efectuó un levantamiento topohidrográfico en la zona litoral frente al estero -- del Pichi, Mich., analizando por vez primera el oleaje y régimen costero.

A partir de ese mismo año, diversos organismos centralizados y descentralizados iniciaron un ambicioso proyecto para el aprovechamiento de la cuenca del río Balsas, con el propósito de incrementar el potencial económico de la región.

Entre éstos organismos destaca la Comisión Federal de Electricidad, que ese mismo año comenzó los estudios hidroeléctricos y geológicos del río Balsas, a cargo de los Ings. Fco. de P. Herrera y M. Alvarez Carbajal, los cuales realizaron un primer mapa topográfico (1:5 000 000) de toda la cuenca del -- Balsas.

El Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales en el año de 1956, realizó el estudio "Balsas - Uruapan", bajo la dirección de Mario M. Veytia, el cual tenía como objetivo principal elaborar un programa preliminar de trabajo encaminado a la investigación en una forma más completa y sistemática de la región cuprífera denominada "Cuenca del Balsas".

Un año después el Consejo de Recursos Naturales no Renovables (C.R.N.N.R.) realizó un estudio sobre el sitio del proyecto siderúrgico Las Truchas, en dicho estudio se propuso como sitio apropiado el ubicado entre el río Acalpica y la desembocadura del Balsas. Por ese mismo tiempo, se proyectaba la construcción de las presas Infiernillo y Villita.

El C.R.N.N.R. en 1958, encomendó un estudio de las calizas del Bajo Balsas a los Ings. R. Porraz y J. Martínez. -- Ese mismo año Brand (1958) publicó un estudio sobre la costa del sureste de México, en el cual incluyó el análisis mineralógico de las arenas de Michoacán.

En 1959, la Secretaría de Marina completó los trazos para la localización aproximada del puerto que daría servicio a la zona del Bajo Balsas y lugares aledaños.

Tamayo (1962), publicó su Geografía General de México en la cual incluye estudios sobre el Balsas.

A. Yañez del Instituto de Geología hizo un reconocimiento del Delta del Balsas, desde el punto de vista geomorfológico, tendiente a ratificar o apoyar las diferentes alternativas del proyecto portuario, propuesto por la Secretaría de Marina.

La Ecole Nationale Supérieure du Petrole et des Moteurs, publicó (1966) una fotointerpretación del Delta del río Balsas, con participación, por México de F. Guerra Peña del C.R.N.N.R.

El C.R.N.N.R., en Mayo de 1967, llevó a cabo exploraciones sismológicas y magnetométricas, para la determinación de la profundidad del basamento en el delta (parte subaérea) del río Balsas, para apoyar el estudio que llevaba el Instituto de Geología de la UNAM y la Secretaría de Marina, del proyecto de un puerto en el cauce de uno de los ramales de dicho río; el primer estudio en su género.

En ese mismo año, la Comisión del Balsas realizó un estudio sobre los recursos humanos en la Cuenca del Balsas.

Reimnitz E. y Gutiérrez Estrada M. (1969), hacen una

descripción de los cambios rápidos en las cabeceras de los cañones submarinos relacionados al Balsas, particularmente del cañón de Petacalco.

En 1971, Reimnitz E. publica sus estudios acerca de las pulsaciones en la cabecera del cañón de la Necesidad.

En ese mismo año, Gutiérrez Estrada M. publica por medio del Instituto de Geología, un estudio detallado de la fisiografía y sedimentología del delta del Balsas.

Reimnitz et. al., efectuaron durante los meses de abril y mayo de 1975, un estudio oceanográfico del delta del Balsas, cuyos objetivos fueron conocer el origen de las zonas de rizadura, relacionandolas con la circulación del agua costera.

Pantoja Alor J. (1978) publicó el estudio sobre la geología del río Balsas entre Mazcala y Ciudad Altamirano, Edo. de Guerrero, donde realizó un estudio sobre el régimen fluvial del río Balsas, además de la geología en dicha zona.

II.2. OBJETIVOS DEL TRABAJO

Conocer el grado de evolución sedimentológica y morfológica submarina del Delta del Río Balsas, ha sido el principal objetivo de este estudio, aunado a otros de igual interés, haciendo énfasis en los siguientes objetivos particulares:

1. Conocer la evolución morfológica submarina del delta del Río Balsas a partir del último estudio realizado en el área (Gutiérrez-Estrada, 1969) a la fecha.
2. Establecer los diversos factores que controlan la evolución.
3. Determinar la etapa de desarrollo bajo la que se encuentra el delta del Río Balsas.
4. Analizar el tipo y distribución de sedimentos así como la composición de éstos en la porción submarina del delta.

El cumplimiento de estos objetivos permitirá ampliar y actualizar el conocimiento geológico de esta porción del litoral mexicano, que incidirá en una solución óptima de los problemas de ingeniería civil y portuaria.

II.3 METODO DE TRABAJO

El trabajo desarrollado se dividió en dos etapas: el trabajo realizado en campo y el de gabinete o laboratorio.

El trabajo en el campo tuvo como propósito el muestreo de la porción submarina del delta del río Balsas y las observaciones necesarias para el estudio de esta área.

Este muestreo se realizó en una campaña oceanográfica llamada Geo-balín 86 a bordo del B/O "EL PUMA", perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México. Este crucero oceanográfico se efectuó en las costas de Michoacán y Guerrero, durante las dos últimas semanas del mes de febrero de 1986.

Este laboratorio flotante cuenta con diversos instrumentos de registro y medición, entre los que destacan la computadora central Minc 11 digital, digitadores y grabadoras, una ecosonda, una estación meteorológica computarizada, un registrador de salinidad y temperatura, además cuenta con dos winches hidrográficos y dos de arrastre pesado, un winche más de uso múltiple con dos carretes independientes y un ligero con cable eléctrico, un tambor para redes y una cabría tipo Unigan, refrigeradores y congeladores. Todo este equipo es móvil, se instala y opera a bordo, de acuerdo con los requerimientos de cada campaña.

Esta campaña oceanográfica, GEO-BALIN 86 se dividió - en dos etapas; durante la primera, se recorrieron los diversos transectos en toda su longitud, midiendo continuamente, profundidad, velocidad del buque y coordenadas geográficas; estos datos se registran y se localizan en un plano base, para que posteriormente con la ayuda de los registros de la ecosonda, realizar el levantamiento batimétrico del área.

La ecosonda consiste en un transmisor-receptor de ondas, acoplado al barco en la parte más sumergida de éste, que mide indirectamente la profundidad en un punto dado, al registrar el tiempo requerido, para que las pulsaciones generadas - cerca de la superficie, reboten desde el fondo del mar hasta - la superficie.

El mecanismo de registro automático, que se encuentra abordo del barco, convierte el lapso del eco en una escala de profundidades y dibuja un perfil de la topografía del fondo marino sobre una tira de papel en movimiento sobre un tambor, -- mientras que el buque sigue su ruta.

Este perfil del suelo oceánico ayuda también a determinar el tipo de material de que éste consta, para así establecer la técnica de muestreo más adecuada.

La segunda etapa de la campaña, consistió en muestrear, cada una de las estaciones previamente localizadas en la primera etapa.

El tipo de muestreo, como ya se dijo depende del tipo de material existente en el fondo oceánico, así como de la profundidad y de la topografía de éste. El muestreo se realizó mediante draga, van-veen, nucleador tipo Ewind de pistón y dragas de arrastre.

Para cubrir los objetivos de este trabajo, se acordó trabajar únicamente las muestras obtenidas mediante núcleos, ya que estas muestras son las que conservan mejor las características físicas del sedimento para un análisis granulométrico y realizar una correlación general.

La porción estudiada en este trabajo se escogió de tal manera que fuera representativa de la muestra obtenida. Así se realizaron 120 muestreos, de los cuales la tercera parte fueron núcleos. Este muestro varía en profundidades desde 40 m hasta 780 m aproximadamente.

El trabajo en laboratorio, consistió en: efectuar los análisis granulométricos de las muestras y petrológico de la fracción gruesa, determinación del contenido de materia orgánica y contenido de carbonato de calcio (CaCO_3).

II.3.1 ANALISIS GRANULOMETRICO

Este análisis tiene por objetivo determinar el tamaño de las partículas clásticas tal y como se depositaron. Este tipo de análisis ayuda a la interpretación de los ambientes sedimentarios, así como de los agentes que dieron lugar al depósito.

Preparación de la muestra:

a) Se trataron con Peróxido de Hidrogeno (H_2O_2), con la finalidad de destruir la materia orgánica; se acelera esta destrucción poniendo las muestras en baño maría; se dejan reposar durante dos días.

b) Se lavaron y tamizaron a través del Tamiz U.S. -- Standard 230 que tiene una abertura de malla de 0.0625 mm.

Análisis Mecánico:

a) La fracción retenida en el tamiz U.S. Standard -- 230, que corresponde a la fracción arenosa, fue analizada en el tubo de sedimentación, según el proceso descrito por Emery (1938). Dicha fracción se pesó y cuarteó para poder hacer las mediciones.

El Tubo de sedimentación consta de un tubo de cristal de 1.5 m de largo y 6 cm de diámetro, con una llave graduada - de 10 cm³, en su parte inferior. Al tubo se le agrega agua a una temperatura conocida (temperatura ambiental), se vacía la muestra (5 grms. aproximadamente) por la parte superior, y se toma la lectura cada determinado tiempo, para así realizar los cálculos pertinentes al tamaño de las partículas.

b) La fracción que pasó el tamíz U.S. Standar que corresponde a la fracción limo-arcillosa, fue analizada por el método de pipeteo descrito por Krumbein (1932).

Este método se basa en la velocidad de sedimentación de las partículas de acuerdo a la ley de Stokes; este método - consiste en extraer por succión un pequeño volumen de sedimento en suspensión cada determinado tiempo, para después secar y pesar cada fracción, determinando el tamaño y porcentaje de las partículas.

II.3.2 ANALISIS MINERALOGICO

Este análisis se realizó a la porción arenosa de cada muestra, mediante un microscopio estereoscópico Nachet France - 5X.

Se determinó por el método de conteo (aproximadamente 200 granos), la fracción orgánica e inorgánica. En la fracción inorgánica se separó cuarzo, feldespatos, minerales oscuros (principalmente sulfuros y óxidos), fragmentos de roca, micas y calcita. Por la parte orgánica se distinguieron foraminíferos, conchas y fragmentos de conchas. Así como diatomeas principalmente.

Para tener un mejor control de la abundancia de cuarzo y feldespatos, se procedió a teñir la muestra de acuerdo al método de Graham (1955) para diferenciar éstos dos minerales.

El Método de Graham consiste en:

- a) Colocar la muestra sobre una cápsula de plástico-añadiendo ácido fluorhídrico (HF) durante dos minutos y medio.
- b) Filtrar con doble papel filtro del No. 40 en un embudo.
- c) Lavar perfectamente con agua destilada, (5 a 6 -- veces).
- d) Pasar la muestra del papel filtro a una cápsula.
- e) Secar la muestra en un horno.

f) En la misma cápsula vertir sobre la muestra 0.1 - gr. de cobalto nitrito de sodio $\text{Na}_3\text{CO}(\text{NO}_2)_6$, durante dos minutos, dejar reposar.

g) Filtrar y lavar perfectamente con agua destilada.

h) Secar nuevamente en un horno.

i) Colocar la muestra en un frasco y etiquetarlo.

j) Observar al microscopio esteroscópico.

DETERMINACION DE MATERIA ORGANICA.

Se determinó por vía húmeda y consistió en:

a) Moler la muestra con un mortero, a modo de pasarla por un tamíz U.S. Standar 200 con abertura de malla de --- 0.074 mm.

b) Pesar 0.5 grms. de muestra y colocarla en un matríz Erlenmeyer de 500 ml.

c) Con una pipeta añadir 100 ml de dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 0. 1N y mezclar perfectamente por agitación durante un minuto. Con una probeta añadir 20 ml de ácido sulfú-

rico (H_2SO_4) concentrado, agitando cuidadosamente durante un minuto.

d) Dejar reposar durante 30 minutos. Añadir 200 ml de agua destilada. Agregar 10 ml de ácido fosfórico (H_3PO_4) y 20 a 25 gotas de indicador de difenilamina sulfanato de bario-Ba ($\text{C}_6\text{H}_5\text{-NH-C}_6\text{H}_4\text{SO}_3$)₂. Titular con solución 0.5 N de sulfatoferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

e) Correr un testigo exactamente igual que el problema pero sin muestra (Blanco).

f) Efectuar los cálculos, a partir de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Materia Orgánica} = 10 (1-P/T) \times 1.34$$

donde:

P = Mililitros gastados por el problema.

T = Mililitros gastados por el blanco.

II.3.3 DETERMINACION DE CARBONATO DE CALCIO

Para dicha determinación se utilizó el método de absorción atómica, con el cual se determinó el contenido de calcio, para posteriormente realizar los cálculos para el porcentaje de carbonato de calcio en la muestra.

Preparación de las muestras:

a) Tamizar la muestra y utilizar la que pasa el tamiz U.S. Standar. 230.

b) Pesar 0.5 g de la muestra.

c) Agregar 25 ml de ácido clorhídrico (HCL) en concentración 1:1.

d) Agregar agua destilada, aproximadamente 25 ml.

e) Hervir durante 15 minutos para concentrar y destruir materia orgánica.

f) Aforar en un matraz de 50 ml dejándola reposar -- hasta que todo el sedimento se asiente. (24 hrs. aproximadamente).

g) De la porción líquida, tomar con una pipeta 1 ml- evitando que el sedimento se revuelva con el líquido (si esto ocurre será necesario filtrar), vaciar en un matraz de 10 ml y aforar con lantano para evitar las interferencias que puedan -- provocar la presencia de silicatos, aluminatos y fosfatos en la muestra.

h) Finalmente llevar al espectrómetro de absorción atómica y tomar la lectura, para realizar los cálculos pertinentes.

METODO DE ABSORCION ATOMICA

En este método el elemento a determinar, el calcio en éste caso, se debe vaporizar y reducir a su estado atómico. - Un rayo luminoso de una longitud de onda determinada (la del calcio en éste caso) producido por una lámpara especial, se dirige a través del eje longitudinal de una flama hacia un espectrofotómetro. Al mismo tiempo, la solución de la muestra previamente dispersada en forma de niebla, pasa a la flama donde se evapora secando la sal; el vapor de ésta se disocia en los átomos del elemento en estudio los cuales absorben parte de la luz emitida por la lámpara. Dicha absorción se mide y se relaciona con la concentración.

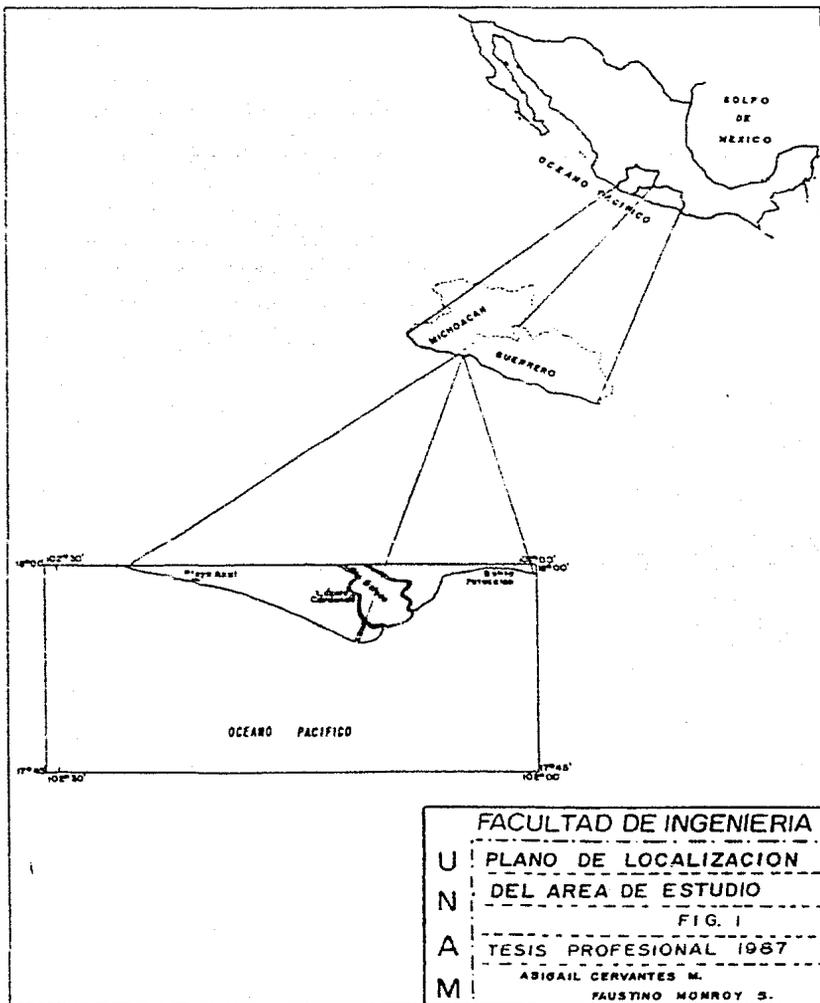
II.4 LOCALIZACION DEL AREA

El Delta del Rio Balsas se localiza en el litoral del Océano Pacífico, en el límite entre los estados de Michoacán y Guerrero. El área de estudio comprende una parte del delta -- subaéreo y su porción submarina limitado por las coordenadas -- $17^{\circ} 45' 00''$ y $18^{\circ} 00' 00''$ de latitud norte y $102^{\circ} 00' 00''$ y -- $102^{\circ} 30' 00''$ de longitud oeste; de ésta área, aproximadamente el 90% corresponde a la porción submarina y el 10% restante a la porción subaérea, (fig. 1).

Su límite norte constituye las estribaciones del flanco poniente de la zona montañosa de la Sierra Madre del Sur.

La zona, en general, está bien comunicada. La ciudad más importante en la zona es el puerto Lázaro Cárdenas, al -- cual se puede llegar desde la ciudad de México, D.F. por la carretera nacional 134 pasando por la ciudad de Toluca y Ciudad-Altamirano hasta tomar la carretera Méx. 200 (Costera) a la altura de Zihuatanejo. Esta carretera Costera, comunica ciudades tan importantes como: Tapachula, Salina Cruz, Pinotepa Nacional, Zihuatanejo y Lázaro Cárdenas; sigue por toda la costa hasta Mexicali, pasando por Playa Azul, Manzanillo, Puerto Vallarta, entre otras ciudades.

Otra forma de acceso a partir de la ciudad de México,



FACULTAD DE INGENIERIA

U PLANO DE LOCALIZACION
N DEL AREA DE ESTUDIO

FIG. 1

A TESIS PROFESIONAL 1967

M ABIGAIL CERVANTES M.

FAUSTINO MONROY S.

D.F., es recorriendo la carretera Mex. 134 a Toluca, de ahí hacia la ciudad de Morelia, llegando por la carretera 120 Mex. a Uruapan, de esta ciudad tomando la carretera Méx. 37 se llega al puerto Lázaro Cárdenas y Playa Azul, pasando por Nueva Italia y Arteaga.

El puerto Lázaro Cárdenas se localiza a 697 Km. de la ciudad de México, por la ruta a Morelia y Uruapan; de esta última dista 276 Km pasando por Nueva Italia, Arteaga y la Mira. De Guadalajara la ruta es por la Barca y Zamora para llegar a Uruapan.

II.5 CLIMA

Debido a que el clima es un factor muy importante en la formación de un delta, se considera por separado el clima de la cuenca del río Balsas y el de su desembocadura.

Refiriéndose a la cuenca, según el sistema de W. Köppen, (1963, modificado por E. García, 1973), el clima es de tipo Aw_g o sea tropical lluvioso de sabana, con lluvias periódicas e invierno seco, siendo la precipitación anual superior a 75 cm. La temperatura de todos los meses superior a 18°C; - la temperatura máxima es anterior al solsticio de verano. El clima, en el área correspondiente al delta, es tipo cálido sub húmedo (Aw₁ (w)) con lluvias en Verano, con un porcentaje de lluvias invernal menor a 5 y con una temperatura media anual - de 26 a 28°C.

Los vientos dominantes son, durante el día, del sureste, es decir del mar hacia tierra, durante la noche son del - noroeste, o sea de tierra hacia el mar.

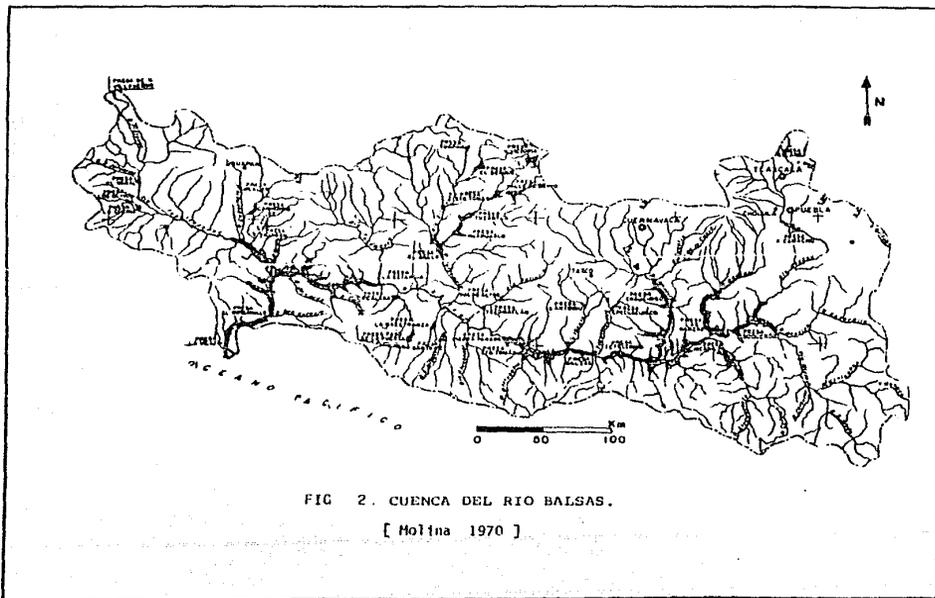
III. MARCO GEOLOGICO

III.1 FISIOGRAFIA

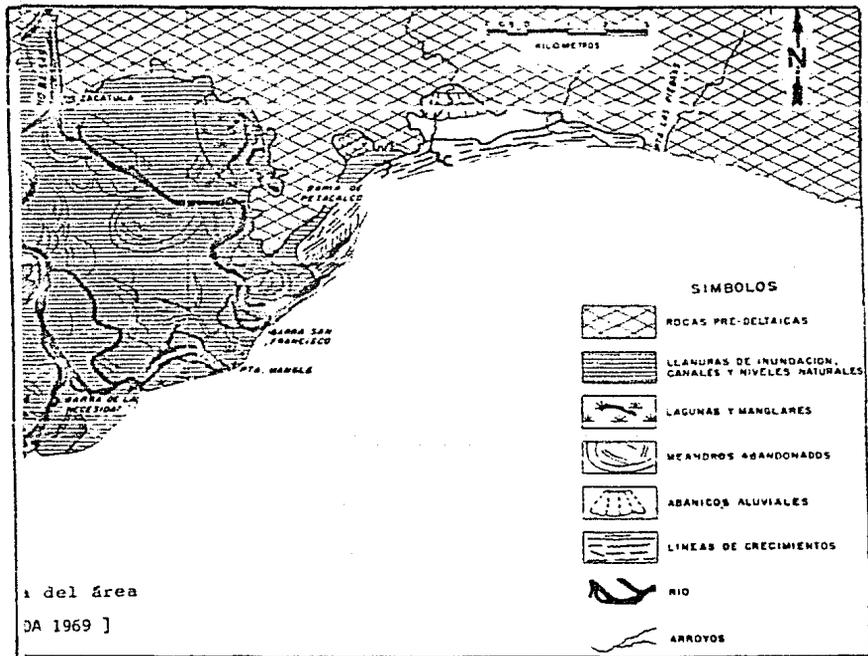
Como el delta del río Balsas se ha formado debido, entre otros factores, a la localización y distribución del mismo río, es necesario tomar en cuenta la fisiografía regional del área, por donde atraviesa y dispersa este río, es decir, a su cuenca de captación.

Dicha cuenca, denominada Cuenca del Balsas, es una de las cuencas más extensas e importantes del territorio nacional; cubre una superficie de 112 320 Km². (Fig. 2). En general tiene un relieve formado por estrechos y numerosos valles, llanuras y montañas, atravesando por los estados de Morelos, parte de Guerrero, Michoacán, México, Puebla y Oaxaca y superficies menores de los estados de Jalisco y Tlaxcala. Los límites de esta cuenca son: al norte lo limita el Eje Neovolcánico, por el este la Sierra Madre de Oaxaca y por el sur y el oeste la Sierra Madre del Sur.

Fisiográficamente el delta del Balsas pertenece a la Planicie Costera del Pacífico (Raisz F. 1959), Subprovincia de la Sierra Madre del Sur, que se extiende con una dirección general NW-SW desde la Cordillera Neovolcánica en Cabo Corrientes hasta el Istmo de Tehuantepec

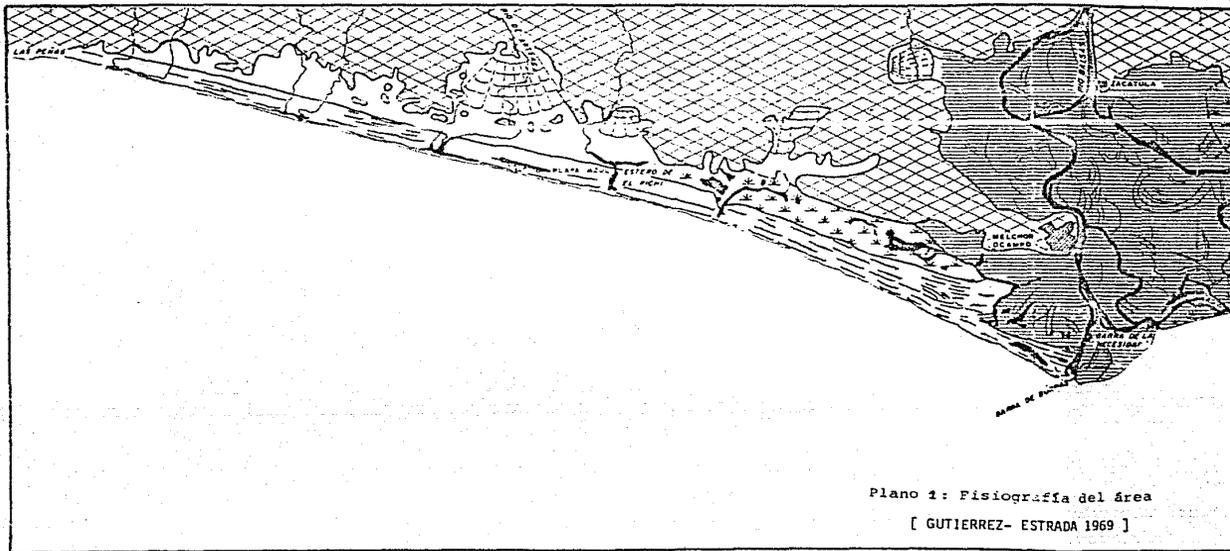


F.I. UNAM, ABIGAIL CERVANTES Y FAUSTINO MONROY, TESTIS PROFESIONAL, 1987



SIMBOLOS

-  ROCAS PRE-DELTAICAS
-  LLANURAS DE INUNDACION, CANALES Y NIVELES NATURALES
-  LAGUNAS Y MANGLARES
-  MEANDROS ABANDONADOS
-  ABANICOS ALUVIALES
-  LINEAS DE CRECIMIENTOS
-  RIO
-  ARROYOS



(Tamayo, 1971).

Se encuentra limitada al norte por el Eje Neovolcánico, así como por las entrantes sedimentarias correspondientes a la cuenca de Morelos-Guerrero y la cuenca de Tlaxiaco, (López, R. 1981).

De acuerdo con la descripción de Zavala (1979), la subprovincia de la Planicie Costera del Pacífico, es una estrecha franja de tierra que va de la desembocadura del río Balsas en el límite entre los estados de Michoacán y Guerrero, hasta la desembocadura del río Verde en el estado de Oaxaca.

Esta planicie costera tiene un ancho medio de 25 Km, aunque a veces es interrumpida por las montañas de la Subprovincia de la vertiente Sur que desciende hasta el Océano Pacífico, (Zavala, M. 1979), y una altitud de 100 m su perfil es suave y está formado por pequeñas planicies aluviales y algunas hondonadas del drenaje, representadas por pantanos y lagunas de escasa profundidad.

La fisiografía local del delta del río Balsas se compone de los siguientes rasgos: 1) Existe un límite irregular entre los sedimentos del delta y las rocas circundantes a éste; 2) Llanuras de inundación, canales y niveles naturales del río; 3) Meandros abandonados e islas que han modificado su exten-

sión; 4) Lagunas, esteros y manglares; 5) Pequeños ríos y -- arroyos que no desembocan directamente al océano; y 6) Dos lla-- nuras angostas no deltaicas que muestran pequeñas elevaciones-- correspondientes a antiguas líneas de costa. (Gutiérrez, E. - M. 1971). (v. Plano 1).

En la porción submarina del delta, los rasgos fisio-- gráficos más significativos están representados por la existen-- cia de una serie de cañones submarinos con cierta perpendicu-- laridad a la costa, erosionados frente a las diferentes desembo-- caduras que ha adoptado el río y a la variación de las condicio-- nes eustáticas del nivel del mar. También se tiene la presen-- cia de cuando menos dos elevaciones, en forma de pequeñas mese-- tas.

El delta presenta una topografía llana, con pendiente suave hacia el S, pequeñas ondulaciones, islas (La Palma, del-- Cayacal o Grande o de Enmedio, Cabezas y Burras o del Mar), -- esteros y canales que migran notablemente, inferido ésto por - la cantidad de meandros abandonados (Gutiérrez, M. 1971).

Estudios posteriores han permitido establecer que --- las "pequeñas ondulaciones", en el terreno pertenece a bermas-- o antiguas líneas de costas (M. Gutiérrez. Comunicación Ver-- - bal).

El área próxima a la línea de costa, sensiblemente paralela a ésta, es una zona baja, sin drenaje, caracterizada -- por la presencia de pantanos, lagunas, manglares y cauces abandonados truncados por la erosión marina en el frente de la isla del Cayacal. La franja costera inmediata al mar presenta -- una serie de antiguas bermas, con excepción de las Islas del -- Mar y Grande que están constituidas por limos y arenas.

Los cañones submarinos presentan paredes con pendientes muy fuertes y cabeceras que avanzan hacia el continente, -- en una erosión remontante, la cabecera más cercana a la línea -- de costa, (cañon de la Necesidad), está a 500 m. aproximada -- mente, y los cuales terminan en la Trinchera Mesoamericana, -- atravesando la plataforma continental (bastante angosta), el ta -- lud y parte de la planicie abisal.

Es común dividir, apoyándose en el litoral, a la parte vecina de nuestro país del Océano Pacífico, en tres regiones: primera, frente a la costa occidental de la península de Baja California; segunda, el Golfo de California o Mar de Cortés; tercera, el área situada enfrente de las costas, desde el extremo de la península de Baja California hasta Centroamérica.

En esta última zona, de interés para este trabajo, la topografía submarina está caracterizada por una serie de trin-

cheras que parten desde la boca del Golfo de California hasta Costa Rica, con una longitud de 2600 Km y anchura media de 75 Km profundidades máximas cercanas a 6 600 m. Esta forma de relieve es prácticamente continua y puede considerarse limitada por la isobata de 3 670 m. Aprovechando una interrupción frente a Puerto Angel, Oax. se divide la Trinchera en dos partes, llamando a una, la Trinchera de México y a la otra -- Trinchera de Guatemala.

La primera, que comprende el área de estudio, es paralela al mar adentro, a 100 Km de la costa de los estados de Jalisco, Michoacán, Colima, Guerrero y Oaxaca; se inicia desde un punto al SW de la isla María Madre, para terminar frente a Puerto Angel. La plataforma continental de esta zona tiene una anchura media de 15 Km. Dentro de esta Trinchera, en la parte NW, se localizan tres depresiones más profundas, alineadas según el eje principal.

Hacia la parte norte se encuentra la fosa de Manzanillo, llamada así por encontrarse frente a ese puerto con profundidad máxima de 5 122 m. Inmediatamente y al sur aparece la fosa de Acapulco localizada enfrente del puerto con una profundidad máxima de 4570 m. Al oeste de Acapulco se ha determinado la profundidad máxima de la trinchera, con 5 700 m de profundidad.

III.2 HIDROGRAFIA

El río Balsas nace en el valle de Puebla y sus formadores son los ríos de San Martín y Lahuapán, a estos ríos unidos se les conoce con el nombre de Atoyac, éste pasa cerca de la ciudad de Puebla y al sur de ella se ha construido la presa Manuel Avila Camacho que riega la zona del Valsequillo; posteriormente cambia su dirección al SSW para recibir al río Mixteco en las inmediaciones de San Juan del Río, Pue. Unidos el -- Atoyac y el Mixteco, la corriente toma una dirección hacia el oeste, recibiendo numerosos afluentes. Los más importantes -- son los de la margen derecha que drenan la vertiente sur del -- Eje Neovolcánico. Recibe de esa margen los ríos Nexapa, Amacuzca, Poliutla, Tepecuacuilco, Cutzamala, Tacámbaro o Carácua ro, Tepalcatepec y el río del Marqués. Sobre el río Ixtapanuno de los formadores del Cutzamala se ha construido la presa Villa Victoria, los vasos de Ixtapantongo y Santa Bárbara y se ha construido sobre el Tilostoc, el gran sistema hidroeléctrico llamado antiguamente Ixtapantongo. Las corrientes de la margen izquierda tienen escurrimientos menores que las de la margen derecha, siendo los principales afluentes los ríos Ajuchitlán, Amuco, Cuirio y del Oro que drenan áreas del estado de -- Guerrero. Después de recibir el río del Marqués cambia de dirección hacia el sur y por medio de un estrecho cañón cruza la Sierra Madre del Sur y desemboca en el Océano Pacífico en forma deltaica. Desde San Juan del Río, Pue. hasta el mar, el --

río tiene un recorrido de 720 Kms recibiendo en su trayecto - los nombres de Mezcala en su porción oriental; desde el poblado del Balsas toma ese nombre; en su tramo final la corriente es conocida con el nombre de río Zacatula.

A 60 km de la desembocadura del Río Balsas se ha - - construido la Presa del Infiernillo con una capacidad de almacenamiento de 12500 millones de m³, una de las más grandes de América Latina. Se instaló asimismo una planta hidroeléctrica (Infiernillo) con capacidad de 672000 KW, construida por la Comisión Federal de Electricidad y que se encuentra en operación desde el mes de mayo de 1966.

Agua abajo, al inicio del delta que forma el Balsas - a 10 Km de la costa, se ha construido la Presa José María Morelos, mejor conocida como La Villita que tiene una capacidad -- instalada de 304000 KW.

El Río Balsas tiene una corriente de tipo torrencial - y sus avenidas ocurren en el período de lluvias comprendido en - tre los meses de junio a octubre, a partir de noviembre su es - currimiento va disminuyendo hasta llegar a ser el mínimo a me - diados del mes de mayo. Por lo anterior, se estima que la - - aportación de agua durante la temporada de lluvias representa - al menos el 80% del total de la aportación anual. Esta aporta - ción a la altura del poblado de Santo Tomás se estima del or--

den de 5 300 000,000 de m³.

Según datos del año de 1967, el escurrimiento anual - del Río Balsas era de 13 962 000 000 m³. Y se considera que - la cifra correspondiente al escurrimiento anual del Balsas era mayor en 3 000 000 000 m³ para río Virgen y que disminuiría en otros 3 000 000 m³ anual cuando entraran en servicio todas las obras de riego construídas a lo largo de su cauce.

El Río Balsas ha labrado su cauce de una manera anóna la cortando los principales ejes de las estructuras tectóni- cas, por lo que se le considera de tipo "superimpuesto" o "an- tecedente". (Pantoja Alor, 1978).

III.3 GEOLOGIA REGIONAL

En forma general se puede decir que en la cuenca del-Balsas, la geología consiste de rocas que abarcan desde el basamento metamórfico paleozoico (Francisco de P. Herrera, 1954), hasta depósitos cuaternarios.

CUENCA DEL ALTO RIO BALSAS

En esta región la columna estratigráfica que aflora - abarca desde el Paleozoico hasta el Holoceno. Las rocas metamórficas de bajo grado que forman el basamento en esta región - se extienden en continuidad geográfica hacia el oriente hasta la región de Acatlán, donde fueron nombradas (Ortega Gutiérrez, 1978) como Complejo Acatlán y asignadas al Paleozoico temprano.

El Complejo Acatlán en esta área consiste principalmente de cuarcita y filita cuarzosa; en las proximidades de -- Olinalá, estado de Guerrero, predominan metagrauvascas con intercalaciones de roca verde metagabroide, también existen esquistos y gneises de muscovita y cloríticos con escasos granates. Todas estas rocas se hallan intensamente deformadas y -- afectadas por una foliación penetrante que localmente está -- plegada por un crucero microondulado.

El Jurásico está representado por la Cuarcita Cualac, esta unidad fue nombrada y descrita por Guzmán (1950), en el área de Cualac, estado de Guerrero, asignándole una edad probable triásica.

De acuerdo con Erben (1956) consiste en conglomerado de guijas de cuarzo en matriz cuarzosa con muy escasas intercalaciones de limolita y arenisca parda.

El período Cretácico está ampliamente distribuido. -- Dentro de la cuenca del Alto Río Balsas las siguientes formaciones son cretácicas:

Formación Zicapa. Se designa con este nombre una secuencia de capas rojas continentales con intervalos de calizamarina, que afloran a lo largo del Río Balsas en su curso general E/W, unos 5 Km al sursuroeste del poblado de Zicapa, Guerrero.

Anhidrita Huitzuco. Es un intervalo que existe bajo la formación Morelos, altamente soluble. Aflora cerca del curso del Río Balsas al norte, norponiente y surponiente del poblado de Tlacoztitlán, donde se presenta en forma diapírica - en contacto con la formación Morelos o Mexcala.

Formación Morelos. La unidad estratigráfica que sobre

yace en contacto transicional a la Formación Zicapa y a la Anhidrita Huitzucó y que está formado por calizas y dolomías, se cartografió como Formación Morelos (Fries, 1960).

Formación Cuautla. La unidad estratigráfica que descansa sobre la Formación Morelos es la Formación Cuautla, que está representada en la región por tres facies tal como la describió Fries (1960).

Formación Mexcala. Fue nombrada por Fries (1960) con base en la sección tipo que levantó Bohnenberger-Thomas (1955) entre Valerio Trujano y el Río Balsas, a la altura de su confluencia con el río Tepecoacuilco. Esta formación descansa concordantemente sobre la Formación Cuautla y está cubierta discordantemente por la Formación Tetelcingo. La Formación Mexcala consiste en una secuencia de tipo flysch, formada por la alternancia rítmica de clásticos gruesos y finos.

Formación Tetelcingo. Con este nombre se designó a la secuencia de rocas lávicas y piroclásticas del Maestrichtiano (Ortega-Gutiérrez, 1980) que discordantemente cubre a la Formación Mexcala en el área de Tetelcingo San Juan, situado a 5 Km sobre el Río Balsas. Esta unidad consiste en tobas y brechas piroclásticas de composición andesítico-dacítica con intercalaciones de lavas andesíticas basálticas de olivino y piroxenas.

TERCIARIO

Formación Balsas. La Formación Balsas (Fries, 1960) consiste en una secuencia de depósitos continentales, principalmente conglomerados calizos, arcosas, areniscas y limolitas que descansan concordantemente (?) sobre la formación Tetelcingo y con discordancia muy pronunciada sobre las formaciones -- del Mesozoico y Paleozoico.

En la región de Tuzantlán y Tepetlapa está cubierta, aparentemente en forma concordante, por la Riolita Tilzapotla, mientras que en la región de San Juan Totolzintla la formación Oapan la cubre en forma discordante. Con base a su posición estratigráfica encima de la formación Tetelcingo, de edad maegtrichiana (Ortega-Gutiérrez, op. cit.) y debajo de la Riolita Tilzapotla, que es oligocénica tardía (Fries, 1960), la Formación Balsas en la parte central de la cuenca del Alto Río Balsas puede considerarse del Paleoceno Oligoceno (Ortega Gutiérrez, op. cit.).

ROCAS VOLCANICAS DEL TERCARIO MEDIO

La distribución en la parte central de la cuenca del Alto Río Balsas de las rocas volcánicas del Terciario medio es tá limitada a la región que se encuentra al norte del río y al poniente del meridiano 98°55' W. Estas rocas volcánicas for--

man dos secuencias, siendo la inferior la Riolita Tilzapotla - y la superior la Andesita Buenavista.

Riolita Tilzapotla. La Riolita Tilzapotla (Fries, -- 1960) tiene sus mayores afloramientos en la región entre Tuzan tlán y Tepetlapa, donde sobreyace a la Formación Balsas.

El carácter petrográfico de esta unidad indica que su composición varía desde riolita a riolacita, constituyendo un depósito de derrames piroclásticos. Con base a datos radiométricos, Fries (1960) asignó a la Riolita Tilzapotla una edad - oligocénica tardía.

Andesita Buenavista. Esta secuencia consiste principalmente de andesitas con algunos derrames de basalto (Fries, - 1960). Las rocas pertenecientes a esta formación afloran al - poniente del meridiano 99°15' W entre Lagunillas y Cacahuanché y como afloramientos aislados al sur de Mayanalán, en las cercanías de Santa Teresa y de Ahuelican. La edad de esta for mación no está establecida satisfactoriamente. Sin embargo, - considerando su posición encima de la Riolita Tilzapotla junto con su avanzado estado de disección, se concluye, que es del - Mioceno (Ortega-Gutiérrez, op. cit.).

Formación Oapan. En la parte occidental de la cuenca del Alto Río Balsas existen dos áreas principales de aflora - -

mientos de capas lacustres que sobrayacen discordantemente a la Riolita Tilzapotla y/o la Formación Balsas. El afloramiento mayor se sitúa en el Valle de San Agustín Oapan (Nájera Garza, 1965), mientras que el menor al norponiente de Atenango -- del Río (Dávila-Alcocer, 1974). Un afloramiento más de estos depósitos lacustres está situado en el extremo noroccidental - de la región, cerca de Sabana Grande (Bohnenberg-Thomas, 1955). Tales depósitos han sido nombrados como Formación Oapan y se le acredita a Nájera-Garza. La Formación Oapan está constituída de una sucesión de capas que consisten de areniscas tobáceas verdes y yeso con arcilla, de edad miocénica-pliocénica, que aflora en los alrededores de San Agustín Oapan, poblado -- del cual se ha tomado el nombre para esta formación, la cual - es correlacionable con las Margas Sabana Blanca, cuyos afloramientos se localizan entre el Kilómetro 191 y 193 de la carretera México-Acapulco, al sur de Sabana Blanca, Guerrero (Nájera-Garza, op. cit.).

PLIO-CUATERNARIO

Aluvión. Los depósitos aluviales más antiguos en la zona del Alto Río Balsas se encuentran distribuidos a lo largo del río Amacuzac entre Atlapa y Atenango del Río, formando antiguas terrazas arriba del nivel actual del Río Amacuzac.

CUATERNARIO

Aluvi6n. Los dep6sitos aluviales cubren, en esta zona, extensiones relativamente reducidas, las cuales se encuentran en algunos tramos del R6o Balsas y de sus afluentes, o en el fondo de algunos poljes y dolinas. Los dep6sitos aluviales consisten en gravas, arenas y limos sin consolidar o muy poco consolidados.

BAJO BALSAS

En el 6rea de la presa La Villita, v6rtice superior - del delta del Balsas, afloran rocas desde el Terciario hasta - dep6sitos cuaternarios.

TERCIARIO

Aparentemente este per6odo se caracteriz6 principalmente por una intensa actividad 6gnea (E. D6az C., 1963) que - dio lugar tanto al emplazamiento de las rocas intrusivas de la regi6n, as6 como a derrames l6vicos aislados.

Las rocas volc6nicas est6n representadas por derrames andes6ticos y brechas de flujo que ocupan un 6rea aproximadamente de 8 km². Casi en el centro de la cual se encuentra localizada la boquilla de la presa La Villita.

Los diques son muy abundantes en esta zona y su espesor varía entre unos cuantos centímetros hasta 6 y 8 m como -- los que se encuentran en la margen derecha del Río Balsas y hacia arriba de la toquilla. Estos diques son clasificados como pórfidos andesíticos (E. Díaz C., op. cit.).

Las rocas plutónicas son principalmente dioritas que gradúan a cuarzodioritas.

El Cuaternario está representado por depósitos deltáicos del Río Balsas. En esta área se puede reconocer superficialmente una capa de arcilla y limos con espesor de 1.5 a -- 2.0 m, bajo estas arcillas se encuentra una capa de arena de -- grano fino a medio, bien clasificado de tipo playa cuyo espesor no ha sido determinado (Gómez de O., 1967). Aguas arriba, alrededor de la presa La Villita, se encuentran rocas metamórficas (hornfels bandeados) que sobrayacen a un basamento granítico. Sobreyaciendo localmente a las rocas metamórficas -- existen depósitos aluviales cuya continuidad lateral hacia el -- occidente por el camino de Lázaro Cárdenas (Melchor Ocampo) sigue hasta La Mira.

En el poblado de La Mira se encuentran rocas metamórficas las cuales están aparentemente cubiertas en sus partes -- bajas por sedimentos arcillosos estratificados con algunos -- exoc esqueletos de lamelibranquios originales (Gómez de O., --

op. cit.).

En Acalpica y Habillal-San Isidro, donde se encuentran algunos yacimientos de Fe, las rocas metamórficas están cubiertas por sedimentos clásticos calcáreos terciarios marinos con abundante contenido de conchas.

En el año de 1967, el C.R.N.N.R. realizó un reconocimiento sismológico, para determinar el basamento del Delta del Balsas, en el cual se corrieron 3 perfiles sismológicos de refracción, localizados como a 2 km al N de la población Melchor Ocampo (Lázaro Cárdenas), sobre la margen derecha y 2 perfiles magnetométricos, para obtener mayor información en la dirección este-oeste.

Estos perfiles indican un basamento rocoso de topografía relativamente regular con tendencia a elevarse hacia el -- E.

De los datos de los perfiles sismológicos se puede deducir la siguiente secuencia:

a) Una capa superficial de arcillas limosas con un espesor variando entre 1.5 y 2.5 m.

b) Una capa de arena saturada, con espesor no determi

nado.

c) Una capa de sedimentos no consolidados, posiblemente arcillosa, limosa, etc., con velocidad de propagación de onda sísmica de 1650 m/s a 1900 m/s con espesor de 62 a 71 m.

d) Sacamento constituido por un granito intemperizado o por rocas metamórficas fracturadas, con velocidad de propagación de ondas sísmicas del orden de los 3000 m/s a 3200 m/s.

En cuanto a depósitos cuaternarios, aparte de los del delta, existen los de la planicie costera, consistentes casi exclusivamente de arenas.

III.4 MORFOLOGIA LITORAL

La zona de la planicie costera que queda comprendida, de NW a SE, desde Playa Azul hasta los límites de Guerrero, - es una delgada faja sin relieve, discontinua cuya anchura máxi ma es de 3 Km., su perfil es suave con una pendiente del orden de 0.6%. La planicie costera presenta algunas ondonadas, sin drenaje, representadas por pantanos y lagunas de poca profun-- didad. El litoral es una línea recta de mar abierto interrumpido por el delta del Balsas. De lo anterior se deduce que la planicie costera se encuentra en un ciclo erosional de madurez temprana.

Según Tamayo (1978) la zona de estudio queda comprendida en la región geomórfica denominada Planicie Costera Sudoc cidental, que está comprendida entre la Sierra Madre del Sur y el Océano Pacífico, ésta consiste de una agosta faja de 1400 - Km de longitud que va desde la Bahía de Banderas hasta el -- río Tehuantepec, tiene un ancho medio de 20 Kms. y altitud pro medio de 100 m.

Esta zona se caracteriza por presentar pequeñas plani cies aluviales, lagunas litorales, playas y algunas zonas acan tiladas.

Carranza Edwards A. et. al. (1975) ubican el área de-

estudio dentro de la unidad morfotectónica No. VIII que abarca desde Puerto Vallarta, Jal., hasta Tehuantepec, Oax. con una longitud aproximada de 1260 Km.

Las provincias fisiográficas (Alvarez, 1962) con que se asocia esta unidad son: Zona Montañosa de la Costa del Sureste, Cuenca del Balsas y Zona Montañosa de Guerrero-Oaxaca.

En general en ésta Unidad se presentan costas rocosas abruptas, a excepción de algunas áreas donde, por influencia de corrientes fluviales, se desarrolla una incipiente planicie costera.

Según la clasificación geomorfológica y genética - - (Shepard, 1973) predominan las costas primarias, formadas por movimientos diastróficos con fallas, costas de escarpes de falla.

No obstante se presentan, en menor escala, costas secundarias, erosión por oleaje (el caso actual de la costa alrededor al delta del Balsas), promontorios cortados por oleaje, - costas con terrazas elevadas cortadas por oleaje y costas secundarias por depositación marina; playa de barrera y ganchos de barrera.

En lo que concierne al litoral del área en cuestión,

las características morfológicas han sido modeladas por 2 - - agentes principalmente, a saber: la acción de las aguas de escorrientías y las acciones litorales.

La acción de las aguas de escorrientías tanto del río Balsas como de pequeños ríos y arroyos han regularizado el relieve en el lecho de su curso de agua formando algunas contrapendientes locales.

Por otra parte, la resistencia del basamento sobre el cual corre el río Balsas, el cual se considera ser de naturaleza metamórfica o granítica (Citado oportunamente en el capítulo de Geología), ha condicionado enormemente el modelaje del lecho del río, también la presencia de rocas sedimentarias y - suelos sobre su lecho han permitido definir tres dominios en - función del tamaño del material que se encuentra a lo largo de su recorrido así como de la velocidad de la corriente, estos - tres dominios son: el de erosión, el de transporte (ambos fuera del área de estudio) y el de sedimentación (el cual abarca - ampliamente la zona de estudio), viéndose afectado este último enormemente por factores humanos en los últimos años.

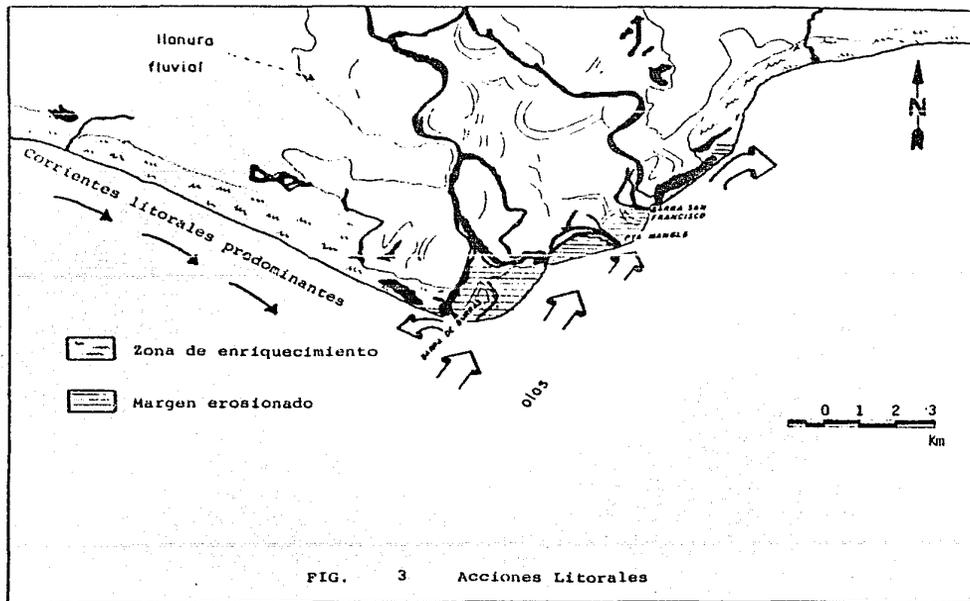
Los resultados de esta acción sobre el valle del curso del río provocan, fuera de la zona de estudio, una parte al ta donde la erosión es preponderante, una parte media donde al ternan los períodos de erosión y sedimentación, y ya dentro -

del área de estudio la parte baja donde los procesos de sedimentación predominaron, como ocurría antes de la construcción de las presas El Infiernillo y la Villita, en los períodos decrecida, cuando el río ocupaba la totalidad de su llanura fluvial (fig. 3) sobre la que abandonaba al descender, una gran cantidad de material clástico, los que aún se preservan.

Los pequeños ríos aledaños, como el río Artega al W del río Balsas, que han sobrepasado su carga sólida a su capacidad, han depositado grandes cantidades de aluvión dando lugar a la formación de abanicos aluviales (v. plano 1).

La particular posición tectónica del área, de continuos movimientos verticales, así como los efectos de Glaciostatismo, han favorecido la formación de terrazas marinas, principalmente en las costas frente a Playa Azul. Recientemente se reportaron algunos desplazamientos verticales de importancia en la desembocadura del río Balsas a partir de los sismos de Septiembre de 1985 (Corona Esquivel, et. al. 1986), lo cual aunado a otros factores, como son las corrientes y el oleaje, vienen a provocar cambios más o menos constantes en la morfología del área.

Un Río como el Balsas, antes de la construcción de las presas, cuya carga estaba constituida fundamentalmente por elementos en suspensión, dio lugar a la formación de meandros.



F.I. UNAM. ABIGAIL A. CERVANTES Y FAUSTINO MONROY. TESIS PROFESIONAL. 1987

Para lograr que un río con carga esencialmente fina y en suspensión se forme un meandro, es preciso que exista un estado de equilibrio entre la pendiente, el caudal, la carga y la resistencia de las margenes; es decir, entre la potencia neta y la resistencia de las margenes.

Es importante subrayar el hecho de que un meandro es una forma de excavación o de equilibrio, no de colmatación.

El desplazamiento de uno o varios meandros ha provocado que éstos estrangulamientos se recorten dejando como evidencia los denominados "meandros abandonados", (v. Plano 1).

La más importante de las formas provocadas por las aguas de escorrentías sobre la desembocadura del río Balsas es, su delta, cuando la carga sólida del río sobrepasó la capacidad de desmantelamiento de las corrientes marinas, ayudado claro está, por los efectos tectónicos de la región.

Dado que el área de estudio se encuentra en una región con tendencias a levantarse, su forma responde a su geología, pero cubierta en sus partes bajas por sedimentos recientes, lo que ha dado lugar a una débil franja de llanuras litorales, como son las que se observan en la costa al W del río Balsas.

Las acciones litorales son las ejercidas por las olas, corrientes y mareas.

Las olas inciden en forma perpendicular frente a Punta Cayacal (ant. Barra de Burras), por lo que antes de la construcción de las presas, esta era una zona de enriquecimiento - (actualmente ya no lo es), ya que frente al golpe de olas el material depositado por el río no era retirado sino solamente retrabajado. Actualmente sólo se puede hablar de zonas de enriquecimiento en algunas porciones de la bahía de Petacalco y al W de Barra de Burras (Fig. 3) esto debido al transporte de los sedimentos puestos en suspensión por las olas, que las corrientes distribuyen a lo largo de la costa.

La incidencia de las olas en otros puntos de la zona, como son Punta Mangle y Barra San Francisco, es en forma oblicua, haciendo de éstas, áreas de empobrecimiento.

El efecto de las olas sobre el litoral, actualmente es, en general, de tipo destructivo.

Aunque no es muy importante el rango de variación de las mareas, menor a un metro (Tablas de predicción de mareas, - Instituto de Geofísica), éstas influyen en la formación de los diversos esteros presentes en el área (Estero el Pichi, Santa Ana, etc.), así como en la construcción de cordones litorales

(flanco W del delta) los cuales limitan hacia el interior, una amplia zona de marismas, lagunas litorales y pantanos, así como algunas zonas de manglares.

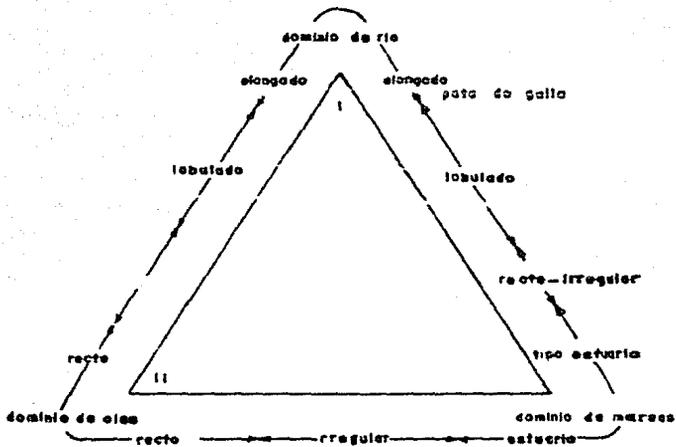
Las corrientes litorales se encuentran ligadas a -- las mareas y el viento (J. M. Coleman, 1982), entre otros factores, como se mencionó anteriormente estos juegan un papel -- muy importante en la distribución de sedimento a lo largo de -- la costa y debido a la forma acortada y cóncava hacia el mar -- de la costa los efectos de éstas han sido mayores y han llegado a formar barras de arena, denominadas flechas de arena, como ocurrió en Punta Cayacal. Estos desplazamientos de arena -- han sido perjudiciales para las obras portuarias instaladas.

III.5 EL DELTA SUBAEREO

Un importante suministro de sedimentos clásticos a -- las costas sobre la plataforma interna, depositados en forma -- más rápida de lo que pudieron ser removidos por los procesos -- marinos, en un ambiente tectónicamente activo, fueron las condiciones que prevalecieron en la formación del delta del Balsas. Siendo en ésta, su primer etapa, según la clasificación de Fisher et al. (1969), un delta altamente "constructivo" -- (Fig. 4).

Después de miles de años de actividad, el Río Balsas -- construyó un delta de dimensiones considerables, de forma -- triangular con 13 kms de base 9 kms de altura y superficie -- aproximada de 60 km^2 ; consta de dos planos principales, el plano submarino y el plano subaéreo.

El plano deltaico submarino, el cual se analizará con mayor detalle en capítulos posteriores, descansa bajo el límite de marea baja, este plano es la base sobre la cual la programación del delta subaéreo se lleva a cabo. Este plano se caracteriza por continuos movimientos por parte del mar de sedimentos clásticos en donde las arenas son depositadas cercanas a la boca de los ríos, y los limos y arcillas son alejadas de la costa por suspensión.



MODIFICADO DE WRIGTH L.D.(1985)

FIG.4 Etapas en la evolución del delta del río Balsas.

- I- Etapa constructiva
- II- Etapa destructiva

El plano subaéreo es la porción del delta que se encuentra arriba del límite de marea baja, este plano experimentalmente, antes de la construcción de las presas La Villita (1958) y el Infiernillo (1966) un amplio rango de procesos que dieron lugar a un complejo conjunto de ambientes y ensambles de formas depositacionales, algunos de ellos, los que se encuentran afectados directamente por los agentes marinos, principalmente las olas, se encuentran en vías de desaparición y algunos prácticamente ya no existen, como ocurre con las barras de bocas de distributarios y los puentes formados por mareas, no obstante algunos ambientes se preservan como son: canales y márgenes distributarios, depósitos de playa, marismas y pantanos y algunos niveles naturales de río. Este plano se divide a su vez en plano deltaico superior y plano deltaico inferior.

El plano deltaico superior se denomina también "antiguo delta" (Ver Fig. 5) y se ubica arriba de la porción que presenta una importante influencia marina.

El plano deltaico inferior se ubica entre la interacción de río mar, aunque por lo que a la acción del río confiere, actualmente es prácticamente nula. Este se extiende desde el continente hasta el límite de la influencia marina.

El plano inferior, a diferencia del plano superior, se encuentra en función de la influencia de mareas, así como -

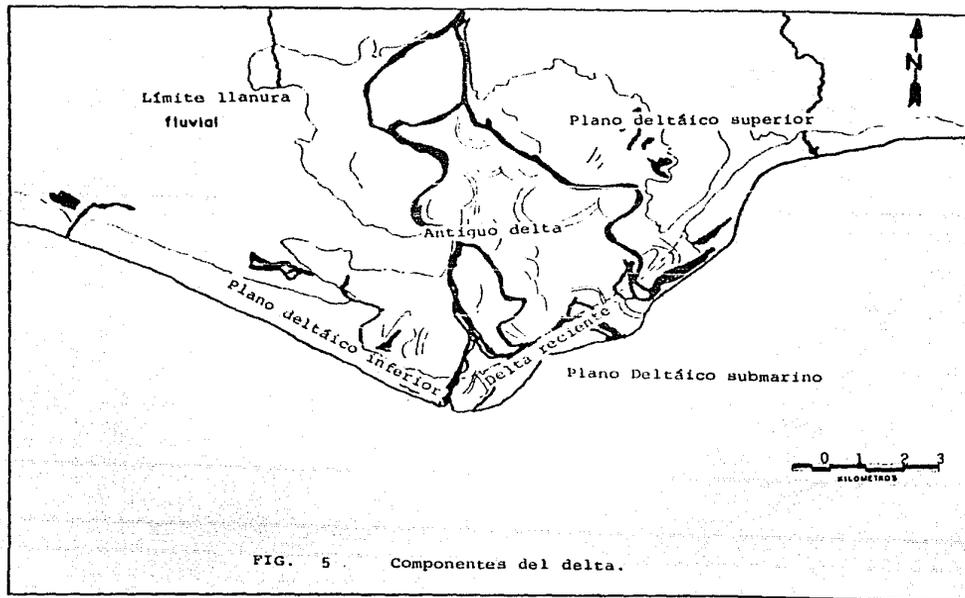
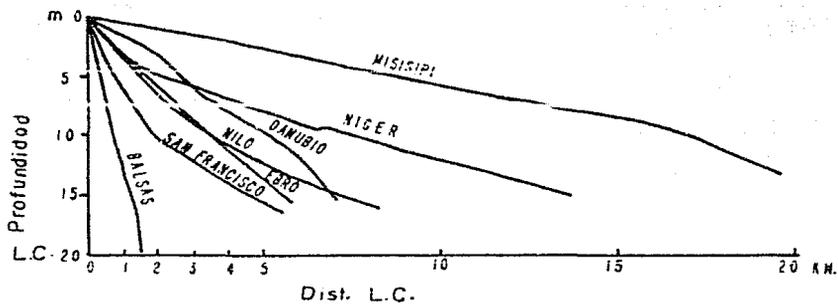


FIG. 5 Componentes del delta.

F.I.UNAM.ABIGAIL A. CERVANTES Y FAUSTINO MONROY. TESIS PROFESIONAL.1987

la pendiente promedio de su plataforma continental (Fig. 6) la cual favorece enormemente la actividad de olas (Coleman, 1982), ya que su pronunciada pendiente no atenúa en lo más mínimo el poder de la ola, antes de que ésta golpee la costa.

Actualmente, ni la porción inferior del delta, se puede clasificar como "delta activo" ya que el río ha dejado de aportar sedimentos y su actividad ha pasado a ser de tipo "artificial", en una costa en donde únicamente los procesos marinos - tienen preponderancia provocando con esto que el delta se clasifique actualmente como un delta "altamente destructivo" - - (Fisher et. al op. cit.) (Fig. 4) en donde los efectos provocados por las olas dan lugar únicamente a procesos de tipo erosivo sobre el litoral ya que no cuenta con el material clástico que debiera depositar el río, para seleccionarlo y redistribuirlo a lo largo de la costa.



modificado de
Coleman J.M.(1982)

FIG. 6 Promedio de pendientes de la plataforma continental
de siete deltas de grandes rios.

ELUNAM. ABIGAIL A CERVANTES Y FAUSTINO NORROY. TESIS PROFESIONAL. 1987

IV. ANALISIS TEXTURAL

IV.1 PARAMETROS ESTADISTICOS GRANULOMETRICOS

ANALISIS GRANULOMETRICOS

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

Se construyeron para cada muestra; histograma, curva de frecuencia, curva granulométrica acumulativa y curva acumulativa de probabilidades, determinándose los parámetros estadísticos según los criterios de Inman y Chamberlain (1955) y Folk (1965).

Los parámetros estadísticos determinados fueron los siguientes: la moda o modas, el promedio gráfico ($M\bar{\phi}$), desviación estandar gráfica o coeficiente de clasificación (σ_I), grado de asimetría gráfica inclusive o coeficiente de asimetría (SK_I) y la Curtosis (K_G).

Moda. La moda es el diámetro de partículas que se presenta con mayor frecuencia; comprende el punto medio de la barra más alta en el histograma y al punto de máxima pendiente (punto de inflexión) de la curva acumulativa, así como el -

punto más alto de la curva de frecuencias. Esta medida de -- centralización es útil en los estudios de génesis y del transporte de los sedimentos, en particular cuando existen dos o -- más fuentes de aporte (Folk, 1969). Los resultados obtenidos -- en el presente estudio se analizarán posteriormente.

Promedio Gráfico ($M\phi$). Este estadístico es la mejor medida gráfica de tamaño medio (Folk, op. cit.), dado por la -- fórmula:

$$M \phi = (\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}) / 3$$

Según Krumbein (1963), el diámetro medio da cierta -- orientación sobre las condiciones de formación de los sedimen- -- tos clásticos, el cual se asocia con la fuerza de la corrien- -- te que movió el material hasta el lugar de depósito.

El tamaño promedio de los granos está en función de -- dos condiciones (Folk, op. cit.): del tamaño de material y de la cantidad de energía proporcionada al sedimento, la cual de -- pende a su vez de la velocidad de la corriente o de la turbu- -- lencia del medio de transporte.

En las muestras analizadas el valor de $M\phi$ varía de -- 4.7 a 8.99 aproximadamente (Tabla 1). La mayor parte de estas muestras (90% aproximadamente) tienen un promedio entre 7 y --

9 Ø. Tomando en cuenta que el tamaño promedio de los granos - está en función de la distancia al lugar de origen (Krumbein, - 1937), podemos inferir que, la mayoría de los sedimentos anali- zados han recorrido una distancia considerable, ésto se reafir- ma si se toma en cuenta que el porcentaje de cuarzo en los se- dimentos es muy alto (mayor al 70%) (Tabla 4). Por otra parte, podemos inferir que la fuerza de la corriente que transportó el material era fuerte, ésto tomando en cuenta la densidad de- los minerales presentes en dicho material (cuarzo, minerales - oscuros, etc.).

Por lo anteriormente expresado, se puede deducir que- los sedimentos analizados fueron depositados antes de la cons- trucción de las presas sobre el Río Balsas.

Coefficiente de Clasificación. El coeficiente de cla- sificación o desviación estandar inclusive, dada por la fórmu- la:

$$\sigma_I = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

es la mejor medida general de la clasificación, la cual repre- senta el promedio entre la desviación estandar calculada de -- ϕ_{16} a ϕ_{84} y la desviación estandar calculada de ϕ_5 y ϕ_{95} (Folk, op. cit.).

Límites que se utilizan:

menor de 0.35 ϕ	Muy bien clasificado
" 0.35 a 0.50	Bien clasificado
" 0.50 a 0.71	Moderadamente bien clasificado
" 0.71 a 1.00	Moderadamente clasificado
" 1.00 a 2.00	Pobrementemente clasificado
" 2.00 a 4.00	Muy pobrementemente clasificado
mayor de 4.00 ϕ	Extremadamente mal clasificado

Según Krumbein (op. cit.), el coeficiente de clasificación (σ_I), al igual que el diámetro medio, da cierta orientación sobre las condiciones de formación de los sedimentos -- clásticos, el cual es un índice del intervalo de condiciones -- presentes en el fluido transportador (intervalo de velocidad, -- grado de turbulencia) y en cierto modo indica la distancia de -- transporte.

Según Folk el grado de clasificación depende de por -- lo menos tres factores: granulometría del material proporcionado al ambiente de depósito, tipo de depósito y características de las corrientes de abastecimiento con material detrítico com -- parada con la eficacia del agente clasificador.

En las muestras analizadas el valor de σ_I varía de 0.57 a 2.92, es decir, de moderadamente bien clasificado a muy

pobremente clasificado (Tabla 1). Sin embargo, en su mayoría- (90% aproximadamente) las muestras de sedimentos varían de pobremente clasificado a muy pobremente clasificado. Esto indica, a grandes rasgos que la energía de la corriente fue fuerte y/o con fluctuaciones de velocidad. Esto probablemente está relacionado a las temporadas de avenidas del Río Balsas, originando turbulencia y períodos de fuerte energía y moderadamente débil; aunado a esto, la mala clasificación de los sedimentos- se debe al retrabajo del mar el cual no permite la deposición gradual del sedimento.

Grado de asimetría (SK_I) o coeficiente de asimetría.-

Dado por la fórmula:

$$SK_I = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

Esta fórmula promedia el grado de asimetría entre ϕ_{16} y ϕ_{84} -- con el obtenido entre ϕ_5 y ϕ_{95} (Folk, op. cit.). En las curvas simétricas $SK_I = 0.00$ las curvas que contienen exceso de material fino (una "cola" hacia la derecha) presentan asimetría positiva y aquellas con exceso de material grueso (una "cola" hacia la izquierda), asimetría negativa.

Límites que se utilizan:

SK_T de -1.00 a -0.30	Muy asimétrico hacia los tamaños gruesos.
" -0.30 a - 0.10	Asimétrico hacia los tamaños gruesos.
" -0.10 a +0.10	Casi simétrica.
" +0.10 a + 0.30	Asimétrico hacia los tamaños finos.
" +0.30 a + 1.00	Muy asimétrico hacia los tamaños finos.

El grado de simetría al igual que la curtosis han sido poco estudiadas desde el punto de vista geológico (Folk, -- 1969). En general, estos parámetros indican que tan perfectamente la distribución de tamaños se aproxima a la curva normal de probabilidades de Gauss; cuanto más se aproximan estos parámetros a sus valores extremos tanto más se alejan de la normalidad las curvas granulométricas. Se han encontrado que los sedimentos provenientes de una sola fuente de aporte tienen -- distribuciones casi normales, mientras que las de origen múltiple tienen asimetría y curtosis pronunciados, también se ha -- observado que los sedimentos en los que predominan un determinado componente son extremadamente leptocúrticos y asimétricos, y los sedimentos que consisten de dos componentes en partes -- iguales, son extremadamente platicúrticos (Folk, op. cit. y -- Folk y Ward, 1957).

En las muestras analizadas el valor de SK_T varía de -

-0.38 a + 0.567 es decir, de muy asimétrica hacia los tamaños-gruesos a muy asimétrico hacia los tamaños finos (Tabla 1).

Sin embargo, el 40% de estas muestras son asimétricas hacia los finos y sólo el 22% son asimétricas hacia los gruesos, ocupando el 38% restante muestras con asimetría casi simétrica. De lo anterior se puede deducir que el 62% aproximadamente de todas las muestras, se alejan de la normalidad. El carácter asimétrico de estas muestras se puede deber a la predominancia del cuarzo (mayor al 70%) (Tabla 4) en las muestras y a la existencia de más de una fuente de aporte para los sedimentos.

Curtosis. La curtosis representa un índice de dispersión que relaciona las clases proximales y las distales, por lo que resulta ser un auténtico índice de selección, considerando toda la distribución de las frecuencias, por lo que también se le considera como un índice de apuntamiento o angulosidad: si son pocas las clases de tamaño que definen la parte central de la curva de distribución y es muy puntiaguda (leptocúrtica); o son muchas (platicúrtica), existiendo muchas clases de tamaños muy parecidos a la media: o en una distribución normal (mesocúrtica), (Mingarro M.F. y Ordoñez, D.S. 1982).

Folk sostiene que la curtosis mide la razón entre el grado de clasificación de las "colas" y el de la parte central

de la curva. Si la parte central tiene mejor clasificación - que las "colas", la curva de frecuencias es frecuentemente pun- tiaguda o sea leptocúrtica; si las "colas" tienen mejor clasi- ficación que la porción central, la curva muestra poca agudeza o sea platicúrtica.

La curtosis se puede obtener a partir de la siguiente fórmula:

$$K_G = \frac{\sigma_{95} - \sigma_5}{2.44 (\sigma_{75} - \sigma_{25})}$$

Por medio de ella se puede saber que tan deficiente o excesiva es la dispersión entre σ_5 y σ_{95} con respecto a la dispersión - entre σ_{25} y σ_{75} . En la curva normal de probabilidad, definida por la fórmula de Gauss, el intervalo (en σ) entre σ_5 y σ_{95} de be ser exactamente igual a 2.44 veces el intervalo (en σ) en - tre σ_{25} y σ_{75} .

Límites que se utilizaron:

K_G menor que			0.67	Muy platicúrtica.
desde	0.67	a	0.90	Platicúrtica
"	0.90	a	1.11	Mesocúrtica
"	1.11	a	1.50	Leptocúrtica
"	1.50	a	3.00	Muy leptocúrtica
Mayor que	3.00			Extremadamente Lep- tocúrtica.

Norstrom (1977) expone que los valores de curtosis es t n fuertemente relacionados con las variaciones de energía y el régimen del oleaje y además que los valores altos de este parámetro se registran en las playas de baja energía.

En las muestras de sedimentos analizados los valores de K_G varían de 0.533 a 2.51, es decir, de muy platicúrticas a muy leptocúrticas (Tabla 1). Sin embargo, la mayoría de las muestras (85% aproximadamente) presentan valores menores a 0.90, es decir, tienen curtosis platicúrtica a muy platicúrtica. De ésto se puede deducir que en la mayoría de los casos, las curvas de frecuencia tienen mayor clasificación en sus "colas" que en la porción central; ésto está acorde con la predominancia de material fino (7 a 9 ϕ) en cada muestra (ver análisis modal), donde se tiene una mayor clasificación que los demás rangos de tamaño promedio.

Por otro lado, se puede inferir que existen, en la mayoría de los casos, sedimentos provenientes de más de una fuente de aporte y que la predominancia de cuarzo y feldespatos (Tabla 4) en las muestras dan el carácter platic rtico de la mayoría de estas.

También se puede inferir que los valores bajos de curtosis indican una alta energía o variaciones de ésta, ésto se relaciona tal vez a las épocas de avenidas del Río Balsas.

IV.2. ANALISIS DE GRUPOS

Para este análisis de grupos, se tomará en cuenta en primer lugar el análisis modal de los sedimentos, obteniendo - para cada muestra la moda principal y secundaria y su posición geográfica; el análisis de grupos texturales, tomando en cuenta para éste, el método desarrollado por Inman y Chamberlain (1955) y los porcentajes de arena-limo-arcilla para los sedimentos de acuerdo al triángulo de Shepard (1954). De estos últimos análisis, se procedió a realizar planes de distribución de estos grupos a nivel regional y averiguar las normas que la rigen.

ANALISIS MODAL DE SEDIMENTOS

El sistema de análisis modal de sedimentos ayuda a lograr un mejor entendimiento de ciertos sedimentos complejos y ha sido desarrollado por Curray (1960).

El uso de parámetros estadísticos se basa en la suposición de que la distribución del tamaño de los granos se aproxima a la normalidad, siendo posible evaluar las desviaciones de la normalidad.

En muchos casos, tales desviaciones se incrementan, - probablemente porque el sedimento es mezcla de dos o más compo

mentos; cada uno de los cuales puede constituir un sedimento normalmente distribuido, aún cuando el sedimento resultante de su mezcla no sea normal, resultando de ello una distribución polimodal.

Del examen de las curvas acumulativas de las 42 muestras, el 62% aproximadamente son polimodales (Tabla 2), es decir, contienen tres o más modas; el 36% son bimodales y sólo la muestra 81 es unimodal. En 15 muestras la moda principal -- cae en el rango de 11-12 ϕ , siendo la moda 8-9 ϕ la que le sigue con 8 muestras; ésto verifica el dominio de material fino en la mayoría de las muestras de sedimentos. En lo que a modas secundarias se refiere la moda dominante cae en el rango 11-12 ϕ con 10 muestras, le sigue la 7-8 ϕ con 9 muestras y la 6-7 ϕ con 8 muestras (Tabla 2); verificando también el dominio de material fino.

En cuanto a su distribución geográfica, analizando la localización de la muestra y su carácter modal (Tabla 2) se -- concluye que: en los cañones submarinos todas las muestras son polimodales (a excepción de las muestras 31, 33 y 37). Estas -- muestras que no cumplen la regla se encuentran localizadas en frente de Punta Cayacal; en las paredes de los cañones también se pudo observar una tendencia general a distribuciones polimodales (a excepción de las muestras 10, 12 y 95) las cuales se encuentran localizadas en las terminaciones de dichos cañones--

submarinos; en cuanto a los demás sitios como las planicies o cimas (parte más o menos plana localizada entre cañón y cañón), no existe una distribución modal que domine, ya que se encontraron distribuciones unimodales, bimodales y polimodales.

Por lo tanto, se puede decir que, cuando menos en los cañones y las paredes de los mismos se logró confirmar la existencia de más de una fuente de aporte de sedimento, de acuerdo a su distribución modal.

TEXTURA

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

1) El método desarrollado por Inman y Chamberlain -- (Op. cit.), que consiste en establecer grupos de sedimentos -- utilizando la correlación entre el diámetro medio, el coeficiente de clasificación y el coeficiente de asimetría.

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

En base al método de Inman y Chamberlain (1955) (Figs. 7 y 8) se distinguieron dos grupos:

GRUPO I. Constituido por sedimentos correspondientes a limos gruesos, medios y finos que varían de moderadamente -- bien clasificados a muy pobremente clasificados (σ_I entre -- 0.575 y 2.552); su grado de asimetría SK_I varía de -0.227 a -- + 0.567. La posición de estas muestras en el triángulo de -- Shepard (Fig. 9) es muy heterogénea, incluyendo una muestra de arena (No. 16), una de limo (No. 61), la muestra 65 que corresponde a limo-arcillosa y la 56 que cae en el campo arena-limo-arcilla. A excepción de la muestra No. 65, todas las demás -- muestras se localizan a menos de 200 m. de profundidad.

GRUPO II. Constituido por sedimentos correspondientes a limos muy finos y arcillas que varían de pobremente clasificados a muy pobremente clasificados (σ_I entre 1.523 y -- 2.921); su grado de asimetría SK_I varía de -0.380 a + 0.473 -- La posición de estas muestras en el triángulo de Shepard (Figs. 9 y 9A) es de arcillas limosas y limos arcillosos en una proporción del 60% y 40% respectivamente. Las profundidades en -- las que se localizan estas muestras son en general mayores a -- los 200 m.

Con base en el Triángulo de Shepard se establecieron los siguientes grupos textuales de sedimentos: un grupo de ca-

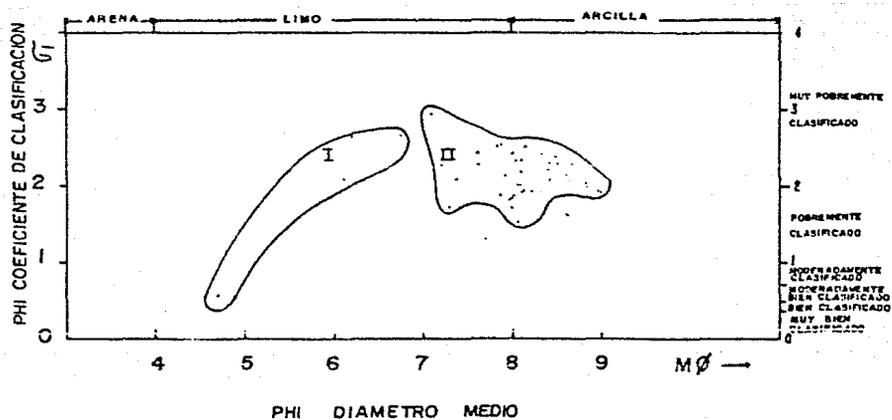


FIG. 7 Correlación de los parámetros estadísticos $M\phi - \phi$, señalando los grupos establecidos según el criterio de Inman y Chamberlain (1955).

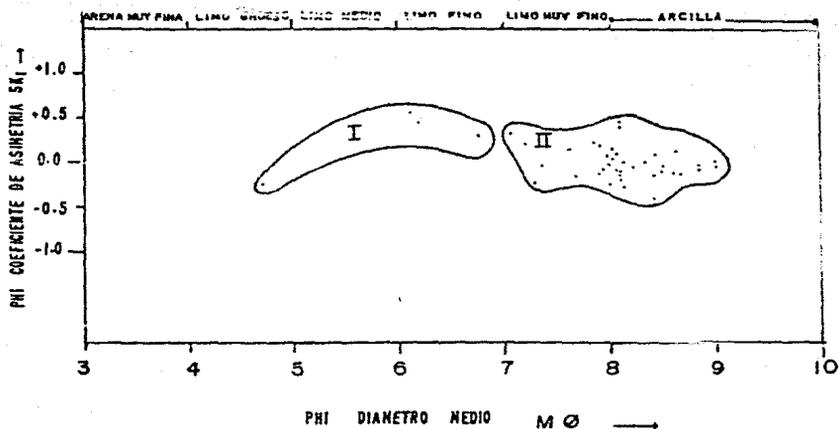


FIG. 8 Correlación de los parámetros estadísticos $M\phi$ - S_{K1} señalando los grupos establecidos según el criterio de Inman y Chamberlain (1955).

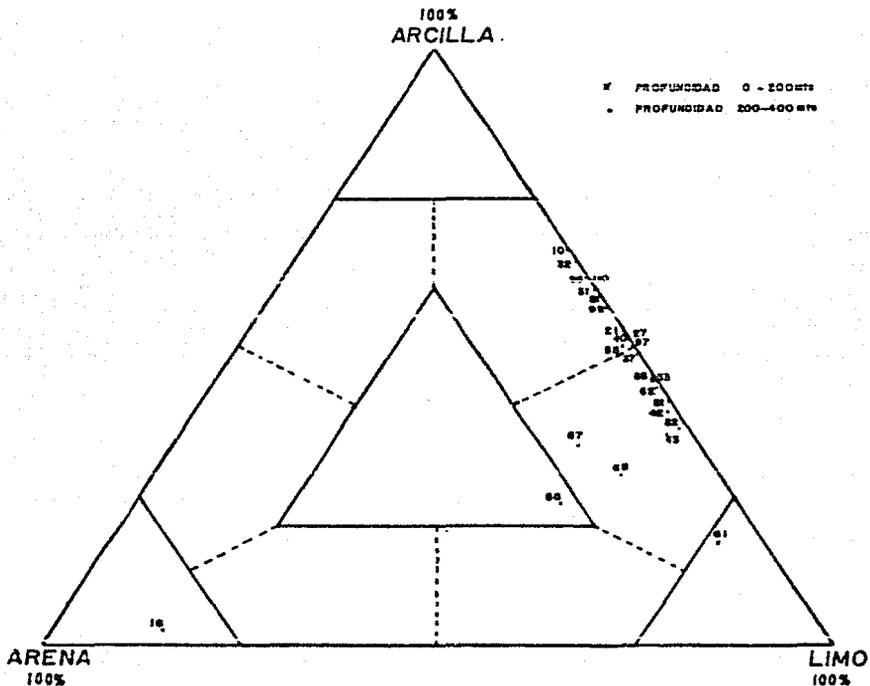


FIG. 9 Triángulo de Shepard, indicando la distribución de los porcentajes de arena-limo-arcilla en los sedimentos.

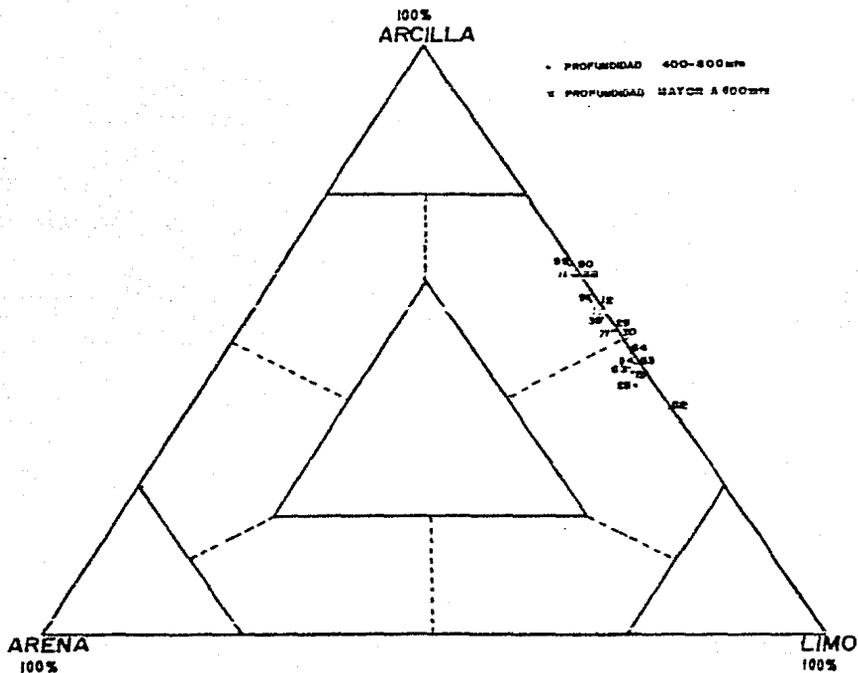


FIG. 9A Triángulo de Shepard, indicando la distribución de los porcentajes de arena-limo-arcilla en los sedimentos.

rácter limo arcilloso y otro arcillo limoso. También se analizan tres muestras aisladas (16, 56 y 61) que caen en otros grupos establecidos con anterioridad.

Estos grupos y la profundidad a la que se encuentra - cada muestra se presentan en las figuras 9 y 9A.

IV.3. DISTRIBUCION DE GRUPOS

Los grupos establecidos (I, II) según el criterio de Inman y Chamberlain (1955), tienen una distribución regional - la cual se presenta a profundidades mayores a los 100 m aproximadamente (Plano 2). Para tener una idea general de la distribución de grupos de sedimentos a profundidades menores - - a los 100 m y observar su comportamiento con respecto a los - aquí establecidos, se tomaron datos de trabajos anteriores, -- particularmente el de M. Gutierrez (1971), quien establece cuatro grupos (v. Plano 2) que aquí por comodidad se mencionarán como 1, 2, 3 y 4.

En el presente trabajo se lograron establecer dos grupos (I y II) el grupo II coincide, en parte, a las características descritas para el grupo 4, sin embargo, en base al muestreo realizado y a la distribución de dicho muestreo se infiere un límite entre éstos dos grupos, ocupando las mayores profundidades el grupo II.

Las características de los grupos establecidos por M. Gutiérrez se sintetizan a continuación:

GRUPO 1. Se distribuye en una franja a lo largo de - la costa (playas y bermas), (Plano 2); desde el extremo occidental del área. Las Peñas, hasta Punta Las Piedras, por el -

oriente, exceptuando la porción occidental de la Isla de La Pa-
racera y amplias áreas de la Isla Grande; se localiza también
en meandros abandonados y márgenes del río Balsas. Cubre una-
extensión aproximada de 5 km. de amplitud, con profundidades -
desde 0 a 40 m, extendiéndose uniformemente hasta el frente --
del estero el Manglito; salvo una faja angosta de 1 km., desa-
rrollada paralela a la costa, que vuelve a señalarse en el ex-
tremo oriental del delta.

GRUPO 2. Se encuentra distribuido, hacia el W del --
Delta, en dos fajas (Plano 2); la primera angosta, de 1 km. de
ancho, cruza longitudinalmente al Grupo 1 y se desplaza parale-
lo a la línea de costa a una distancia aproximada de 1.5 km. -
frente a las Peñas y Playa Azul aproximándose paulatinamente -
hasta distar 200 m. frente al estero de Santa Ana. Entre éste
punto y el estero el Manglito, la zona es transicional; las --
condiciones topográficas varían sensiblemente al aproximarse -
al Cañón de El Manglito.

La alterancia que muestran los sedimentos pertenecien-
tes a los grupos 1 y 2, se atribuye a un nivel del mar previo-
a la transgresión motivada por el deshielo post-pleistocénico-
(M. Gutierrez, op. cit.). En la porción central de delta sub
marino, frente a la Isla del Mar y desde Punta Mangle hasta Bo-
ca Vieja, se aprecia la existencia de dos zonas con sedimentos
de éste grupo. Este grupo 2 rodea al cañón de Petacalco en --

una franja angosta que se amplía al E en forma acampanada, con su vértice localizado en la línea de costa, en Punta las Piedras, anulando la distribución del Grupo 1.

GRUPO 3. Hacia el W del Delta se distribuye en una zona comprendida entre los 50 y 70 m. de profundidad, adelgazándose y disminuyendo de profundidad conforme se aproxima a los cañones. Por el oriente, el límite superior asciende hasta los 20 m. y el inferior a los 40 m de profundidad (v. Plano 2).

En la porción subaérea del delta, los sedimentos ocurren en depósitos correspondientes a llanuras de inundación y niveles naturales alcanzados por las márgenes del río, se presenta también en meandros abandonados.

GRUPO 4. Se distribuye desde los 40 m. de profundidad, su límite inferior fue inferido a profundidades entre 100 y 200 m. Su distribución es en forma paralela a la costa con una anchura media de 5 km., obedeciendo a la topografía submarina.

GRUPO 1. Se distribuye irregularmente como pequeños cuerpos aislados. Hacia el E del área, en la cabecera del cañón de Petacalco, a los 90 m de profundidad aproximadamente aparece un cuerpo en forma ovalada, sus límites fueron inferi-

dos. En la cabecera del Cañón del Manglito aparece otro cuerpo en forma ovalada y cóncava hacia continente, de aproximadamente 3 km. en su parte más larga y 1.5 km de ancho. Por último, otro cuerpo perteneciente a éste grupo, se presenta como un cuerpo en forma alargada de 2 km de longitud por 1.5 km. de ancho aproximadamente, sus límites también fueron inferidos.

GRUPO II. Se distribuye en las zonas más profundas, a excepción de dos de los cuerpos ovalados del grupo I, (Plano 2), su límite superior corresponde al límite inferior del grupo 4. Su límite inferior no pudo ser establecido, aunque debe terminar donde exista material puramente arcilloso, es decir donde se tenga sólo material en suspensión y su asentamiento; analizando la batimetría (Plano 6) se puede observar, sobre todo al W y centro del área, un cambio de pendiente entre los 500 y 600 m de profundidad, el cual puede corresponder al límite inferior del grupo II.

DISTRIBUCION DE GRUPOS TEXTURALES DE SEDIMENTOS, SEGUN SUS PORCENTAJES DE ARENA-LIMO-ARCILLA.

Su distribución regional se realizó en base a estudios anteriores (como el realizado por M. Gutiérrez, 1971), para tener el patrón general. Este último coincidió en forma regional. El apoyo fue en cuanto a grupos localizados a menos de 100 m, a saber: arenas, arenas limosas y limos arenosos. -

El estudio actual se llevó hasta los 700 m. aproximadamente, - el primero en su género en la región.

La distribución regional es la siguiente:

Arena. Se distribuye en una ancha franja a lo largo de la costa (playas y bermas), desde el extremo occidental del área Las Peñas (a 15 km al NW de Playa Azul) hasta Punta Las Piedras; por el oriente, exceptuando amplias áreas de la Isla Grande, se localiza asimismo, en las márgenes del Río Balsas, en meandros abandonados y la porción submarina cubre una extensión aproximada de 5 km de amplitud con profundidades desde 0 a 40 m, extendiéndose uniformemente hasta el frente del estero El Manglito. Su límite inferior está condicionado por la topografía, sobre todo en las cabeceras de los cañones donde se adelgaza (Cañón de La Necesidad) y se aproxima a la costa (Ver Plano 3).

Arena-limosa. Se distribuye paralelamente en forma más o menos regular a la franja de arena de NW a SE hasta topar con la cabecera del Cañón de La Necesidad donde se adelgaza hasta desaparecer; vuelve a aparecer como un delgado lente entre los cañones de La Necesidad y Petacalco, adelgazándose en sus extremos. Aparece nuevamente como otro lente al SW del Cañón de Petacalco hasta topar con la línea de costa. Su límite inferior, en promedio, se aproxima a los 60 m. Enfrente de

Boca Balsas aparece un cuerpo areno-limoso en forma ovalada de 2 km aproximadamente en su parte más ancha, por 4.5 km. de largo rodeado de arena y contrastando este último grupo. Esto -- puede deberse a la influencia de la desembocadura de uno de -- los ramales del Río Balsas (ver Plano 3).

Limo-arenoso. Se distribuye paralela a la franja arena-limosa en la parte NW del área hasta adelgazarse en la cabecera del Cañón El Pichi (nombre informal), donde se pierde volviendo a aparecer en forma de lente entre cañón y cañón. En -- el Cañón El Manglito y el de La Necesidad su distribución es -- en una forma de lente muy reducida de aproximadamente un kilómetro en su parte más amplia enfrente de la Punta Cayacal.

Entre las cabeceras del Cañón de La Necesidad y Petacalco se presenta como un delgado lente al igual que al NE de este último cañón. Su límite inferior se encuentra en promedio a los 80 m de profundidad aproximadamente.

Limo. Se distribuye irregularmente como pequeños -- cuerpos en forma de lente, entre las cabeceras del Cañón El -- Manglito alcanza en su parte más ancha medio kilómetro. Entre el Cañón de La Necesidad y Petacalco aparece un lente más largo que ancho adelgazándose hasta desaparecer en dichas cabeceras. También se presenta al E de la cabecera del Cañón de Petacalco, en forma de lente. Su límite inferior no está bien -- definido (ver Plano 3).

Arena-limo-arcilla. Sólo una muestra (56) cae en esta clasificación y se encuentra en la cabecera del Cañón El -- Manglito, debido a ésto no se puede hablar de un grupo y por lo tanto de su distribución.

Limo-arcilloso. Estos sedimentos se distribuyen ampliamente desde profundidades de 80 m hasta alcanzar en algunos lugares los 500 m aproximadamente. Al W del área tanto el límite superior como el inferior es inferido. De este grupo se puede decir a grandes rasgos que su comportamiento (distribución) es como sigue: en los cañones propiamente dicho, este grupo alcanza las mayores profundidades y en las partes intercañones (cimas o planicies) es decir, en los flancos de dichos cañones la distribución es contraria, alcanzando las profundidades más someras. Su anchura en promedio es de aproximadamente de 8 km y alcanza en sus partes más amplias los 10 km (ver Plano 3).

Arcilla—limosa. Este grupo está limitado en su parte superior por el límite inferior del grupo limo-arcilloso, distribuyéndose paralelamente a este último, a todo lo largo y amplio de la zona y alcanzando profundidades de hasta los 700m aproximadamente, su límite inferior no pudo ser establecido -- (ver Plano 3).

En general, se puede decir que la distribución de los

grupos de sedimentos está controlado por la topografía submarina, principalmente por la presencia de los cañones submarinos, coincidiendo con otras etapas del trabajo en cuanto al patrón general de distribución hasta los 100 m de profundidad. Esta distribución también obedece a los rasgos fisiográficos del --delta subaéreo, como son las desembocaduras del Balsas, Punta-Cayacal, Bahía de Petacalco, etc. Por otro lado está directamente relacionado con la distancia a la línea de costa cuando no existe un rasgo topográfico de importancia.

V. ANALISIS COMPOSICIONAL

El carácter sedimentográfico más importante, y por lo tanto, capaz de definir el sedimento, es la composición del mismo.

Entendiéndose por composición de un sedimento, el conjunto de sustancias Químicas, Inorgánicas u Orgánicas (minerales o macerales) que lo constituyen. Esta composición podrá expresarse en términos químicos mineralógicos y/o macerálicos.

Para determinar la composición de los sedimentos muestreados en la porción submarina del delta del Río Balsas se analizaron: Los contenidos de materia orgánica y carbonato de calcio, ambos por medios químicos (Ver metodología). Ya que tanto la materia orgánica como el carbonato de calcio son componentes importantes de las aguas marinas, presentando variaciones importantes con respecto al medio en que se encuentran, sobre todo si se encuentra en relación con la desembocadura de un río, como en este caso.

Se analizó también la fracción arenosa, mediante el estudio al microscopio estereoscópico; dividiendo la fracción en dos porciones; una inorgánica y la otra orgánica, calculando el porcentaje acumulativo de ambos, cada fracción consistía

en:

Fracción inorgánica; cuarzo, feldespato, fragmentos de roca, micas y minerales oscuros.

Fracción orgánica; foraminíferos fragmentos de conchas, cónchas, y diatomeas.

El objetivo de este análisis fue establecer la paragénesis que pudiera indicar el tipo o los tipos de roca madre -- origen de los sedimentos y ayudar a determinar los diversos ambientes que pudieran prevalecer.

V.1 CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA

En el mar el Fitoplancton es el producto primario más importante de materia orgánica, la presencia de la luz (zona eufótica), necesaria para la fotosíntesis y la abundancia de sales minerales controlan su productividad.

Las producciones más importantes de materia orgánica-marina desde el punto de vista cualitativo, son en primer lugar, la del fitoplancton y después la del zooplancton y las bacterias.

Los sedimentos muestreados se analizaron para determinar el porcentaje de materia orgánica presente (Tabla 3, Plano 4) dando como resultado un contenido mayor el 2% lo que indica un porcentaje anormalmente alto, Mingarro, M.F. y Ordoñez D. - S. (1982) le asignan a estos valores un ambiente con ausencia de oxígeno o un valor de Eh menor a 0.00 V lo que significa un medio reductor, ya que en un medio oxidante la materia orgánica se oxidaría transformándose en óxido de carbón y agua por lo que para que ésta pueda conservarse el Eh debía ser negativo independientemente del Ph. La presencia de sulfuros en la mayoría de las muestras (Tabla 4) es también una base para hablar de un medio reductor.

Se trató de explicar el alto contenido de materia orgánica por medio de la relación con la distancia a la línea de costa. Ya que la producción de materia orgánica se encuentra en estrecha relación con la zona eufótica y ésta en la desembocadura de los ríos llega apenas a 1 metro de profundidad (G. - Chavez S. 1981), por lo que resulta ser necesario alejarse de la costa para encontrar zonas en donde la luz penetre más profundamente. Para demostrar esto se realizó una gráfica en donde materia orgánica-distancia a la línea de costa, son los parámetros confrontados (Fig. 10), en esta gráfica se puede apreciar cómo el contenido de materia orgánica presenta una tendencia a aumentar conforme se aleja de la costa. No obstante, existían algunas muestras que no guardaban tal relación, por lo que se analizaron otros factores, que pudieran afectar tal relación. Uno de estos fue; la profundidad, la gráfica correspondiente (Fig. 11), no mostró una tendencia general a aumentar el contenido de materia orgánica conforme aumentaba la profundidad, sin embargo, se pudo apreciar que, la muestra - - No. 16 con menor contenido de materia orgánica 0.277% era la muestra más somera, con sólo 40 m de profundidad, mientras que la muestra No. 11 siendo la más profunda, a 775 m se encontraba entre los valores más altos en contenido de materia orgánica con 4.895%.

También se encontró que algunas muestras que se hallaban muy próximas una de otra o incluso a la misma distancia

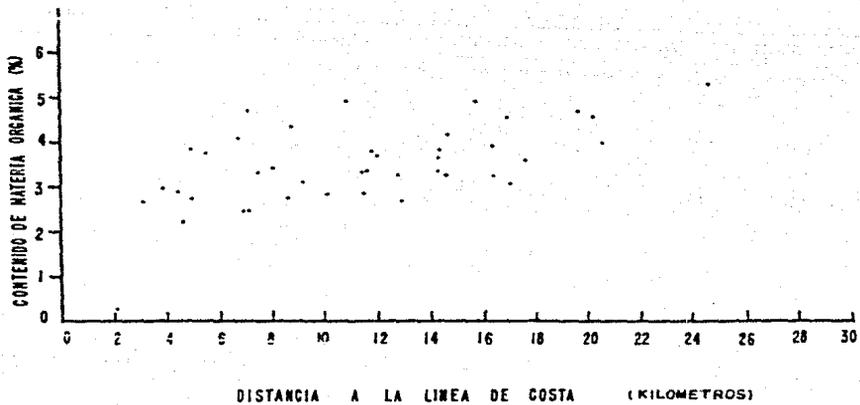


FIG. 10 Relación materia orgánica- distancia a la línea de costa

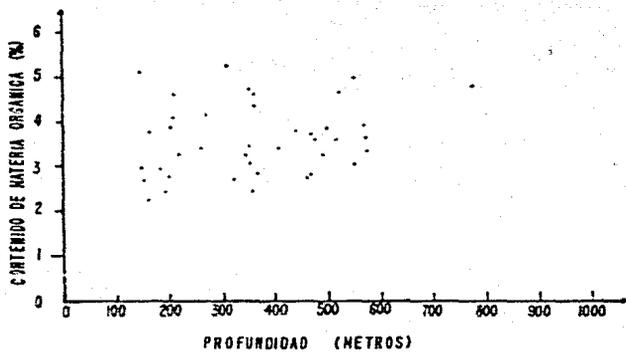


FIG. II Relación materia orgánica-profundidad

con respecto a la línea de costa, no presentaban un contenido igual o similar de materia orgánica, variando éste hasta en un 1.2%, siendo posible explicar tal diferencia, con una mayor o menor profundidad de alguna de las muestras como ocurrió con las muestras: 21 y 64, 10 y 29 y 92 con 19. (V. Plano 4).

Para poder visualizar mejor la estrecha relación existente entre estos tres factores, se ideó un diagrama en el que estos se pudieran representar a la vez (Fig. 12) en este diagrama se puede apreciar como aquellas muestras con valores -- excepcionales de materia orgánica, mayores a 4%, se encuentran a distancias superiores a 6Km con respecto a la línea de costa y a profundidades superiores a 200 m exceptuando la muestra -- No. 82 la cual a pesar de tener mas del 5% de materia orgánica sólo está a 145 m de profundidad, sin embargo, se encuentra a más de 12 Km de la costa, lo cual explica parcialmente su alto contenido de materia orgánica y, tal vez su lejanía con respecto a la desembocadura del Río Baslas lo explique totalmente.

También se buscó una posible relación entre el contenido de materia orgánica y el tamaño de grano, haciendo una -- gráfica en la cual se confrontaron media gráfica-materia orgánica, esta vez sólo se encontró que no existía tal relación, -- lo que se podría explicar si se toma en cuenta que se trata de un material retransportado por el oleaje manteniéndolo largo -- tiempo en suspensión, inhibiendo así una depositación gradual conforme llega a la cuenca de depósito.

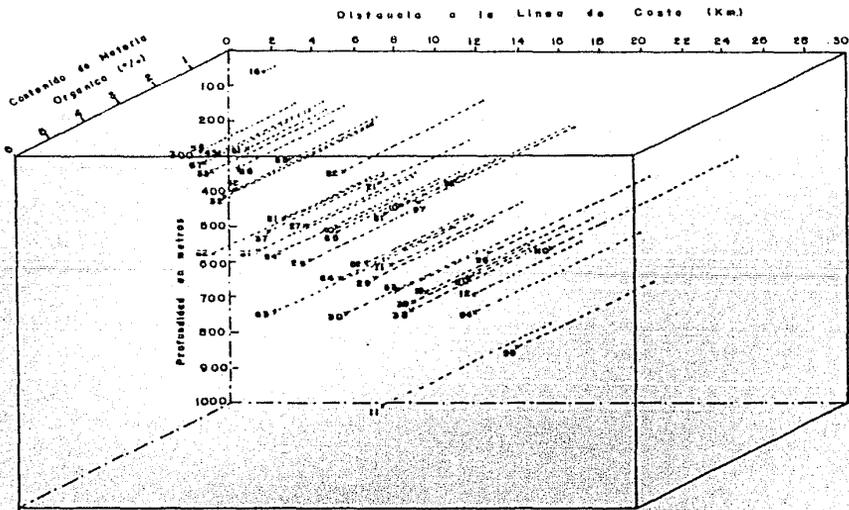


FIG. 12 Relación materia orgánica - distancia a la línea de costa - profundidad

V.2 ANALISIS MICROSCOPICO

Fracción Inorgánica: la composición mineralógica de un sedimento resulta de gran importancia convirtiéndola en el carácter petrográfico más destacado, puesto que las características mineralogenéticas pueden denunciar los diferentes estados ambientales por los que ha pasado el sedimento.

Los minerales analizados se pueden clasificar en: -- Alotígenos y Autígenos, ya sea si se han formado fuera de la cuenca singenética, también llamados alogénicos, detríticos clásticos o residuales, o bien si se han formado como consecuencia de la alteración hipergénica (transformados o neoformados) o incluso durante el transporte, llamándose estos minerales alóctonos hipergénicos. Dentro de los primeros se ubican: cuarzo, feldespatos, micas y minerales oscuros. En cuanto a los componentes autóctonos, los carbonatos y algunos sulfuros se encuentran dentro de éstos.

Componentes alóctonos:

Cuarzo: el cuarzo es el componente más importante de los sedimentos alogenéticos, por su abundancia, evaluada en las muestras entre el 55 y el 86.5 por 100 (Tabla No. 4), la mayoría de formas subredondeadas, encontrándose tanto de origen ígneo como de origen metamórfico, dado que ambos tipos-

de roca se pueden encontrar ampliamente distribuidos a lo largo de la cuenca del Río Balsas (Ver Cap. III: 3 Geología).

En general, el contenido promedio del cuarzo encontrado es superior al 70%, este alto contenido puede explicarse si se toma en cuenta que se está analizando sólo la fracción gruesa (mayor a 4 ϕ) de un sedimento encontrado a gran distancia de la línea de costa donde únicamente un mineral de alta resistencia podría llegar, además hay que recordar que los sedimentos en la desembocadura del Río Balsas estuvieron sometidos a una alta energía cinética debida al oleaje bajo el cual la mineralogía de éstos fue continua y drásticamente seleccionada tendiendo a producir arenas cuarzosas.

Feldespatos: éstos forman el segundo componente de los sedimentos alogenéticos después del cuarzo por su abundancia y significado. En las muestras se evaluaron porcentajes desde un 1% hasta un 10% con un promedio general de sólo el 4.5%. Este bajo contenido en feldespatos es debido a su inestabilidad y, a que en comparación con el cuarzo en los sedimentos sólo representa una cuarta parte del contenido de éste. Se encuentra tanto feldespato potásico, como plagioclasas, predominando estas últimas, por lo que se podría sospechar un origen volcánico ya que el feldespato potásico suele ser más estable (Folk, 1969).

Fragmentos de roca: se presentan de los tres tipos de rocas: ígneas, sedimentarias y metamórficas, con un contenido promedio del 1.3%. Para las rocas ígneas se presentan fragmentos de roca volcánica bien redondeada del tamaño de arena, provenientes de la matriz afanítica de lavas o rocas piroclásticas presentes en la cuenca del Río Balsas.

Los fragmentos de roca metamórfica encontrados en las muestras, consisten de granos del tamaño de la arena a excepción de la muestra No. 80 que presenta granos del tamaño de grava, todos ellos bien redondeados debido al transporte fluvial y al retrabajo marino.

Únicamente dos muestras presentaron fragmentos de rocas sedimentarias (No. 94 y No. 19). Dado que estos fragmentos no resisten la abrasión se infiere un transporte brava y en masa como puede ser el que provoca una corriente de turbidez en las cercanías de los cañones submarinos.

Micas: dentro de este grupo se engloban los minerales residuales de tamaño pelítico como son: muscovita, biotita y clorita, encontrados en las muestras, en porcentajes que fluctúan entre el 0.5% y el 10%, aunque en general el contenido no es mayor al 2%.

La biotita es proporcionada principalmente por rocas-

graníticas, sin embargo, en las rocas básicas y volcánicas, es casi la única mica primaria presente, algunas rocas metamórficas pueden proporcionar también esta mica.

En cuanto a la muscovita, las rocas ácidas y diversas rocas metamórficas son la fuente principal.

La clorita es un mineral formado por la alteración de minerales ferromagnesianos, encontrándose en las muestras como producto de la alteración de la biotita en un medio reductor.

En general, aún cuando la biotita sea probablemente - la mica más abundante en las rocas originarias, la muscovita - es la más abundante en los sedimentos analizados, ésto como resultado de la inestabilidad química de la primera. Sin embargo, algunas muestras contenían mayor cantidad de biotita que - de muscovita, esto pudo deberse a que el sedimento recibió - - aportaciones de rocas volcánicas o de cenizas, como lo demuestra la presencia de antiguas emanaciones volcánicas en el área.

Minerales oscuros: éstos son generalmente accesorios - en la roca madre, pero muy estables ante las condiciones hiper - génicas, o bien minerales menos estables y más abundantes pero que no han tenido tiempo de alterarse (Mingairo F. y Ordoñez D. op. cit.).

En las muestras analizadas los porcentajes de estos componentes fluctúan entre el 1.5% y el 23%, aunque en general presenta un promedio de sólo el 5%.

Bajo este título de minerales oscuros se enmarcaron: los sulfuros y óxidos principalmente, abarcando también algunos otros que se presentan en menor proporción, como son: anfíboles, piroxenos, olivino, turmalina, apatito y azufre. También se incluyó en este grupo, a pesar de no ser un mineral, pero que por su frecuencia es importante, el vidrio volcánico, éste se deriva de la erupción explosiva de magmas silíceos ocurridos en la zona (Ver Cap. III.3).

No se puede sin embargo, determinar un ambiente petrogenético tomando como base esta mineralogía, ya que su diversa estabilidad determina paragénesis no muy concretas. Además, debe contemplarse que los sedimentos pueden proceder de diferentes roca-origen o áreas fuente, que también pueden reciclar se. El gran poder de clasificación que tienen los agentes sedimentogenéticos afectan también dicha paragénesis.

Componentes Autóctonos:

Calcita: ésta constituye en volumen, probablemente -- más de la mitad de los carbonatos, por lo que es un componente importante en la composición de los sedimentos muestreados, --

constituyendo hasta un 12% en las muestras analizadas.

Se encuentra como producto de precipitación directa, es decir, singenética (Ver Cap. V.3 Carbonato de Calcio).

Sulfuros (Pirita): la pirita se formó en condiciones reductoras en presencia de azufre, en asociación con la materia orgánica presente.

La mayoría de los sulfuros presentes se encuentran re cubriendo conchas de microorganismos, principalmente foraminíferos (Ver Tabla 5), aunque también existen pequeños nódulos de pirita en las muestras. Una explicación a la precipitación de sulfuros podría ser la siguiente:

En los medios ácidos el Fe^{2+} si no se oxida permanece como catión soluble, y ya que en el medio hay suficiente concentración de S^{2-} , como consecuencia de que el medio es muy re ductor y desoxigena los SO_4^{2-} , este Fe^{2+} precipita en forma de SFe (Pirita); pero bajo estas condiciones, también se comportarán análogamente todos los iones de ese grupo, con análogas ca racterísticas de potencial iónico, por lo que bajo tales condi ciones exógenas se forman estas concentraciones de pirita.

FRACCION ORGANICA

Debido a los diversos ambientes que los microorganismos denotan, en la fracción orgánica de las muestras, se determinaron los contenidos de: foraminíferos bentónicos, foraminíferos planctónicos, foraminíferos y conchas piritizadas, conchas, fragmentos de conchas y diatomeas.

La presencia de microorganismos piritizados denotaban un cierto tipo de ambiente (reductor) por lo que determinar el contenido de éstos era importante.

La parte oceánica que abarca el área de estudio, implica la denominada plataforma externa y el talud continental, comprendiendo tanto la provincia nerítica como la oceánica - - (Fig. 13).

La plataforma externa se encuentra caracterizada por sedimentos de grano fino, como son las arcillas. El número de especies es alto, entre las que los foraminíferos planctónicos (*Globigerinidos*) constituyen aproximadamente el 50% de la fauna existente.

En cuanto al talud, se puede hablar de litología y estructuras complejas variando en suaves pendientes, sin olvidar la presencia de importantes cañones submarinos (Cap. VI.2 Mor-

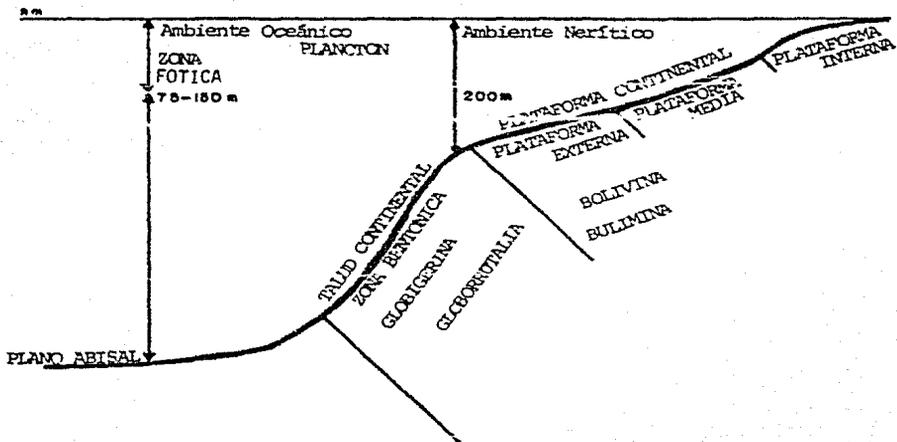


FIG. 13. DIVERSOS AMBIENTES MARINOS Y ORGANISMOS QUE PREVALECE EN ESTOS.
(BILAL U., 1978)

fología Submarina) por lo que el material alogénico o transportado abunda y los foraminíferos planctónicos comprenden desde el 50% hasta el 85% de la microfauna.

En un ambiente deltaico como el estudiado, son características las áreas de continuas variaciones y fluctuaciones estacionales de: temperatura, salinidad, turbidez, pH-Eh y composición química del agua. Además, existe un alto contenido de materia orgánica y nutrientes.

Los sedimentos varían de arenas bien clasificadas a limos ricos en materia orgánica y arcilla con piritita, las que certifican un ambiente reductor químico, bajo la interface sedimento-agua.

Los géneros de foraminíferos hialinos y algunos de los géneros aporcelanados encontrados en las muestras son típicos de zonas someras o ambientes neríticos, su presencia en zonas más profundas (superiores a 200 m) es debido al alto rango de transporte que llevan a cabo las corrientes turbidíticas, las cuales son un mecanismo común para el desplazamiento de estos elementos faunísticos.

La mayoría de los microorganismos encontrados en las muestras pertenecen a la superfamilia Globigerinacea y algunos otros foraminíferos bentónicos pertenecientes a las superfami-

lias Buliminácea y Miliolácea; aunque estos últimos en menor - proporción, los diversos ambientes en los que estos géneros -- son comúnmente encontrados se muestran en la Fig. 13.

La mezcla de faunas de aguas someras en aguas profundas, puede reflejar tectonismo y erosión de masas de tierra-adyacente. así como la depositación turbidítica de grandes can-tidades de sedimentos transportados pendiente abajo.

V.3 CONTENIDO DE CARBONATO DE CALCIO

Los componentes autóctonos de los sedimentos oligocénicos, son los carbonatos y especialmente el carbonato de calcio (CaCO_3) en forma de calcita, y puesto que el carbonato de calcio y los organismos segregadores de carbonato son los mayores componentes de los sedimentos marinos se enfocará la atención en las interrelaciones entre el CaCO_3 y el agua de mar.

La concentración del CO_3 en los sedimentos marinos profundos está en función de dos procesos que son: acumulación y transporte principalmente por solución.

Tomando en cuenta que la mayoría de las partículas carbonatadas se derivan de las partes duras calcáreas de invertebrados y que el mayor proceso químico diferencial que actúa actualmente en el agua de mar es la remoción biológica de CaCO_3 en partes duras de esqueletos, se infiere que esta remoción se acelera durante el Cámbrico Temprano alcanzando probablemente su máximo rango en el Mesozoico con la evolución de abundante microfauna y flora pelágica calcárea, por lo tanto, es posible que la proporción Mg/Ca haya sido gradualmente incrementada a través del tiempo geológico, tal vez desde un bajo valor de 0.25% hasta el valor actual de alrededor de 5.0% por lo que la determinación de los efectos de solución en foraminíferos planctónicos principalmente, es importante para deter

minar la composición química del agua de mar.

La importancia de estos organismos se ilustra en la siguiente tabla en la cual se muestra la composición de algunos esqueletos de formas marinas (Chávez, S., 1981).

Sustancia	Ferami- níferos.	Coral	Algas calcá- reas.	Lan- gostas.	Bronquio podcs.	Espan- ja. Si- licea.
Ca	34.90	38.50	31.00	16.80	26.18	0.16
Mg	2.97	0.11	4.36	1.08	1.45	0.00
CO ₃	59.70	58.00	62.50	22.04	7.31	0.24
SO ₄	-	-	0.68	0.52	4.43	0.00
PO ₄	Trazas	Trazas	Trazas	5.45	34.55	88.56
SiO ₂	0.03	0.07	0.04	-	0.64	-
(Al, Fe ₂ O ₃)	0.13	0.05	0.10	0.3	0.44	0.32
Materia						
Orgánica etc.	2.27	3.27	1.32	53.45	25.00	16.72

No obstante la precipitación de CaCO₃ inorgánica, que se encuentra confinada a algunas localidades tropicales y subtropicales del vasto océano es, cuantitativamente hablando, -- más importante que el CaCO₃ de origen biogénico.

Una comparación entre la composición promedio del -- agua de río y la de mar revela algunos hechos interesantes-- como son:

a) El agua de mar contiene casi 300 veces más sólidos

disueltos que los que contiene el agua dulce.

b) Los cationes y aniones del agua salada en orden de creciente de abundancia son: Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ y Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- y los del agua dulce en el mismo orden son: Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} y HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- .

Por lo tanto se infiere que la composición del agua--de mar se deriva de los procesos de evaporación y diferenciación química-biológica del agua de río (Leecher, M.R. 1982) ya que el Ca^+ es proporcionalmente más abundante en el agua de río que en el agua de mar, esto puede reflejar la relativa facilidad con la cual el calcio es removido del agua de mar en forma biológica. Además considerando que de todos los carbonatos naturales los más frecuentes son lógicamente los más estables siendo estos los de la serie isomorfa trigonal calcita, rodocrosita, siderita, smithsonita y magnesita, y de ellos los de cationes más abundantes en los medios singenéticos: calcita, siderita y magnesita. Aún con todo, las teorías contradictorias que existen sobre el tema parece que la presencia de Sr, Ba y Pb favorecen la precipitación de Ca (el más abundante) en forma de aragonito, mientras que la de Mg, Zn, Fe y Mn favorece su formación en forma de calcita (Mingarro, F., et al op. cit.) como aparentemente ocurre en el área de estudio en donde la presencia de sulfuros pudo ocasionar la precipitación del CaCO_3 en forma de calcita.

Para entender mejor estos procesos se puede hablar sobre las propiedades remarcables del agua de mar, las cuales se pueden comprender si se toma en cuenta que se trata de una solución bien nivelada de gran intensidad iónica, entendiéndose por solución bien nivelada, una solución que contiene componentes que ejercen un fuerte control sobre la variación del pH, el cual tiene un valor en aguas superficiales de 7.8 a 8.3 - - (Cúñez, G., 1981, le asigna un valor de 7.5 a 9.4) debido esto al contacto directo del agua con la atmósfera y a la actividad fotosintética aumentando así el valor del pH ocasionado por la disminución del CO_2 .

La solubilidad del carbonato de calcio en agua pura puede ser calculada por medio de datos termodinámicos encontrándose que la solubilidad es mucho mayor en una solución como lo es el agua de mar en donde otras abundantes especies iónicas están presentes; estas especies iónicas junto con las moléculas polares de H_2O tienden a agrupar las cargas iónicas opuestas de Ca^{2+} y CO_3^{2-} , e impide que los iones lleguen unidos a precipitar, por lo tanto la solubilidad aumenta. Con todo esto resulta lógico que el agua de mar superficial (menos de 200 m de profundidad) se encuentre supersaturada con respecto a la aragonita, calcita y dolomita, no obstante sólo la forma mineral precipita directamente del agua de mar.

Ahora bien, enfocándose a un ambiente deltaico como--

es la desembocadura del Río Balsas, se sabe que el contenido de carbonato en estos sedimentos es muy variable, por lo que los sedimentos pobres y ricos en CO_2 suelen ser diferenciados.

Los factores que han favorecido la presencia de carbonato en el delta del Río Balsas son los siguientes:

- Abundancia de rocas carbonatadas en la cuenca de drenaje (Ver. Cap. III: 3 Geología Regional)

- Boca de río con salinidad marina normal y de reacción alcalina ($\text{pH} > 7$).

- Grandes cantidades de organismos carbonatados.

- Sedimentos deltaicos formados principalmente por fracciones finas.

Por todo esto es fácil entender, por qué la mayoría de las muestras presenta un contenido de CaCO_3 mayor al 2% (Ver Tabla 6).

El régimen de deposición de CaCO_3 en sedimentos deltaicos es generalmente constante con aquellos sedimentos de río, especialmente porque en ambos ambientes este régimen se encuentra estrechamente asociado con las fracciones finas del

material (arcillas), la fig. 14 muestra la relación existente entre el CaCO_3 y el tamaño promedio M_d , en esta gráfica es difícil definir una tendencia general, ya que todas las muestras con excepción de la No. 16, la cual es de tamaño medio (4ϕ), -- tienen un tamaño promedio de grano que fluctúa entre 7 y 10 ϕ clasificándose como fracción fina con valores de CaCO_3 superiores al 2%, el cual es ya un contenido alto tratándose de sedimentos terrígenos, con excepción de la muestra No. 21 la cual presenta el valor más bajo de CaCO_3 (1.95%) la causa de esto -- no se pudo establecer pero probablemente sólo se debe a un mal tratamiento de la muestra, a diferencia de ésta, la muestra No. 55 presenta el contenido de CaCO_3 más alto (9.52%) este valor se encuentra en estrecha relación con el tipo de material sobre el que se ubica (arcilla-limosa) así como de su distribución (Ver Plano No. 3).

Los depósitos costeros tipo delta tienden a aumentar las facies de carbonatos hacia la costa, ya que al disminuir -- el aporte de sedimentos terrestres los medios sedimentarios -- carbonatados se acercan más y más a la costa (Kukal, 1962). -- La fig. 15, muestra esta tendencia, en esta gráfica se puede -- apreciar una disminución en el contenido de CaCO_3 conforme nos alejamos de la costa.

Los depósitos de plataforma influenciados por sedimentación deltáica presenta un alto contenido de CaCO_3 (mayor--

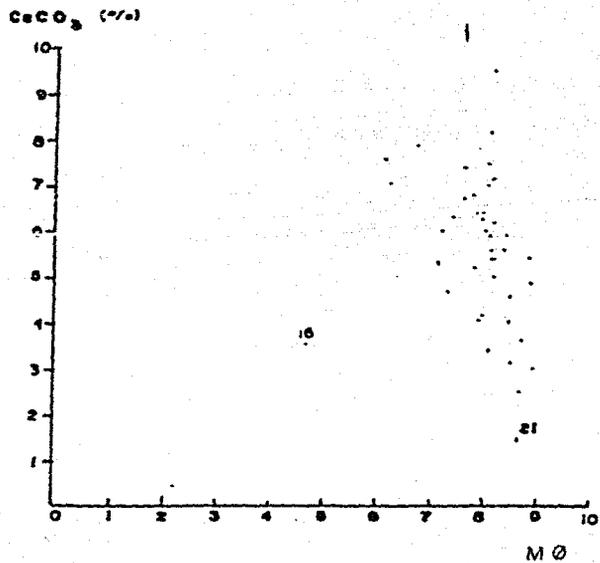


FIG.14 RELACION CARBONATO DE CALCIO / TAMAÑO PROMEDIO

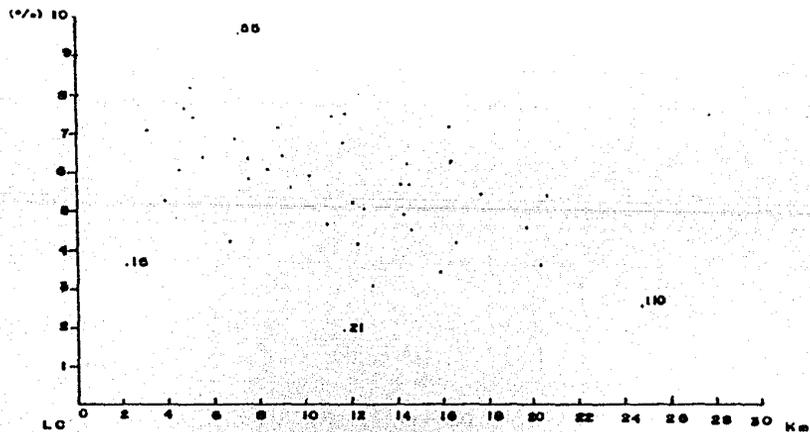


FIG.15 RELACION CARBONATO DE CALCIO / DISTANCIA LINEA DE COSTA

F.I. UNAM. ABIGAIL A. CERVANTES Y FAUSTINO HONROY. TESIS PROFESIONAL. 1987

al 2%) como se muestra en la fig. 16, en la cual los valores de CaCO_3 y profundidad se han cotejado, observándose que las muestras a profundidades menores de 200 m, profundidad que señala el límite de la plataforma continental, presenta valores de CaCO_3 que fluctúan entre el 3.55% y el 9.52%, rebasando esta profundidad se puede apreciar cierta tendencia a disminuir el contenido de CaCO_3 conforme aumenta la profundidad, a excepción de la ya mencionada muestra No. 21 y de las muestras Nos. 96 y 110 las cuales se alejan completamente de esta tendencia, la distancia con respecto a la línea de costa (mayor a 20 Km) de estas últimas puede explicar este comportamiento.

El motivo por el que el contenido de CaCO_3 disminuye con la profundidad se explica al considerar que el CO_2 es más soluble en aguas frías que en aguas tibias así como bajo altas presiones, como es la presión aunada al CO_2 ($p\text{CO}_2$) puesto que si la presión aumenta el contenido de CO_2 también y si se hace el vacío la cantidad de CO_2 disminuye, en consecuencia el valor del pH es bajo, este efecto causa la sobresaturación del agua de mar con respecto al CaCO_3 en aguas superficiales decreciendo al aumentar la profundidad.

La distribución de CaCO_3 en los sedimentos se muestra en el Plano No. 5.

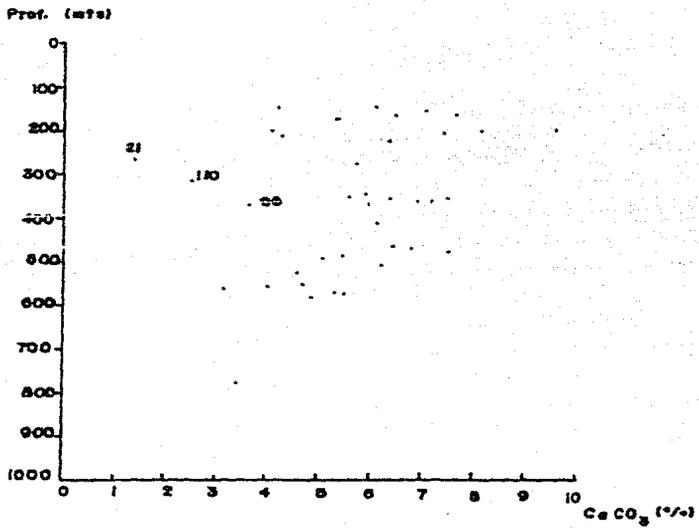


FIG.16 RELACION CARBONATO DE CALCIO / PROFUNDIDAD

VI. MORFOLOGIA SUBMARINA Y NEOTECTONICA

VI.1. TECTONICA REGIONAL.

El delta del río Balsas tiene una situación geográfica y tectónica muy particular con respecto a los principales deltas del mundo. Según la clasificación tectónica de costas (Inman y Nordstrom, 1971), la costa donde se localiza el delta del Balsas, es una costa de Colisión Continental.

Si se toma en cuenta la distribución de los mayores ríos y deltas del mundo, éstos muestran una alta correlación con costas de tipo mar marginal o de tipo "trailing-edge", ya sea tomando el área drenada de la cuenca o el área subaérea del delta.

El delta del Balsas es uno de los raros deltas en el mundo y el único en la República Mexicana que se encuentra en una costa de colisión y por lo tanto tectónicamente activa; por lo que hacer una revisión general de la tectónica, resulta muy interesante.

La cuenca del Balsas es una región muy importante, cubre una amplia área orientada en lo general en una dirección WNW a ESE, con aproximadamente 800 Km de longitud en ese sentido y anchura media de 150 Km (fig. 2). Según Tamayo

(1968) fue originada por el gran geosinclinal que formó el canal del Balsas en el Cretácico Inferior y que desaparece en el Cretácico Superior. A fines del Cretácico y principios del Cenozoico se levantó la Sierra Madre del Sur, limitando de esta suerte la depresión (del Balsas) por lo que se ha pensado que al principio el Río Balsas vertiera sus aguas más al norte y finalmente perdió su antigua salida al Océano Pacífico. La posterior emersión de la Sierra Madre de Oaxaca acabó de limitar la depresión convirtiéndola en una cuenca cerrada y la actividad volcánica del Eje Neovolcánico depositó material ígneo en el norte. Se estima que los últimos movimientos orogénicos que afectaron la Sierra Madre del Sur, produjeron algunas fracturas e líneas de debilidad, por donde drenó nuevamente el río Balsas labrando escalonados y angostos cañones. La cuenca puede ser considerada, según Tamayo (op.cit), como una depresión tectónica, con depósitos de rocas ígneas en sus bordes norte y sur y erosionado posteriormente, para formar una región extremadamente montañosa.

Según Ortega Gutiérrez (1980), la historia tectónica del área del alto Balsas, a partir de fines del Cretácico Superior, se puede resumir en las siguientes líneas.

Sostiene que una deformación compresiva en la región, fue seguida por emersión general y por el volcanismo subaéreo-explosivo que originó a la formación Tetelcingo durante el - -

Maestrichtiano al poniente de Texmalac. Se estableció posteriormente un régimen tectónico de distensión durante el cual se acumularon depósitos continentales que constituyen la Formación Balsas. Durante esa época no existía un drenaje integrado, sino lo contrario. Las cuencas endorreicas correspondieron a sinclinales y cuencas plegadas, o bien a fosas tectónicas. Durante este régimen de distensión, las fallas y fracturas permitieron el ascenso de material magnético desde grandes profundidades para que este formase diques y diquestratos intrusionando a la Formación Balsas, o derrames contemporáneos con esta formación.

La actividad volcánica recobró importancia en la región durante el Oligoceno Tardío y Mioceno Temprano a mediana (?), cuando los derrames piroclásticos de la Riolita Tilzapotla llegaron a cubrir grandes extensiones y luego continuó con una actividad principalmente andesítica, representada por la Andesita Buenavista.

El drenaje endorreico, que prevaleció durante la acumulación de la Formación Balsas, quedó aún más desordenado con los productos volcánicos del Terciario Medio y fallamiento que siguió a la acumulación de éstos. Como resultado se formó un enorme lago en la mitad occidental de la región, permitiendo el depósito de tobas erosionadas y acarreadas junto con espesores considerables de yeso (Formación Capan) hacia fines del --

Mioceno y/c principios del Plioceno. A pesar de que la mayoría de los afloramientos de esta formación muestran la horizontalidad original de su depósito, en algunos sitios se encuentra -- cortada y ladeada por fallas, indicando la prevalencia continuada del régimen tectónico de distensión en ese tiempo.

Las fallas que cortan la región con rumbo E-W, N-S, - ENE-WSW y WNW-ESE Pudieron haberse originado en esa época, reflejando a grandes rasgos que la tensión regional actuó en dirección N-S, mientras que la compresión regional relativa en - dirección E-W.

Si se toma en cuenta el recorrido del cauce principal del río Balsas, se observa que al comenzar, en la confluencia de los ríos Atoyac y Mixteco, toma una dirección E-W y a la altura donde se le une el río Tepalcatepec toma la dirección - - N-S realizando un "quebre" E-W para finalmente tomar nuevamente la dirección N-S y desembocar en el Pacífico, (Fig. 2)

Por otro lado, el río Balsas ha sido clasificado como un río "superimpuesto" o "antecedente" debido a que corta de una manera anómala los principios ejes de las estructuras tectónicas (Pantoja Alor, 1978).

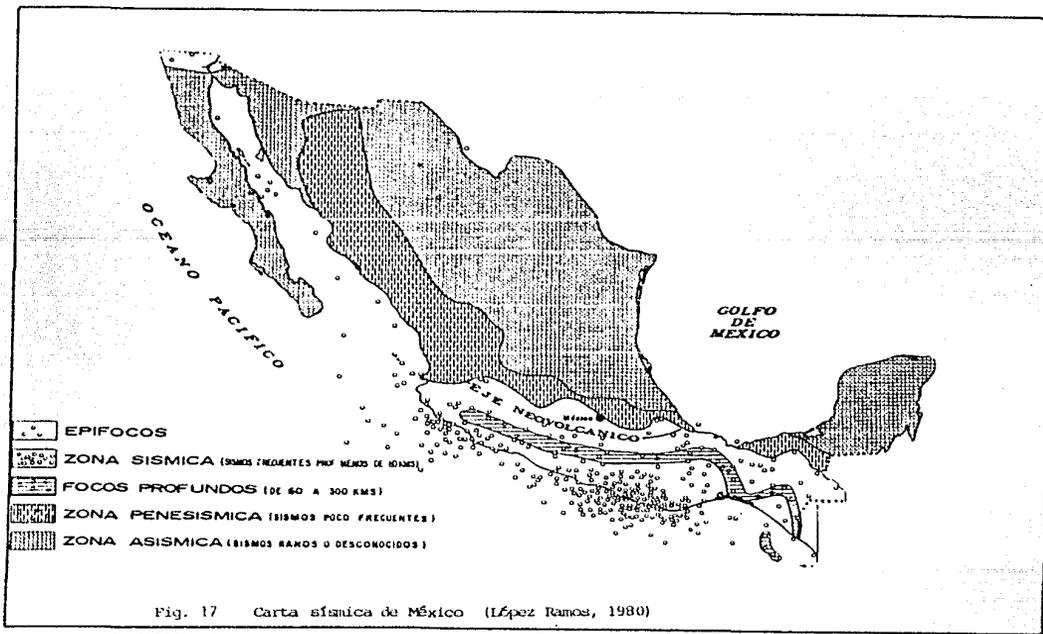
Ya que el comportamiento del recorrido del río Balsas, obedece al sistema de fallas en la región se puede infe--

rir que la incisión de su cauce es posterior al principio del Plioceno; esto concuerda con lo que J. Pantoja concluyó en su estudio de la geología del Río Balsas entre Mexcala y Ciudad - Altamirano en 1978, en base a la cubierta volcánica terciaria que corta el Río Balsas.

Ya que la relación tanto tectónica como temporal son muy semejantes entre los estudios de Ortega Gutiérrez y los documentados hace tiempo en la región entre Chilpancingo y Acapulco (de Cserna, 1965, en Ortega-Gutiérrez, 1980) donde fueron relacionados con la formación de la Fosa México-Mesoamericana; se considera en este estudio que el Río Balsas es un río originado tectónicamente, es decir, que su cauce principal es controlado por estructuras mayores tectónicas, lo cual explica su comportamiento con respecto a dichas estructuras y que actualmente sigue afectado por esta actividad tectónica, esto se hace más patente en su desembocadura, es decir, en el delta.

Toda el área de las costas de Michoacán, Guerrero y Oaxaca, es tectónicamente activa; las condiciones tectónicas actuales pueden inferirse a partir de la actividad sísmica - - (fig. 17).

Uno de los sismos que recibió mayor importancia, por sus efectos, fue ocurrido el 19 de septiembre de 1985, a raíz, de éste, se llevaron y se llevan actualmente estudios en las -



F.I. URAM. ABIGAIL A. CERVANTES Y FAUSTINO MONROY. TESIS PROFESIONAL 1987

costas de Guerrero y Michoacán.

La revista NEWSWEEK (Septiembre 30, 1985), publicó un modelo tectónico ubicando el epicentro de ese sismo, precisamente en los límites de Michoacán y Guerrero (Fig. 18), relacionada a la subducción de la Placa de Cocos por debajo de la placa Norteamericana.

Corona Esquivel et. al. (1986) realizaron observaciones, poco después de ocurridos los sismos de septiembre de 1985, en éstas Costas, desde Playa Tizupan, estado de Michoacán hasta Zihuatanejo Guerrero (aproximadamente 180 km), permitiendo concluir que en esta zona existe un segmento de un mínimo de 32 km el cual ha sufrido un levantamiento calculado entre 50 y 60 cm, debido a dichos sismos.

También concluyeron que la disminución sistemática del levantamiento de WNW a ESE observado a lo largo de 32 Km, indicaba que el bloque fué basculado en esta última dirección.

Sin embargo, la presencia en las costas de Guerrero y Michoacán, de terrazas de erosión marina de hasta 60 m. de altitud flanqueadas por tramos largos de playa con perfiles suaves, sugiere (Corona Esquivel, et. al. op. cit) levantamientos reiterados a esos segmentos durante las últimas decenas de miles de años.

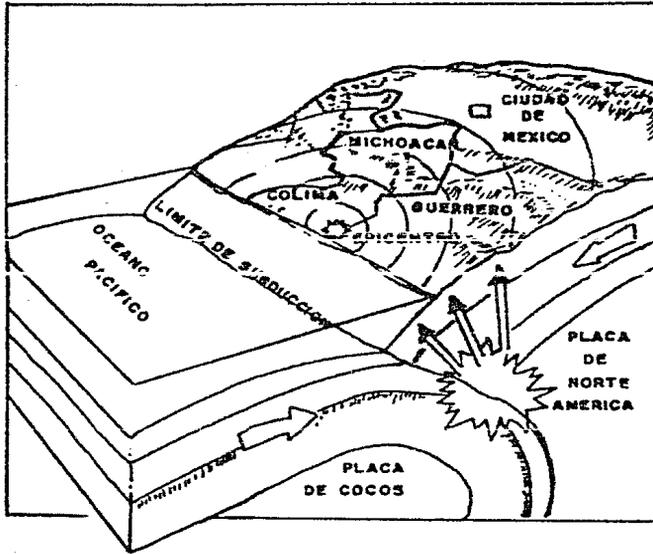


Fig: 18 Modelo Tectónico
(NEWSWEEK 1985)

Estas evidencias de levantamiento o movimientos verticales han sido reportados desde hace más de una década.

El C.R.N.N.R. reporta que en las truchas (NW de Flaya Azul) rocas sedimentarias contienen moluscos marinos miocénicos, encontrados a 50 m de elevación sobre el nivel del mar, - indicando elevaciones post-miocénicas.

Reimnitz y Gutiérrez Estrada (1969), reportan terrazas marinas en rocas volcánicas a elevaciones de casi 10 m en las Peñas y al E de las Piedras. Estas terrazas indican un levantamiento, aunque su edad no fue determinada.

Estos mismos autores llegaron a la conclusión de que - en el área, durante la época post-glacial o bien, ha sido estable o ha experimentado movimientos positivos de elevación por varias decenas de metros.

En base a un cordón de playa, localizado al W de Barrera de Burras, y a dataciones de ^{14}C en conchas, Reimnitz, E. y Gutiérrez Estrada (1969) deducen que esta región ha sido estable los últimos pocos miles de años.

Estas últimas conclusiones a las que llegaron estos - autores pueden contradecirse, en este momento, por los datos - antes mencionados, en cuanto al levantamiento de las costas; -

Esto puede ser explicado o bien deduciendo que estas costas -- han sido levantadas por bloques, es decir fragmentadas, o que no había sido ésta porción levantada tan bruscamente como en -- Septiembre de 1985; es decir, probablemente los levantamientos han sido muy paulatinos.

Sin embargo, por todo lo antes mencionado, se puede -- concluir que las costas de Michoacán y Guerrero han estado su- jetas a un proceso de levantamiento continuo y por lo tanto -- éstos han afectado la progradación del delta y sus cañones. -- Los efectos de esta actividad tectónica se dejan sentir en las cabeceras de los cañones principalmente y en el retroceso -- del delta debido a la erosión.

VI.2 MORFOLOGIA SUBMARINA

La morfología submarina del área abarca tanto las características generales del delta submarino, como las estructuras principales de esta zona, correspondientes al denominado "margen continental submarino".

El delta submarino, con una incipiente forma de abanico muestra en sus diferentes rasgos los límites de sus diversos ambientes como son: frente del delta, prodelta y plataforma con influencia deltaica, estos ambientes se determinaron basándose únicamente en el tipo de sedimento encontrado, así como en la batimetría del área, ya que se carece de la información que se podría obtener del análisis de todo un núcleo.

Al analizar diferentes perfiles del área (fig. 19), se puede apreciar la presencia de un repentino cambio de pendiente (c.b.b.n.m. 100), el cual puede determinar el fin de los depósitos del frente deltaico y el inicio del prodelta el cual se prolonga aproximadamente hasta cerca de los 200 m de profundidad en donde la plataforma con influencia deltaica marca el inicio de su ambiente.

Los depósitos del frente deltaico son los que presentan mayor variación en cuanto a tamaño de grano, variando de arena a limo-arcilloso (v.Cap. IV).

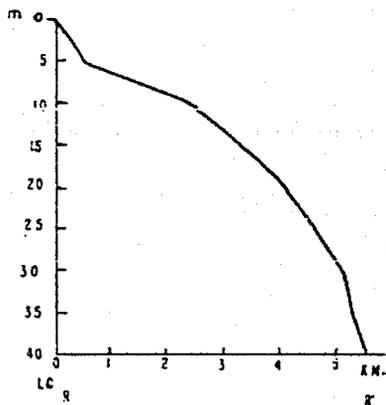
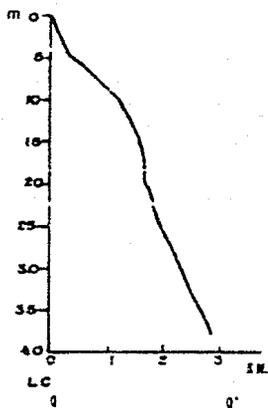
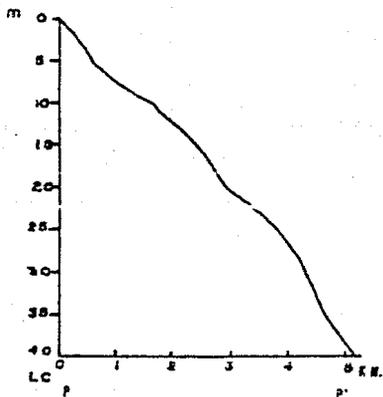


FIG.19 Perfiles batimétricos de 0 a 40m. de profundidad realizados a partir del plano batimétrico de Gutiérrez- Estrada (1969)

Los depósitos del prodelta, son casi en su totalidad de tipo limo-arcilloso, aunque también se ubican, en menor --- proporción sedimentos arcillo-limoso.

En la plataforma con influencia deltaica los sedimentos varían de limo-arcillosos a arcillo-limosos (v. Planc 3).

Es necesario considerar que los diversos ambientes marinos del delta se formaron bajo una fuerte actividad por parte del Río Balsas, y que al verse alteradas las condiciones hidrodinámicas de éste, dichos ambientes han dissimulado sus características esenciales, ayudado éste por una fuerte actividad marina.

Para la descripción del relieve del fondo oceánico mexicano, Lugo Hubp (1986), lo divide en una serie de regiones - (provincias) definidas por un conjunto de morfoestructuras, -- dentro de las cuales el área de estudio queda comprendida en -- la provincia denominada "margen submarino del sur de México" -- constituido por tres morfoestructuras principales que son:

- Plataforma continental
- Talud continental
- Trinchera

Las características generales señaladas para esta ---

provincia son: una zona de subducción activa, una trinchera --- que viene a ser la principal mofestructura de esta provincia, - siendo secundarias la plataforma y el talud continental.

La plataforma continental es amplia al sur del Golfo de California hasta bahía de Banderas, tiene en general un ancho de 40 Km pero al sur del paralelo 22° alcanza hasta 70 Km- hacia el sur la plataforma tiene una amplitud de 10 a 15 km -- con una pendiente menor de 1° 30', estos rasgos son más o menos constantes a lo largo de toda la margen continental.

El talud continental entre la boca del Golfo de California y las Islas Marías, está asociado a la dorsal del Pacífico Oriental presentando una ladera que se extiende aproximadamente hasta los 2500 m de profundidad.

El perfil es escalonado al sureste de bahía Banderas. El talud presenta una amplitud entre 25 y 50 km y una profundidad aproximada de 3000 m con laderas escarpadas en especial -- frente a las costas de Michoacán y Oaxaca. Se presentan también algunas depresiones como son los cañones submarinos, observados éstos frente a Manzanillo, Bahía de Petacalco, Bahía Papanca y Laguna Coyuca.

En cuanto a la trinchera Mesoamericana, el mismo autor menciona que es la región de máximas profundidades del territo

ric mexicano, en la que se localizan los focos sísmicos principales. La actividad sísmica se lleva a cabo con una gran intensidad afectando un extenso territorio de tierra firme que incluye las costas, los sistemas montañosos (Sierra Madre del Sur, Sierra de Chiapas), las depresiones intermontañas (Balsas), y el Sistema Volcánico Transversal.

Ahora bien, enfocando la atención en el área de estudio se tiene que:

La porción submarina del delta del Río Balsas se extiende hasta la plataforma externa, no obstante el área de estudio abarca también parte del talud continental, las características particulares de estas morfoestructuras en el área son las siguientes; la plataforma continental se presenta en una corteza de tipo granítico (o metamórfico v. Cap. III), muy angosta con solo 5 a 8 Km de amplitud se ensancha ligeramente en la porción comprendida entre barra de Burras y Flaya Azul (v. Plano 1) alcanzando aquí una amplitud de 10 km su límite exterior se ubica a una profundidad de 200 m presenta una pendiente débil en promedio de $1^{\circ} 26'$, frente al delta la plataforma se ensancha hacia el mar, de modo que su borde corre aproximadamente paralelo a la curvatura del delta.

Con base en el plano batimétrico de Gutiérrez E. (op. cit), ya que no se contaba con datos más recientes a profundi-

dades someras, se determinó la presencia de diversas terrazas marinas a 5, 10 y 20 m de profundidad (Fig. 19), sin embargo la terraza más importante ubicada en la plataforma continental se marca a una profundidad de 100 m (figs. 20, 20A, 20E,) donde está, como se mencionó anteriormente, el límite exterior -- del frente deltáico.

La formación de estas terrazas marinas se encuentra ligada a dos eventos importantes, ocurridos al menos durante -- los últimos 150 000 años, considerándolo con respecto al largo periodo de vida del delta (v. Cap III. 5), estos eventos son:

- Progradación del delta.
- Cambios eustáticos del nivel del mar.

Los cambios eustáticos del nivel del mar parecen haber ocurrido en forma más intensa que la progradación del delta, ya que de no ocurrir así, el escarpe marino hubiera sido -- constantemente recubierto y las terrazas no se hubieran formado.

La emersión por parte del continente. aparentemente -- no jugó un papel determinante durante la formación de estas -- terrazas.

Dentro de las características particulares de la pla-

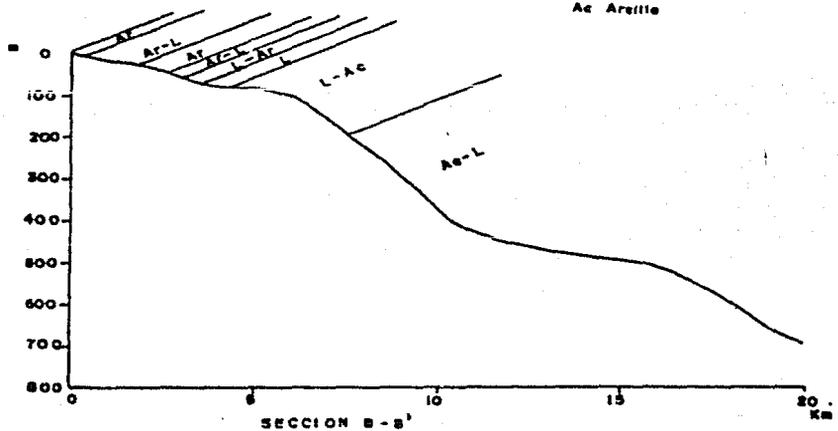
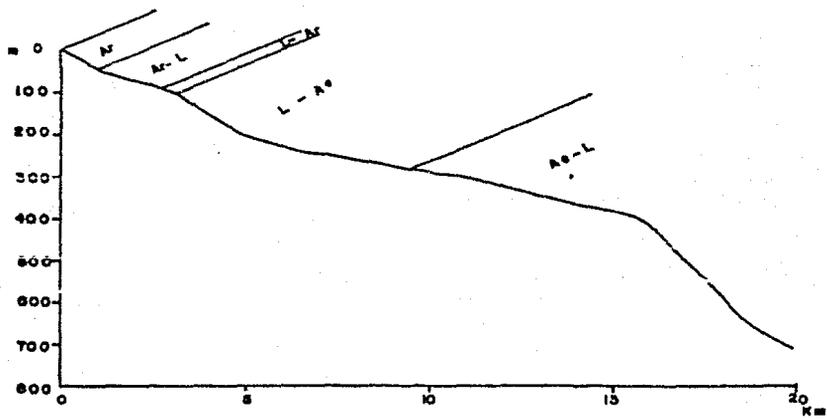


FIG. 20 PERFILES BATIMETRICOS

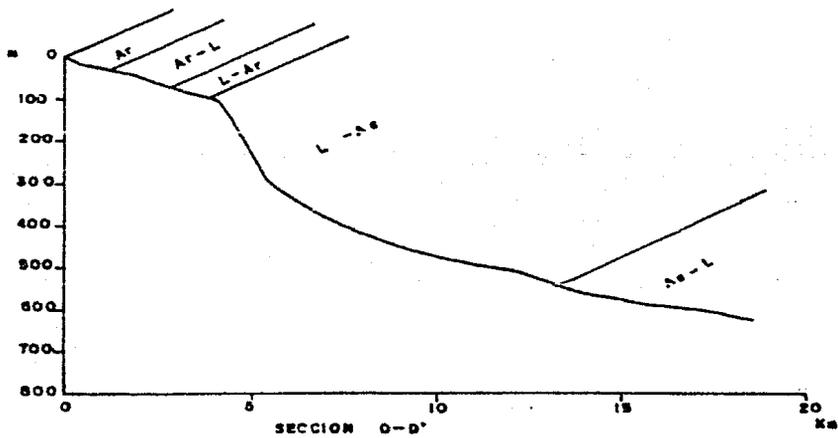
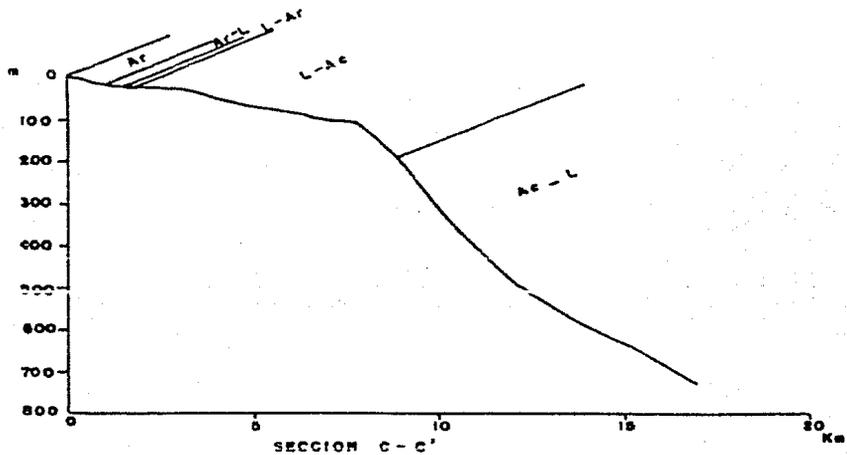


FIG. 20A PERFILES BATIMÉTRICOS

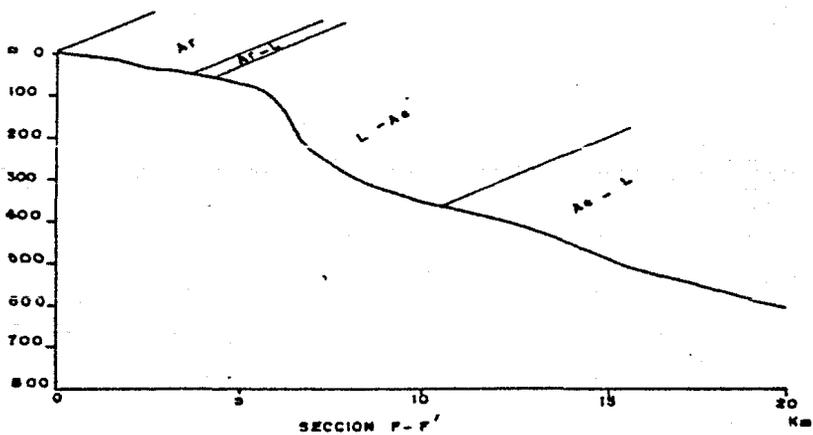
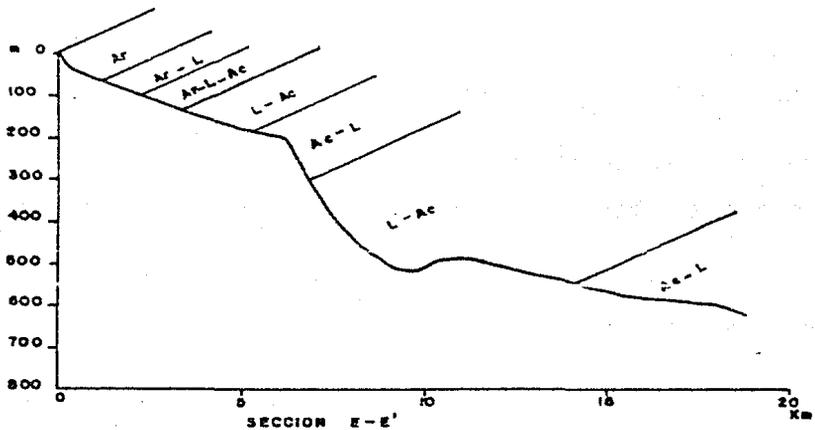


FIG. 20.6 PERFILES BATIMÉTRICOS

taforma continental también se presentan pequeñas mesetas de formas alargadas clasificadas como "antiguas mesetas de erosión" (comunicación verbal, Gutiérrez E.) encontrándose dichas mesetas incluso más allá de los límites de la plataforma externa (v. Plano 6).

El tipo de depósito sobre la plataforma continental, como se mencionó anteriormente varía, de granos del tamaño de la arena a limo-arcilloso (v. Plano 3).

El talud continental: La porción correspondiente al talud continental frente a las costas de Michoacán y Guerrero, muestra una amplitud promedio de 13 km alcanzando una profundidad de 700 m presentando laderas escarpadas y un perfil escalonado, en donde, superficies de suave inclinación (de 1.14° a 2.29°), se alteran con fuertes pendientes de más de 4° .

Las mayores pendientes ubicadas fuera de los cañones submarinos, se muestran frente a bahía de Petacalco (fig 20 -- sección B-B'), y frente al estero Santa Ana (fig. 20E sección F-F').

Los sedimentos arcillo-limoso predominan a mayor profundidad, tendiendo a tamaños mas finos (v. Cap. IV)

En general lo que hace a este talud interesante, es -

la serie de cañones que lo cortan.

LOS CAÑONES SUBMARINOS Y SU EVOLUCION

La plataforma continental y el talud continental son cortados por cañones cuya morfología es la de unos valles profundos y estrechos (v. fig. 21), su cabecera se encuentra en la prolongación de los valles continentales y desemboca en las llanuras abisales.

Por estos cañones, los materiales que resultan de la erosión de los continentes pueden venir a sedimentarse directamente en las llanuras abisales.

Reimnitz E. (op.cit), cita las cabeceras de cuatro de estos cañones submarinos, las cuales descansan muy cercanas al delta (v.fig. 22), denominándolos de oeste a este como Cañón del Manglito, Cañón de la Necesidad, Cañón de Gasolinos y Cañón de Petacelco.

El Cañón de la Necesidad es el más grande del sistema de cañones submarinos del río Balsas, el citado autor indica, que la cabecera de este cañón se mostraba a una profundidad aproximada de 1.5 m llegando ésta hasta los 60 m, el promedio del gradiente de su fondo era de 160 m/Km (8°) aunque localmente era mucho más escarpado, le otorgaba en una sección cruzada --

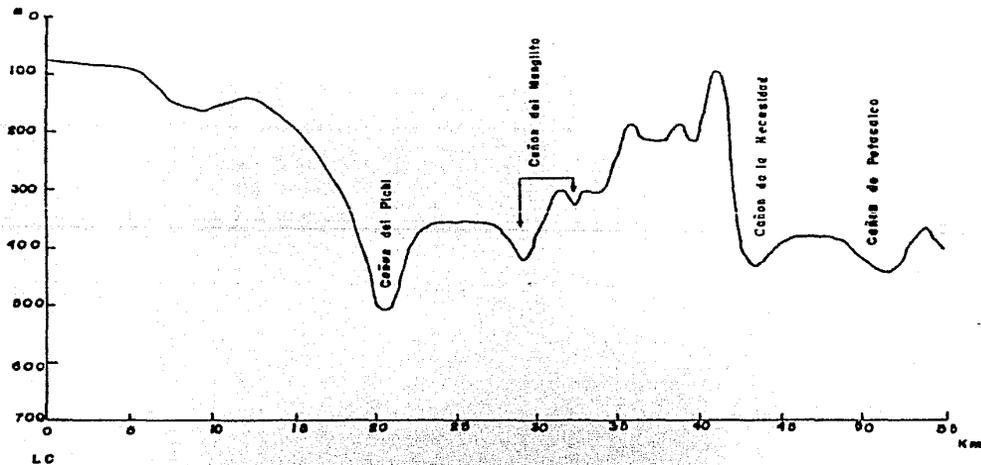


FIG. 21 Sección I-II Perfil Batimétrico Longitudinal

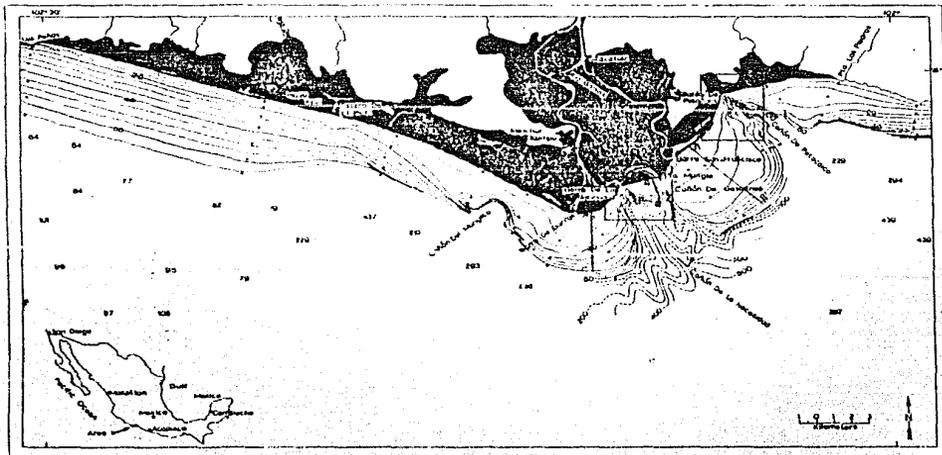


Fig. 22 Cañones Submarinos Del Delta Del Río Balsas
(Reimntz 1968)

F.I. UNAM. ABIGAIL A. CERVANTES Y FAUSTINO MONROY. TESIS PROFESIONAL 1987

una forma en V, con un fondo que presentaba un ancho de 10 a 20 m. La pared del cañón se encontraba disectado por numerosas cortas y pequeñas hondonadas en forma de escalón, también se menciona un risco de al menos 2 m de alto, que bordeaba a todo lo largo el eje principal del cañón a una profundidad de 38 a 45 m, asignándole una composición conglomerado-arenoso cemento con calcio y carbonato, identificándolo como roca de playa. Una serie de hondonadas separadas por estrechos puentes de arena, se extendían hacia la porción nor-occidental desde la cabecera del cañón dentro de la zona de rompiente, en una dirección en la cual las corrientes dominantes laterales se encontraban suministrando arena, el piso de estas hondonadas se presentaba ancho y plano constituido por arenas finas. Para abril de 1967 fecha en que se exploró el área, se experimentó una fuerte actividad de corrientes de fondo y régimen de oleaje desde el SW y debido a la presencia de este cañón las olas convergían en un punto aproximado, a 700 m al O de la boca del río creando rompientes de 2 a 4 m de alto, se registraron corrientes de considerable variación en cuanto a velocidad y dirección.

Para el Cañón de Petacalco en el mismo trabajo, se señala que, la ubicación de su cabecera se encontraba cercana a una escalonada playa en una pequeña bahía protegida del oleaje predominante del SW, sin ser en el momento, rellenado directamente por alguna boca del río. Cercana a la costa, la batime

tría se mostraba muy irregular, con seis canales tributarios - unidos al cauce principal, el promedio de la pendiente desde - la playa hasta el fondo de uno de sus tributarios a 15 m, de - profundidad era de cerca de 26°, superando en mucho este valor en otros puntos, el piso de los tributarios a 40 m, de profun- didad mostraba un ancho promedio de 5 m. Numerosas repisas se encontraban expuestas en las paredes del cañón, de 1 a 2 m, de altura, horizontalmente estratificadas, la forma general del ca ñón era también de un valle en V.

Las cabeceras de los cañones de gasclinos y el man- grito ubicados en ese entonces a una corta distancia de la cog ta, ya se encontraban rellenos de sedimentos sin estar ya rela cionados a una carga directa de río.

Tales características de los cañones, enunciadas -- desde 1967 se han ido modificando con el tiempo, ayudado ésto- por una fuerte actividad marina.

En general los cañones conservan su forma en V, aun- que su disposición ha variado considerablemente (v.Plano 6).

El cañón de la necesidad ha pasado a formar diversas hondonadas cortando su propio valle y aislándose de sus anti- guos tributarios, éstos a su vez han acentuado sus rasgos so- bre la plataforma continental.

En cuanto al cañón de Petacalco, el cual se relaciona a una antigua boca de río (Boca Petacalco), por lo que debió haber sufrido erosión en los últimos 100 años, a partir del estudio realizado por Feimantz E. (op.cit), éste ya no presenta las dimensiones que mostraba anteriormente, ya que si bien, su valle se ha ensanchado no así su profundidad y la pared este del cañón, parece ser actualmente la más escarpada (v.fig.21), la unión de sus dos tributarios probablemente ha contribuido a su ensanchamiento. El material depositado en su cabecera es muy variado (v.Cap. IV).

El cañón del manglito el cual se declara activo desde hace 3700 años (Reimnitz E. op.cit), parece haber sufrido una fuerte erosión en los últimos años (v.fig. 21), ocasionando que el valle principal se profundice en gran medida, ya que este cañón ha venido sufriendo de una carencia de aporte, reportada ya desde 1967, por lo que la actividad marina ha sido el principal modelador de este valle.

En cuanto al cañón de gasolinos, debido a una inactividad en los últimos años, sus formas se han desvanecido haciéndolo inapreciable.

La presencia del cañón denominado en este trabajo como Cañón del Pichi, no se encuentra reportado en trabajos anteriores, sin embargo, su impresionante dimensión no permite pa-

sarlo desapercibido en esta ocasión; este cañón presenta como los demás un valle en forma de V cortado a gran profundidad -- (v.fig. 21), con escarpadas paredes donde, la pared oeste -- muestra una mayor dimensión. Este cañón parece estar relacionado a un antiguo río, como es el Río Arteaga (v.Planc 1), el cual parece haber sido una antigua desembocadura del Río Balsas, lo que demostraría la existencia de diversos distributarios del Río Balsas.

Los cañones submarinos del delta del río Balsas, se encuentran cortados sobre rocas sedimentarias sobre un basamento gránico, por lo que se descarta un origen puramente erosivo.

Sobre el posible origen de estos cañones se hablará más ampliamente.

ORIGEN DE LOS CAÑONES SUBMARINOS

Reimnitz E. (op cit.) señala que la formación de estos cañones se encuentra estrechamente ligada a lo que él denomina "corrientes pulsátiles de fondo", las cuales observó en la cabecera de los cañones, principalmente el de Petacalco y el de la Necesidad, según este autor estas corrientes eran lo suficientemente poderosas para erosionar sedimentos semiconsolidados o sin consolidar; estas corrientes transportaban gran-

des cantidades de sedimentos las cuales al asentarse rápidamente sobre el valle provocaban hundimientos y deslizamientos dejando nuevamente libre el cañón y erosionandolo más, de no haber sido así éstos se hubieran colmatado fácilmente.

No obstante la única hipótesis, aparte de la erosión fluvial, sostenida actualmente por los geólogos. es de que los cañones son cortados por corrientes de turbidez, por lo tanto se puede decir que los cañones son un producto conjunto de antiguas erosiones fluviales, actividad tectónica y conservación de los cañones durante largos periodos. Las cabeceras sumergidas de los cañones deben haber minado la parte inferior de los taludes por deslizamientos, mientras que los valles se extendían sobre su parte exterior como resultado de las corrientes de turbidez.

El tratar de relacionar el emplazamiento del delta -- del Río Balsas con actividad tectónica no es fortuito, ya que al parecer casi todos los cañones submarinos son formas de erosión situados en la proximidad o sobre grandes accidentes tectónicos.

También es sabido que la erosión se facilita en los sectores donde las rocas ofrecen una menor resistencia por razones tectónicas o litológicas, ya que las fracturas y de una manera más general, todos los accidentes tectónicos favore-

cen localmente la trituración de los materiales por lo que son en esos puntos más fácilmente erosionables (control estructural directo).

Sin embargo, no hay que descartar el hecho de que -- los cañones pueden ser excavados en los sedimentos recientes -- no consolidados, tan sólo por la erosión marina y por la deformación de la cobertura sedimentaria del margen que tiene por efecto hacer aflorar las capas blandas (Boillot C.S. 1984).

Las corrientes de turbidez tienen el poder erosivo--suficiente para excavar un profundo valle sobre lo que se inició como un talweg. El solo hecho de que los valles no estén--colmataados muestra que las aguas turbidas son capaces de remover sedimentos blandos y de conservar el cañón, que es sin ninguna duda un lugar de importante circulación de sedimentos.

La sismicidad es otro agente importante en la formación de los cañones, está asociada a los accidentes tectónicos "activos" que guían a menudo el curso de los cañones, de este tipo de actividades en la zona se tienen manifestaciones muy recientes (v.cap. VI.1) éstos sismos facilitan todos los procesos de derrumbamiento y erosión.

VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones obtenidas en este trabajo, se resumen por orden de capítulo de la siguiente manera:

1. A partir de la construcción de las presas (El Infiernillo y la Villita), el balance dinámico del río Balsas ha sido alterado drásticamente, debido a que los sedimentos aportados por vía fluvial han quedado atrapados en el interior de la cuenca y el oleaje y las corrientes actúan sin obstáculo. - Es recomendable efectuar por medio de fotografías aéreas, anteriores y posteriores a la construcción de las presas, un análisis a detalle de la evolución morfológica de la línea de costa para elaborar series de tiempo de las configuraciones costeras; información requerida para el diseño y cálculo de las estructuras por construir para proteger el litoral.

2. En lo que concierne al litoral del área en cuestión, las características morfológicas han sido modeladas por dos agentes principales; la acción de las aguas de escorrientías y las acciones litorales, siendo estas últimas las más importantes dentro de las cuales la actividad de las olas predomina, creando zonas de enriquecimiento y márgenes de erosión; por lo que se recomienda un estudio detallado del régimen de olas y corrientes litorales, para conocer tanto cualitativa co

mo cuantitativamente la acción de éstas y determinar así el tipo y posición de las estructuras portuarias a realizar, para la protección de esta zona.

3. El delta del Río Balsas se encuentra actualmente en un proceso destructivo.

4. De acuerdo a la distribución modal de los sedimentos se logró confirmar que existe más de una fuente de aporte, para dichos sedimentos, cuando menos para el piso de los cañones y sus paredes.

5. Se establecieron dos grupos de sedimentos (I y -- II) de acuerdo al criterio de Inman y Chamberlain, los cuales se distribuyen regionalmente a profundidades mayores a 100 m; lográndose establecer un límite inferior a los grupos establecidos, en trabajos anteriores, tal comportamiento en la distribución de grupos obedece a la topografía submarina.

6. En lo que concierne a la distribución de grupos texturales de sedimentos, de acuerdo a su contenido de arena-limo-arcilla, se lograron establecer dos grupos bien definidos, a saber: limo-arcilloso y arcillo-limoso, los cuales se distribuyen a profundidades mayores a los 80 m. Esta distribución de sedimentos también está controlada por la topografía submarina, principalmente por la presencia de cañones submarinos, coincidiendo

do con otras etapas de trabajo previos, en cuanto al patrón general de distribuciones hasta los 100 m de profundidad. Esta distribución también obedece a los rasgos fisiográficos del delta subaéreo.

Por otro lado, esta distribución se encuentra directamente relacionada con la distancia a la línea de costa, siempre y cuando no exista un rasgo topográfico de importancia.

La determinación de las propiedades físicas de masa - en los sedimentos, es importante para conocer, densidad, porosidad y relación de vacíos a fin de averiguar si los materiales están expuestos a ceder por colapso y licuación consecuentes; por lo que realizar estudios de éste tipo, en el área, es muy importante.

7. El contenido de materia orgánica en los sedimentos está directamente relacionado con la distancia a la línea de costa; a mayor distancia a la línea de costa mayor contenido de materia orgánica. Esta relación puede alterarse cuando se toma en cuenta la profundidad.

8. Del análisis composicional se deduce que los sedimentos en el área de estudio fueron depositados predominantemente por el Río Balsas y redistribuidos por las olas y corrientes litorales. La fuente de origen de estos sedimentos -

es la propia cuenca del río Balsas, dado ésto, por el tipo de minerales y fragmentos de roca en la fracción gruesa de las -- muestras.

9. La mezcla de fauna de aguas someras en aguas profundas, refleja tectonismo y erosión de masas de tierra adyacente, así como la depositación turbidítica de grandes cantidades de sedimentos pendientes abajo.

10. Existe una tendencia general en la distribución de carbonato de calcio en relación con la distancia a la línea de costa; a mayor distancia menos contenido de carbonato de -- calcio. Encontrándose la mayor concentración en los depósitos de plataforma.

11. Las costas de Michoacán y Guerrero han estado sujetas a un proceso de levantamiento continuo, inhibiendo la -- progradación del delta. Los efectos de esta actividad tectónica se dejan sentir en las cabeceras de los cañones principalmente y en el retroceso del delta debido a la erosión.

12. La morfología que presentaban los cañones, en el último levantamiento batimétrico realizado en el año de 1969, -- ha variado considerablemente, desde aumentar la amplitud de -- sus valles, como es el caso del cañón de la Necesidad, hasta la de

saparición parcial de uno de estos cañones (cañón de Gasolinos)

13. Se propone el nombre de "Cañón del Pichi", para el cañón ubicado en la porción occidental del área de estudio, ya que no se encuentra reportado en trabajos anteriores.

14. Mayores estudios sobre la evolución de la morfología submarina, serían de gran interés para la localización y cuantificación de la erosión submarina, utilizando ésto en el diseño y estimación de las dimensiones verticales de las estructuras protectoras, así como en posibles modificaciones al canal de navegación y su mantenimiento.

15. Por último se recomienda, para futuros proyectos de presas, de que, además del estudio socio-económico que se lleva a cabo para conocer los beneficios que producirá dicha obra (Agricultura, Industrialización, Agua potable, Electrificación, etc.), se deben prever también los perjuicios que a la postre resintirán algunos sectores de la población como son -- los pescadores, sobre todo en el litoral Pacífico Mexicano, ya que al momento de efectuarse la construcción de las presas, -- los sedimentos quedaron decantados en éstas, rompiendose el -- equilibrio del aporte sedimentario continental al mar, y por -- consiguiente disminuyendo los nutrientes en las zonas litorales y en algunos lugares, como en el delta del río Balsas, se ha incrementado la erosión del litoral.

BIBLIOGRAFIA

- Aceituno, S. M., 1963. Reconocimiento geológico del área de -
Artega-Playa Azul, Edo. de Michoacán. Tesis profes-
sional, Fac. de Ingeniería, Univ. Nal. Autón. México.
71 p.
- Aubouin, J., R. Brousse y J. P. Lehman., 1980. Tectónica, Tec-
tonofísica, Morfología., T. 3, 642 p., Ed. Omega.
- Alvarez, A. A. y J. Aldeco., 1983. Granulometría, Atlas IV In
forme técnico. Inst. Ciencias del Mar y Limnología.,
Univ. Nal. Autón. México.
- Alvarez, Jr. M., 1962. Provincias Fisiográficas de la Repúbli-
ca Mexicana. Bol. Soc. Geol. Méx. t. 24, n. 2, p. 20.
- Bilal, U. H. and A. Boersma., 1978. Introduction to marine mi-
cropaleontology. Ed. Elsevier New York., 376 p.
- Boillot, G., 1984. Geología de los margenes continentales. Ed.
Masson S.A. París., 141 p.
- Brand, D. D., 1958. Coastal study of southwest México, 2. - -
Dept. Geograph., Univ. of Texas, Austin, Texas, 279-
p.
- Campa, F., and J. Coney., 1983. Tectono-stratigraphic terra-
nes and mineral resource distributions in Mexico. --
CAN. J. EARTH SCI. VOL. 20. pp. 1040-1050.

CAMPA F., R. Flores y J. Coney., 1980. Terrenos tectonoestructurales de la Sierra Madre del Sur. región comprendida entre los estados de Guerrero y Michoacán, México y Morelos. V. Convención, Soc. Geol. Mexicana. Vol. Res. pp. 106 - 107.

Cata Topográfica. Lázaro Cárdenas. E13 - D19. Guerrero y Michoacán. Secretaría de Programación y Presupuesto.- Esc. 1:50 000.

Carranza-Edwards, A., M. Gutierrez Estrada y R. Rodríguez Torres 1975. Unidades Morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. Anales del centro de Ciencias del Mar y Limnología., Vol. 2, No. 1. pp. 81-83

Chávez, S. G., 1981. Elementos de Oceanografía. Ed. C.E.C.S.A. 270 p.

Coleman, J. M., 1982. Deltas Processes of Deposition and Models for Exploration. Ed. IHRDC, Boston. 124 p.

Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología., 1984. Nuestros Buques Oceanográficos. Revista Información Científica y Tecnológica. Vol. 6., No. 97.

Comisión del Río Balsas., 1967. Los recursos humanos en la cuenca del Río Balsas. Orografía de la cuenca y límites. S.R.H.

Corona E., F. Ortega, J. Martínez y E. Centeno., 1986. Levantamiento tectónico de una porción de la costa de Michoacán, relacionado con los sismos de Septiembre, - 1985. VIII Convención Geológica Nacional Vol. Res., - p. 112.

- Coronado, G. C., 1978. Los recursos hidráulicos del Estado de Guerrero. Tesis Profesional. Fac. de Filosofía y Letras, Univ. Nal. Autón. México, 159 p.
- Curray, J. R. 1960. Tracing Sediment Masses by Grain Size Modes. Inter. Geol. Congr., Rpt. 21 Th. Sess., Copenhagen, p. 119 - 130.
- Dana, E. S. y N. E. Ford., 1984. Tratado de Mineralogía. Ed.- C.E.C.S.A., 912 p.
- Davis, Jr. R.E., 1985. Coastal Sedimentary Environments. Ed. - Springer - Verlag, New York Heidelberg Tokyo. 716 p.
- Derruau, M., 1978. Geomorfología. Ed. Ariel, 528 p.
- Díaz, C. E., 1963. Reconocimiento geológico de la boquilla y el vaso de la "Villita" sobre el río Balsas, en los Estados de Michoacán y Guerrero. Tesis Profesional- Fac. Ingeniería, Univ. Nal. Autón. México. 48 p.
- Díaz, V. M., 1984. Estudio Sedimentológico del Litoral de Chi-
pohua Oax. Tesis de Maestría en Ciencias (Geología).
Fac. de Ciencias, Univ. Nal. Autón. México. 94 p.
- Dirección General de Obras Marítimas, 1955. Memoria de estudios en la zona de el Pichí, Michoacán, Sría. Marina: Dirección Gral. Obras Marít. Dept. Est. Labs. M.
- Domínguez, M. R., 1984. Geología Marina del área de Puerto Escondido, Guerrero. Tesis Profesional. Fac. Ingeniería, Univ. Nal. Autón. México. 47 p.

- Emery, K. O., 1938. Rapid Method of Mechanical Analysis of -- Sand. Jour. Sediment. Petrol. V. 8., No. 3, pp. 105-111.
- Ewing, W. E., 1954. Instrumental Methods of Chemical Analysis Ed. Mc. Graw-Hill Book Company, Inc. New York Toronto London. Marine Geology, Elsevier Publishing Company 434 p.
- Ferrusquilla, I. A. y R. Espinoza., 1978. Rocas Volcanosedimentarias Mesozoicas y Huellas de Dinosaurios en la Región Suroccidental Pacífica de México., Vol. Núm.-2, pp. 150 - 162.
- Folk, R. L., 1965. Petrology and sedimentary rocks. Hemphill's Book. Co. Austin, Texas. 151 p.
- , 1969. Petrología de las Rocas Sedimentarias. Inst. Geología. Univ. Nal. Autón. México., 405 p.
- , and W. C. Ward., 1957. Brazos Riverbar; a study in the significance of grain-size parameters, Jour. Sed. Petrol. pp. 3-26.
- García, E., 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación de Köppen., Inst. Geografía, Univ. Nal. Autón. México. 246 p.
- Gómez de O., G. Viriato y S. Estrada., 1971. Exploraciones Sismológicas para la determinación de la Profundidad del Basamento, en el Delta del Río Balsas. Consejo de Recursos Naturales No Renovables. (Informe inédito).

Graham, E. R., 1955. Rapid Determination of Quartz, potash -- minerals and plagioclase feldspar. Chemist-Analyst. 44 (2): pp. 37 - 38.

Gutierrez-Estrada, M., 1971. Fisiografía y Sedimentología del Delta del Río Balsas, Michoacán, México. Bol. Inst.-Geología No. 93, Univ. Nal. Autónoma, México. 58 p.

-----, V. M., Malpica Cruz y J. Martínez Reyes., - - 1982. Geomorfología y Sedimentos Recientes del sistema Lagunal Atasta-Pom, Campeche, Méx., An. Inst., Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México., pp. 89-100.

Herrera, Fco. de P. y M. C. Alvarez., 1954. Estudios Hidro- - eléctricos y Geológicos del Río Balsas, Gro. Consejo de Recursos Naturales No Renovables. (Informe Inédito).

Inman, D. L. and Chamberlain, F. K., 1955. Particle Size Distribution in Near-Shore Sediments. In: Finding Ancient Shorelines. Sec. Econ. Paleont. Min., Spec. -- Publ. 3, pp. 106 - 127.

----- and C. E. Nordstrom., 1971. On the Tectonic and -- Morphologic Clasification of Coast. Jour. of Geology Vol. 79, pp. 1 - 21.

Instituto de Geofísica., 1986 Tablas de Predicción de Mareas.- Puertos del Oceano Pacifico. Univ. Nal. Autón. Méxi co.

Krumbein, W. C., 1932. The Mechanical Analysis of Fine-Grained Sediments. Jour. Sedim. Petrol., v. 2, n. 3, pp. 140 - 149.

- Krumbein, W. C., and L. L. Sloss., 1969. *Estratigrafía y Sedimentología.*, Ed. UTEHA., 778 p.
- Kuener, Ph. H., 1968. *Setting convection and Grain-size analysis*, Jour. Sed. Petrol., Vol. 38., pp. 817-831. Geological Institute, Groningen, Netherlands.
- Kukal, Z., 1971. *Geology of Recent Sediments* Academic Press -- London and New York. 490 p.
- Leeder, M. R., 1983. *Sedimentology Process and Product.* Ed. - George Allen and UNWIN., 344 p.
- López Ramos, E., 1980. *Geología General*, T. 1, 341 p. Ed. - Escolar.
- 1982. *Geología de México*, T. 2, 446 p. Ed. - Escolar.
- Lugo Hubp, J., 1986. *Morfoestructuras del fondo oceánico mexicano*, Bol. Inst. Geografía, No. 15, Univ. Nal. Autón. México. 35 p.
- Martínez, B. A. y Javier, C., 1982. *Sedimentología Litoral de los Estados de Jalisco, Nayarit, Michoacán y Guerrero México.* Tesis Profesional, Fac. Ingeniería, Univ. Nal. Autón. México, 154 p.
- Marín, T., 1938. *Informe relativo al levantamiento topohidrográfico de Petacalco, Gro.* Consejo de Recursos Naturales No Renovables. (informe inédito).
- Masters, P. M. and N. C. Flemming., 1938. *Quaternary Coast -- Lines and Marine Archacology.* Academic Press. . - 641. p.

- Mingarro, M. F. y S. O. Delgado., 1982. Petrología Exógena, - Hiperagénesis y Sedimentogénesis Alóctona. Ed. Rueda-Madrid. 387 p.
- Molina, S. A., 1970. Síntesis Geográfica de México. Ed. Tri-llas. 220 p.
- Morén-Zenteno. D. J., 1986. Breve Revisión de la evolución -- tectónica de México, Inst. Geofísica. Vol. 25-1, pp. 157 - 206 Univ. Nal. Autón. México.
- Nolasco-Montero, M. L. E., 1986. Sedimentología Litoral de -- los Estados de Yucatán y Quintana Roo, México. Tesis Profesional, Fac. Ingeniería, Univ. Nal. Autón. México. 55 p.
- Ortega-Gutiérrez., 1980. Libro-Guía de la excursión geológica a la Parte Central de la Cuenca del Alto Río Balsas, Edos. de Guerrero y Puebla. Soc. Geol. Mex. V. Con--vención Nacional. ed. Zoltán de Cserna, Fernando - - Ortega-Gutiérrez y M. Palacios N.
- Ottman, F. C., 1964. Introducción a la Geología Marina y Lito--ral. Ed. Universitaria de Buenos Aires, 287 p.
- Pantoja Alor, J., 1970. Geología del Río Balsas entre Mezcala y Cd. Altamirano, Gro. Consejo de Recursos Naturales No Renovables. (Informe inédito).
- Perkin-Elmer, 1971. Analytical-Methods for atomic absorption spectrophotometry. Manual, pp. 1 - 35.
- Porraz, Z. R. y C. J. Martínez., 1958. Calizas del Bajo Bal--sas Estado de Michoacán. Consejo de Recursos Naturales No Renovables. (Informe inédito).

Raisz, E., 1964. Landforms of México: Cambridge, Mass. Geographic Branch of Office of Naval Research.

Reimnitz, E., 1971. Surf-Beat Origin for Pulsating Bottom Currents in the Río Balsas Submarine Canyon, México, - Geological Society of America Bulletin, v. 82, pp. - 81-90.

-----, and Gutiérrez-Estrada, M., 1969. Rapid Changes in the head of the Río Balsas Submarine Canyon, System, México. Marine Geol., 8, pp. 245 - 258.

Reinock, H. E., and Singh I. B., 1980. Depositional Sedimentary Environments. Ed. Springer - Verlag, Berlin Heidelberg New York, 550 p.

Shepard, F. P., 1954. Nomenclature Based on Sand-Silt-Clay -- Ratios Jor. Sedim. Petrol., 24: pp. 151 - 158.

-----, 1967. La Tierra Bajo el Mar. Ed. Omega . -- 292 p.

Shulze, G., 1941. Observaciones preliminares relativas a una-ocurrencia de vestigios de aceite mineral en la costa del Pacífico del Estado de Guerrero. Consejo de Recursos Naturales No Renovables. (Informe inédito).

Tamayo, L. J., 1962. Geografía moderna de México. Instituto-Mexicano de Investigaciones Económicas. 562 p,

Tuzo-Wilson, J., 1981. Deriva Continental y Tectónica de Placas. Ed. H. Blume, 271 p.

- Watty, B. M., 1982. Química Analítica. Introducción a los métodos espectroscópicos. Ed. Alhambra-Mexicana. -- 671 p.
- Yañez, A., 1963. Morfología y Sedimentología de los depósitos deltaicos del Río Balsas. Univ. Nal. Autón. México. Inst. Geología (Informe inédito).
- Zavala, M., 1979. Bosquejo Geológico y Geotectónico de las Provincias Fisiográficas de México. Tesis Profesional, Fac. Ingeniería, Univ. Nal. Autón. México. - 75 p.

A N E X O S

TABLA 1

PARAMETROS GRANULOMETRICOS

Muestra No.	Tamaño Promedio $M\phi$	Desviación Estandar σ_I	Grado de Asimetría Sk_I	Curtosis KG
10	8.970	1.913	0.052	0.643
11	8.093	2.007	-0.137	1.176
12	8.500	2.292	-0.007	0.61
16	4.690	0.575	-0.227	2.51
19	8.100	2.347	0.434	0.684
21	8.620	2.080	0.156	0.600
25	7.873	2.520	0.217	0.533
27	8.413	2.205	0.129	0.569
29	8.220	1.910	-0.039	0.737
30	7.836	1.873	-0.103	0.901
31	8.063	1.523	-0.065	1.136
32	8.990	1.900	-0.020	0.603
33	7.966	1.815	0.108	0.736
37	8.110	1.900	0.473	0.653
38	8.833	1.981	0.013	0.625
39	8.410	2.300	-0.380	0.613
40	8.400	2.082	0.120	0.899
42	7.610	2.267	0.143	0.747
43	7.206	2.274	0.223	0.857
51	7.820	2.500	0.255	0.631
52	7.623	2.440	0.178	0.801
53	8.020	1.885	0.079	0.655
54	8.016	2.425	0.192	0.621
55	8.140	2.490	0.024	0.560
56	6.200	2.639	0.463	0.878

Cont. Tabla 1.

Muestra No.	Tamaño Promedio M \bar{x}	Desviación Estandar σ	Grado de Asimetría Sk_I	Curtosis KG
61	6.110	2.086	0.567	1.360
62	7.380	2.098	-0.020	0.865
63	7.300	1.720	-0.236	0.898
64	8.090	2.170	0.074	0.860
65	6.750	2.652	0.307	0.811
66	8.066	2.331	0.145	0.824
67	7.076	2.921	0.364	0.637
71	8.320	2.405	0.021	0.614
80	8.810	2.044	-0.068	0.623
81	9.100	2.020	-0.165	1.022
82	7.916	2.127	-0.061	0.660
92	7.970	1.845	-0.230	0.792
94	8.490	2.360	-0.072	0.587
95	8.126	1.918	-0.260	1.068
96	8.600	2.131	-0.090	0.849
97	7.976	1.717	0.032	0.915
110	8.670	2.282	-0.118	0.630

TABLA 2
ANALISIS DE CURVAS ACUMULATIVAS
(Modas Principal y Secundaria)

No. de muestra.	Caracter Modal	Rango Moda Principal (Ø)	Rango Moda Secundaria (Ø)
10	Bimodal	11 - 12	8 - 9
12	"	11 - 12	8 - 9
15	"	3 - 4	11 - 12
21	"	11 - 12	6 - 8
31	"	8 - 9	11 - 12
32	"	11 - 12	7 - 9
33	"	7 - 8	10 - 11
37	"	10 - 11	6 - 8
38	"	11 - 12	7 - 9
43	"	5 - 6	11 - 12
53	"	10 - 11	6 - 7
61	"	4 - 5	11 - 12
80	"	11 - 12	8 - 9
95	"	9 - 10	5 - 6
110	"	11 - 12	8 - 9
11	Polimodal	8 - 9	11 - 12
19	"	7 - 8	11 - 12
25	"	11 - 12	5 - 6
27	"	11 - 12	7 - 8
29	"	10 - 11	7 - 8
30	"	9 - 10	6 - 7
39	"	11 - 12	7 - 8
40	"	7 - 8	11 - 12
42	"	5 - 6	7 - 8
51	"	11 - 12	6 - 7
52	"	4 - 5	7 - 8
54	"	11 - 12	5 - 6
55	"	11 - 12	8 - 9

..

Cont. Tabla 2.

No. de muestra.	Caracter Modal	Rango Moda Principal (\emptyset)	Rango Moda Secundaria (\emptyset)
56	Polimodal	3 - 4	7 - 8
62	"	8 - 9	6 - 7
63	"	3 - 9	5 - 6
64	"	8 - 9	6 - 7
65	"	4 - 5	7 - 8
66	"	6 - 7	11 - 12
67	"	4 - 5	11 - 12
71	"	11 - 12	6 - 7
82	"	10 - 11	7 - 8
92	"	9 - 10	6 - 7
94	"	11 - 12	8 - 9
96	"	8 - 9	11 - 12
97	"	8 - 9	6 - 7
81	Unimodal	8 - 9	

TABLA 3

CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA

Muestra No.	Materia Orgánica %.
10	2.707
11	4.895
12	3.055
16	0.277
19	3.890
21	2.499
25	2.777
27	3.092
29	3.292
30	3.697
31	4.322
32	4.066
33	3.733
37	3.283
38	3.366
39	3.266
40	2.844
42	3.847
43	2.971
51	2.433
52	2.844
53	3.666
54	3.400
55	2.460
56	2.666
61	2.222
62	4.740
63	4.993
64	3.714
65	3.449

Cont. Tabla 3

Muestra No.	Materia Orgánica %
66	2.719
67	2.985
71	3.781
80	3.515
81	4.146
82	5.174
92	3.222
94	4.647
95	3.901
96	4.512
97	4.512
110	5.258

TABLA 4
COMPOSICION DE LAS MUESTRAS
FRACCION INORGANICA

Muestra	Cuarzo	Feldes- pato.	Calcita	Frag. roca	Micas	Mins. oscuros			% Total
						Sulfuros	Oxidos	Otros	
10	80	4	5	1	0.05	1	1	-	92.5
11	82	4.5	5	-	1.5	1	-	2	96
12	81.5	4.5	8	-	1	0.5	0.5	2.5	98.5
16	55	10	10	5	10	-	4	1	95
19	78	4	7.5	1.5	1	2.5	1.5	0.5	96.5
21	78	3	10	1	1	2.5	2.5	1	99
25	76	1	6	1	10	-	1	4	99
27	74.5	1.5	16	-	-	5	-	-	97
29	74	4	10	0.5	1	2	2.5	1	95
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	85	3.5	6	-	0.5	3	-	-	98
32	75	2	6	2	-	10	-	-	95
33	74	4	12	-	1	5	-	1.5	95.5
37	80.5	4.5	6.5	-	2.5	-	1.5	1	96.5
38	79	2.5	9.5	-	1.5	2	1	1	96.5
39	81.5	2	4	0.5	1	4	2.5	0.5	96
40	78.5	4	6	-	2	-	1	0.5	92
42	81	5	7	0.5	3	1	1	-	98.5
43	85	5	4	-	2.5	1.5	1	0.5	99.5
51	77.5	6	10	0.5	0.5	2	2	1	99.5
52	86	2	3	-	1	1.5	2.5	1	97
53	64.5	2	3	1	-	2	23	-	95.5
54	75.5	7.5	9.5	-	1.5	2	1.5	1	98.5
55	78.5	5	9	-	3	1	1	1.5	99
56	73	7	8	1	1	-	3	7	100
61	84	5.5	5	0.5	2.5	2	-	-	99.5
62	78	5	9	-	1.5	3.0	1	1.5	99
63	85	3.5	5	1	1	1	1.5	1	99
64	83	2.5	6	-	1.5	2	2	1	98
65	85	5.5	3	-	1	2	2	1	99.5
66	81	4.5	5	1	2	-	-	5	98.5

..

TABLA 4 (Cont.)
 COMPOSICION DE LAS MUESTRAS
 FRACCION INORGANICA

3

Muestra	Cuarzo	Feldes- pato.	Calcita	Frag. roca	Micas	Mins. oscuros			% Total
						Sulfuros	Oxidos	Otros	
67	82.5	3.5	6	-	3	-	2	3	100
71	84	3.5	6.5	-	1	3	1	0.5	99.5
80	77	10	5	2	1	0.5	-	0.5	89
81	84	3.5	3	-	2	2	2	1	97.5
82	86.5	3	2	-	2	1.5	1	1.5	97.5
92	83	2	3.5	0.5	0.5	-	1.5	2.5	93.5
94	70			30					100
95	77	2	4	1	2	2.5	2	1.5	92
96	85	1.5	2.5	-	1.5	2	1.5	3.5	96.5
97	85	2	2.5	-	1	4	3	1	98.5
110	86.5	2	0.5	0.5	-	4	-	2	96.5

1 En su mayoría rocas volcánicas y algunas metamórficas.

2 Principalmente pirita.

3 Incluye principalmente vidrio volcánico, piroxenos, anfíboles, apatita y olivino.

TABLA 5
COMPOSICION DE LAS MUESTRAS
FRACCION ORGANICA

Muestra	Foraminiferos bentonicos	Foraminiferos planctonicos	Foraminiferos y conchas pirritizados	Conchas y fragmentos	Diatomeas	% Total
10	1.5	3	1.5	1.5	-	7.5
11	-	0.5	-	3.5	-	4
12	1	-	-	0.5	-	1.5
16	-	-	-	5	-	5
19	0.5	1	1	1	-	3.5
21	-	1	-	-	-	1
25	-	0.5	-	0.5	-	1
27	-	-	2	1	-	3
29	-	1.5	0.5	1	1	4
30	-	-	-	-	-	-
31	1	1	-	-	-	2
32	-	-	5	-	-	5
33	-	-	2	2.5	-	4.5
37	0.5	2	-	-	1	3.5
38	0.5	1.5	-	1	0.5	3.5
39	-	1.5	-	1.5	1	4
40	4	1	1.5	1.5	-	8
42	-	-	-	1.5	-	1.5
43	-	-	0.5	-	-	2.5
51	-	-	0.5	-	-	0.5
52	-	1	-	1.5	0.5	3
53	1	1	-	2.5	-	4.5
54	-	0.5	-	1	-	1.5
55	1	-	-	0.5	-	1.5
56	-	-	-	-	-	-
61	-	-	-	0.5	-	0.5
62	-	-	0.5	0.5	-	1
63	1	-	-	1	-	1
64	1	-	0.5	0.5	-	2
65	-	0.5	-	-	-	0.5
66	0.5	-	-	1	-	1.5

TABLA 5 (Cont.)
 COMPOSICION DE LAS MUESTRAS
 FRACCION ORGANICA

3

Muestra	Foraminíferos bentónicos	Foraminíferos planctónicos	Foraminíferos y conchas y piritizados	Conchas y fragmentos	Diatomeas	% Total
67	-	-	-	-	-	-
71	-	-	-	0.5	-	0.5
80	3	-	5	?	1	10
81	1.5	-	-	1	-	2.5
82	1	-	-	1.5	-	2.5
92	3.5	0.5	0.5	2	-	6.5
94						
95	4	1	0.5	2	0.5	8
96	-	-	-	3.5	-	3.5
97	0.5	-	-	1	-	1.5
110	-	-	-	3	0.5	3.5

TABLA 6

LECTURA DEL ESPECTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA Y PORCENTAJE
DE CARBONATO DE CALCIO EN LAS MUESTRAS

MUESTRA	LECTURA (p.p.m.)	%Ca Co ₃
10	12.2	3.06
11	12.5	3.40
12	12.7	3.17
16	14.2	3.55
19	28.8	7.2
21	7.8	1.95
25	25.8	6.45
27	22.3	5.57
29	20.2	5.05
30	21.1	5.27
31	28.6	7.15
32	17.0	4.25
33	25.6	6.40
37	23.5	5.87
38	19.5	4.87
39	16.0	4.00
40	23.9	5.97
42	29.6	7.40
43	24.3	6.07
51	27.5	6.87
52	27.1	6.77
53	24.8	6.20
54	24.5	6.12
55	38.1	9.52
56	28.2	7.05
61	30.5	7.62
62	25.4	6.35
63	18.8	4.70
64	30.0	7.50
65	29.8	7.45
66	32.7	8.17
67	21.3	5.32
71	22.5	5.62
80	21.9	5.47
81	22.7	5.67
82	16.7	4.17
92	25.3	6.32
94	18.4	4.60
95	21.7	5.42
96	14.4	3.60
97	16.8	4.2
110	10.2	2.55

16°00'

102°30'

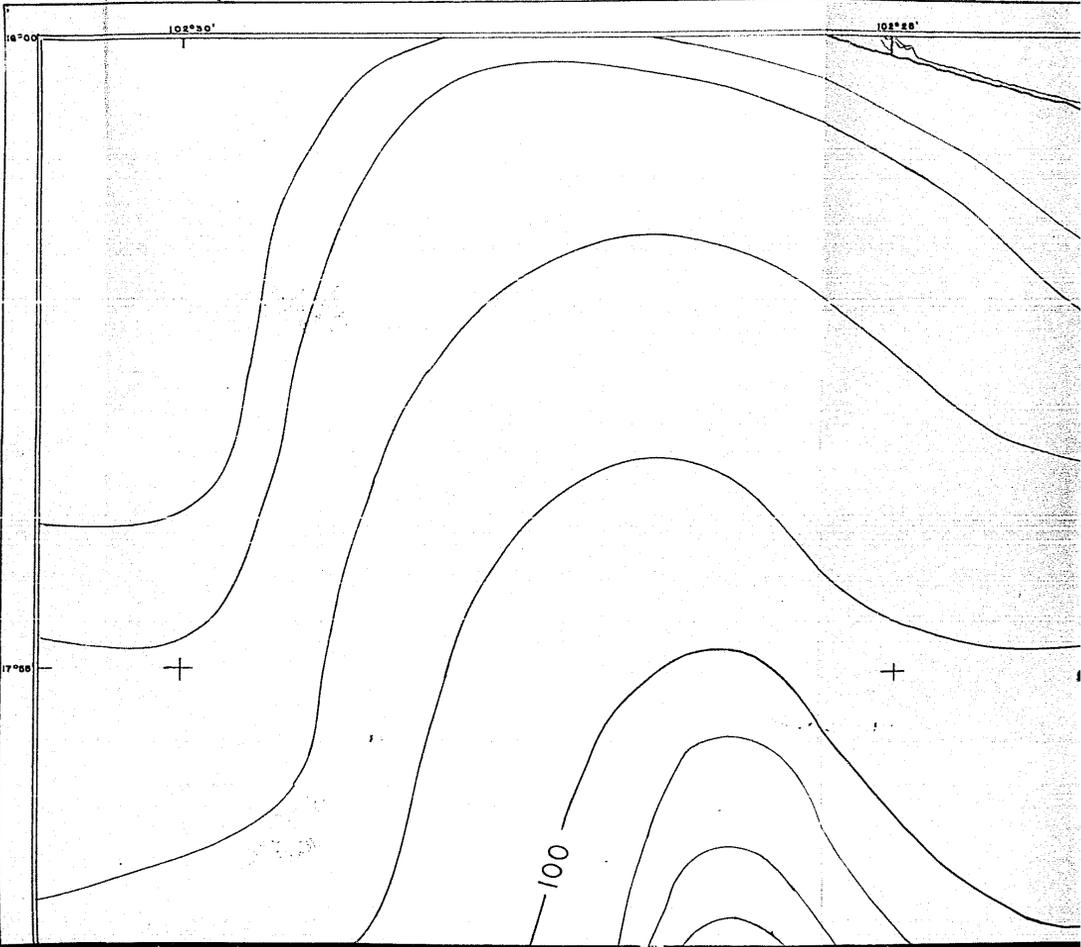
102°40'

17°00'

+

+

100



This is a topographic map segment showing contour lines. The map is bounded by a double-line border. On the left side, there are two vertical coordinate markings: '16°00'' at the top and '17°00'' further down. On the top side, there are two horizontal coordinate markings: '102°30'' on the left and '102°40'' on the right. The contour lines are solid black lines that curve across the map, indicating elevation changes. A specific contour line is labeled '100'. There are two small crosshair symbols (+) on the map, one located between the 17°00' and 102°30' coordinates, and another between the 17°00' and 102°40' coordinates. The map shows a series of roughly parallel contour lines that curve from the top-left towards the bottom-right, suggesting a slope in that direction.

10 8° 20'

RIO ARTEAGA

PLATA AZUL

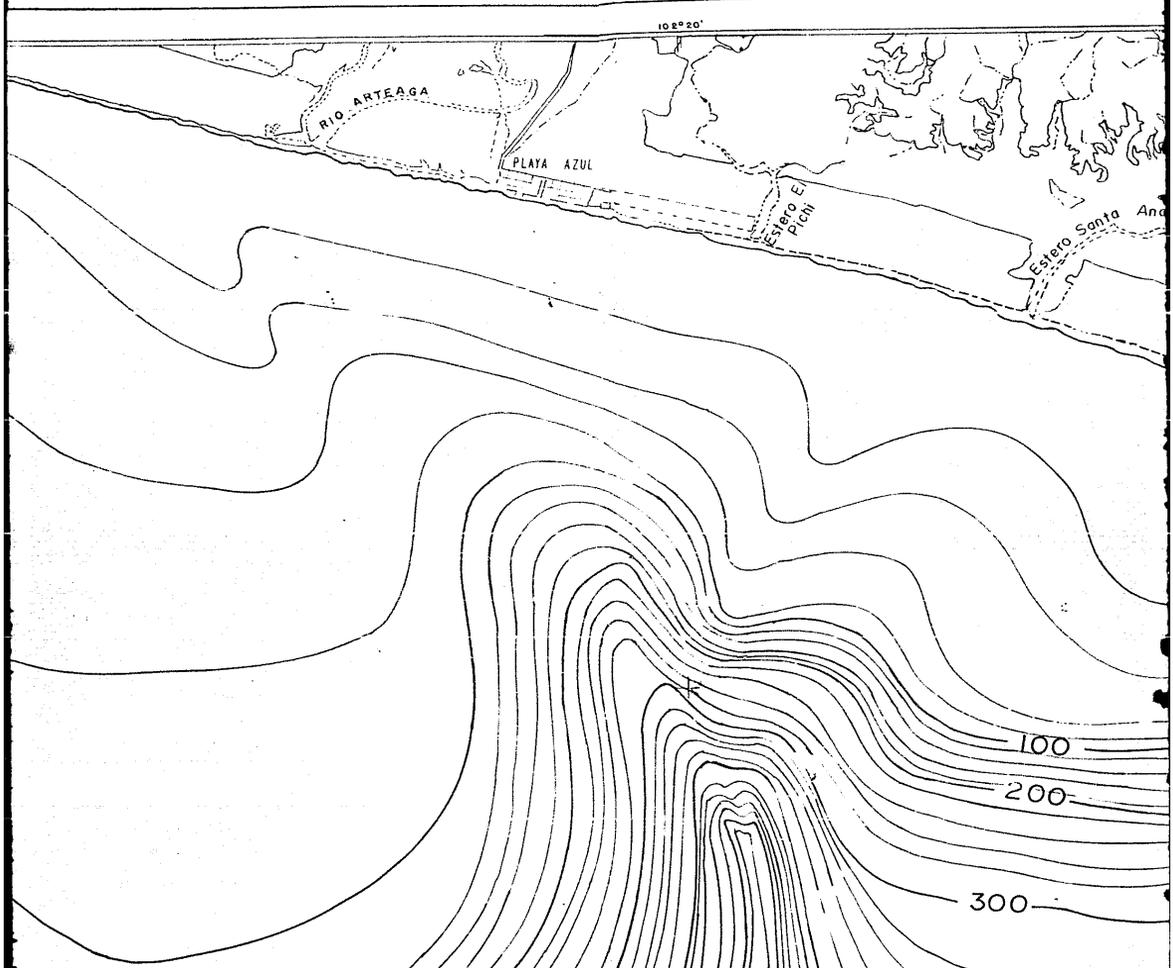
Estero El Pichil

Estero Santa Ana

100

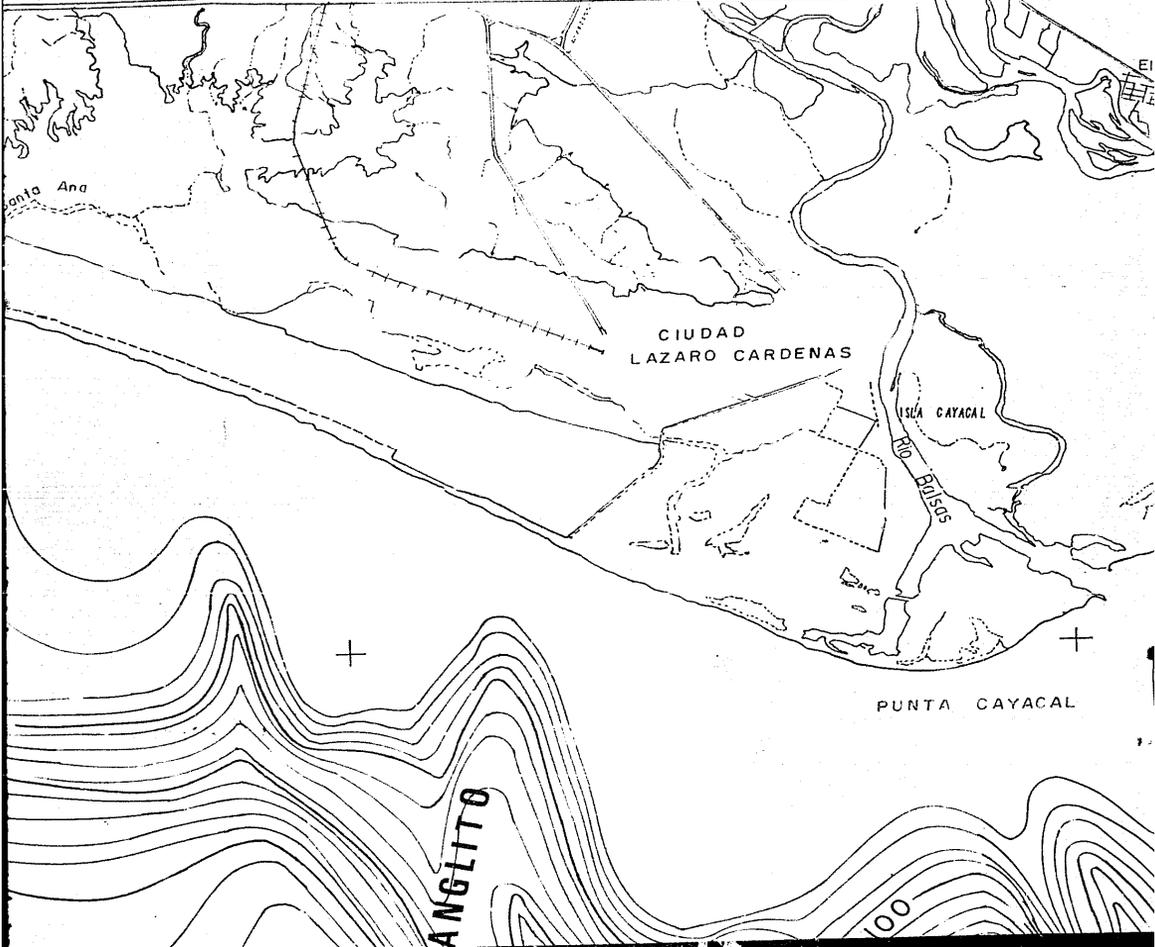
200

300



102° 10'

102° 10'



Santa Ana

CIUDAD
LAZARO CARDENAS

ISLA CAYACAL

RIO
BUJIOS

PUNTA CAYACAL

100
ANGLITO

10°10'

102°00'

El Naranjito

PETACALCO

BAHIA PETACALCO

Boca
BALSAS

CANON DE
PETACALCO

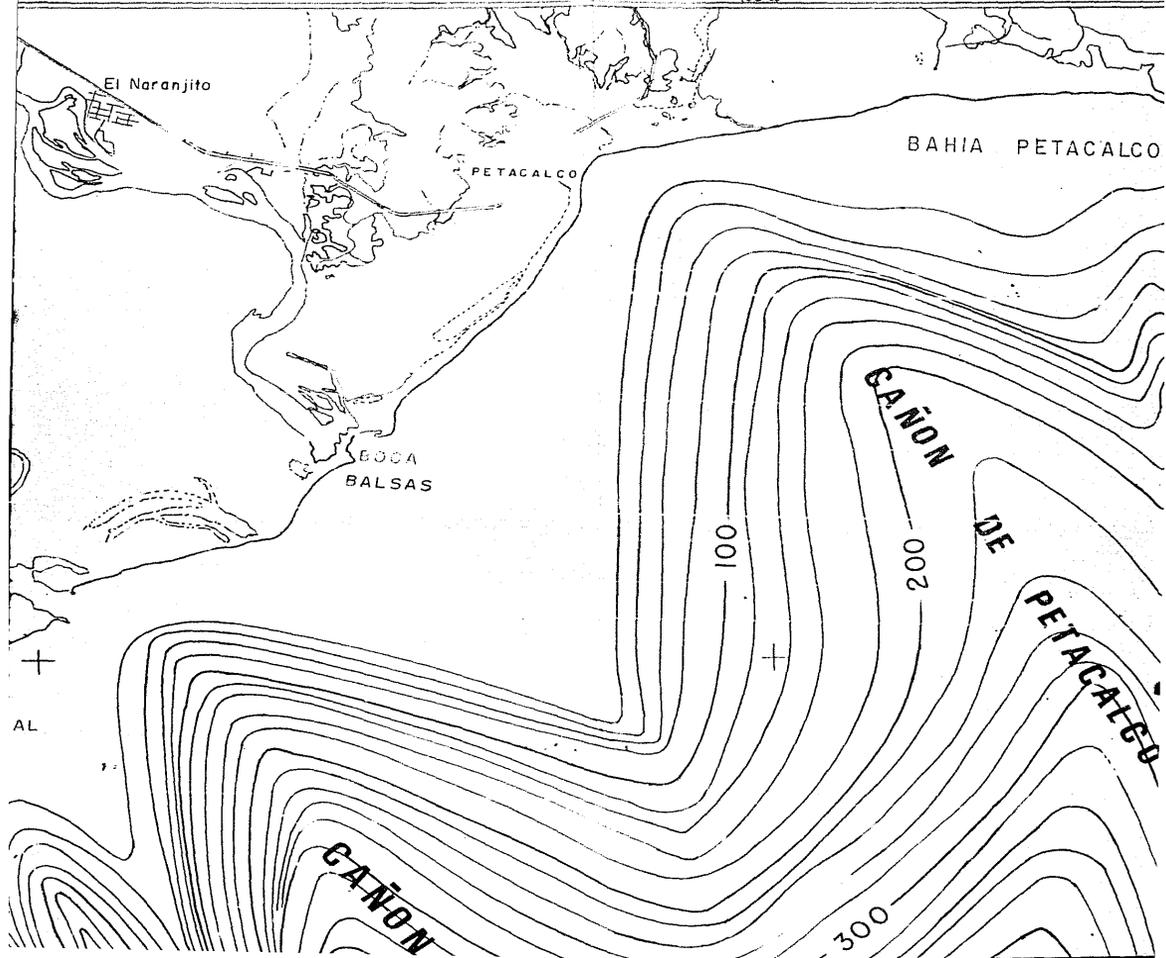
100

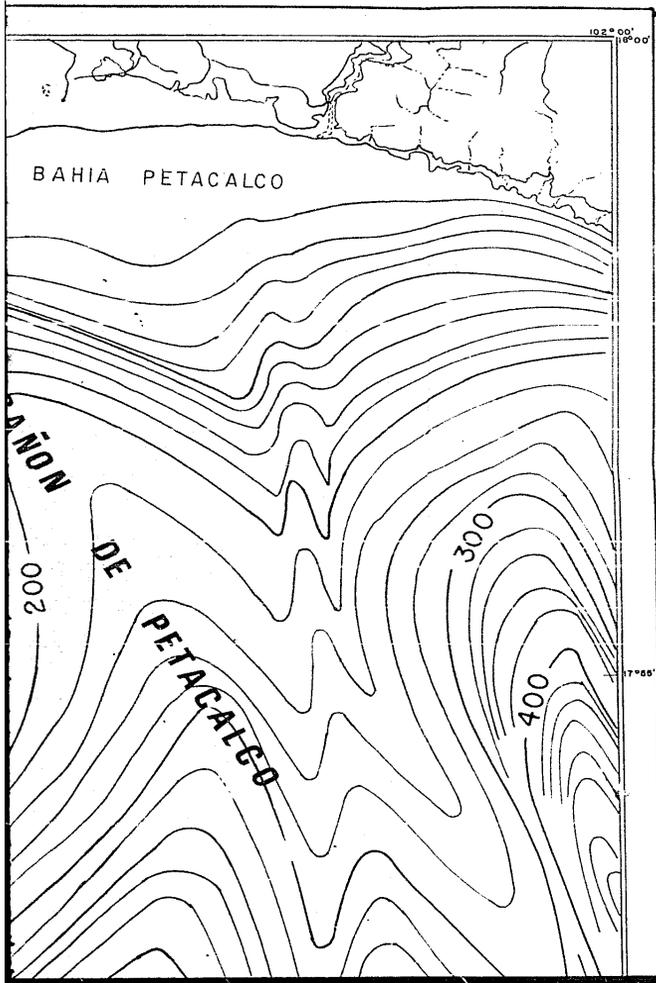
200

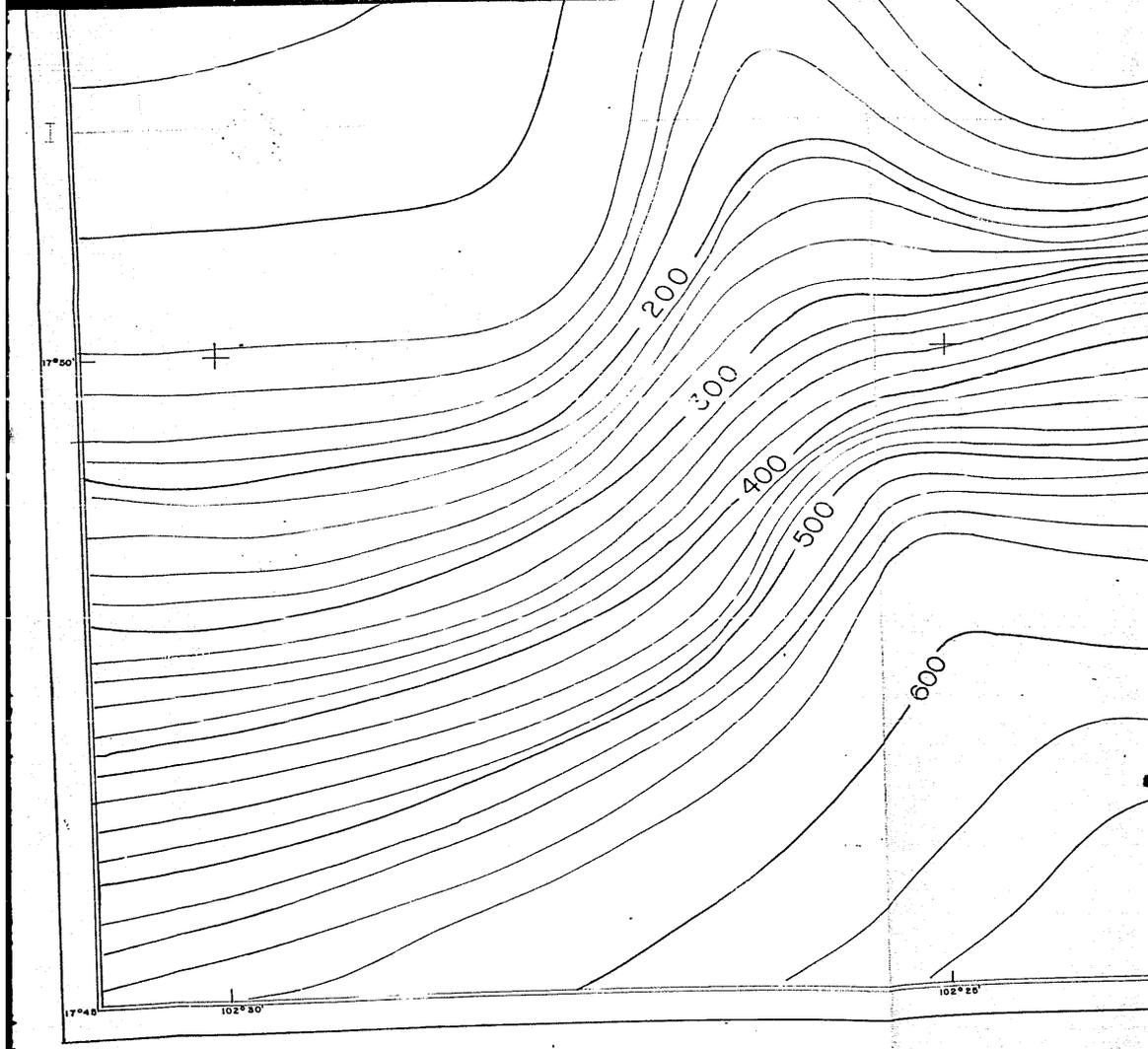
300

CANON

AL







CANYON DEL PIGHI

400

500

600

102°18'

102°10'

500

CANON DEL M

300

200

400

300

DE LA NECESIDAD

300

400

400

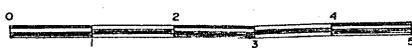
500

500

600

600

700



KILOMETROS

Profundidad en metros

Equidistancia entre curvas de nivel 20 mts.

FACULTAD

U
N
A
M

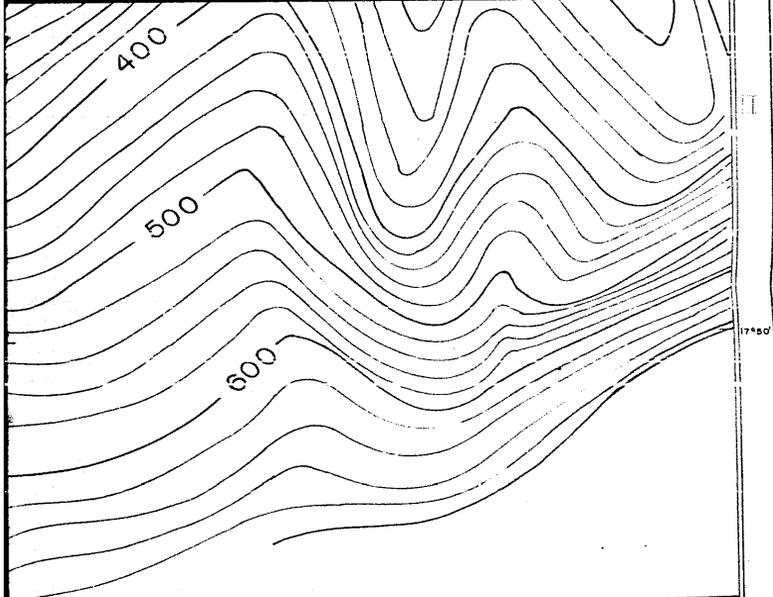
BATIMETRIA

TESIS PROF

ABIGAIL CERVANTES

102°10'

102°05'



FACULTAD DE INGENIERIA

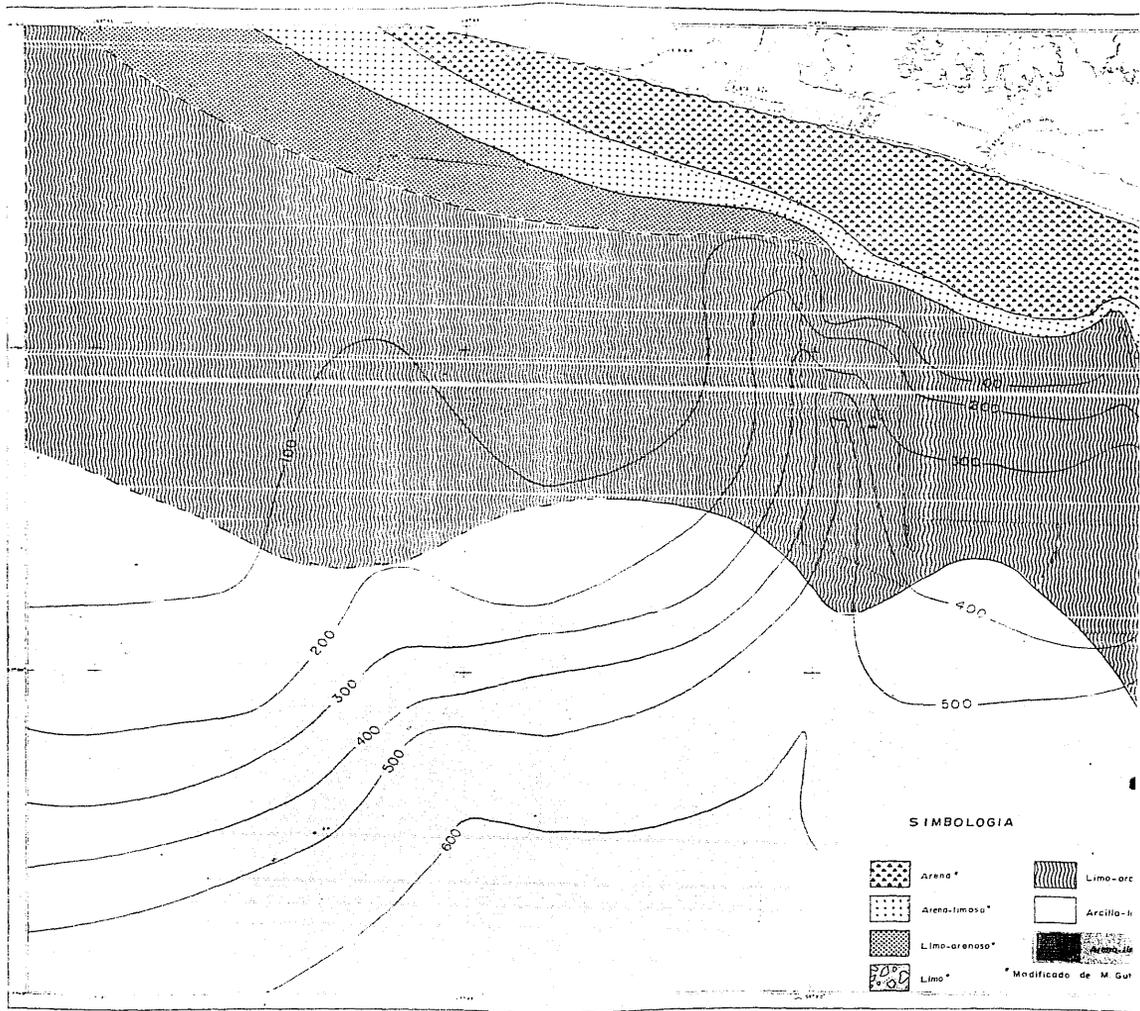
BATIMETRIA DEL AREA

PLANO 6

TESIS PROFESIONAL 1987

ABIGAIL CERVANTES M. FAUSTINO MONROY S.

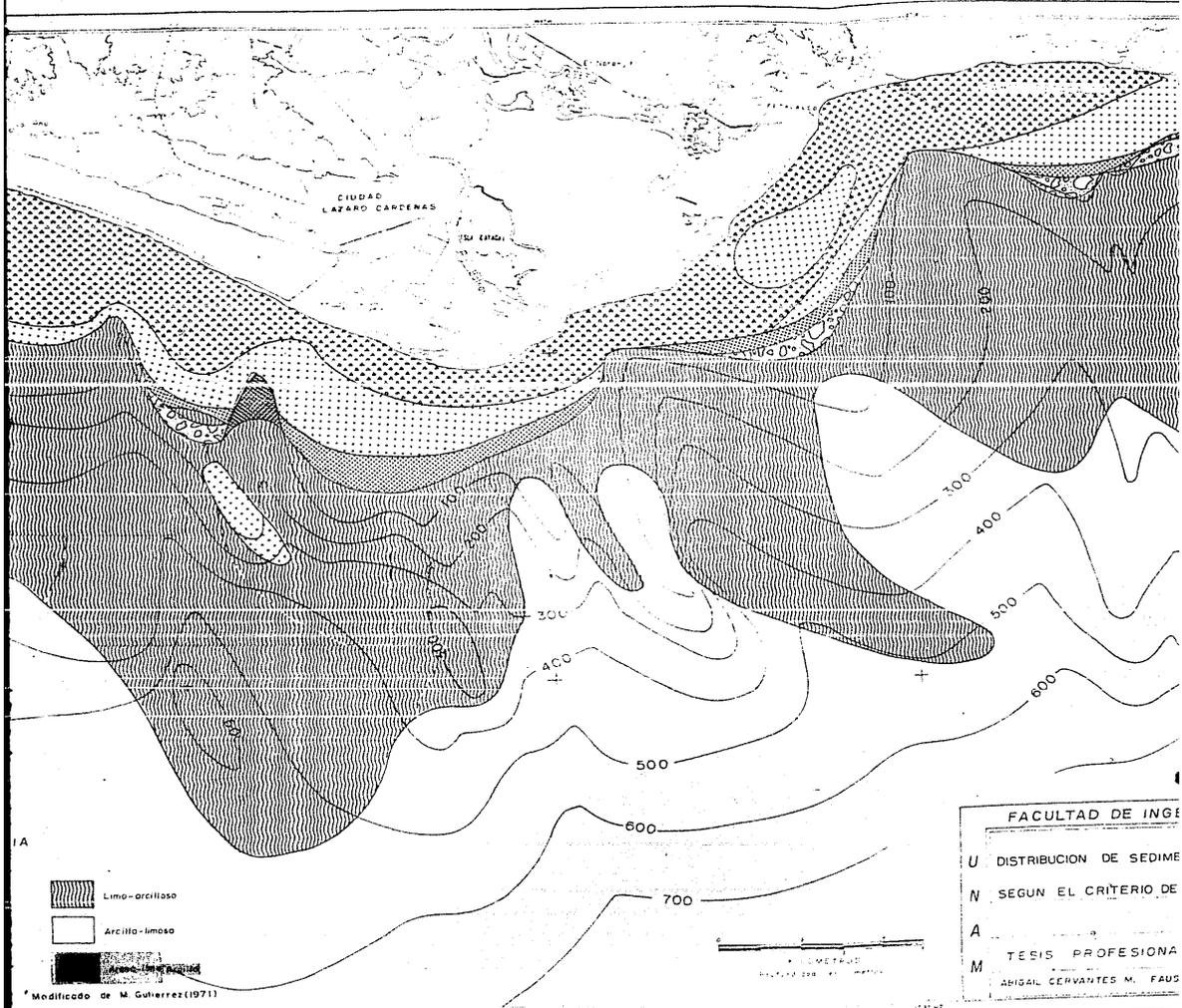
U
N
A
M



SIMBOLOGIA

- | | | | |
|--|---------------|---|------------|
|  | Arenas* |  | Limo-arc. |
|  | Arena-limosa* |  | Arcilla-l. |
|  | Limo-arenoso* |  | Arcilla-f. |
|  | Limo* | | |

* Modificado de M Gu



CIUDAD LAZARO CARDENAS

LA ERICA

300

400

300

400

500

600

700

300

400

500

600

Limo-arcilloso

Arcilla-limoso

FACULTAD DE INGENIERIA

U DISTRIBUCION DE SEDIMENTOS

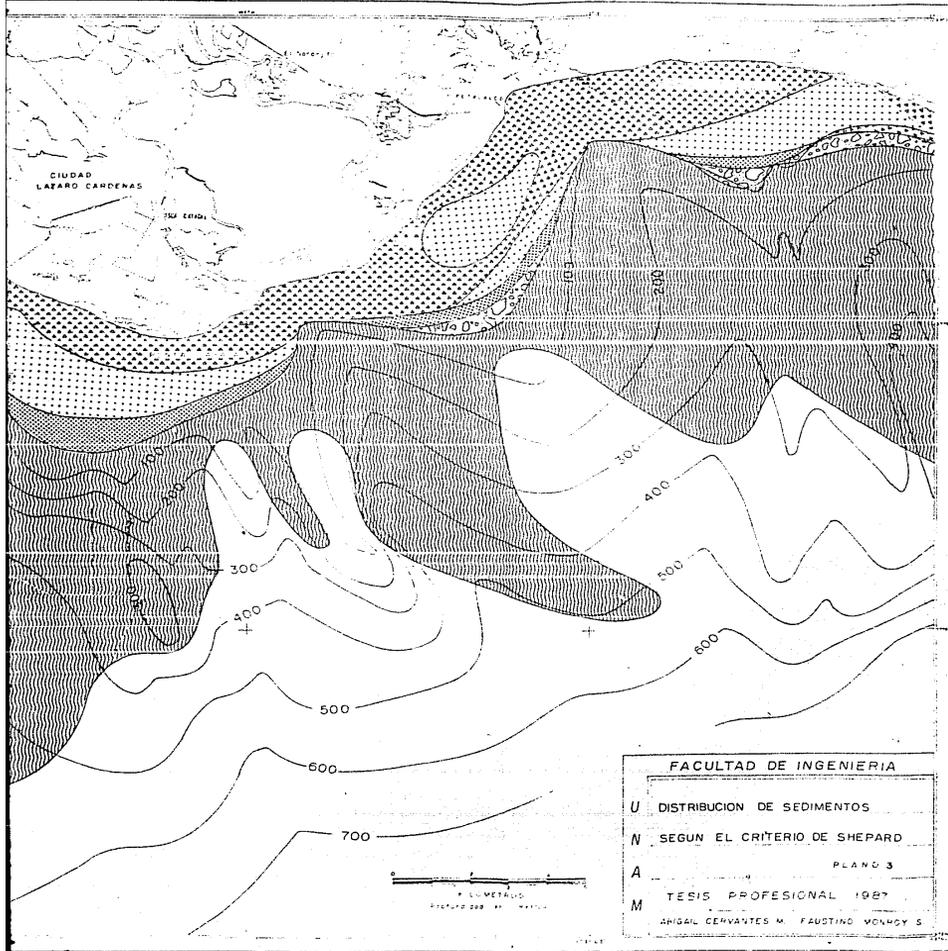
N SEGUN EL CRITERIO DE...

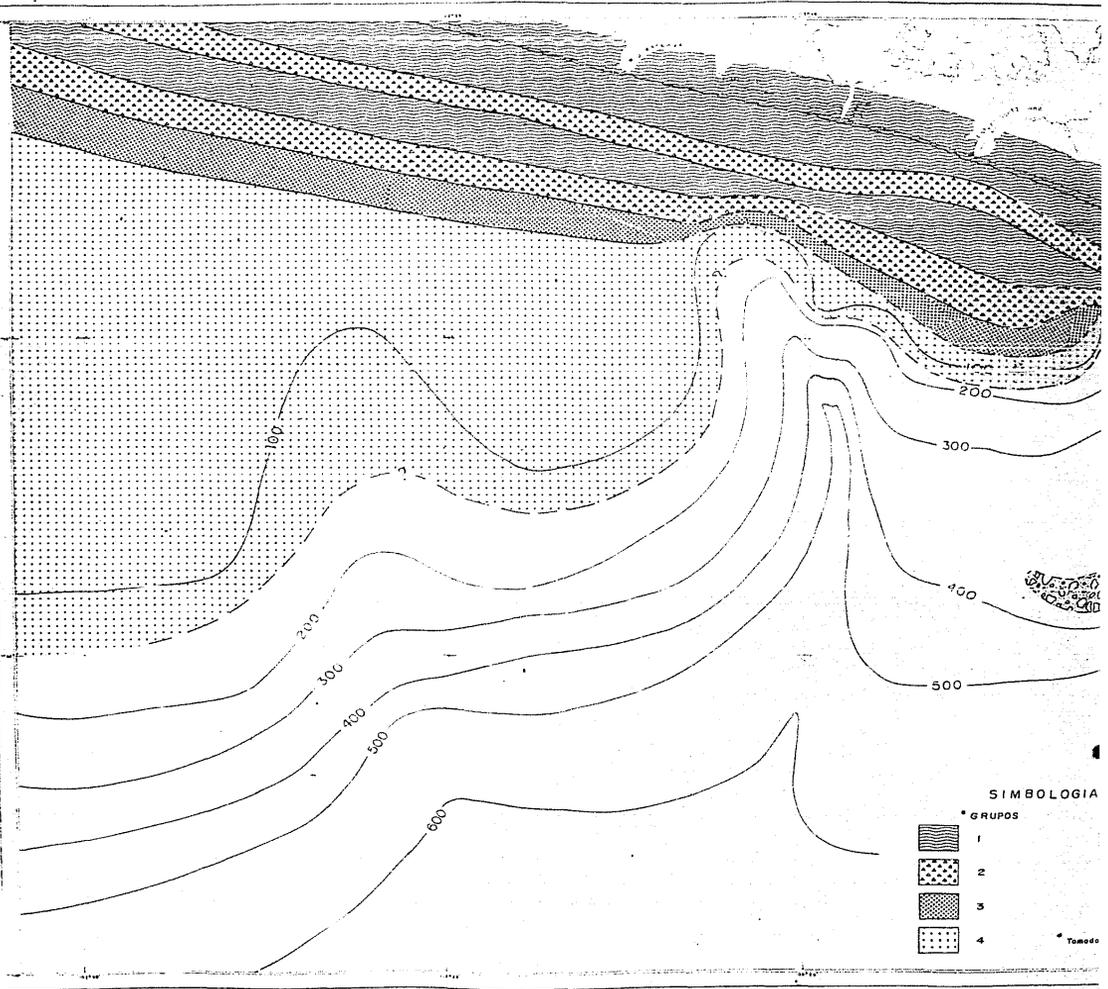
A TESIS PROFESIONAL

M ABIGAIL CERVANTES M. FAUS

Modificado de M. Gutierrez (1971)

1000 METROS





SIMBOLOGIA

* GRUPOS

- 1 
- 2 
- 3 
- 4 

* Tomado

CIUDAD LAZARO CARCENAS

EL CERRILLO

SIMBOLOGIA

GRUPOS	GRUPOS
1	 I
2	 II
3	
4	

* Tomado de M. Gutierrez (1971)

FACULTAD DE IN

DISTRIBUCIÓN DE GRUPO

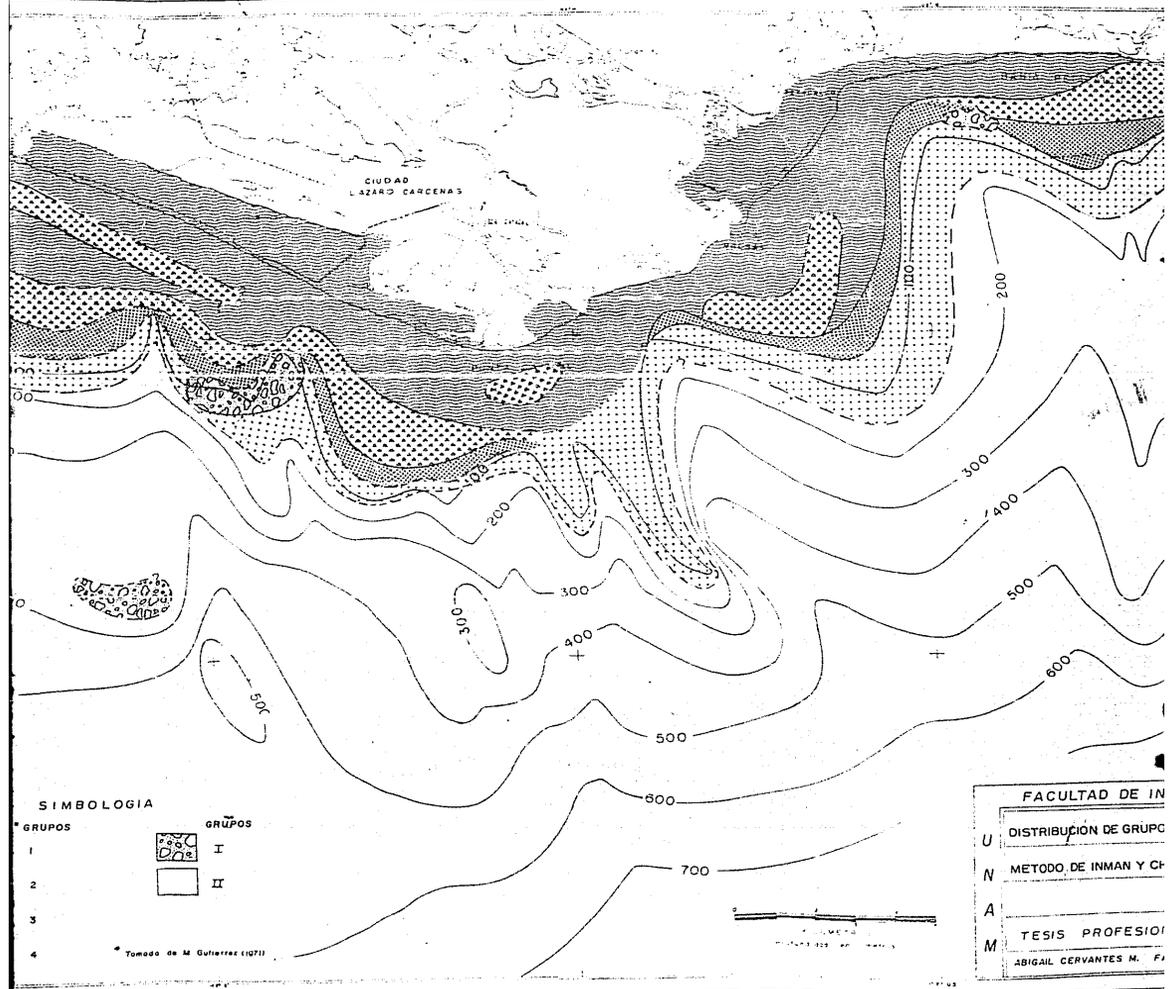
U

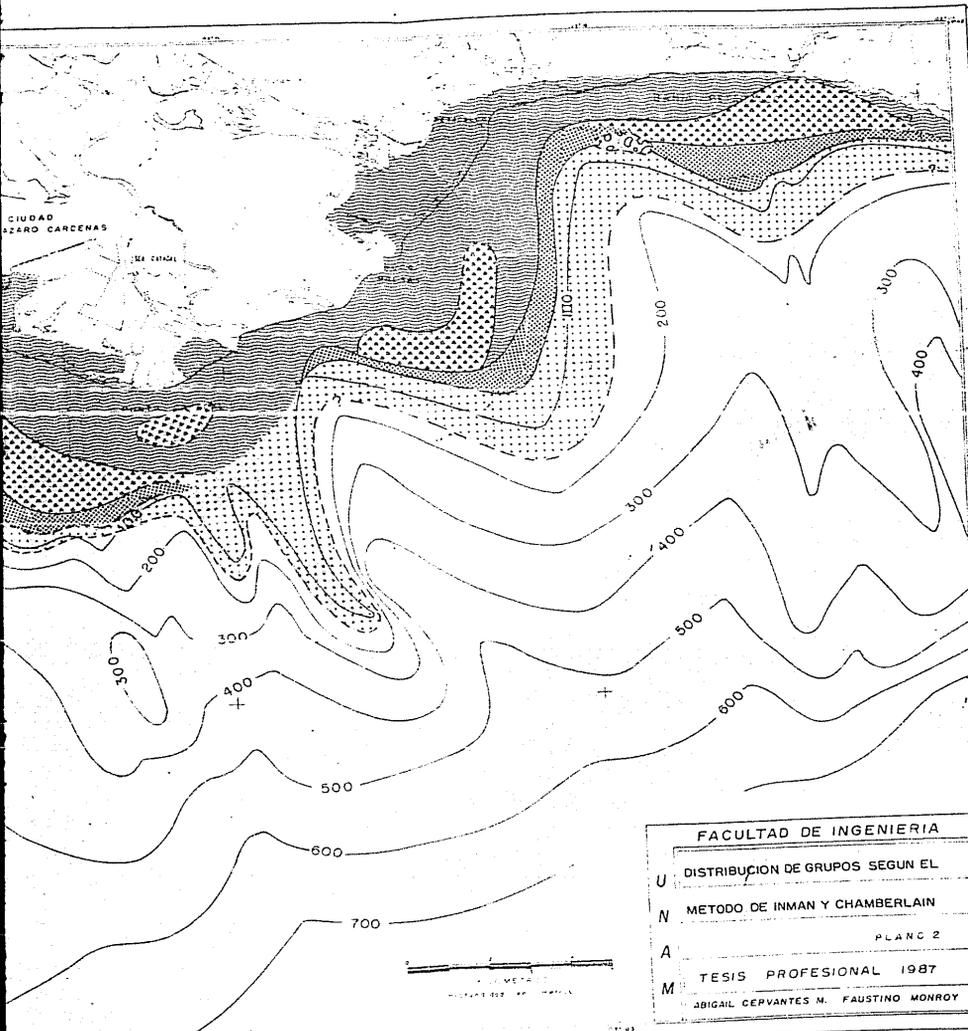
N METODO DE INMAN Y CH

A

M TESIS PROFESION

ABIGAIL CERVANTES M. F.





FACULTAD DE INGENIERIA

U DISTRIBUCION DE GRUPOS SEGUN EL

N METODO DE INMAN Y CHAMBERLAIN

A PLANC 2

M TESIS PROFESIONAL 1987

ABIGAIL CERVANTES N. FAUSTINO MONROY S.

