

4



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**CARACTERIZACION SEDIMENTOLOGICA DE LA
PLATAFORMA CONTINENTAL DE LOS ESTADOS DE
TAMAULIPAS Y VERACRUZ, MEXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO GEOLOGO
P R E S E N T A :
ALFREDO FRANCO PIÑA



MEXICO, D. F.

281910

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

SR. ALFREDO FRANCO PIÑA
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M. en C. Antonio Z. Márquez García y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

**CARACTERIZACION SEDIMENTOLOGICA DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL
DE LOS ESTADOS DE TAMAULIPAS Y VERACRUZ, MEXICO**

- RESUMEN
- I INTRODUCCION
- II AREA DE ESTUDIO
- III METODO DE TRABAJO
- IV DISTRIBUCION DE LOS SEDIMENTOS
- V PARAMETROS ESTADISTICOS
- VI COMPOSICION DE LOS SEDIMENTOS
- VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFIA
- MAPAS E ILUSTRACIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

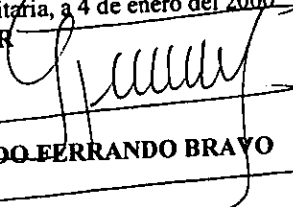
Asimismo, le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Ciudad Universitaria, a 4 de enero del 2000

EL DIRECTOR


ING. GERARDO FERRANDO BRAVO

GPR*REER*gtg

**CARACTERIZACION SEDIMENTOLOGICA DE LA PLATAFORMA
CONTINENTAL DE LOS ESTADOS DE TAMAULIPAS Y VERACRUZ, MEXICO**

A mis padres y hermanos por todo
el apoyo incondicional brindado
a lo largo de mi vida.

Arrojo el de los hombres
que desdeñan lo que a mano
tienen – y ansían tan sólo la incertidumbre
que cela la distancia.

Arrojo el de los hombres que desean
poner un pie en
las tierras de ultramar y, en su audaz vehemencia,
tras mil denuedos y delirios, se orillan a su ser,

Y antes del arribaje su pecho es lancinado
por un soplo,
y una vez pisando tierra, su corazón
se inflama
de amor por lo que ya es su obra.

José Luis Rivas

A todos mis profesores y compañeros.

INDICE

MAPAS E ILUSTRACIONES.....	3
TABLAS.....	4
RESUMEN.....	5
I. INTRODUCCION.....	7
Objetivos.....	9
II. AREA DE ESTUDIO.....	10
Clima.....	10
Fisiografía.....	10
Batimetría.....	14
Hidrografía.....	16
Corrientes marinas.....	19
Marco geológico.....	23
Antecedentes.....	24
III. METODO DE TRABAJO.....	27
IV. DISTRIBUCION DE LOS SEDIMENTOS.....	34
Distribución de arenas.....	34
Distribución de limos.....	36
Distribución de arcillas.....	38
Probable origen.....	41
V. PARAMETROS ESTADISTICOS.....	47
Media gráfica.....	47
Grado de clasificación.....	51
Asimetría.....	53

VI. COMPOSICION DE LOS SEDIMENTOS.....	57
Componentes terrigenos.....	57
Componentes autigénicos.....	62
Componentes biogénicos.....	70
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
BIBLIOGRAFIA CITADA.....	86

MAPAS E ILUSTRACIONES

Figura 1. Ubicación de área de estudio.....	11
Figura 2. Provincias fisiográficas en el área de estudio.....	13
Figura 3. Provincias fisiográficas marinas del Golfo de México.....	15
Figura 4. Mapa con las cuencas hidrológicas de los principales ríos del área de estudio.....	20
Figura 5 a. Distribución de corrientes superficiales en época de invierno (1971).....	21
Figura 5 b. Distribución de corrientes superficiales época de verano (1971).....	21
Figura 6. Mapa geológico del área de estudio.....	25
Figura 7. Ubicación de las estaciones de muestreo DINAMO VII.....	28
Figura 8. Distribución de arenas >21 %.....	37
Figura 9. Distribución de limos > 70 %.....	39
Figura 10. Trayectoria de la Tormenta Tropical Gabrielle y el Huracán Roxanne.....	40
Figura 11. Distribución de arcillas >17 %.....	42
Figura 12. Gráfica comparativa de los diferentes tamaños obtenidos en las muestras.....	46
Figura 13. Mapa con la caracterización del valor medio obtenido en las muestras.....	52
Figura 14. Mapa con isovalores del grado de clasificación.....	54
Figura 15. Mapa con isovalores que muestra el grado de simetría en el área de estudio.....	55
Figura 16. Mapa de distribución de componentes terrígenos > 92 %.....	59
Figura 17. Mapa de distribución de componentes autígenicos > 5.2 %.....	63
Figura 18. Mapa de distribución de temperatura en el área de estudio.....	67
Figura 19. Mapa batimétrico del área de estudio.....	68
Figura 20. Mapa de distribución de componentes biogénicos > 3.34 %.....	71
Figura 21. Mapa de distribución de materia orgánica > 6.71 %.....	74
Figura 22. Mapa de distribución de concentraciones de sal (UPS).....	75
Figura 23. Mapa de clasificación por su composición de las muestras en el área de estudio.....	80
Figura 24. Fotografías de algunas muestras tomadas en microscopio estereoscópico.....	81

TABLAS

Tabla 1. Posición de las muestras recolectadas DINAMO VII.....	29
Tabla 2. Clasificación de los sedimentos mediante el triángulo de Folk.....	32
Tabla 3. Resultados obtenidos del análisis granulométrico en porcentaje de arenas, limos y arcillas.....	34
Tabla 4 a. Parámetros estadísticos en cada una de las muestras.....	47
Tabla 4 b. Parámetros estadísticos en cada una de las muestras (continuación).....	48
Tabla 4 c. Parámetros estadísticos en cada una de las muestras (continuación).....	49
Tabla 5. Resultados del porcentaje obtenido para componentes terrígenos, autigénicos y biogénicos de cada muestra.....	57
Tabla 6. Diferentes componentes encontrados en cada una de las muestras.....	64
Tabla 7. Profundidad y temperatura del agua en el área de estudio.....	65
Tabla 8. Contenido de materia orgánica y concentraciones de sal.....	72
Tabla 9. Clasificación de las muestras por su composición mineralógica.....	77

RESUMEN

De cuarenta muestras de sedimento marino recolectadas en la campaña oceanográfica DINAMO VII a lo largo de la Plataforma Continental del Golfo de México abarcando el Estado de Tamaulipas y parte del Estado de Veracruz hasta los 19° latitud, se realizó un análisis granulométrico y de contenido de materia orgánica para determinar las características texturales y de composición de los sedimentos que imperan en dicho lugar.

De la distribución de estos sedimentos existe un predominio de limos en cuanto a los parámetros texturales, con un 70 % de abundancia en la mayoría de las muestras, le sigue las arenas con un 21 % y las arcillas con 17 % de representatividad en la mayoría de ellas. Estos componentes están distribuidos y condicionados a lo largo de la plataforma por corrientes marinas, tal como la de Lazo que es la más importante y que distribuye a los sedimentos con una tendencia hacia el noreste; también las grandes tormentas y huracanes parecen afectar la distribución de la sedimentación de tal manera que existen cuerpos aislados de limo y arcilla distribuidos en algunas zonas de la plataforma.

Los minerales terrígenos analizados en los sedimentos son principalmente el cuarzo y la arcilla y se distribuyen en la plataforma con un promedio del 92 % exceptuando entre la barra de la laguna de Tamiahua y la desembocadura de los ríos Tuxpan, Cazones y Tecolutla. Por su parte los minerales autígenicos son micronódulos (óxidos de manganeso) y óxidos de Hierro (magnetita, hematita) y también presentan una gran distribución en el área de estudio, con un predominio del 5.2 % en las muestras recolectadas; su distribución se hace presente entre los cero y treinta metros de profundidad aproximadamente. Los componentes biogénicos en las muestras son principalmente espículas de esponjas, foraminíferos, fragmentos de concha y restos de peces; la población de estos componentes es escasa en los sedimentos con un promedio de 3.34 %, y se distribuye en pocas y limitadas áreas de la zona de estudio, predominando más en las barras de la Laguna Madre. El contenido de materia orgánica se obtuvo aplicando el método de ignición en cada una de

las muestras y resultó ser relativamente escaso con el 6.7 % en promedio. Su concentración se encuentra entre los 35 y 36 UPS de concentración salina y entre las temperaturas de 15°C y 18°C.

Los componentes minerales encontrados en las muestras son el cuarzo, los minerales arcillosos y el Carbonato de Calcio, con lo que se obtuvo una clasificación que dio como resultado una predominancia de lodos calcáreos en la zona de estudio, predominando en las profundidades de entre 30 y 150 metros.

I. INTRODUCCION

Las plataformas continentales son la zona de enlace entre el continente y el océano y son de gran importancia socioeconómica puesto que en éstas se concentran grandes riquezas, y es donde existe el máximo dominio de vida, y donde la sedimentación, orgánica como inorgánica, alcanza su mayor intensidad.

Las plataformas continentales fueron las primeras partes del suelo marino estudiadas principalmente como una ayuda para la navegación y pesca.

Una plataforma continental se define como la zona alrededor del continente comprendida desde la línea de bajamar hasta la profundidad en la cual el talud aumenta rápidamente su pendiente (Emery, 1969). El lugar en el que se produce este aumento se considera el borde de la plataforma. Convencionalmente, el borde se toma a 200 metros, pero en ocasiones se conocen lugares donde el borde se extiende mucho más. Las plataformas varían en anchura desde cero hasta 1 500 kilómetros, con un término medio de 78 kilómetros.

Las plataformas continentales constituyen el 7.5 por ciento del área total del océano y el 18 por ciento del área total de la Tierra (Emery, 1969).

El interés por el estudio de las plataformas continentales nace por su gran potencial económico. Aproximadamente el 90 % de los recursos alimenticios marinos del mundo provienen de las plataformas y bahías adyacentes (Holt, 1969). Otro aspecto de gran

interés económico es la existencia de petróleo y gas natural en algunas plataformas, con lo que se ha desarrollado gran investigación en algunas de ellas. Otro recurso marino de gran importancia de las plataformas es la extracción actual y futura de arenas y gravas para la industria de la construcción. Así como también los desarrollos turísticos de áreas cercanas a la costa, en las que la gente a mostrado un gran interés por vivir cerca del océano. Algunos recursos minerales en menor proporción también son extraídos de las plataformas, como la fosforita y óxidos de hierro entre otros.

Dado que el destino final de los sedimentos terrigenos es el océano y sabiendo que en total los sedimentos del fondo oceánico cubren una extensión de 308 300 000 km², 60% de la superficie de la Tierra (Rothwell, 1989), es de gran importancia conocer los comportamientos de estos, y dado su fácil manejo y obtención de datos, en este trabajo se enfocará a su estudio en una porción de la Plataforma Continental Tamaulipas - Veracruz.

México resulta un país afortunado, ya que posee una gran extensión de litorales que alcanzan 8 559 km de longitud en la parte continental; 7 147 km corresponden al Océano Pacífico y 2 756 km al Atlántico (Tamayo, 1980) lo que resulta de vital importancia para la economía del país, tal es el caso de la Plataforma Continental Tamaulipas - Veracruz, por sus recursos pesqueros, petroleros y zonas de gran diversidad ecológica para actividades turísticas.

OBJETIVOS

Por la importancia que tiene el estudio de las plataformas continentales el presente trabajo tiene por objetivo contribuir al conocimiento sedimentológico de una porción de la Plataforma Continental Tamaulipas - Veracruz, determinando sus características sedimentológicas. Para ello se establecen los siguientes objetivos generales.

1. Describir aspectos texturales (parámetros granulométricos) de sedimentos colectados durante el crucero oceanográfico DINAMO VII, y su distribución superficial en el área de estudio.
2. Determinar los diferentes componentes que se presentan en los sedimentos (terrigenos, autigénicos y biogénicos) así como de materia orgánica y su distribución de estos en el área de estudio.

II. AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza dentro del Golfo de México, delimitada por las coordenadas geográficas $18^{\circ} 52'$ y $25^{\circ} 57'$ de latitud Norte y $95^{\circ} 03'$ y $97^{\circ} 45'$ longitud Oeste (Fig. 1).

Las poblaciones más importantes y cercanas son las ciudades de Tampico y Veracruz, consideradas como los puertos marítimos principales del Golfo de México, comunicados mediante carreteras federales, ferrocarriles y aeropuertos internacionales.

CLIMA

El área de estudio la podemos dividir en dos regiones climatológicas; en la región costera el clima es cálido húmedo con temperatura media anual de 25°C y con precipitación anual promedio de 1300 mm, con lluvias principalmente de mayo a octubre. En las partes altas el clima también es cálido húmedo con temperatura media anual de 25°C , pero con lluvias todo el año, principalmente de junio a noviembre, y con precipitación anual promedio de 2929 mm (Tamayo, 1980).

FISIOGRAFIA

Considerando que la Plataforma Continental de Tamaulipas - Veracruz es una extensión del área continental y que el relieve es un factor importante que influye en la sedimentación podemos enmarcar dentro de esta área de estudio a tres provincias fisiográficas: la Sierra

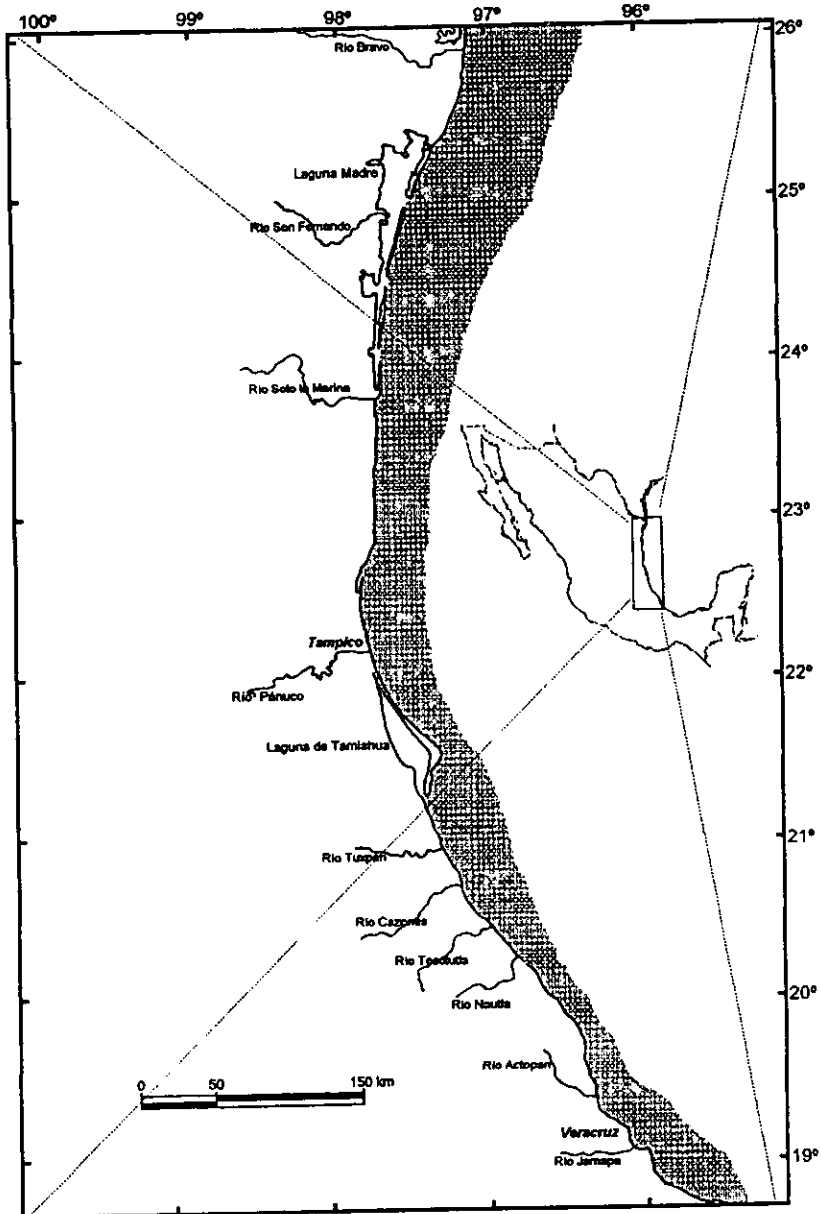


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Madre Oriental, la Llanura Costera del Golfo Norte y la Faja Volcánica Transmexicana de acuerdo a la División General de Geografía (Morán, 1984).

La orientación de la Sierra Madre Oriental es de NNW a SSE, se inicia en el Estado de Texas, para continuar dentro del país en la Sierra del Burro y terminar en el Cofre de Perote, punto de contacto con la Faja Volcánica Transmexicana. Su Longitud es de 1350 km y su anchura media es de 150 km. Las cimas conservan en lo general una altitud de 2 000 m y alcanzan un máximo de 3 000 m. En su parte norte se separa hasta 500 km del litoral, pero converge hacia ella en el sur hasta una distancia de 75 km del mar (Tamayo, 1980).

La Planicie Costera del Golfo de México se extiende, a lo largo de 700 km, en forma cóncava desde el Río Bravo hasta la cordillera de la Faja Volcánica Transmexicana que termina en la punta de la Villa Rica Veracruz, quedando limitada al oeste por la Sierra Madre Oriental. Su anchura es variable e irregular, alcanzando su máximo en el paralelo de Matamoros (200 km) y la menor en su extremo sur (75 km). En general es una superficie plana con una suave inclinación que va de 200 m al nivel del mar (Tamayo, 1980).

La Faja Volcánica Transmexicana se extiende del Océano Pacífico al Golfo de México, constituyendo una faja de 130 km de largo que va de la costa occidental desde la desembocadura del río Grande de Santiago, para llegar al Pico de Orizaba y al Cofre de

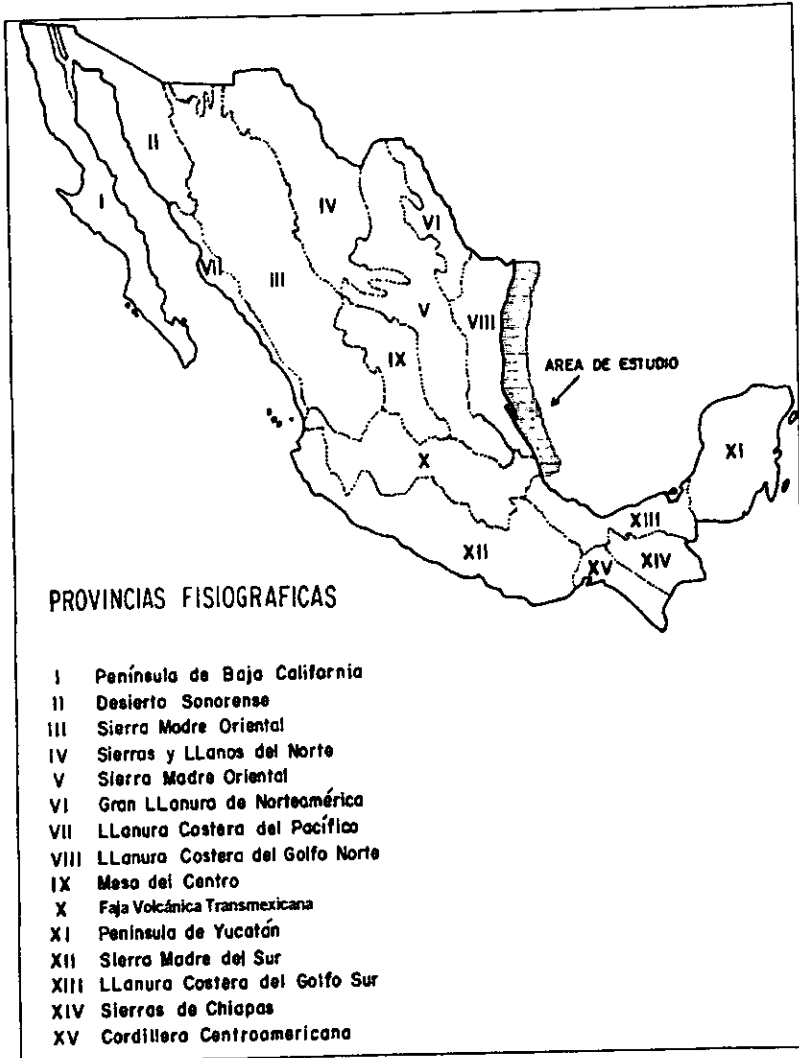


Figura 2. Provincias fisiográficas en el área de estudio (Morán, 1984).

Perote donde prácticamente se interrumpe (Tamayo, 1980). Se limita en el occidente por la Llanura Costera del Pacífico, la Sierra Madre Occidental y al centro y oriente por la Mesa Central, la Sierra Madre Oriental y la Llanura Costera del Golfo Norte, mientras que al sur se limita por la Sierra Madre del Sur y la Llanura Costera del Golfo Sur.

Fisiográficamente, el área marina estudiada forma parte de la provincia conocida como "Plataforma Este de México" la cual está limitada al norte por la plataforma de Texas - Louisiana, al este por el Talud Este Mexicano y el Sistema de Cordilleras Mexicano y al sureste por la Bahía de Campeche, y por la Plataforma de Yucatán (Fig. 3).

BATIMETRIA

En la desembocadura del río Bravo o Grande la plataforma tiene un ancho de 70 a 80 km en promedio, pero hacia los 23° N se estrecha de 33 a 37 km y con un estrechamiento mayor de 6 a 16 km a la altura de los Tuxtles en Veracruz, la plataforma se ensancha hacia la Bahía de Campeche.

La Plataforma de México pertenece a cuatro diferentes elementos estructurales. En la latitud 22°45' N pertenece a la Cuenca de Burgos. Entre los 22°45' N y los 20°00' N, forma parte de la cuenca estructural Tampico - Misantla. El sur del área está comprendido a la cuenca estructural Veracruz e Istmo. A la longitud de 95°00' W la plataforma está influenciada por el diapirismo salino de la cuenca Tabasco - Campeche (Bryant et al, 1991).

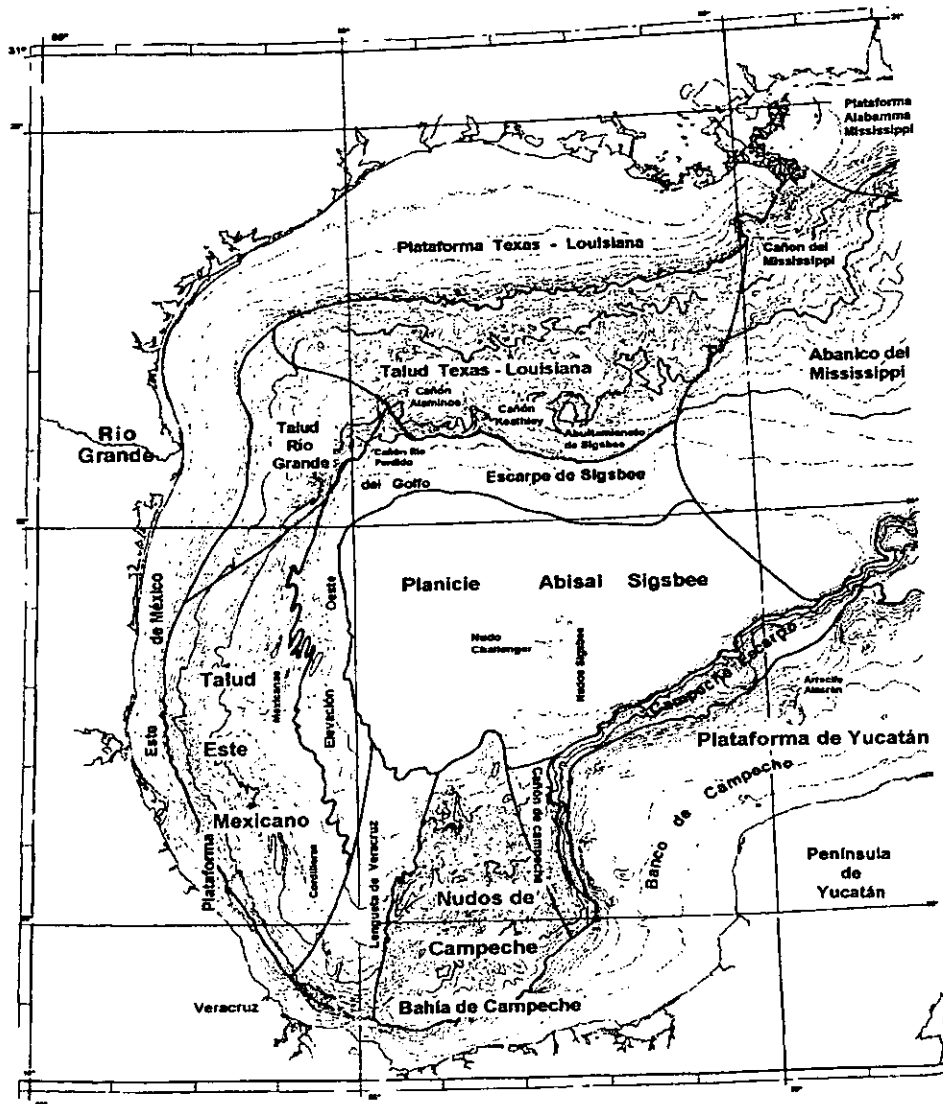


Figura 3. Provincias fisiográficas marinas del Golfo de México (modificado de Bryant et. al, 1991)

Silva y Campos (1986) describen la batimetría como una zona que no presenta accidentes topográficos notables, muestra una gradiente suave con isobatas que van de 36 a 360 m. Esta suave inclinación se torna abrupta al aumentar la profundidad hasta alcanzar valores de 540 a 1260 m en la parte norte y central de la porción de la plataforma.

HIDROGRAFÍA

El área de estudio es drenada por doce grandes ríos que, en orden de norte a sur son el: Bravo o Grande, San Fernando, Soto la marina, Tamesí, Pánuco, Tuxpan, Cazones, Tecolutla, Nautla, Actopan, Antigua y Jamapa. Así el regimen sedimentario es consecuencia de estas corrientes ya que las formaciones litológicas que atraviesan llevan consigo los sedimentos hacia el este y en consecuencia su depositación hacia la plataforma continental, por lo que es importante su descripción. En el área también podemos localizar dos grandes lagunas que son la Laguna Madre y la Laguna de Tamiahua (Figura No. 1).

El río Bravo o Grande es el límite internacional entre la República Mexicana y los Estados Unidos de Norte América, nace en las montañas Rocosas a 4 000 m de altura cerca del paralelo 38° N, en el centro de los Estados Unidos y sigue una dirección norte - sur en Nuevo México, se adentra en Texas y toma una dirección sureste, comenzando como límite político a partir de Ciudad Juárez Chihuahua y el Paso Texas. Tamayo (1980) menciona que su cuenca de escurrimiento es de 472 000 km² y de ella el 51% se extiende en territorio mexicano y que la aportación de escurrimiento es mayor en el área mexicana.

El río San Fernando es una corriente importante para el Golfo de México, nace en el Estado de Nuevo León, y su cuenca tiene una extensión de 15 640 km² y conserva una corriente regular durante todo el año que descarga en el Golfo de México por medio de la Laguna Madre, pudiéndose estimar un escurrimiento de 756 millones de metros cúbicos (Tamayo, 1980).

El río Soto la Marina nace en la Sierra Madre Oriental en el Estado de Tamaulipas, descarga en el Golfo de México formando una barra, el área de la cuenca es de 22 600 km² y su escurrimiento estimado es de 2 270 de metros cúbicos según Tamayo (1980).

El río Tamesí es la corriente tamaulipeca que se origina en la Sierra Madre Oriental y que forma parte de los límites entre Veracruz y Tamaulipas, con una cuenca de captación de extensión de 17 690 km² y la longitud total de la corriente es de 400 km, siendo su escurrimiento medio anual de 2 300 millones de metros cúbicos (Tamayo, 1980).

En la Huasteca, el río Pánuco recibe el nombre de río Moctezuma y en el poblado de Tamuín cambia su nombre a Pánuco hasta alcanzar el mar. La cuenca del río Pánuco constituye, en conjunto, la parte oriental de la Altiplanicie Meridional, cubriendo 66 300 km² con un escurrimiento estimado en 17 300 millones de m³ (Tamayo, 1980).

El río Tuxpan es la primera corriente de la llanura costera veracruzana y nace en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, tiene muy corta extensión de cuenca, con un

recorrido de 180 km para desembocar formando una barra. La cuenca tiene una extensión de 5 440 km² y su escurrimiento medio anual se estima en 4 231 millones de m³ según Tamayo (1980), forma parte del límite entre los Estados de Puebla y Veracruz.

El río Cazonces desciende de la Sierra de Puebla y probablemente recibe su nombre porque en su desembocadura se pesca el cazón (Tamayo, 1980). Es un río de una profundidad considerable por lo que es navegable por embarcaciones de corto calado, su área de captación es de 2 760 km² y su escurrimiento medio anual se ha estimado en 2 147 millones de m³.

El río Tecolutla se forma en la Sierra de Puebla con una superficie de cuenca de 8 080 km² y con un escurrimiento medio anual de 7 529 millones de m³ que descarga en la barra de Tecolutla (Tamayo, 1980).

El río Nautla nace en la Sierra de Puebla, al sur de Teziutlán, por la unión del río Bobos con el río Martínez de la Torre, para descargar en la barra de Nautla. El área de la cuenca es de 2 270 km² y volumen medio anual de escurrimiento de 2 465 millones de m³ según Tamayo (1980).

El río Actopan, nace en la Sierra de Puebla y desemboca en la Barra de Chachalacas, Veracruz. Tiene una cuenca de 1 940 km² y un escurrimiento medio anual de 1 308 millones de m³ (Tamayo, 1980).

El río la Antigua nace en el Estado de Puebla entre el Cofre de Perote y el Pico de Orizaba y desemboca al norte del puerto de Veracruz en la Barra de la Antigua. El área de la cuenca es de 2 880 km² y su escurrimiento medio anual es de 2 817 millones de m³ (Tamayo, 1980).

El río Jamapa nace en la falda del Pico de Orizaba en el Estado de Puebla y desemboca en el Estado de Veracruz en el lugar conocido como Boca de Río. El área de la cuenca es de 3 350 km² y su escurrimiento es de 1 895 millones de m³ (Tamayo, 1980).

En la figura 4 se muestra la localización de los ríos antes citados y sus correspondientes cuencas hidrológicas.

CORRIENTES MARINAS

Las corrientes marinas están determinadas tanto por la dirección de los vientos como por la configuración de la costa y fondo oceánico. El Golfo de México está caracterizado por tres sistemas de corrientes bien definidas (Figura 5a y 5b), la corriente principal denominada Corriente de Lazo que se encuentra al este y que se forma por la corriente que entra por el Canal de Yucatán y sale por el estrecho de Florida.

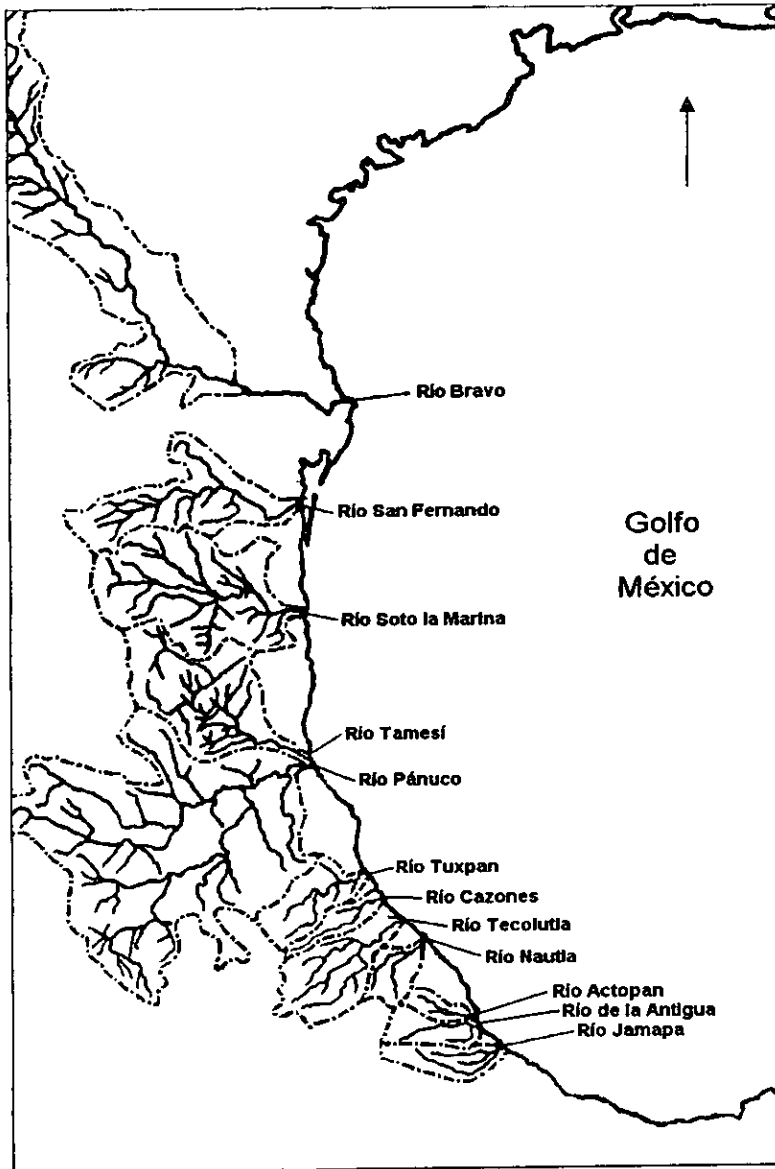


Figura 4. Mapa con las cuencas hidrológicas de los principales ríos del área de estudio

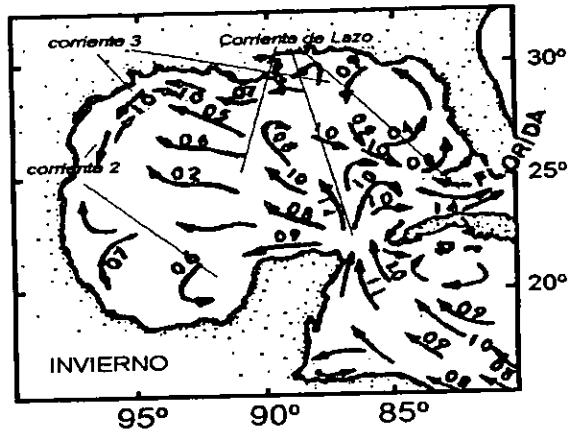


Figura 5 a. Distribución de corrientes superficiales en época de invierno.

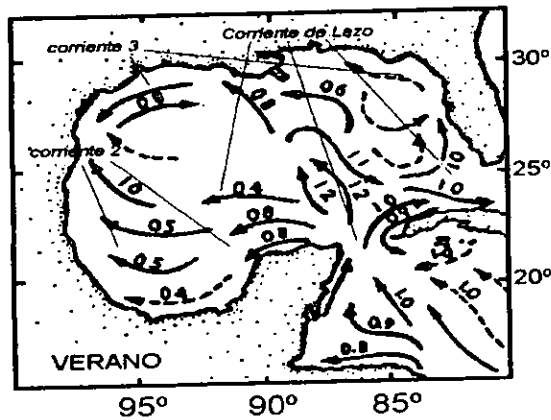


Figura 5 b. Distribución de corrientes superficiales en época de verano.

Los números junto a las flechas indican la velocidad promedio en nudos (1 nudo=1mn/h)
(modificado de Nowlin, 1971).

Otra con un giro anticiclónico que se desprende de la Corriente de Lazo y que se desplaza hacia el oeste y la última en conjunto de giros ciclónicos más pequeños localizados en el norte del Golfo, sobre la Plataforma Continental Texas – Lousiana y en el sur del Golfo de México en la Bahía de Campeche. Estas corrientes varían en diferentes épocas del año y en la figura 5a y 5b se presenta su variación para las estaciones de Invierno y Verano.

MARCO GEOLOGICO

La litología que conforma la parte continental está íntimamente relacionada con la sedimentación dentro de la plataforma, ya que las corrientes fluviales que se encuentran en el continente acarrearán estos sedimentos que finalmente se depositarán en la cuenca oceánica. Por esto se presenta en este trabajo algunos aspectos litológicos del área de estudio en su parte continental, tomando como límites el parteaguas (Sierra Madre Oriental) y la costa del golfo y la parte más oriental de la Faja Volcánica Transmexicana, que conforman las provincias geológicas conocidas como Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas, Miogeoclinal del Golfo de México, La Faja Volcánica Transmexicana y el Macizo Igneo de Palma Sola respectivamente según Ortega - Gutiérrez (1992).

La Sierra Madre Oriental y las zonas adyacentes están constituidas principalmente por rocas sedimentarias mesozoicas que se depositaron y evolucionaron sobre un basamento paleozoico y precámbrico (Morán - Centeno, 1984).

La zona está constituida por calizas, lutitas, arcillas y algunas areniscas del Cretácico superior. El Triásico está representado por los lechos rojos pertenecientes a la Formación Huizachal (INEGI, 1993).

En la parte baja de la Sierra Madre Oriental se constituye por sedimentos clásticos del Paleoceno, Eoceno, Oligoceno y Mioceno (INEGI, 1993).

La zona perteneciente a la llanura costera está constituida por material del Cenozoico – Cuaternario y del Reciente.

En la parte oriente de la Faja Volcánica Transmexicana está limitada por rocas volcánicas de la región de San Andrés Tuxtla, el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote; todos formados por emisiones alternantes de productos piroclásticos y derrames lávicos, en donde existen también aparatos del tipo cono cineríticos que son pequeños generalmente. Esta parte oriental, Morán - Centeno (1984) la menciona como una provincia de rocas alcalinas.

ANTECEDENTES

Mucha es la investigación que se ha hecho a lo largo de la Plataforma Continental de México, esto debido a su gran potencial en recursos petroleros, que ha llevado consigo a una exploración e investigación a detalle en esta zona; los trabajos contemplados en esta zona han sido la sismología, batimetría, sedimentología, geología general, geología ambiental y estudios ecológicos. Estos estudios han sido realizados por diversas empresas e instituciones, como lo es Petróleos Mexicanos (PEMEX), el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y la Secretaría de Marina entre otras.

Campos (1986) refiere que la plataforma entre Tamaulipas y Veracruz es una zona de depósito con mucha heterogeneidad textural con coloración parda y tintes grises en los sedimentos, que en la línea de costa tienen colores pardo amarillento; y los

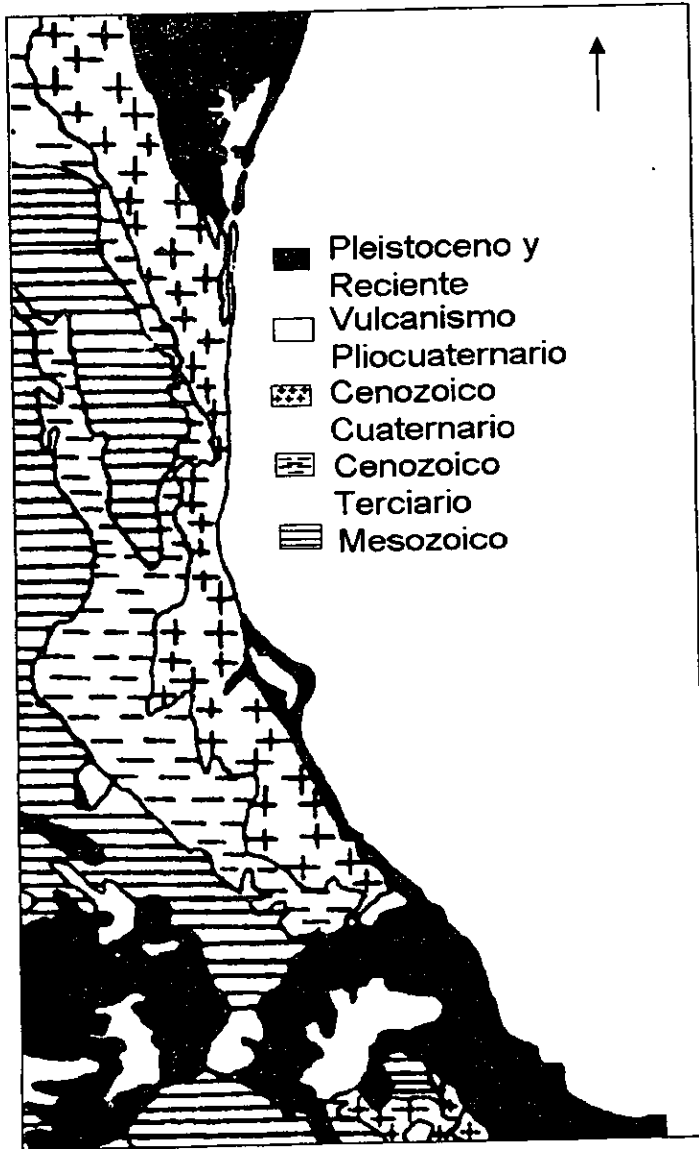


Figura 6. Mapa geológico del área de estudio (Tamayo, 1980).

sedimentos más alejados del continente presentan colores más oscuros, de gris olivo a gris oscuro. Así mismo Campos (1986) reconoce que la distribución de los sedimentos presentan gradación de grano grueso a fino conforme aumenta la profundidad y la distancia al litoral; la disposición de las unidades sedimentarias es paralela al litoral.

Silva y Campos (1986) describen cinco facies sedimentarias en la Plataforma Continental del Golfo de México (Tamaulipas y Veracruz), estas son: 1. La facie arcillo – calcárea, que se caracteriza por el predominio de lodo; 2. Facie calcáreo – arcillosa, que se define cuando el contenido de carbonatos es mayor al 50 % y fracción fina superior a la gruesa; 3. Facie arena – calcárea, constituida principalmente por arenas y de 15% al 22% de carbonato; 4. Facie calcárea con 93% de dominancia de carbonatos y el resto de fracción fina y arena; 5. Facie calcáreo – arenosa con una relación de 52% de carbonatos y 27% de fracción gruesa.

Bouma (1979) indica que a lo largo de la plataforma continental esta conformada por sedimentos con un porcentaje que va de 16% a 18% de carbonatos y de 3% a 6% de arenas, con el resto de componentes de fracción fina y con estructuras de estratificación laminada.

III. METODO DE TRABAJO

Se colectaron cuarenta muestras de sedimento superficial con una draga tipo Smith McIntyre, con un dispositivo CTD (Conductivity, Temperature, Deep) se obtubieron valores fisicoquímicos de temperatura y salinidad del agua en el fondo marino, y ecosonda para conocer la profundidad en la Plataforma Continental del Golfo de México, abarcando los estados de Tamaulipas y parte del Estado de Veracruz (Fig 1). Todo esto, como parte de la campaña oceanográfica: "Dinámica oceánica y su relación con el deterioro ecológico en el Golfo de México" (DINAMO VII) que se llevó a cabo del 23 de Abril al 1 de Mayo de 1996 a bordo del Buque Oceanográfico Justo Sierra de la Universidad Nacional Autónoma de México. En la figura 7 se muestra la ubicación de las estaciones de muestreo.

En el laboratorio de sedimentología de la Facultad de Ingeniería de la UNAM se realizó el procesado de las muestras, siguiendo el método de análisis granulométrico de Folk (1957) descrito en el Manual Operativo de Geología Marina de la Secretaria de Marina (1990).

Primeramente se trató a las muestras con agua oxigenada al 30 %, con el fin de eliminar la materia orgánica; posteriormente se tamizaron en húmedo con agua destilada a través de la malla 230 (4 ϕ ó 0.0625 mm de abertura) para separar la fracción gruesa de la fina; la fracción fina se trató mediante el método de la pipeta según el método de Folk (1957), agregándosele además un dispersante (hexametáfosfato de sodio) para evitar la floculación.

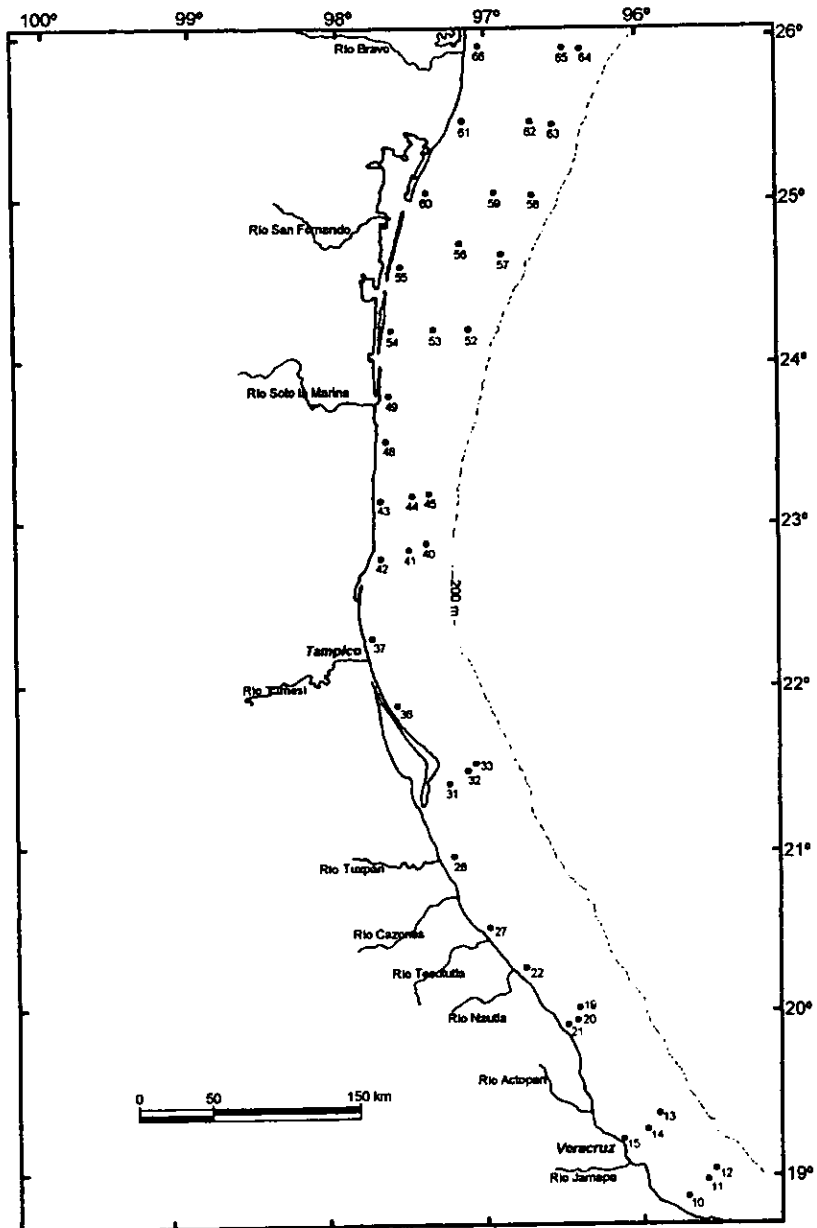


Figura 7. Ubicación de las estaciones de muestreo DINAMO VII

No Estación	Fecha	Posición	
		Latitud N	Longitud W
10	30/04/96	18°52.503	95°43.652
11	30/04/96	18°59.383	95°36.949
12	30/04/96	19°03.018	95°33.131
13	29/04/96	19°22.222	95°55.335
14	29/04/96	19°18.669	91°59.258
15	29/04/96	19°14.748	96°09.189
19	01/05/96	20°02.245	96°19.982
20	01/05/96	19°58.988	96°25.118
21	01/05/96	19°55.751	96°30.133
22	01/05/96	20°16.035	96°46.025
27	01/05/96	20°30.834	96°59.613
28	23/04/96	20°59.533	97°14.361
31	28/04/96	21°25.714	97°14.885
32	28/04/96	21°30.144	97°07.841
33	28/04/96	21°32.629	97°05.609
36	28/04/96	21°54.306	97°34.325
37	28/04/96	22°19.345	97°45.354
40	27/04/96	25°54.519	97°24.938
41	27/04/96	22°52.679	97°30.108
42	27/04/96	22°48.091	97°42.630
43	27/04/96	23°09.702	97°42.522
44	27/04/96	23°11.836	97°29.621
45	27/04/96	23°12.885	97°23.826
48	27/04/96	23°31.327	97°40.340
49	27/04/96	23°49.474	97°37.578
52	26/04/96	24°13.379	97°07.101
53	27/04/96	24°13.854	97°19.300
54	24/04/96	24°13.470	97°36.742
55	24/04/96	24°37.986	97°32.041
56	26/04/96	24°38.313	97°09.536
57	26/04/96	24°40.631	96°52.179
58	26/04/96	25°03.549	96°39.992
59	26/04/96	25°03.769	96°54.775
60	24/04/96	25°03.165	97°23.194
61	24/04/96	25°30.009	97°09.004
62	25/04/96	25°30.096	96°41.760
63	26/04/96	25°29.910	96°26.254
64	26/04/96	25°57.215	96°20.387
65	25/04/96	25°57.651	96°30.080
66	25/04/96	25°57.233	97°02.165

Tabla 1. Posición de las muestras recolectada DINAMO VII

La fracción gruesa se secó y pesó para posteriormente considerar su porcentaje conjunto con los resultados obtenidos en la fracción fina; de la fracción fina se obtuvo hasta la fracción de 9ϕ (0.002 mm). Los pesos en porcentaje acumulativo se obtuvieron mediante las fórmulas de Folk (1957):

$$\% \text{ Acumulativo} = \frac{S + F - \text{Peso pipeteada}}{S + F} \times 100$$

Donde:

S = Peso de la fracción gruesa (arena)

F = Peso de finos (peso de la 1ª pipeteada)

Peso pipeteada = lo que corresponde al ϕ (tamaño)

Finalmente con estos datos se obtuvo la clasificación de los sedimentos mediante el triángulo de Folk (1957) (Tabla 2.) descrito en el Manual Operativo de Geología Marina, de la Secretaría de Marina (1990).

Se determinó el contenido de materia orgánica (con muestras originales) en el laboratorio de Hidrobiología de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa (UAM), mediante el método de ignición propuesto por Galle y Runnels (1960), siguiendo el procedimiento del Manual Operativo de Geología Marina, el cual consiste primeramente en secar la muestra a temperatura ambiente o bien calentándola a 100°C , posteriormente se coloca 2 gramos de muestra en un crisol de porcelana y se calienta en una mufla a 550°C ,

con esta temperatura, la materia orgánica se incinera por completo; seguidamente se pesa y se obtiene la diferencia de peso en por ciento.

La composición mineralógica de las muestras se realizó en la Facultad de Ingeniería en el laboratorio de Yacimientos Minerales y Minerografía de la UNAM, donde se observó a las muestras a través de un microscopio petrográfico con aumento de 20 x; por medio de tablas comparativas para petrografía se obtuvieron los porcentajes de los diferentes componentes de los sedimentos, así mismo se tomaron microfotografías en microscopio estereoscópico (fig. 24). La determinación del contenido de carbonatos se determinó mediante ácido clorhídrico al 10% y apreciación visual de grado de efervescencia. La preparación de las muestras se realizó siguiendo el método de "frotis" (smear slide method) descrito por Rothwell (1989).

Finalmente con los datos obtenidos se elaboraron tablas y mapas para analizarse primeramente en forma individual cada uno de los parámetros obtenidos en los análisis de laboratorio.

Se realizó una compilación de mapas geológicos (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática INEGI, 1993) de la zona continental a escala 1:250 000 con el fin de trazar las cuencas hidrológicas de los ríos que desembocan al océano y analizar las diversas formaciones geológicas que atraviesan y así conocer la posible fuente del material encontrado en el área de estudio.

No. Estación	Posición		Profundidad (m)	Clasificación Textural
	Latitud N	Longitud W		
10	18°52.503	95°43.652	22.8	Arena
11	18°59.383	95°36.949	75.5	Limo
12	19°03.018	95°33.131	169.1	Limo
13	19°22.222	95°55.335	164.5	Arcilla
14	19°18.669	91°59.258	70.9	Limo arenoso
15	19°14.748	96°09.189	22.6	Arena
19	20°02.245	96°19.982	166.6	Limo
20	19°58.988	96°25.118	77	Arcilla
21	19°55.751	96°30.133	30.3	Limo arenoso
22	20°16.035	96°46.025	23.2	Lodo
27	20°30.834	96°59.613	22.5	Limo arenoso
28	20°59.533	97°14.361	23.25	Limo arenoso
31	21°25.714	97°14.885	25.4	Limo arenoso
32	21°30.144	97°07.841	73.8	Limo arenoso
33	21°32.629	97°05.609	174.9	Limo
36	21°54.306	97°34.325	22.5	Limo arenoso
37	22°19.345	97°45.354	25	Limo arenoso
40	25°54.519	97°24.938	148.8	Lodo
41	22°52.679	97°30.108	74.2	Limo
42	22°48.091	97°42.630	24.6	Limo arenoso
43	23°09.702	97°42.522	24	Arena lodosa
44	23°11.836	97°29.621	75	Limo
45	23°12.885	97°23.826	171.8	Lodo
48	23°31.327	97°40.340	26.5	Limo arenoso
49	23°49.474	97°37.578	25.5	Lodo
52	24°13.379	97°07.101	162	Lodo
53	24°13.854	97°19.300	74	Lodo
54	24°13.470	97°36.742	26.3	Limo arenoso
55	24°37.986	97°32.041	20.8	Limo arenoso
56	24°38.313	97°09.536	75.2	Limo
57	24°40.631	96°52.179	168	Lodo
58	25°03.549	96°39.992	170	Limo
59	25°03.769	96°54.775	75.1	Limo
60	25°03.165	97°23.194	21.2	Limo arenoso
61	25°30.009	97°09.004	22.5	Limo arenoso
62	25°30.096	96°41.760	73.2	Limo
63	25°29.910	96°26.254	160	Limo
64	25°57.215	96°20.387	172	Limo
65	25°57.651	96°30.080	68.9	Limo
66	25°57.233	97°02.165	25.7	Limo arenoso

Tabla 2. Clasificación de los sedimentos mediante el triángulo de Folk (1957)

Para obtener la clasificación de los sedimentos de acuerdo a su composición mineralógica se realizó una compilación de diagramas de clasificación por composición y se llegó a que el más adecuado para este trabajo es el elaborado por Krumbein (1955), descrito en el texto de Petrología de Huang (1981).

Se solicitó información al Servicio Meteorológico Nacional sobre las trayectorias ciclónicas ocurridas en el Océano Atlántico entre los años de 1994 y 1996, para conocer la posible influencia de estos sobre la sedimentación en el área de estudio.

IV. DISTRIBUCION DE LOS SEDIMENTOS

En este capítulo se presenta la distribución horizontal de los sedimentos superficiales de acuerdo a los tres principales tamaños de grano, arena, limo, y arcilla. Con los resultados obtenidos se elaboraron tablas y se obtuvo el valor medio de cada una de las texturas y se elaboraron mapas que arrojaron los siguientes resultados.

DISTRIBUCION DE ARENAS

Con los resultados de los análisis granulométricos para arenas se observó que el contenido de arena varía desde 0 hasta 100 % en las muestras, por lo que para obtener un mapa representativo de la distribución de arenas sólo se consideraron aquellas muestras que contenían arenas y así de 18 muestras que contenían este material se obtuvo el valor medio de estas que fue del 21 % y se obtuvo entonces el mapa de la figura 8 que presenta las zonas con más predominancia de este material y su distribución en la zona de estudio.

En el mapa mostrado en la figura 8 se observa la distribución de arenas, presentando primeramente de norte a sur una zona de arenas en la parte sur de la Laguna Madre en el Estado de Tamaulipas. Se presenta un segundo lente de arenas al sur del río Soto la Marina aproximadamente sobre la latitud de $23^{\circ} 20'$. Otro cuerpo arenoso alargado en forma de lengua se presenta en forma paralelo en la

No. Estación	Arena %	Limo %	Arcilla %
10	100.00	0.00	0.00
11	0.00	97.63	2.37
12	0.00	96.18	3.82
13	0.00	17.49	82.51
14	13.39	73.08	13.53
15	100.00	0.00	0.00
19	0.00	95.92	4.08
20	0.00	32.28	67.72
21	10.60	87.51	1.89
22	2.96	40.17	58.87
27	23.24	67.60	9.17
28	30.01	64.66	5.33
31	12.69	83.40	0.00
32	27.32	66.36	6.32
33	0.00	97.62	2.38
36	24.07	72.07	3.86
37	16.60	83.40	0.00
40	0.00	51.22	48.78
41	0.00	88.51	11.49
42	0.00	72.07	3.86
43	67.94	26.51	5.55
44	0.00	91.25	8.75
45	0.00	51.22	48.78
48	35.34	64.66	0.00
49	0.00	51.63	48.37
52	0.00	50.83	49.17
53	0.00	61.40	38.60
54	23.08	73.30	3.62
55	28.10	66.62	5.28
56	0.00	95.16	4.84
57	0.00	60.16	39.84
58	0.00	92.80	7.20
59	0.00	96.49	3.51
60	19.98	77.87	2.15
61	13.50	79.35	7.15
62	0.00	93.55	6.45
63	0.00	93.55	6.45
64	0.00	96.71	3.29
65	0.00	96.00	4.00
66	19.83	73.55	6.63

Tabla 3. Resultados obtenidos del análisis granulométrico en porcentaje de arenas, limos y

arcillas

barra de la laguna de Tamiahua al sur del río Pánuco con una longitud aproximada de 100 km y una anchura de entre 10 y 20 km.

Justo frente los ríos Tuxpan, Cazones, Tecolutla y Nautla en el Estado de Veracruz hay otra porción arenosa en forma de lente semialargado y finalmente otro cuerpo de arena enfrente del puerto de Veracruz y la desembocadura del río Jamapa y hasta la latitud aproximada de $18^{\circ} 45'$ aparece también en forma alargada sobre la línea de costa con una longitud aproximada de 110 km de largo por 20 km de ancho.

Esos cuerpos arenosos se localizan en las profundidades de entre los 0 y 30 m, exceptuando al cuerpo que está en la barra de la laguna de Tamiahua que profundiza hasta los 150 metros.

DISTRIBUCION DE LIMOS

Al igual que en las arenas, para obtener un valor representativo del contenido de limos en las muestras colectadas se sacó un promedio de todas las muestras que presentan este tamaño, así se consideró entonces a las muestras que poseían más del 70 % de limos para considerarlas en la figura 9.

Puede observarse gran cantidad de limos en la parte norte del área de estudio, desde los $26^{\circ} 00'$ hasta los $24^{\circ} 00'$ latitud, con una extensión de 300 km aproximadamente de largo y una variación de 20 hasta 100 km de ancho, comenzando desde la Laguna Madre y abriéndose hasta la desembocadura del río Bravo o Grande y posiblemente continuándose

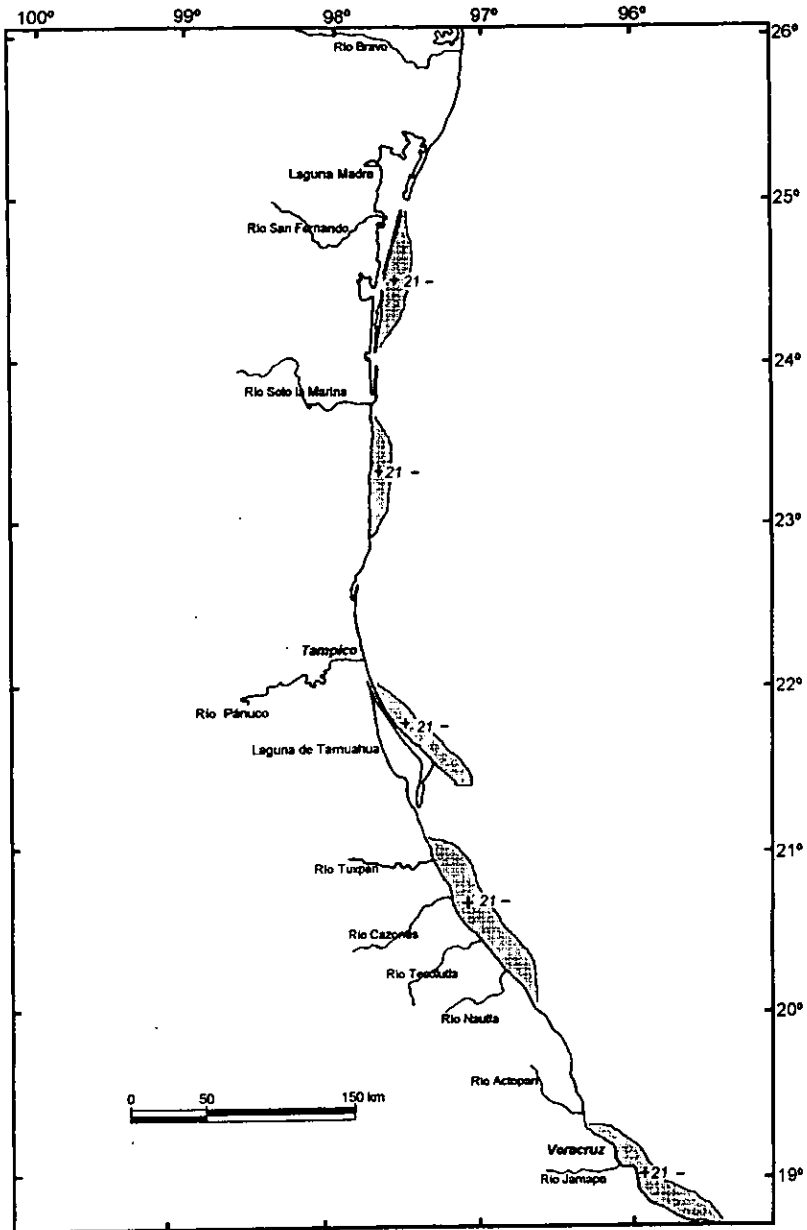


Figura 8. Distribución de arenas > 21 %

hacia la parte de los Estados Unidos de Norte América, a una profundidad que varía desde el litoral hasta casi el borde de la plataforma, es decir hasta los 180 metros.

Otro cuerpo limoso es el que se manifiesta de manera paralela a la barra de la Laguna de Tamiahua, en forma alargada justo arriba del río Pánuco y termina casi en la boca de la laguna de Tamiahua; este cuerpo es de forma alargada de 140 km aproximadamente y unos 10 km de ancho aproximadamente, a las profundidades de 0 a 30 metros.

Otros cuerpos de menores dimensiones se localizan uno arriba de la laguna de San Andrés sobre el litoral aproximadamente a los $22^{\circ} 40'$ latitud y hasta la isobata de 80 metros; otros cuerpos de forma ovalada de dimensiones menores se presentan en el área oceánica siguiendo casi una línea paralela a la forma semicircular del golfo a la latitud de los $23^{\circ}00'$, los $21^{\circ} 30'$, $20^{\circ}00'$, $19^{\circ} 20'$ y $19^{\circ}00'$, estos cuerpos miden aproximadamente unos 5 km de diámetro y se localizan a las profundidades de entre los 70 y 150 m de profundidad; otro cuerpo menor también se encuentra a la latitud de los $19^{\circ} 50'$, pegado al litoral.

DISTRIBUCION DE ARCILLAS

Al igual que las anteriores texturas, se obtuvo un promedio del contenido de arcillas en las muestras, este parámetro fue del 17 % en contenido de arcillas, figura 10.

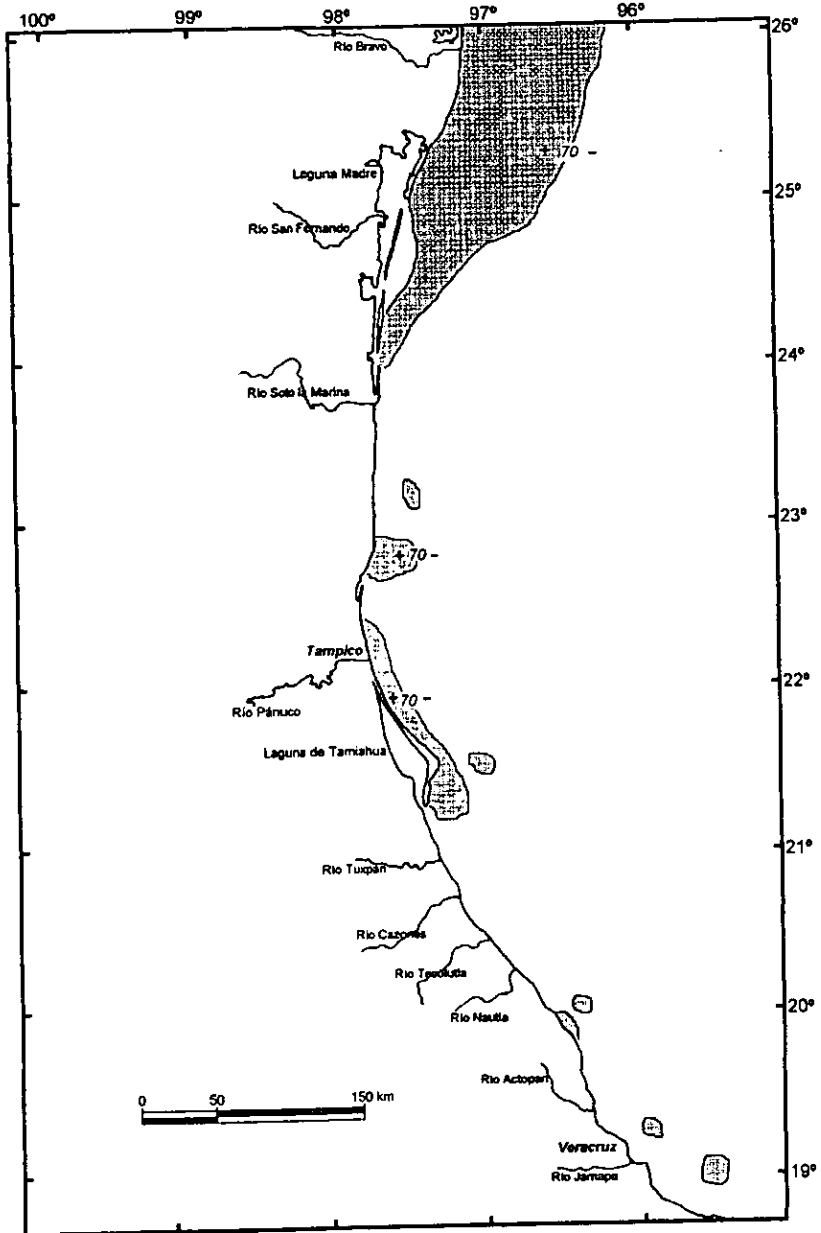


Figura 9. Distribución de limos > 70 %

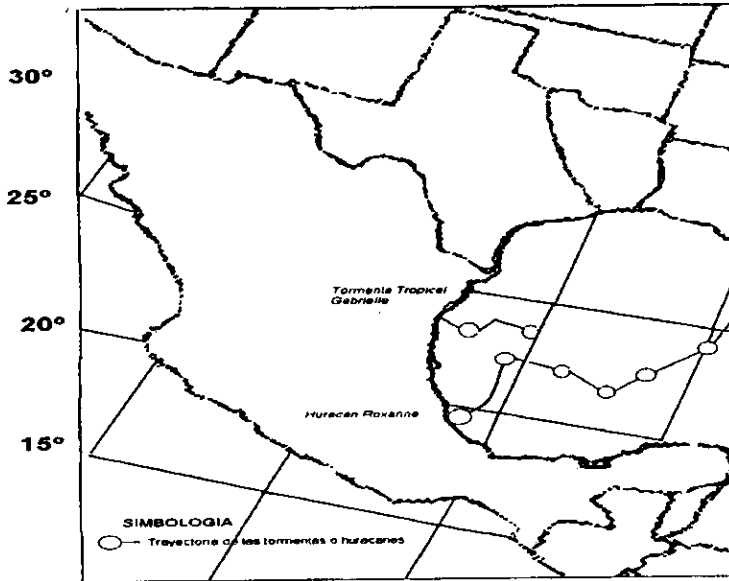


Figura 10. Trayectoria de la tormenta tropical Gabrielle ocurrida entre el 9 y 12 de Agosto de 1995 y del Huracán Roxanne ocurrida entre el 7 y 21 de Octubre del mismo año (Modificado del Servicio Meteorológico Nacional, 1999)

Un cuerpo muy bien definido de arcilla en forma de pluma sale de la desembocadura del río Soto la Marina y se continua en dirección noreste hasta casi los $24^{\circ} 45'$, con una extensión aproximada de 150 km de largo y a una profundidad que va hasta los 180 metros, es decir desde la línea de costa hasta el borde de la plataforma.

Otro cuerpo de forma lenticular aparece a los $23^{\circ}00'$ latitud y $98^{\circ} 40'$ longitud, de aproximadamente unos 50 km de largo por 8 a 10 km de ancho, justo al borde de la plataforma entre 150 y 170 metros de profundidad.

Justo enfrente de las desembocaduras de los ríos Tecolutla y Nautla aparece otro cuerpo de forma lenticular pegado a la línea de costa con una extensión de 60 km aproximadamente y a una profundidad que varía hasta los 30 m, otros dos cuerpos de menor proporción aparecen, uno a los $19^{\circ} 50'$ latitud y otro a los $19^{\circ} 25'$ latitud y $95^{\circ} 50'$ longitud entre los ríos Actopan y Jamapa y a una profundidad de los 70 y 150 metros de profundidad.

PROBABLE ORIGEN

La dinámica del depósito y distribución de sedimentos en las plataformas depende de una compleja interacción entre movimiento de olas y corrientes de marea, la existencia de morfologías anteriores, así como también el poder de las tormentas que intervienen en la distribución de sedimentos en las plataformas, modificando las distribuciones actuales o las paleoformas existentes (Leeder, 1991).

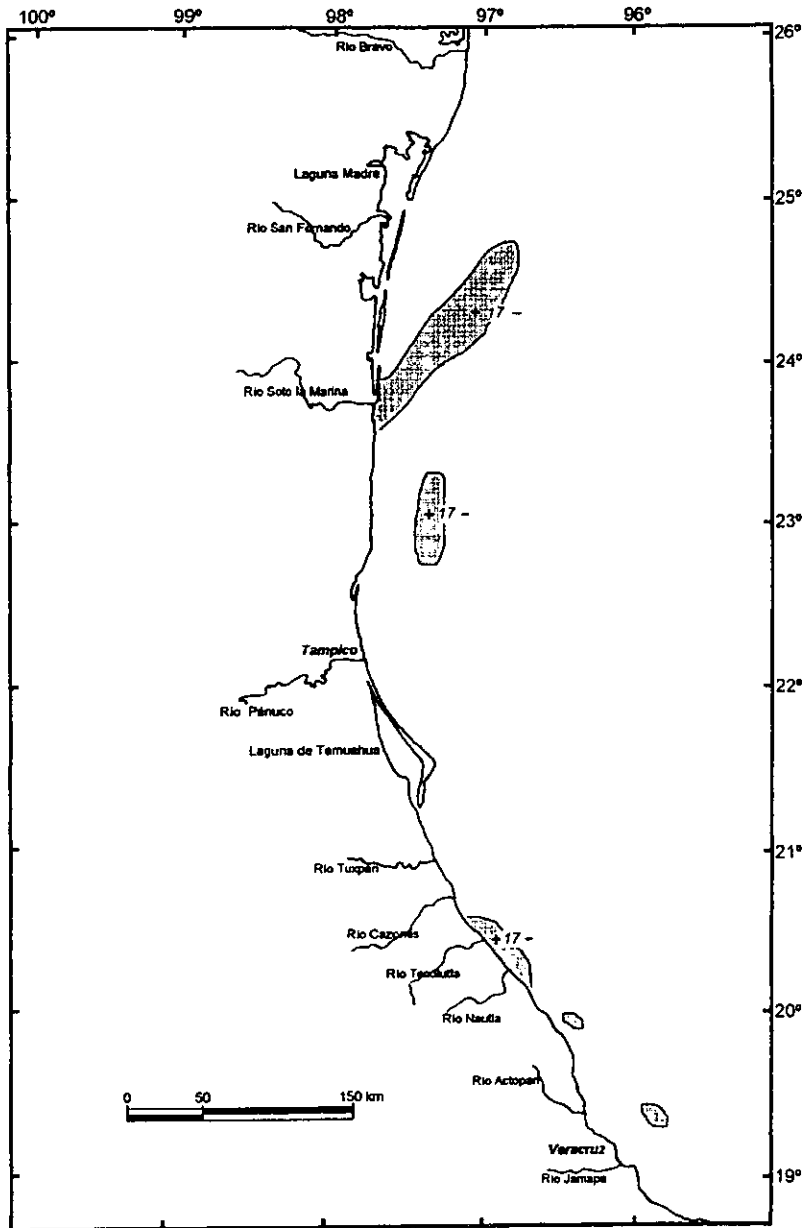


Figura 11. Distribución de arcillas >17 %

Así entonces la distribución de las arenas en este estudio se distribuyen solamente a lo largo de la línea de costa, presentándose algunos de los cuerpos en la desembocadura de los ríos como lo es el Tuxpan, Cazones, Tecolutla, Nautla y Jamapa. Esto debido a su peso por lo que el poder de las corrientes no los pueden transportar más allá. Dos cuerpos arenosos se localizan a un costado de las barras, uno en la laguna Madre y otro en la laguna de Tamiahua, esto debido a que las barras son bancos de arena de grandes dimensiones, formados por transporte transversal de sedimentos del fondo marino hacia la costa (Lugo, 1989).

Por otra parte los limos en su mayor concentración se encuentran distribuidos en la laguna Madre y el río Bravo, y dado que la cuenca de este río nace en las montañas Rocallosas y su escurrimiento aporta 5 810 millones de m^3 (Tamayo, 1980) es de suponer que el material transportado hasta el océano se encuentre clasificado, en este caso en tamaños de limos, esto aunado a las corrientes marinas del mes de Febrero que llegan del norte hasta los $25^{\circ}00'$ de latitud donde decrece su velocidad, y es lo que nos da la depositación y distribución de dichos limos.

En la barra de la laguna de Tamiahua se distribuye el limo por la descarga de material del río Pánuco el cual distribuye el material arenoso conjuntamente con el limoso.

Los cuerpos de menor proporción que se encuentran en forma aislada dispersos a lo largo de la plataforma, dos frente al río Jamapa, uno entre el río Nautla y Actopan, otro frente al

borde de la plataforma frente a la Barra de Tamiahua y otro más a los 23° de longitud aproximadamente; dichos cuerpos no tienen una alineación en algunos casos y no presentan una relación aparente ya que están a diferentes profundidades, lo que nos descarta una posible paleosedimentación, lo que nos induce a pensar que se trata seguramente de un desacomodo sedimentario debido a la acción de tormentas o huracanes y posiblemente se desprendieron de algunos de los cuerpos mayores. En la compilación de ciclones obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional, se observa que en el año de 1995 una tormenta tropical llamada Gabrielle y un Huracán con el nombre de Roxanne tuvieron acción en el área de estudio, lo que podría haber afectado la distribución de los limos, desprendiéndolos de los cuerpos mayores como el de la barra de Tamiahua en el centro y al sur tal vez de algún otro cuerpo que se encuentre más al sur, quedando así estos cuerpos aislados a lo largo de la plataforma.

Leeder (1991) menciona que el material más fino se deposita en forma de plumas, es decir líneas o caminos que se forman en las plataformas y hasta el filo de estas donde comienza el talud continental. Y tal es el caso de la pluma que se forma en la desembocadura del río Soto la Marina la cual debido a las corrientes marinas de Febrero que va de sur a norte la desplaza en dirección noreste. Este aporte de material se debe a que en su recorrido hacia el mar el río Soto la Marina atraviesa por formaciones con mucha cantidad de arcilla como lo son lutitas, margas y areniscas arcillosas (INEGI, 1991 Cd. Victoria F-14-2).

Frente al río Tecolutla y Cazonas se encuentra otro cuerpo el cual debe su origen seguramente a que ambos ríos atraviesan en su recorrido gran cantidad de material reciente, aluvión compuesto de arenas y arcillas (INEGI, 1991 Veracruz E-14-12).

Las relaciones entre los tres tamaños texturales son muy claras, ya que en las zonas donde predominan los materiales gruesos se carece de material más fino, salvo el caso de la barra de la laguna de Tamiahua que presenta tanto arenas como limos y en la región del río Tecolutla que presenta limos y arcillas. En algunos casos se presentan cuerpos aislado como se mencionó anteriormente puede que se trate de un desacomodo debido a tormentas y huracanes o a la influencia de corrientes por marea. En la figura 12 se muestra una gráfica comparativa de las diferentes texturas en cada estación de muestreo.

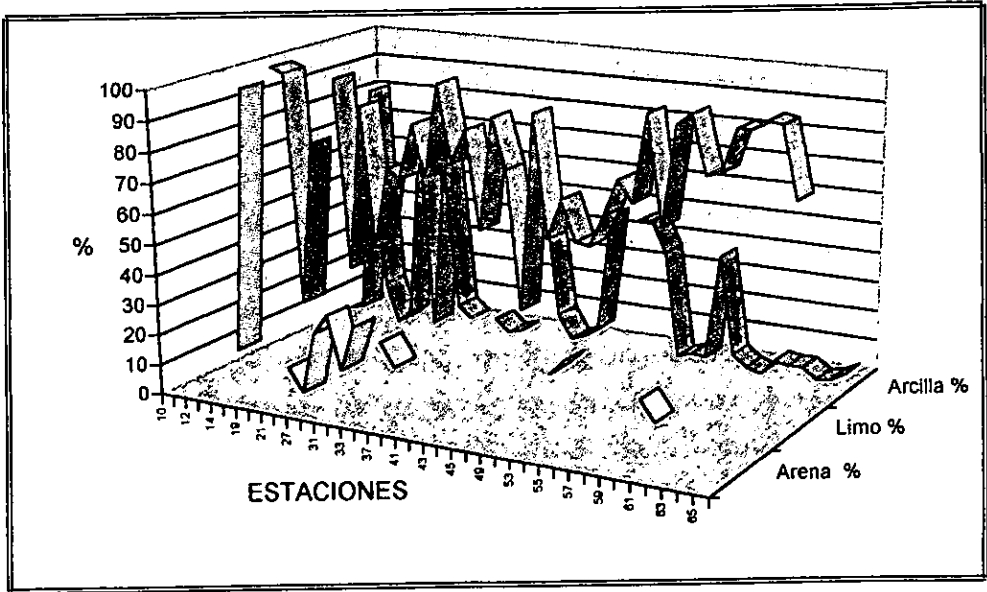


Figura 12. Gráfica comparativa de los diferentes tamaños obtenidos en las muestras.

V. PARAMETROS ESTADISTICOS

A partir del análisis granulométrico realizado, se obtuvieron tres parámetros estadísticos consistentes en la media gráfica (tamaño promedio), desviación estándar (grado de clasificación) y la asimetría (Md , $\sigma\phi$, Sk_1), aplicando las fórmulas de Folk y Ward (1957), sobre papel probabilístico acumulativo y posteriormente con los datos obtenidos (Tabla 4) se realizaron mapas de isovalores a lo largo de todos los puntos muestreados.

MEDIA GRAFICA

En la caracterización de la media se puede observar en la figura 13 que en general existe un paralelismo entre los diferentes rangos de valores obtenidos; así en la parte sur del mapa entre los $19^{\circ} 00'$ y $20^{\circ} 00'$ latitud Norte se observa una primera distribución de arena media, la cual nos indica una energía moderada distribuida por las corrientes de los ríos Jamapa y Actopan, aunque a los $20^{\circ} 00'$ latitud y $96^{\circ} 30'$ longitud Oeste esta presenta una anomalía de arenas medias, posiblemente depositadas en ese lugar por algún otra energía, como lo puede ser la presencia del Huracán Roxanne que se presentó entre el 7 y 21 de Octubre de 1995.

En su mayoría se ve el predominio de arena fina a lo largo de la línea de costa y paralela en su parte exterior con arena muy fina. Aunque se interrumpe con la desembocadura del río Soto la Marina, en la parte de la Laguna Madre parece aumentar en relación a todas las

No. Est.	Md	$\sigma\phi$	Sk I	Caracterización	Grado de clasificación	Grado de asimetría
10	1.466	0.718	-0.076	Arena media	Moderadamente clasificado	Casi simétrico
11	3.330	1.140	0.187	Arena muy fina	Mal clasificado	Asimétrico hacia los tamaños finos
12	3.836	1.133	-0.529	Arena muy fina	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños gruesos
13	6.110	0.853	-0.598	Limo fino	Moderadamente clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños gruesos
14	3.750	1.757	0.084	Arena muy fina	Mal clasificado	Casi simétrico
15	1.466	0.718	-0.076	Arena media	Moderadamente clasificado	Casi simétrico
19	1.540	1.207	0.411	Arena media	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños finos
20	5.213	1.557	-0.818	Limo medio	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños gruesos
21	2.480	0.769	0.141	Arena fina	Moderadamente clasificado	Asimétrico hacia los tamaños finos
22	4.790	1.903	-0.845	Limo grueso	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños gruesos
27	3.216	1.891	0.268	Arena muy fina	Mal clasificado	Asimétrico hacia los tamaños finos
28	2.543	1.665	0.536	Arena fina	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños finos
31	3.596	1.963	0.127	Arena muy fina	Mal clasificado	Asimétrico hacia los tamaños finos
32	2.670	1.693	0.483	Arena fina	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños finos

Tabla 4a. Parámetros estadísticos obtenidos en cada una de las muestras

Nº. Est.	Md	$\sigma\phi$	Sk I	Caracterización	Grado de clasificación	Grado de asimetría
33	5.266	0.812	-0.467	Limo medio	Moderadamente clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños gruesos
36	2.863	1.587	0.319	Arena fina	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños finos
37	2.793	1.363	0.357	Arena fina	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños finos
40	4.833	1.827	-0.821	Limo grueso	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños gruesos
41	3.580	1.752	0.087	Arena muy fina	Mal clasificado	Casi simétrico
42	2.880	1.574	0.307	Arena fina	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños finos
43	2.326	1.832	0.631	Arena fina	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños finos
44	3.256	1.528	0.472	Arena muy fina	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños finos
45	4.770	1.841	-0.783	Limo medio	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños gruesos
48	2.366	1.522	0.936	Arena fina	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños finos
49	4.910	1.761	-0.811	Limo medio	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños gruesos
52	5.013	1.633	-0.803	Limo medio	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños gruesos
53	3.850	2.005	0.044	Arena muy fina	Muy mal clasificado	Casi simétrico

Tabla 4b. Parámetros estadísticos obtenidos en cada una de las muestras

No. Est.	Md	$\sigma\phi$	Sk I	Caracterización	Grado de clasificación	Grado de asimetría
54	2.903	1.688	0.372	Arena fina	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños finos
55	2.556	1.507	0.700	Arena fina	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños finos
56	2.013	1.208	0.294	Arena media	Mal clasificado	Asimétrico hacia los tamaños finos
57	4.603	1.604	-0.271	Limo medio	Mal clasificado	Asimétrico hacia los tamaños gruesos
58	3.066	1.170	0.330	Arena muy fina	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños finos
59	2.960	1.118	-0.269	Arena fina	Mal clasificado	Asimétrico hacia los tamaños gruesos
60	4.070	1.770	-0.744	Limo grueso	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños gruesos
61	2.843	1.475	0.369	Arena fina	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños finos
62	3.383	1.560	-0.247	Arena muy fina	Mal clasificado	Asimétrico hacia los tamaños gruesos
63	3.066	1.167	0.336	Arena muy fina	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños finos
64	3.523	0.420	0.143	Arena muy fina	Bien clasificado	Asimétrico hacia los tamaños finos
65	3.776	1.333	0.242	Arena muy fina	Mal clasificado	Asimétrico hacia los tamaños finos
66	2.760	1.492	0.359	Arena fina	Mal clasificado	Muy asimétrico hacia los tamaños finos

Tabla 4c. Parámetros estadísticos obtenidos en cada una de las muestras

otras texturas, sin embargo sigue habiendo un paralelismo normal hacia el borde de la plataforma. En la parte sur también existe una interrupción en la distribución de las arenas justo en la desembocadura del río Nautla y entre los ríos Nautla y Actopan el paralelismo parece converger y siguiendo hacia el sur vuelve a restablecerse.

La arena muy fina, establecida entre los rangos $3 - 4 \phi$ esta en forma paralela a la arena fina apareciendo al norte del río Soto la Marina, para después distribuirse hacia el norte y al sur en donde comienza a converger hacia el río Nautla y en donde comienza nuevamente a encontrarse en contacto con la arena fina más al sur y en forma paralela.

Por otra parte tanto el limo grueso como el limo medio presentan una distribución muy clara hacia el borde de la plataforma, quedando siempre paralelos a la arena muy fina, solamente englobando en la parte sur una porción de arena media, dicha anomalía como se puede percibir se viene siguiendo desde el análisis anterior (distribución de sedimentos capítulo IV), lo que nos corrobora que se puede tratar de un desacomodo posiblemente a causa de las grandes tormentas (Huracán Roxanne).

GRADO DE CLASIFICACION

En el análisis del grado de clasificación (figura 14) se observa que predominan los sedimentos mal clasificados, ya que en la mayoría de las muestras este parámetro es de 1.0 a 2.0 como es de observarse en el mapa, sin embargo en la parte sur existe una franja de

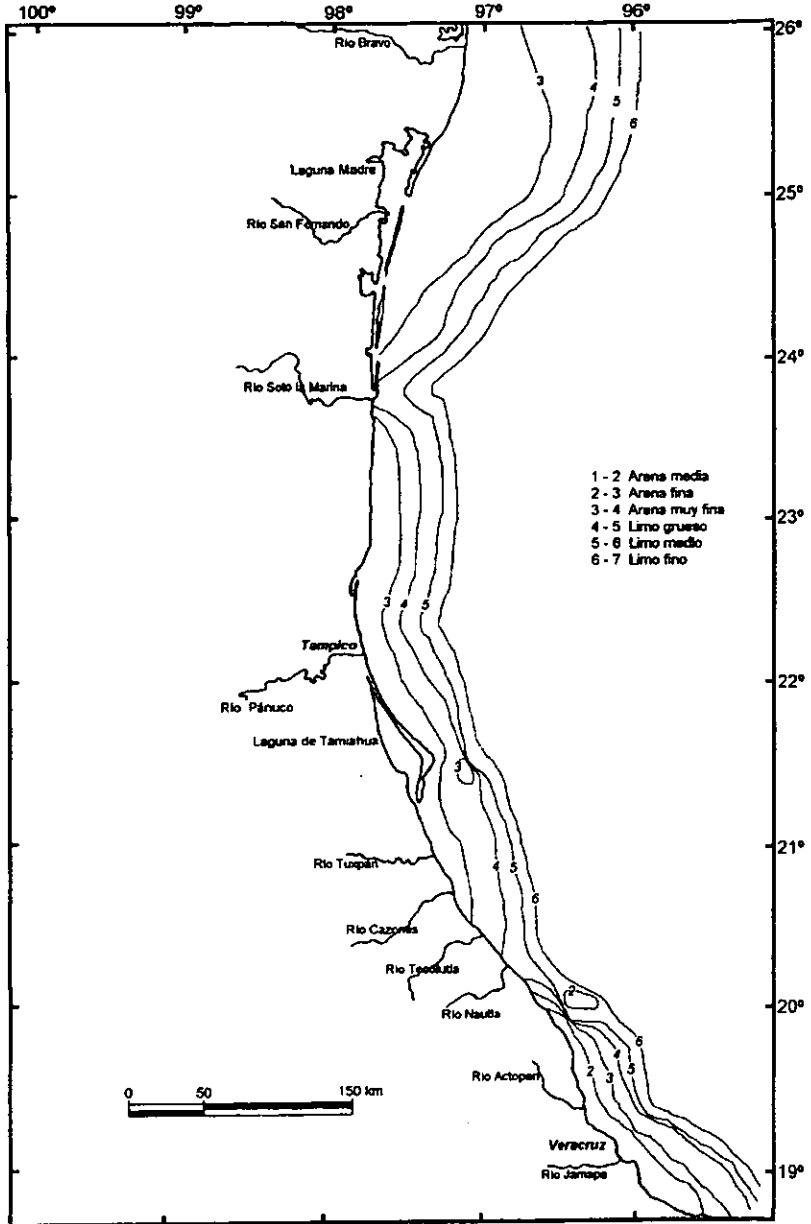


Figura 13. Mapa con la caracterización del valor medio obtenido en las muestras.

material moderadamente clasificado, la cual comienza al sur del río Nautla siguiendo una línea paralela de aproximadamente 20 km de ancho y que parece continuarse hacia el sur; existen además tres anomalías , dentro del material mal clasificado, una en la parte norte que engloba un conjunto bien clasificado; otra enfrente de la barra de la laguna de Tamiahua que representa material moderadamente clasificado y otra más frente al puerto de Veracruz que también es moderadamente clasificado.

El parámetro de clasificación permite conocer el grado de selectividad de las partículas sedimentarias, mismo que se relaciona estrechamente con la distancia (a mayor distancia más clasificación) del transporte de los materiales, la efectividad de los agentes selectivos como son el oleaje, las corrientes de fondo y la cantidad del aporte sedimentario desde el área fuente (Campos, 1986).

Así en esta área podemos observar que el material que en su mayoría esta mal clasificado y se debe a que hay una gran diversidad de ambientes en el área, tales como el fluvial el lagunar y el marino, que puede ser factor para que el material se distribuya en forma irregular; en la parte sur seguramente debido a la influencia solamente de dos ríos y a la no presencia de lagunas nos permite una clasificación moderada seguramente concebida por la actividad de un oleaje suave que es un agente muy clasificador.

ASIMETRIA

El grado de simetría nos permite conocer el comportamiento de las mezclas gruesas y finas dentro de cada muestra sedimentaria. En el área de estudio se presentó desde muy

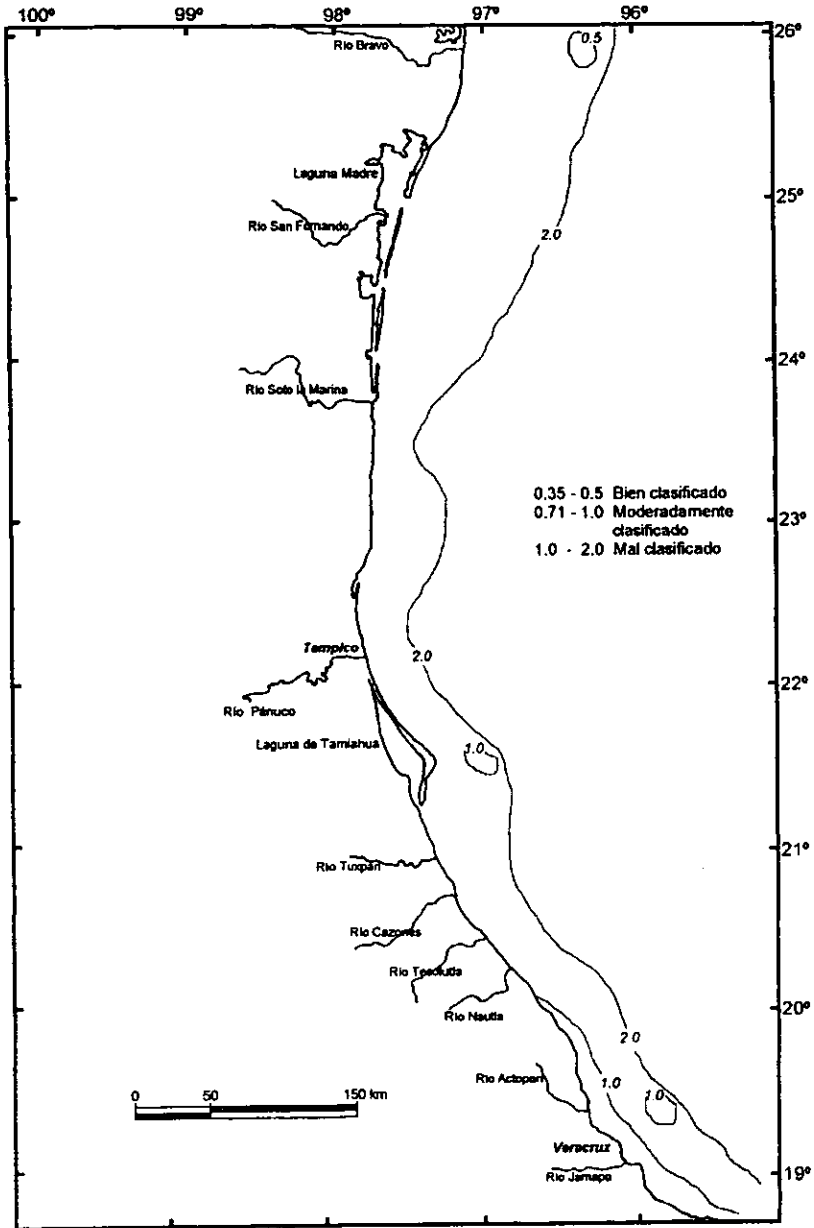


Figura 14. Mapa con isovalores del grado de clasificación.

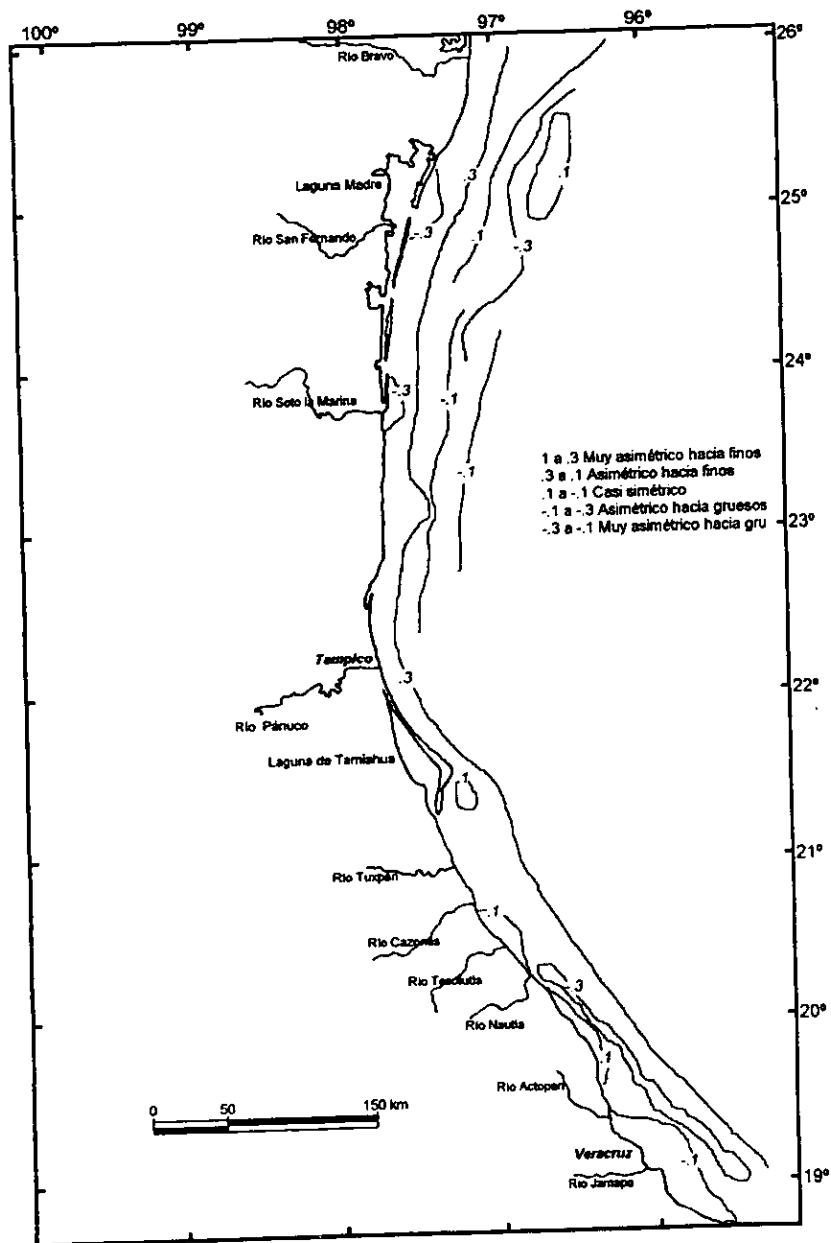


Figura 15. Mapa con isovalores que muestra el grado de simetría en el área de estudio.

asimétrico hacia los tamaños finos hasta muy asimétrico hacia los tamaños gruesos (Figura 15).

Tanto la parte norte como la sur muestran una gran variación en las simetrías, mientras que en la parte central las muestran se conservan con poca variación.

En la parte norte que en su mayoría son arenas finas se presenta casi todos los rangos de simetría desde muy asimétrico hacia gruesos enfrente de la laguna Madre, casi simétrico alternado con asimétricos hacia finos en la parte media y final, lo que nos da una distribución un tanto desordenada, por lo que a consideración este parámetro no permite establecer zonas con características similares por lo que no resulta útil.

VI. COMPOSICION DE LOS SEDIMENTOS

Para este análisis se consideraron tres grupos componentes de las muestras, los componentes terrigenos, los autigénicos y los biogénicos (Tabla 5), los cuales se graficaron en mapas que representan una media del porcentaje de cada una de las muestras, así como también se obtuvo la clasificación de los sedimentos por medio de un diagrama ternario que incluye tanto el contenido de materia orgánica, carbonato de calcio y minerales terrigenos.

COMPONENTES TERRIGENOS

Los componentes terrigenos están definidos como aquellos que provienen de la erosión de los continentes, volcanes submarinos o descargas de agua subterránea hacia el mar. Los minerales terrigenos son acarreados hasta el océano ya sea por transporte eólico, transporte fluvial, erosión de costas, erosión glaciár, flujos de masas por gravedad, actividad hidrotermal y vulcanismo submarino (Chester, 1990).

Los componentes terrigenos encontrados en las muestras estudiadas estuvieron compuestos por los siguientes minerales: cuarzo, minerales oscuros (anfíboles y piroxenos), minerales arcillosos, micas y calcita.

Para mapear los componentes terrigenos se hizo una suma en porcentaje de los componentes de cada muestra y una vez obtenido estos resultados se tomo una media de

No. Est.	Terrígenos %	Autígenicos %	Biogénicos %
10	94	3	3
11	89	8	3
12	92	6	2
13	94	6	0
14	92	7	1
15	94	6	0
19	96	3	1
20	91	5	4
21	92	8	0
22	94	3	3
27	90	6	4
28	90	7	3
31	90	6	4
32	88	8	4
33	91	7	2
36	88	6	6
37	92	6	2
40	92	5	3
41	93	6	1
42	88	6	6
43	89	3	8
44	92	6	2
45	92	5	3
48	92	5	3
49	92	6	2
52	95	5	0
53	94	4	2
54	87	7	6
55	84	7	9
56	94	3	3
57	95	3	2
58	94	1	5
59	94	4	2
60	85	10	5
61	92	6	2
62	92	5	3
63	94	1	5
64	97	3	0
65	97	2	1
66	94	4	2

Tabla 5. Resultados del porcentaje obtenido para componentes terrígenos, autígenicos y biogénicos de cada muestra.

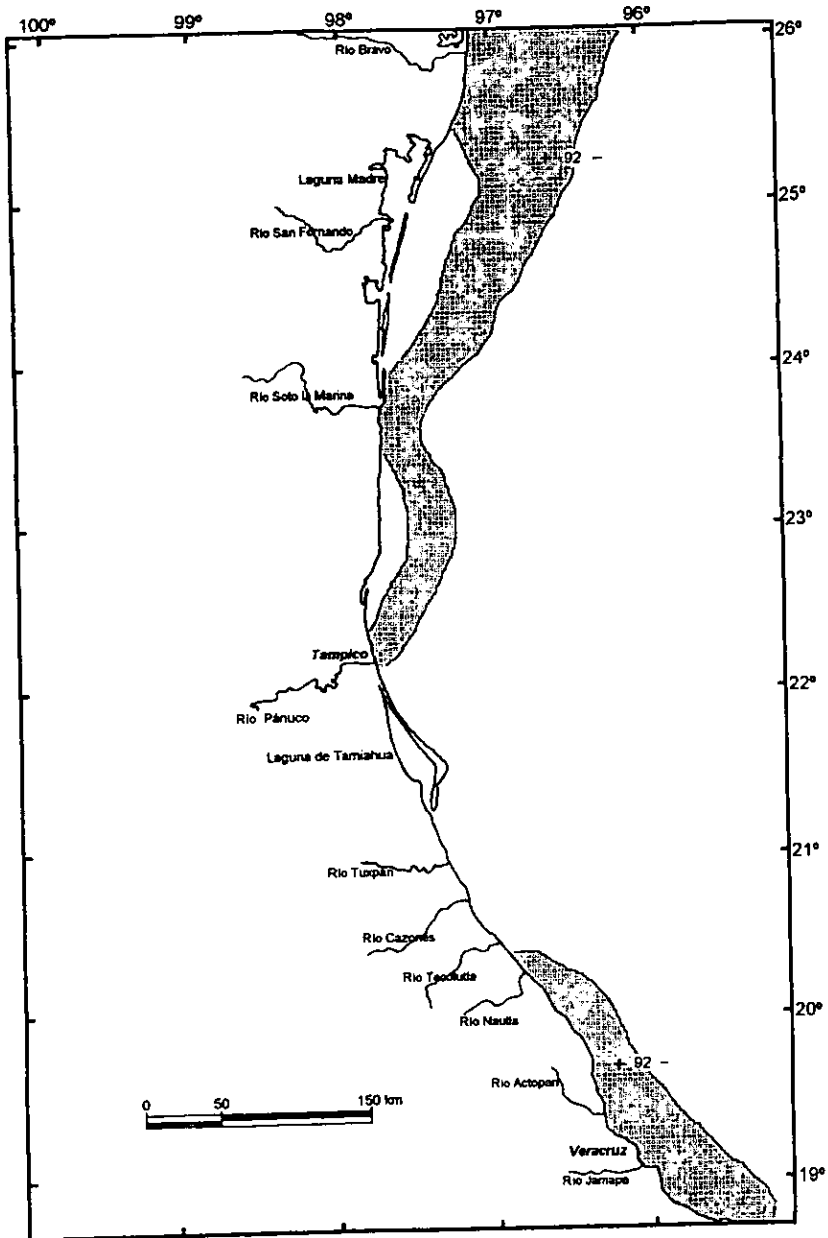


Figura 16. Mapa de distribución de componentes terrígenos > 92 %

todas las muestras y se obtuvo entonces el valor medio de 92 % de componentes terrígenos con lo que se obtuvo el mapa de la figura 16.

La distribución de terrígenos como se puede observar en el mapa de la figura 16 es muy amplia, esto evidentemente porque el área de estudio está considerada como una plataforma clástica. Sin embargo se observa que su distribución esta dividida en dos zonas, una en la parte superior comenzando en la desembocadura del río Pánuco y siguiendo un camino con rumbo noreste hasta llegar a la desembocadura del río Bravo en donde se incrementa este contenido de terrígenos y se hace más ancho; Este camino en forma de "s" se abre de la costa a partir del río Pánuco y en forma curva se continúa en la costa en la desembocadura del río Soto la Marina, en donde nuevamente se abre en la zona de la Laguna Madre y se une nuevamente hacia la desembocadura del río Bravo. Esto indica que los ríos Pánuco, Soto la Marina y Bravo o Grande son los principales aportadores de terrígenos siendo este último el principal aportador en esta zona, no así el río San Fernando en el que al parecer su aporte de terrígenos esta contenido en el la Laguna Madre al igual que entre los ríos Soto la Marina y Pánuco en donde está la laguna de San Andrés.

El aporte de terrígenos en esta zona esta dominada por las formaciones continentales que atraviesa tanto el río Pánuco como Soto la Marina, que están constituidas en su mayoría por sedimentos aluviales del Cuaternario y rocas como arenisca y lutitas de la formación El Mesón y Palma Real. El río Bravo con mucho más longitud con un recorrido desde los

Apalaches, en su recorrido por México trae consigo sedimentos terrigenos del Grupo La Casita y carbonatos arcillo – arenosos de la Formación Pimienta del Jurásico.

Hacia la parte sur del mapa otra distribución de terrigenos en forma lenticular aparece paralela a la línea de costa desde el río Nautla hasta la parte más inferior de la zona estudiada pareciéndose continuar hacia el sur, con una anchura promedio de 35 a 40 km.

Esta zona de terrigenos parece tener como fuente de aporte a los ríos Nautla, Actopan y Jamapa, y aunque el río Nautla nace en el área de Teziutlán por la unión de los ríos Bobos y Martínez de la Torre, el río Actopan, La antigua y Jamapa provienen directamente de la Faja Volcánica Transmexicana, lo que le da la marcada composición de terrigenos a esta zona.

La disminución de material terrígeno como el cuarzo entre otros minerales en la zona de los ríos Tuxpan; Cazones y Tecolutla se debe seguramente a que estos río provienen directamente de la porción mas oriental de la Sierra Madre Oriental, que es de carácter carbonatado, y son estos ríos los que atraviesan formaciones como la Tamaulipas Superior e Inferior y Pimienta, que son calizas y calizas arcillosas respectivamente.

COMPONENTES AUTIGENICOS

Rothwell (1989) define como componentes autigénicos a aquellos minerales formados directamente en el océano o sobre sedimentos oceánicos por medio de reacciones fisicoquímicas involucradas en agua de mar o soluciones intersticiales. Los minerales autigénicos pueden ser en parte precipitados bioquímicos.

Los componentes de los minerales autigénicos incluyen al manganeso, hierro y otros óxidos metálicos, sulfatos de bario, aluminosilicatos y en aguas poco profundas fosfatos y glauconita. Los más importante de estos son los nódulos de ferromanganeso.

El contenido de las muestras observadas al microscopio reveló que los probables minerales autigénicos en esta área son, principalmente, los óxidos de hierro (hematita, magnetita) y micronódulos (óxidos de manganeso y hierro), ya que no se puede asegurar que lo sean, tal vez fueron también acarreados.

Con la suma de ambos componentes se sacó un porcentaje total de minerales autigénicos por muestra, y posteriormente se obtuvo un promedio del total de muestras que contenían minerales autigénicos en donde se obtuvo el valor de 5.2 % y en el mapa se graficaron aquellas muestras que contenían más de 5.2 % de minerales autigénicos, figura 17.

En el área de estudio pueden apreciarse tres zonas de distribución de componentes autigénicos, una primera en la región norte al sur del río Bravo o Grande, paralela a la línea

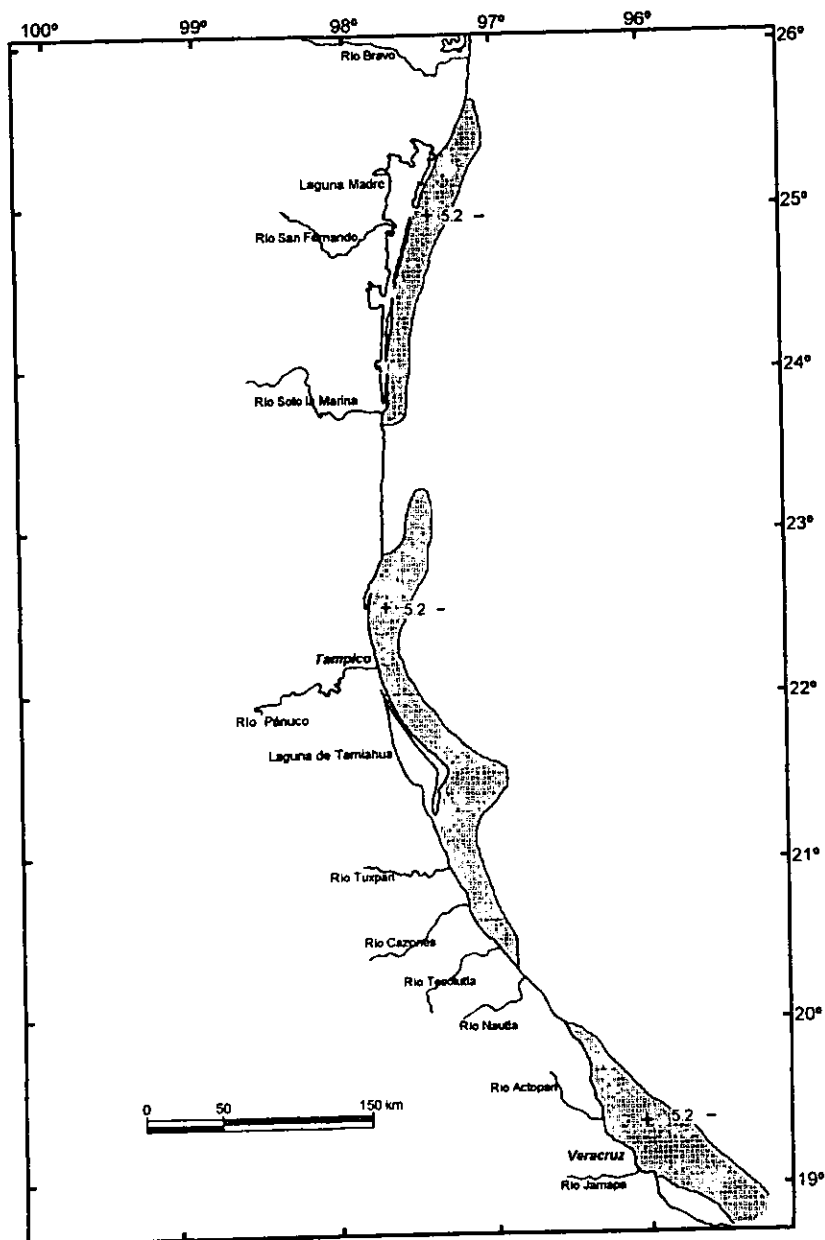


Figura 17. Mapa de distribución de componentes autógenos > 5.2 %

de costa hasta la desembocadura del río Soto la Marina, con una extensión aproximada de 270 km de largo y 20 km de ancho.

Otra distribución más se presenta en la parte meridional de la zona en forma alargada, que comienza en forma de lengüeta en su parte norte y se continúa pegada a la línea continental hasta la desembocadura del río Tecolutla.

En el sur la presencia de autigénicos se presenta entre los ríos Nautla y Actopan y continúa hasta el río Jamapa por la línea de costa, y es aquí donde se desprende de la línea y se continúa hacia el sur en forma alargada.

Tanto los micronódulos como los óxidos de hierro se pueden presentar en sedimentos tanto de aguas someras como profundas y distribuidos a través de toda la columna de sedimentos, pero generalmente se presentan en la interface agua – sedimento. La ocurrencia de estos componentes autigénicos esta en función de varios factores, como la velocidad de sedimentación, el potencial redox y el ambiente de depósito, como la temperatura y profundidad, también depende de influencias biológicas y proximidad de fuentes de elementos. Los óxidos de ferromanganeso no precipitan en ambientes reductores. La formación de micronódulos es más favorecida en áreas de baja velocidad de sedimentación que impide el crecimiento de los nódulos embrionicos siendo arrastrados a través del sepultamiento del sedimento (Rothwell, 1989).

Para este estudio sólo se contó con el parámetro de temperatura y profundidad (Tabla 7), por lo que es difícil concretar el significado de la presencia de estos minerales en el área de

No. Est.	Cuarzo %	Mins. Oscuros %	Mins. Arcillosos %	Oxidos de Fe %	Micro-nódulos %	Otros %	CaCo3 %
10	90	3	0	3	0	1	0
11	25	1	64	3	5	0	30-60
12	22	0	70	1	5	0	30-60
13	64	0	30	3	3	0	>60
14	5	2	85	2	5	0	30-60
15	74	15	0	3	0	7	0
19	12	0	84	0	3	0	30-60
20	10	0	81	2	3	0	30-60
21	72	5	10	3	5	5	10.-30
22	9	0	85	0	3	0	30-60
27	81	5	0	3	3	4	30-60
28	65	5	20	5	2	0	10.-30
31	80	5	0	3	3	0	30-60
32	3	0	80	3	5	5	30-60
33	10	0	81	2	5	0	>60
36	58	30	0	3	3	0	30-60
37	62	30	0	3	3	0	30-60
40	4	0	88	2	3	0	30-60
41	19	0	71	3	3	3	30-60
42	58	30	0	3	3	0	30-60
43	59	0	0	3	0	35	10.-30
44	12	0	70	3	3	10	30-60
45	4	0	88	2	3	0	30-60
48	72	10	0	5	5	10	30-60
49	11	0	80	3	3	1	30-60
52	12	0	83	3	2	0	30-60
53	10	0	84	1	3	0	30-60
54	72	5	10	5	2	0	30-60
55	66	5	10	5	2	3	30-60
56	14	0	80	0	3	0	10.-30
57	10	0	83	0	3	2	10.-30
58	37	0	57	0	1	0	30-60
59	33	0	60	1	3	1	10.-30
60	63	10	10	10	0	2	30-60
61	71	10	10	1	5	1	30-60
62	33	0	60	1	3	1	10.-30
63	37	0	57	0	1	0	30-60
64	56	1	50	0	0	0	>60
65	55	2	40	1	1	0	30-60
66	65	3	25	1	3	1	< 10

Tabla 6. Diferentes componentes encontrados en cada una de las muestras.

No. Est.	Prof.	Temperatura °C
10	22.80	24.4867
11	75.50	23.5208
12	169.10	15.4474
13	164.50	16.4908
14	70.90	21.3916
15	22.60	23.5135
19	166.60	15.4200
20	77.00	21.8400
21	30.30	22.9400
22	23.20	23.1200
27	22.50	
28	23.25	22.3588
31	25.40	23.1070
32	73.80	18.4368
33	174.90	15.8656
36	22.50	22.4100
37	25.00	23.0290
40	148.80	15.8431
41	74.20	20.6730
42	24.60	23.3311
43	24.00	22.8123
44	75.00	20.8512
45	171.80	16.3525
48	26.50	22.1340
49	25.50	21.8970
52	162.00	15.1509
53	74.00	21.2516
54	26.30	21.6752
55	20.80	21.2122
56	75.20	20.6019
57	168.00	17.4819
58	170.00	14.9620
59	75.10	20.5070
60	21.20	21.4290
61	22.50	20.7342
62	73.20	19.7258
63	160.00	16.3200
64	172.00	15.8817
65	68.90	19.8320
66	25.70	19.6908

Tabla 7. Profundidad y temperatura del agua en el área de estudio.

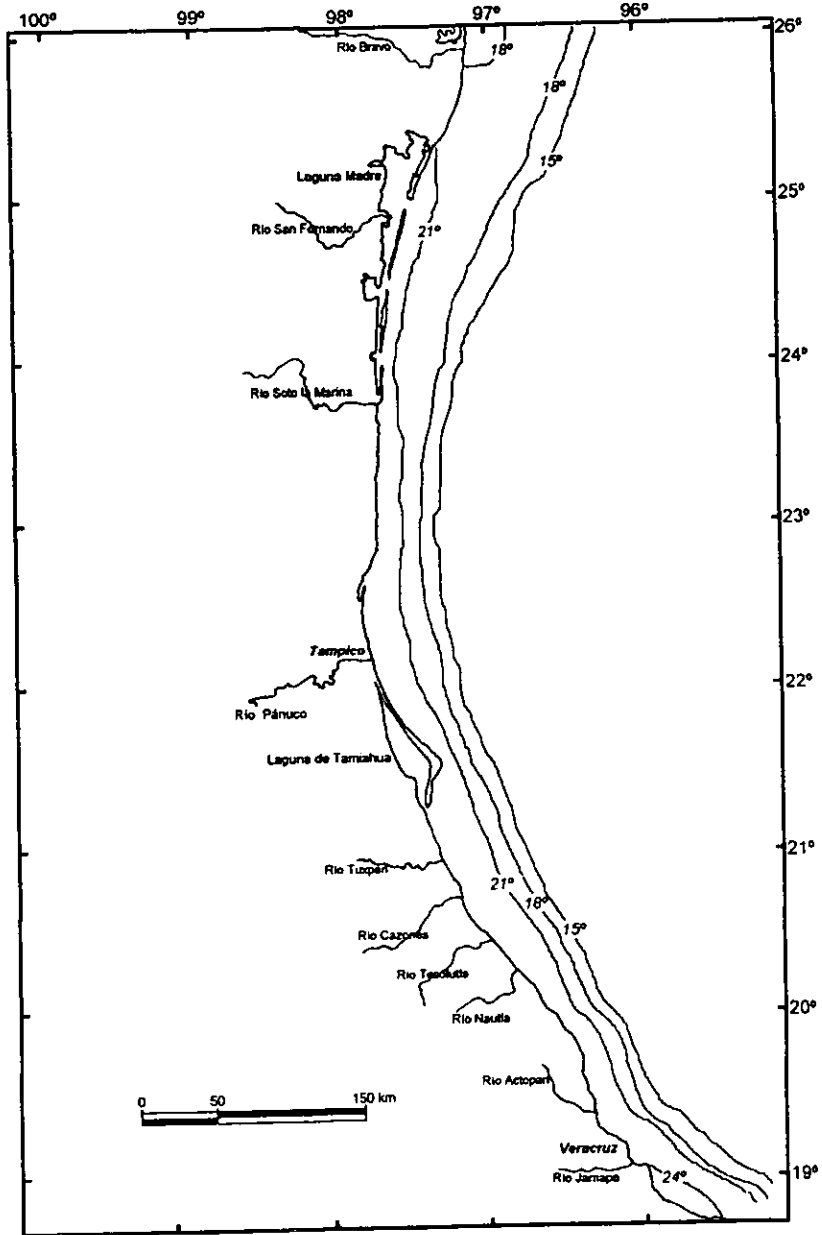


Figura 18. Mapa de distribución de temperatura en el área de estudio

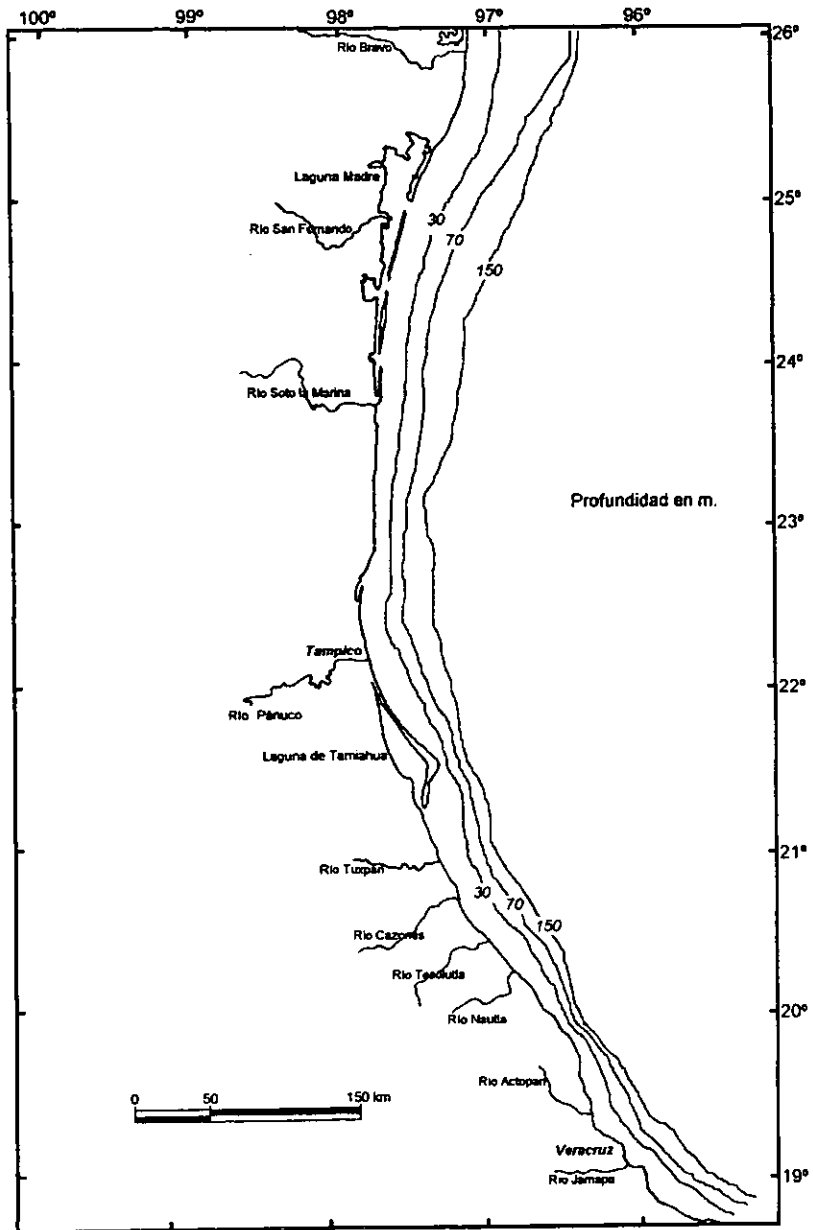


Figura 19: Mapa batimétrico del área de estudio

estudio; ya que pudieran ser material acarreado, sin embargo, observando su cristalografía a través del microscopio, esta es bien definida en muchos caso por lo que se consideraron como autigénicos, y así en el mapa de distribución de temperaturas (Figura 18) se observa que los minerales autigénicos aparecen dentro del área que limita los 24° C y 21° C y a una profundidad de los 0 m hasta los 30 m generalmente (Figura 19), aunque en la parte más hacia el sur, su distribución alcanza los 150 m en la profundidad; esto debido seguramente a que los ríos que descargan en esta área acarrearán más material con contenido de óxidos por su relación con la Faja Volcánica Transmexicana.

Las zonas con disminución de minerales autigénicos la podemos relacionar primeramente, con la velocidad de sedimentación, así entonces, como se analizó en el capítulo IV el río Bravo presenta una gran cantidad de aporte de sedimentos, lo que repercute considerablemente para la formación de autigénicos. La parte que no presenta autigénicos entre el río Soto la Marina y el río Pánuco posiblemente se relaciona a otros parámetros como el pH, por lo que no podemos concluir su disminución. Por otro lado, enfrente del río Nautla se presenta otra zona sin minerales autigénicos, esto también puede estar relacionado a que este río no descarga los núcleos de minerales férricos y de manganeso, ya que como se observó anteriormente solamente descarga arcillas.

Otro factor a considerar en las zonas de disminución de autigénicos es la temperatura, que en la parte de la desembocadura del río bravo es de 18° C y en la parte más hacia el sur de mapa a los 19° 00' latitud se presenta una variación de la temperatura de 24° C en una zona como de bahía, y es justamente en esta zona en donde no se presentan minerales

autigénicos, así entonces podemos deducir que la temperatura puede ser uno de los factores más importantes para la formación de los autigénicos.

COMPONENTES BIOGENICOS

Los componentes biogénicos se definen como aquellos que son producidos en la biosfera incluida la hidrosfera, y como tales incluye a ambos grupos, los de materia orgánica e inorgánica, como los son las conchas, entre otros (Chester, 1990).

Rothwell (1989) define a los componentes biogénicos como aquellos minerales formados por la actividad biológica en el mar o cualquier otro ambiente. Tales granos consisten grandemente de residuos de microfósiles. La calcita que es un material común producido por un gran grupo de organismos (foraminíferos y coccolitoforidos), es el más común componente biogénico observado en los sedimentos del fondo marino. En áreas de alta productividad de sílice biogénico (radiolarios y diatomeas) puede ser importante y puede haber dominación de este componente biogénico en cuencas profundas.

Para determinar los componentes biogénicos en este trabajo se obtuvo primeramente el contenido de material biogénico observado en microscopio petrográfico y se obtuvo su porcentaje de contenido total de la muestra, una vez obtenido el porcentaje se sacó la población media para graficarlo en el mapa de la figura 20, al cual correspondió un valor medio de 3.34 % de componentes biogénicos. Los componentes biogénicos que se

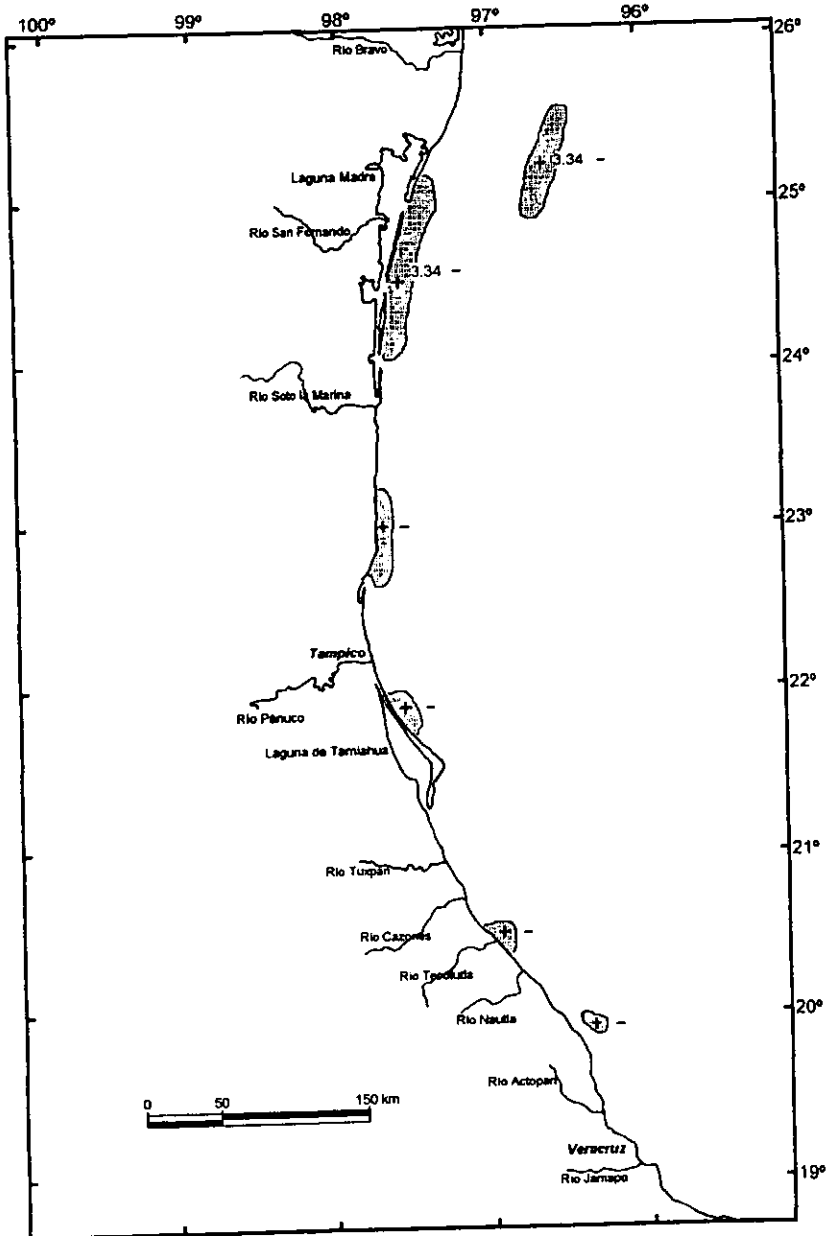


Figura 20. Mapa de distribución de componentes biogénicos > 3.34 %

observaron fueron foraminíferos, fragmentos de concha, espículas de esponjas, materia orgánica y restos de peces (escamas).

También se obtuvo el contenido de materia orgánica por el método de ignición descrito en el capítulo III; el valor medio de las muestras correspondió al 6.71 % y posteriormente se graficó en el mapa para observar su distribución, figura 21.

Con este valor, observando la distribución de materia orgánica podemos diferenciar dos grandes grupos de distribución de materia orgánica, uno en la parte norte partiendo de la desembocadura del río Soto la Marina que sigue en forma alargada en dirección noreste; el otro gran grupo se encuentra en la parte sur del área de estudio partiendo de la desembocadura del río Nautla y siguiendo un camino alargado hacia el sureste hasta los 19° latitud; y es la muestra número 45 la que presenta un valor considerable de materia orgánica y que se observa en el mapa sólo como una mancha pequeña a los 23° latitud.

Ayala - Castañares (1967), menciona que la productividad orgánica en los alrededores de la laguna de Tamiahua, es relativamente baja, quizás como consecuencia de un desequilibrio ecológico resultante de instalaciones petroleras o una sobreexplotación de ciertos recursos. Por su parte Hildebrand (1967), hace mención de una población de peces solamente a lo largo de las barreras de la Laguna Madre hasta el Río Bravo, y es en este sitio en donde las muestras presentan escamas de peces y espículas de esponjas, sólo que en cantidades muy pequeñas, alrededor del 2 %.

No. Est.	Contenido de materia %orgánica [%]	Salinidad (UPS)
10	0.39	35.7849
11	5.10	36.1151
12	27.47	35.8559
13	7.83	36.0083
14	1.53	36.1996
15	1.02	36.1341
19	21.96	35.8500
20	7.14	36.1900
21	1.15	36.0130
22	19.27	36.0350
27	1.02	
28	1.09	36.1851
31	0.80	36.1250
32	2.23	36.1890
33	5.15	35.9165
36	1.40	36.1809
37	1.80	36.13.84
40	6.3	35.8971
41	6.25	36.2198
42	1.38	36.1225
43	0.39	36.1058
44	5.31	36.2228
45	7.30	35.9894
48	1.14	36.0300
49	7.61	35.9190
52	19.68	35.8061
53	24.48	36.1696
54	1.05	34.4384
55	1.80	34.0292
56	9.82	36.0368
57	19.94	36.1301
58	9.71	35.7860
59	9.36	36.0770
60	1.20	34.0775
61	0.96	33.8961
62	7.31	35.6557
63	9.62	35.9780
64	7.89	35.9189
65	1.99	36.0195
66	1.80	33.9844

Tabla 8. Contenido de materia orgánica y concentraciones de sal.

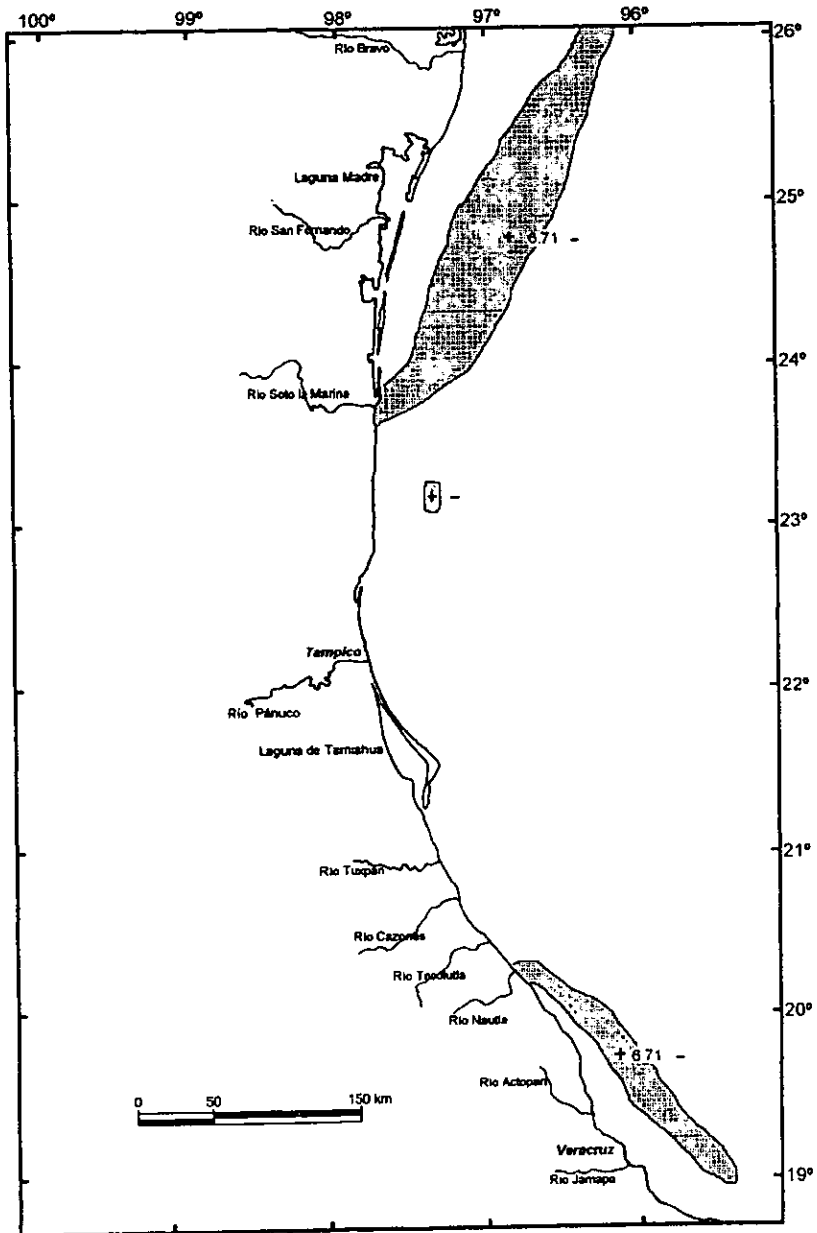


Figura 21. Mapa de distribución de materia orgánica > 6.71 %

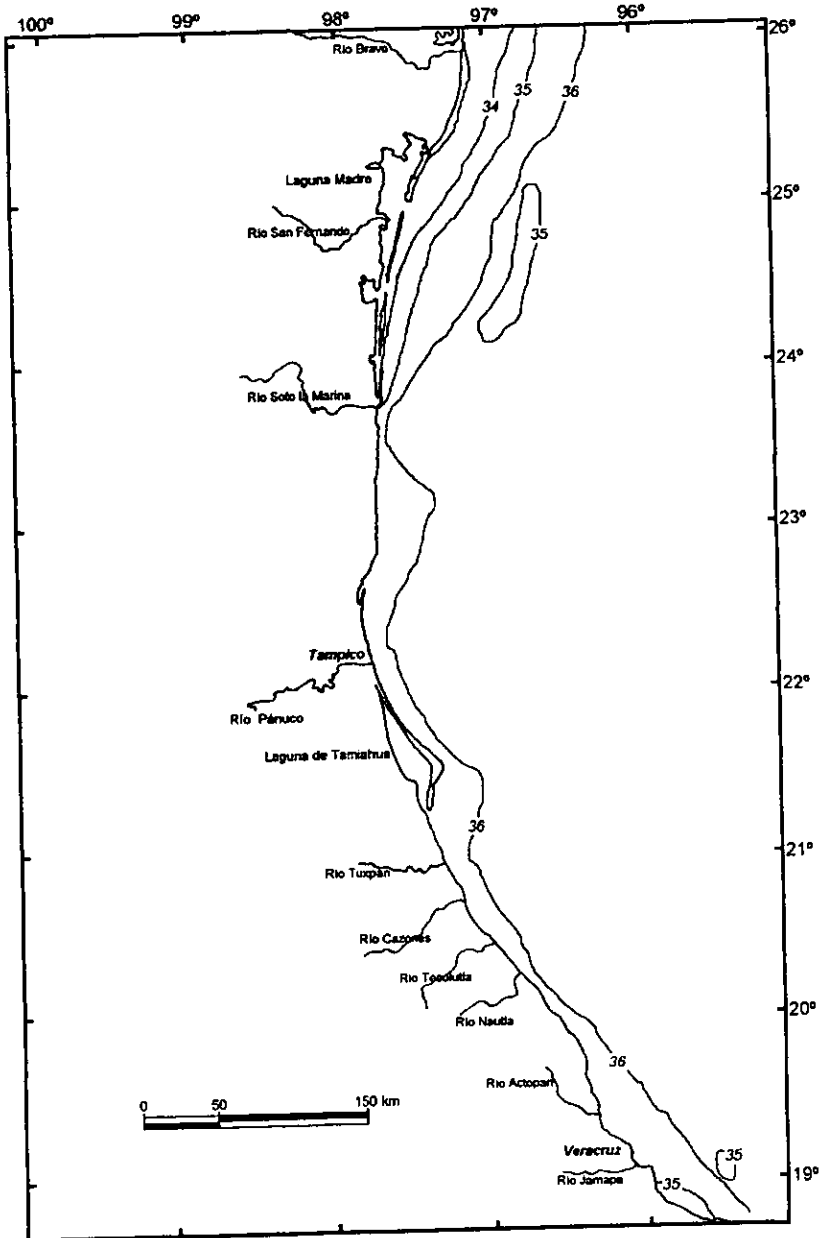


Figura 22. Mapa de distribución de concentraciones de sal (UPS).

Esparza - Castillo (1992) menciona que la diversidad biológica está influenciada por diversos parámetros ambientales, tales como la salinidad, temperatura, profundidad y tipo de sedimento; así las arenas gruesas sostienen solamente densidades menores de organismos pequeños, mientras que las arenas lodosas y sedimentos pelíticos tienen una gran diversidad de ostracofauna.

Haciendo un análisis de la distribución de materia orgánica y la sedimentación podemos observar que esta se distribuye en zonas que contienen tanto limos como arcillas y desaparece en las zonas arenosas. Si a esto también lo comparamos con la salinidad, se observa que el mayor contenido de materia orgánica se localiza entre los valores de 35 y 36 UPS (Unidades Prácticas de Salinidad) (Figura 22); y aunque la distribución de materia orgánica no está bien definida con respecto a la temperatura, ésta sí se concentra más entre los 15° C y 18° C del agua en el fondo.

CLASIFICACION DE LOS SEDIMENTOS POR SU COMPOSICION

La clasificación de sedimentos marinos considerando los minerales que los forman siempre resulta difícil, ya que los porcentajes y diferentes constituyentes varían mucho en todas las partes del planeta, y más aún, no existe todavía alguna tabla de clasificación ideal para éstos. Muchos autores clasifican a los sedimentos marinos por su contenido de microfauna, ya sean silíceos o calcáreos y los clasifican como oozes, lodos y margas; otros clasifican a los sedimentos mediante los diagramas ternarios de Folk (1968) y Pettijhon

(1961), que considera componentes como el cuarzo, arcilla, feldespatos y fragmentos de roca.

Para el caso de los sedimentos analizados en este trabajo contamos con los componentes de materia orgánica, el contenido de cuarzo, minerales arcillosos y carbonato de calcio; por su parte como el contenido de materia orgánica es muy poco no se pueden clasificar las muestras dentro de algún diagrama ternario que considere a esta, por otro lado, por la ausencia de minerales como el feldespato y los fragmentos de roca no se pueden tampoco clasificar en los diagramas de Folk o Pettijhon; sin embargo existe un diagrama ternario de Krumbein (1955) citado por Huang (1981) para rocas sedimentarias que tienen como componente, el cuarzo, la arcilla y el carbonato de calcio; y es este diagrama el que se tomó para realizar la clasificación, modificando el nombre de las clasificaciones de Krumbein ya que estas se refieren a rocas, se sustituyó por su equivalente a sedimentos y tomando en cuenta algunos nombres comunes usados dentro de los análisis marinos.

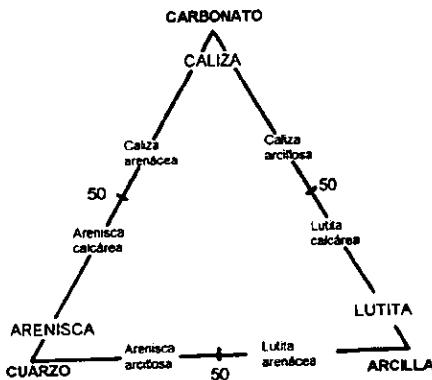


Diagrama ternario de Krumbein, 1955.

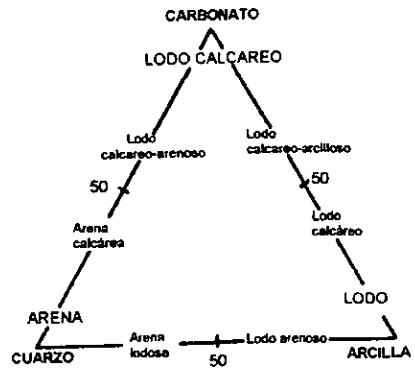


Diagrama modificado de Krumbein y propuesto para sedimentos

No. Est.	Cuarzo %	Mins. Arcillosos %	CaCO ₃ %	Clasificación
10	90	0	0	Arena
11	25	64	30-60	Lodo calcáreo
12	22	70	30-60	Lodo calcáreo
13	64	30	>60	Arena calcárea
14	5	85	30-60	Lodo calcáreo
15	74	0	0	Arena
19	12	84	30-60	Lodo calcáreo
20	10	81	30-60	Lodo calcáreo
21	72	10	10.-30	Arena calcárea
22	9	85	30-60	Lodo calcáreo
27	81	0	30-60	Arena calcárea
28	65	20	10.-30	Arena
31	80	0	30-60	Arena calcárea
32	3	80	30-60	Lodo calcáreo
33	10	81	>60	Lodo calcáreo-arcilloso
36	58	0	30-60	Arena calcárea
37	62	0	30-60	Arena calcárea
40	4	88	30-60	Lodo calcáreo
41	19	71	30-60	Lodo calcáreo
42	58	0	30-60	Arena calcárea
43	59	0	10.-30	Arena
44	12	70	30-60	Lodo calcáreo
45	4	88	30-60	Lodo calcáreo
48	72	0	30-60	Arena calcárea
49	11	80	30-60	Lodo calcáreo
52	12	83	30-60	Lodo calcáreo
53	10	84	30-60	Lodo calcáreo
54	72	10	30-60	Arena calcárea
55	66	10	30-60	Arena calcárea
56	14	80	10.-30	Lodo
57	10	83	10.-30	Lodo
58	37	57	30-60	Lodo calcáreo
59	33	60	10.-30	Lodo
60	63	10	30-60	Arena calcárea
61	71	10	30-60	Arena calcárea
62	33	60	10.-30	Lodo
63	37	57	30-60	Lodo calcáreo
64	56	50	>60	Lodo calcáreo-arenoso
65	55	40	30-60	Arena calcárea
66	65	25	< 10	Arena lodosa

Tabla 9. Clasificación de las muestras por su composición mineralógica.

Como se puede observar, en el estudio realizado, existen 7 grupos de diferentes sedimentos (Figura 23). En esta clasificación encontramos desde arenas, arenas calcáreas etcétera, dominando más los lodos calcáreos. En esta clasificación de sedimentos está muy relacionada con el tamaño de los componentes, y es por esta razón que vemos una concentración de arenas en los sitios cercanos a la costa, mientras que los lodos se encuentran en la parte media y final de la plataforma. Esto debidamente a la selección que impera en la plataforma y que al parecer es estable, salvo en la muestra número trece que corresponde a una arena y se encuentra dentro de la zona de lodos; esta anomalía se viene siguiendo desde los análisis anteriores y que debe corresponder a los desajustes antes mencionados, como lo es algún huracán o tormenta, entre otros. En la figura 24 se observan microfotografías tomadas de algunas muestras.

El contenido de carbonato de calcio esta presente en casi todas las muestras recolectadas en el área de estudio, esto debidamente a que el carbonato es componente muy común en el agua de mar y precipita en temperaturas mínimas de 18° C (Chester, 1990) y hasta los 36° C, así en este análisis se observó que entre los 18°C y 21°C se muestra el mayor porcentaje en contenido de Carbonato de Calcio, que también coincide con los mayores contenidos en arenas muy finas y limos gruesos, a una profundidad media de los 50 m y 150 m.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

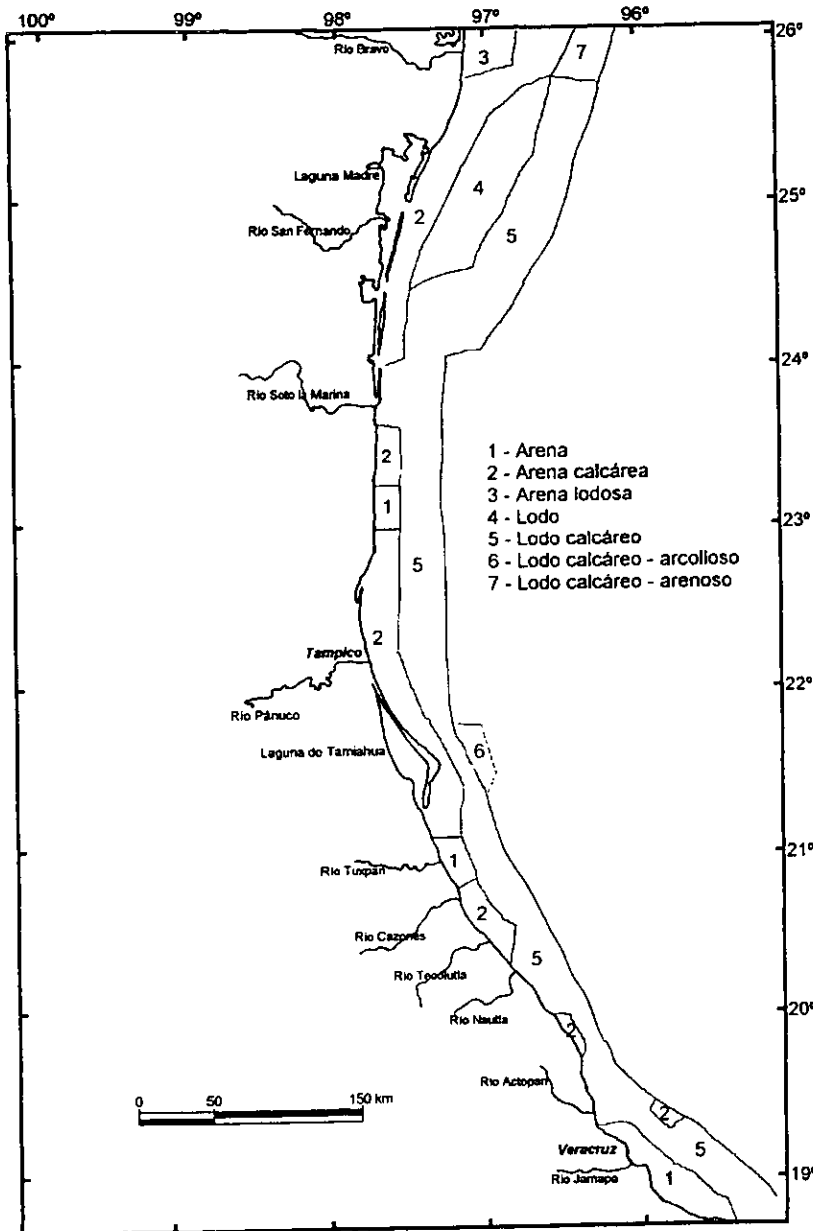


Figura 23. Mapa de clasificación por su composición de las muestras en el área de estudio.

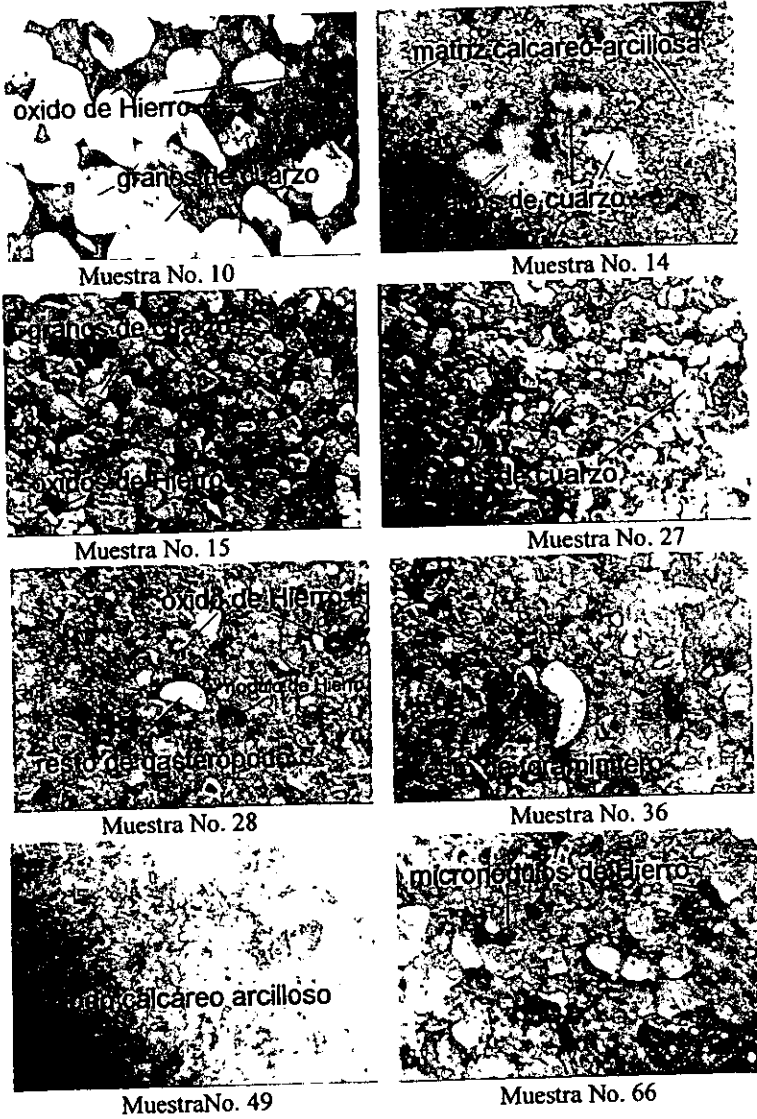


Figura 24. Fotografías de algunas muestras tomadas bajo microscopio estereoscópico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- 1) La Plataforma Continental del área de estudio es del tipo terrígeno y tiene una profundidad que va de los cero hasta los 180 metros de profundidad, la plataforma es más ancha en la parte norte, 80 km, frente a la desembocadura del río Bravo o Grande y se hace más angosta hacia el sur del estado de Veracruz, 40 km.
- 2) La disposición de las unidades sedimentarias se encuentran dominadas tanto por su tamaño como por las corrientes marinas presentes en el área de estudio. Así las arenas se encuentran paralelas a la línea de costa y cerca de la desembocadura de ríos que aportan este material; los limos se presentan con más abundancia que los demás tamaños, y parecen ser que su principal fuente de aporte en el norte es el río Bravo o Grande que es un río maduro que arrastra este material, y la Laguna Madre que clasifica las arenas reteniéndolas en las barreras y permitiendo solamente la salida de limos. El contenido de arcillas es menor que los otros dos componentes y su mayor distribución se encuentra en la parte norte teniendo como fuente de aporte al río Soto la Marina, y su distribución en forma de pluma puede estar dominada por la dinámica marina que va de sur a norte y arrastra a las arcillas hasta el borde de la plataforma.

- 3) Los parámetros estadísticos nos reflejan una distribución normal de los sedimentos, en forma paralela a la línea de costa desde arenas medias, finas, muy finas y limos grueso medio y finos paralelos entre sí, con unas anomalías en la parte sur entre los ríos Nautla y Actopan, posiblemente debido esto al paso del Huracán Roxanne que se presentó en el mes de Octubre de 1995 y afectó la sedimentación. Por otro lado la clasificación del material es predominantemente mal clasificado, ya sea por la energía del agente de transporte o por los diversos ambientes en la zona (fluvial, lagunar, marino) y se ve influenciada por corrientes de fondo que distribuye el material de forma irregular, esto mismo nos da un grado de simetría un tanto complejo y difícil de interpretar.

- 4) Es obvio que el contenido de minerales terrígenos domine en el área ya que se trata de una plataforma clástica, en donde su distribución mayor comienza en el río Pánuco y se continúa hacia el norte hasta el río Bravo en donde se incrementa el contenido de estos; hacia el sur a partir del río Nautla otro cuerpo importante de terrígenos también es muy apreciable; estas poblaciones están determinadas por el tipo de litología que conforma el área continental.

- 5) Los componentes autigénicos se distribuyen en forma paralela a la línea de costa casi a todo lo largo del área de estudio a una profundidad de entre los cero y 70 m y entre las temperaturas de 21° C y 24° C y su porcentaje medio en las muestras es del 5.2 %, compuestos de óxidos de hierro y micronódulos.

- 6) Los componentes biogénicos son escasos y dominan más en las barras de la Laguna Madre, estos componentes biogénicos están formados por espículas de esponja, foraminíferos, fragmentos de concha y escamas de peces.

- 7) La materia orgánica esta controlada por la salinidad, la temperatura, la profundidad, sedimentación y el contenido de nitratos y fosfatos (Chester, 1990), en el área de estudio el mayor contenido de materia orgánica se localiza en la parte norte desde la desembocadura del río Soto la Marina en dirección noreste hasta los 26° latitud y en el sur de la desembocadura del río Nautla hacia el sureste hasta los 19° latitud, distribuida entre los 15°C y 21°C y a una profundidad de entre los 70 y 170 metros de profundidad y con salinidades de entre los 35 y 36 UPS en la zona dominada por las arenas muy finas hasta limos finos.

- 8) La composición de los sedimentos es fundamentalmente el cuarzo y los minerales arcillosos, así como también el carbonato de calcio es uno de los componentes más abundantes en las muestras, estando determinados estos componentes por la litología continental que atraviesan los ríos en su cauce y acarrear consigo el material para posteriormente depositarlo en la cuenca del Golfo de México.

RECOMENDACIONES

- 1) El área de estudio es muy grande y en este trabajo sólo se consideran 40 muestras para su estudio, por lo que se necesitaría realizar un muestreo más intenso en el área para poder definir más claramente las diversas facies sedimentarias que conforman a la Plataforma Continental Este de México.

- 2) Es necesario conocer localmente y a detalle las corrientes marinas, ya que estas son de gran importancia para conocer la distribución de los sedimentos en el fondo oceánico ya que en la literatura sólo se menciona a grandes rasgos.

- 3) Un análisis petrológico y geoquímico en las muestras permitirían conocer más a fondo la fuente de origen de los sedimentos, así como muestrear los cauces fluviales que drenan la región y conocer más a detalle la litología que atraviesan y los depósitos en el litoral.

- 4) Es necesario contar con los parámetros fisicoquímicos de pH y el Eh ya que son factores fundamentales para conocer el origen y distribución tanto de minerales autigénicos como contenido de materia orgánica.

BIBLIOGRAFIA CITADA

AYALA - CASTAÑARES, A Y A. GARCIA CUBAS, 1967. Síntesis de los Conocimientos Sobre la Geología Marina de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. Memoria del Simposio Internacional Sobre Lagunas Costeras (Origen, Dinámica y Productividad) UNAM - UNESCO. México D.F. pp. 39 - 49

BOUMA, A. H., 1979. Distribution of Sediments and Sedimentary Structures in the Gulf of Mexico. Contributions on the Geological and Geophysical Oceanography of the Gulf of Mexico. pp 35 - 65

BRYANT, R., C. CORDOVA, J. LUGO, A. SALVADOR, 1991. Physiography and bathymetry. The gulf of México Basin. The Geology of North America, The Geological Society of America. pp. 13 - 30

CAMPOS, C.J. 1986. Características Texturales de los Sedimentos Recientes de la Plataforma Continental de Tamaulipas. Secretaría de Marina Dirección General de Oceanografía Naval, Geología Marina. México. pp 1 - 34

CHESTER, R. 1990. Marine Geochemistry. Unwyn Hyman, London 735 p.

MORAN ZENTENO D. J., 1984. Geología de la República Mexicana. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática – Facultad de Ingeniería UNAM. 88 p.

EMERY, K. O., 1969. Las Plataformas Continentales. Oceanografía, Seleccionces de Scientific American, Introducciones de J. Robert Moore. H. Blume Ediciones Madrid 1978. 15 : 153 - 165

ESPARZA, - CASTILLO, L. 1992. Variación Estacional de la Microfauna de Ostrácodos en la Zona de Plataformas Petroleras del Sur del Golfo de México. Tesis de Licenciatura Inédita, Biología, Facultad de Ciencias UNAM 92 p.

FOLK, R.L. and W.C. WARD, 1957. Brazos bar, a study in the significance of grain size parameters, J. Sed. Pet. 27 pp 3 –27.

HILDEBRAND, H. 1967. The Laguna Madre, Tamaulipas: Observations on its Hydrography and Fisheries. . Memoria del Simposio Internacional Sobre Lagunas Costeras (Origen, Dinámica y Productividad) UNAM – UNESCO. México D.F. pp. 679 – 686

HOLT, S. J. 1969. Los Recursos Alimentarios del Océano. Oceanografía, Seleccionces de Scientific American, Introducciones de J. Robert Moore. H. Blume Ediciones Madrid 1978. 37: 300 – 414

HUANG, W. T. 1981. Petrología. McGraw Hill. México 546 p.

INEGI, 1991. Mapas Geológicos Escala 1 : 250 000, Veracruz E -14 - 3; Tampico F -14 - 5; Ciudad Victoria F -14 -2.

LEEDER, M.R. 1991 Sedimentology, Process and Product. Harper Collins Academic. Sixth Impression. London UK. 344 p.

LUGO, H. J., 1989. Diccionario Geomorfológico. Instituto de Geografía, Coordinación de Ciencias UNAM, México D.F. 337 p.

NOWLIN, W.D., JR. 1971. Water Masses and General Circulation of the Gulf of Mexico. Oceanol. Internat. Feb. pp 28 - 33

ORTEGA, GUTIERREZ F., 1992. Texto explicativo de la 5ª Edición de la Carta Geológica de la República Mexicana, escala 1:2 000 000, Instituto de Geología UNAM y Consejo de Recursos Minerales pp.12

ROTHWELL, R. G. 1989. Minerals and Mineraloids in Marine Sediments An Optical Identification Guide. Elsevier Science Publishers LTD. London 279 p.

SECRETARIA DE MARINA, 1990. Manual Operativo de Geología Marina. Dirección General de Oceanografía. 198 p.

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL, 1999. Mapa de las trayectorias de Huracanes y Tormentas Tropicales ocurridos en el Océano Atlántico en el año de 1995.

SILVA, G. D. A. y J. CAMPOS, C., 1986. Facies Sedimentarias en la Porción de Plataforma Continental entre Tampico, Tamps. y Veracruz Ver. Secretaria de Marina. Dirección General de Oceanografía Naval. Geología Marina. pp. 32 – 62

TAMAYO, J. L., 1980. Geografía Moderna de México. Editorial Trillas novena edición, México D.F. 400 p

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al M. en C. Antonio Z. Márquez García por la dirección de este trabajo y por el apoyo e interés proporcionado durante el desarrollo del mismo.

Agradezco a los Sres. M. en C. Eduardo A. Morales de la Garza, Dr. Mario Gutiérrez Estrada, Ing. Emiliano Campos Madrigal e Ing. Alfredo Victoria Morales por la revisión y desinteresadas observaciones para la elaboración de este trabajo.

También agradezco a mis compañeros Félix Díaz y Gonzalo Diego que colaboraron conmigo en los análisis de laboratorio.
