



*Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología*  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

03096



ESTUDIO DE SEDIMENTOS DEL AMBIENTE DE  
PLATAFORMA FRENTE AL RÍO PÁNUCO

**T E S I S**

que para obtener el grado académico de:

**Maestría en Ciencias**

**(Geología Marina)**

p r e s e n t a

**MAYUMY AMPARO CABRERA RAMÍREZ**

Director de Tesis: Dr Arturo Carranza Edwards

Comité Tutorial: Dra. Aurora Armienta Hernández

Dr. Liberto De Pablo Galán

Dra. Leticia Rosales Hoz

Dr. Adolfo Molina Cruz

A



2003



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.

**M**ucha felicidad y motivación son lo que trajiste a mi vida.

**A**ñoro esa sonrisita todo el tiempo que no te veo.

**R**ecuerdo con cariño y orgullo cada momento vivido a tu lado.

**C**aminos paralelos son los que caminaremos juntos.

**O**ro valen los días gracias a ti.

**S**iglos son los que quisiera pasar a tu lado.

*A mi hijo*



*A mi madre:*

*Quien siempre ha tenido una palabra de apoyo en los momentos más difíciles de mi vida, quien siempre ha tenido confianza en mí sin temor a equivocarse, que a pesar de esos días de cansancio extremo ha tenido para mí hijo y para mí una sonrisa y un abrazo, Gracias porque cuidas a Marcolete y porque con tu actitud me motivas a ser una mejor persona cada día.*

*A mi padre:*

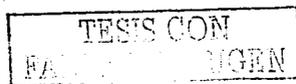
*Porque sus palabras me motivaron a seguir adelante en mis estudios, para demostrar mi valor como persona. Me formó el carácter que me ha ayudado a conquistar todas mis metas. Gracias porque cuidas a mi hijo apoyándome con esto en mi trabajo.*

*A mis hermanos:*

*Israel de quien me acuerdo todos los días, tú me motivaste a terminar con la maestría y a seguirte echando ganas a la vida. La forma en que veías la vida es el consejo más valioso que me dejaste, esas ganas de salir adelante y no estancarse nunca son las que trato de copiar cada día. La forma en que me enseñaste a trabajar para mi tesis de licenciatura fue el pilar para realizar esta nueva tesis. Estoy orgullosa de haber podido compartir contigo tantos años de alegría. Gracias por seguir con nosotros.*

*Juan con quien comparto mis vivencias y a quien admiro por su gran capacidad para salir adelante, su gran sonrisa y la forma en que juega con los niños.*

*Toño que siempre me acompaña aunque no tenga tiempo, me escucha y me entiende, que cuida a mi hijo y a mis padres y es un ejemplo de trabajo y estudio.*



*A mi hermana:*

*Mónica, porque así la considero, porque ha demostrado tener una gran fortaleza y valor, admiro su capacidad de lucha por sus hijos que me motiva a ser una mejor madre.*

*A mi prima Itzel que ha sido una gran compañía desde que era pequeña, la quiero mucho y se que logrará todo lo que se proponga en la vida.*

*A mis sobrinos Ksialil y Axel que con sus sonrisas, juegos y abrazos me alegran todos los días.*

*A mi sobrino Jesrael que con su nacimiento vino a alegrar los corazones de toda la familia. Es una bendición tenerlo otra vez con nosotros.*

*A mi tía Estela que ha sido como una madre para todos nosotros y una abuela para nuestros hijos, siempre he recibido palabras de aliento, fe y esperanza de su parte. Gracias por querer tanto a mi hijo.*

*A mis tíos Olga, Javier, Fernando y Berna por su apoyo y consejos.*

*A mis sobrinas Danae y Dafne que me buscan y me quieren complementando los fines de semana con una gran compañía.*

*A mi suegra que es una persona muy especial, me ha cuidado y recibido en su casa como una madre. Es una dicha poder contar con alguien como ella a mi lado.*

*Al M. Pontiyousi, M. P. Blanca, H. César y H. Yang, porque con sus consejos y ayuda han permitido se realicen todos mis sueños. Gracias porque estuvieron con mi hermano.*



*A mi esposo:*

*Porque desde que lo conozco ha promovido en mí una superación constante, un deseo de lucha para conquistar todas mis metas.*

*Lo admiro por su fortaleza, dedicación al trabajo y entrega a todos los proyectos que tiene, lo cual me motiva a tratar de parecerme a él.*

*Gracias por la compañía que has sido para mí todo este tiempo, por tu amistad y amor, pero sobre todo por la paciencia y valor que se requieren para mantener un matrimonio a flote.*

E



## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología sede de mis estudios de maestría, al personal que en él labora, en especial a Norma, Lupita, Cande de quienes sólo recibí buenos tratos y apoyo.

Al proyecto FIES 98-19-VI "Análisis ambiental interdisciplinario de la zona marina del Golfo de México comprendida entre 22.10° y 22.45° latitud norte y 97.80° y 97.50° longitud oeste, con apoyo del uso de imágenes de satélite".

A mis profesores en la maestría que me enseñaron cosas muy valiosas en mi carrera.

De manera muy especial quiero agradecer al Dr. Arturo Carranza quien a parte de ser mi mentor es un muy estimado amigo, siempre he podido contar con él desde que fui su alumna, tuve la fortuna de tenerlo como director de tesis de licenciatura y maestría y no tengo palabras con que agradecerle todo el cúmulo de conocimientos y consejos que ha compartido conmigo, la confianza que ha depositado en mi y la paciencia a los alumnos que demuestra que es un gran profesor.

A la Dra. Aurora Armienta de quien siempre recibí una magnífica sonrisa, y por su tiempo dedicado a mi persona como codirectora en el inicio de mi maestría, su apoyo en los exámenes tutorales y por la corrección de este trabajo.



Al Dr. Liberto de Pablo de quien recibí todo el apoyo en mis exámenes tutoriales y la revisión de este trabajo. Pero de manera muy especial quisiera agradecerle su voto de confianza en la presentación de mi examen de oposición para ingreso a la Facultad de Ingeniería.

Al Dr. Adolfo Molina por todo el caudal de conocimientos que compartió conmigo en las aulas siendo mi profesor, por su tiempo invertido en la corrección de este trabajo, pero sobre todo por su valiosa amistad que me brindó desde un inicio.

A la Dra. Leticia Rosales a quien tengo el gusto de conocer desde hace algunos años y quien me ha abierto las puertas de su casa apoyando con esto la realización de mi trabajo de tesis. Siempre he recibido palabras dulces y de aliento de su parte, gracias por el tiempo invertido en la corrección de este trabajo y gracias por permitirme ser parte del proyecto Pánuco I.

A Eduardo Morales de la Garza por sus consejos, amistad, apoyo incondicional y entrenamiento que me dio para los estudios sedimentológicos.

Al Ing. Alfredo Victoria de quien solo he recibido lo mejor en trato y enseñanzas como profesor y jefe. Gracias por la confianza que ha depositado en mí desde que empecé como su ayudante.



## INDICE

### CAPITULO I

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS .....	6

### CAPITULO II

ÁREA DE ESTUDIO .....	7
-----------------------	---

### CAPITULO III

METODOLOGÍA.....	14
------------------	----

### CAPITULO IV

DISTRIBUCIÓN TEXTURAL DEL SEDIMENTO .....	21
---	----

### CAPITULO V

COMPOSICIÓN DEL SEDIMENTO .....	39
---------------------------------	----

### CAPITULO VI

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y MARCO TECTÓNICO .....	72
--	----

### CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES .....	84
--------------------	----

BIBLIOGRAFÍA .....	88
--------------------	----



## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b>	
Localización del área de estudio.....	8
<b>FIGURA 2</b>	
Cuenca Hidrológica .....	10
<b>FIGURA 3</b>	
Marco Geológico .....	13
<b>FIGURA 4</b>	
Batimetría .....	22
<b>FIGURA 5</b>	
Distribución de gravas .....	27
<b>FIGURA 6</b>	
Distribución de arenas .....	29
<b>FIGURA 7</b>	
Distribución de limos .....	32
<b>FIGURA 8</b>	
Distribución de arcillas .....	33
<b>FIGURA 9</b>	
Tamaño gráfico promedio (Mz $\Phi$ ) .....	35
<b>FIGURA 10</b>	
Distribución de biógenos .....	37
<b>FIGURA 11</b>	
Distribución de terrígenos .....	38
<b>FIGURA 12</b>	
Distribución de cuarzo .....	42



**FIGURA 13**

Distribución de feldespatos .....44

**FIGURA 14**

Distribución de fragmentos de roca .....48

**FIGURA 15**

Relación entre Mz y FRV, FRS, FRP y FRM .....51

**FIGURA 16**

División del área de estudio en región  
norte y sur .....53

**FIGURA 17**

Índice de procedencia vs índice de madurez  
mineralógica del promedio de las muestras  
de la región norte y sur .....56

**FIGURA 18**

Índice de procedencia vs índice de madurez  
mineralógica de la región norte ..... 57

**FIGURA 19**

Índice de procedencia vs índice de madurez  
mineralógica de la región sur .....57

**FIGURA 20**

División del área de estudio en regiones este y  
oeste .....58

**FIGURA 21**

Índice de procedencia vs índice de madurez  
mineralógica del promedio de las muestras  
de las regiones este y oeste .....59



**FIGURA 22**

Indice de procedencia vs indice de  
madurez mineralógica de la región oeste .....60

**FIGURA 23**

Indice de procedencia vs indice de  
madurez mineralógica de la región este .....60

**FIGURA 24**

Indice de procedencia vs indice de  
madurez mineralógica .....64

**FIGURA 25**

Ip versus Im de FRV, FRS, FRp, FRM .....66

**FIGURA 26**

Diagrama ternario Cuarzo-Feldespatos-Fragmentos  
de roca (C-F-FR) .....69

**FIGURA 27**

Diagrama ternario Cuarzo-Feldespatos-Fragmentos  
de roca (C-F-FR) de la región norte .....70

**FIGURA 28**

Diagrama ternario Cuarzo-Feldespatos-Fragmentos  
de roca (C-F-FR) de la región sur .....71

**FIGURA 29**

Indice químico de alteración vs  
Indice de madurez mineralógica ..... 73

**FIGURA 30**

Indice químico de alteración  
vs Indice de procedencia .....74

**FIGURA 31**

Promedio de los Índice químico de alteración  
vs Índice de procedencia de las regiones  
norte y sur .....76

**FIGURA 32**

Promedio de los Índice químico de alteración  
vs Índice de procedencia de las regiones  
este y oeste .....76

**FIGURA 33**

Promedio de los Índice químico de alteración  
vs Índice de madurez mineralógica de las  
regiones norte y sur .....77

**FIGURA 34**

Promedio de los Índice químico de alteración  
vs Índice de madurez mineralógica de las  
regiones este y oeste .....77

**FIGURA 35**

Diagrama de Roser y Korsch .....80

**FIGURA 36**

Diagrama ternario C-F-FR propuesto  
por Dickinson .....81

**FIGURA 37**

Relación cuarzo-sílice ..... 82

**FIGURA 38**

Relación Feldespato-Na y K .....83

L



## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1</b> Fórmulas (Folk, 1974) .....	16
<b>TABLA 2</b> Parámetros texturales del sedimento .....	24
<b>TABLA 3</b> Matriz de correlación .....	28
<b>TABLA 4</b> Composición del sedimento .....	40
<b>TABLA 5</b> Matriz de correlación de los parámetros analizados en la fracción arenosa .....	49
<b>TABLA 6</b> Matriz de correlación mineralógica en la fracción arenosa .....	50
<b>TABLA 7</b> Índices de procedencias correspondientes con las diferentes litologías del área .....	63
<b>TABLA 8</b> Valores promedio de los $I_m$ , $I_p$ e IQA por regiones .....	75

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

La sedimentología es una rama de la geología que es fundamental en el estudio de los ambientes naturales ya que se encarga del estudio del aporte de sedimentos, su transporte, y su depósito. Los estudios sedimentológicos se basan en el interés de interpretar las condiciones físicas, tales como el relieve, marco geológico y clima, que son responsables de las características texturales y composicionales de los sedimentos (Pettijohn, 1975). Sus propiedades texturales (tamaño de grano, clasificación) y mineralógicas cambian durante el transporte del sedimento y los procesos de intemperismo. El estudio granulométrico de los sedimentos en los distintos ambientes de depósito sirve para inferir las condiciones hidrodinámicas en que éstos fueron depositados. En condiciones de alta energía (corrientes fluviales turbulentas, oleaje fuerte, corrientes marinas, etc.) se espera encontrar partículas de mayor tamaño, que cuando se tienen condiciones de baja energía, las cuales propician el depósito de las partículas más finas (Carranza, 1997).

En los estudios ambientales realizados a partir del análisis de los sedimentos se ha encontrado que existe una relación entre el tamaño de partícula y su potencial recepción de contaminantes y también por ello es importante analizar el tamaño de partícula de los sedimentos (Carranza, 1997). Las diferencias en tamaños de partículas se relacionan con el tipo

1

GEN

de litología de las rocas del área fuente y con la distancia entre el área fuente y el área de depósito.

De acuerdo con diversos autores (Rosales et al., 1979; Escalona et al., 1980; Rosales y Escalona, 1983; Alvarez et al., 1986; Paez et al., 1986; Carranza et al., 1993; Rosales et al., 1994; Vázquez, 1995) uno de los problemas latentes de los ambientes lacustres, fluviales, costeros y de plataforma continental, se relaciona con el alto grado de contaminación.

En México, como consecuencia del desarrollo industrial y del crecimiento urbano, se genera un alto potencial de desechos sólidos y líquidos, los cuales son generalmente enviados a la red de drenaje fluvial, haciendo que los ríos de la zona costera sean vulnerables en lo que se refiere a la calidad del agua. Debido a que los sedimentos representan el destino final de los metales traza disueltos y suspendidos en el océano, su estudio permite identificar áreas importantes de depósito de metales en el mismo (Morales y Carranza, 2000).

Las variaciones en la distribución de los sedimentos es información básica para los estudios ambientales, en donde se cuenta con el apoyo de la geología ambiental para el estudio de sedimentos afectados antrópicamente ya que ésta última es la aplicación de la información proporcionada por las otras ramas de la geología (sedimentología, estratigrafía, geología urbana, y geohidrología entre otras) que contribuye a resolver problemas que afectan al hombre y a los organismos y trata de



promover condiciones benéficas, cuando se utilizan y modifican los ambientes naturales (Keller, 1996).

Los desechos del Río Pánuco contienen una gran variedad de residuos químicos, y además se tiene el arrastre de grandes cantidades de sedimentos que se incorporan a lo largo de la columna de agua (Páez-Osuna, et al., 1986). El estuario asociado con el Río Pánuco puede ser un receptor importante de sedimentos, pues los estuarios frecuentemente alojan sedimentos muy finos, los cuales debido a sus características de baja energía dinámica, pueden quedar en suspensión y ser llevados hacia el mar.

Uno de los fenómenos costeros importantes es el de la formación de frentes, los cuales son originados principalmente por la descarga de los ríos que desembocan en ella. Los frentes son la frontera entre dos masas de agua de diferentes características. Recientemente se ha observado que las plumas contaminantes en el mar se ven seriamente afectadas por estas estructuras (Shirasago, 1991). Estudios de esta naturaleza han sido realizados por Holmes (1981), Morales et al. 1988 tanto en el Golfo de México como en el Pacífico en sedimentos donde se observa que la distribución granulométrica no es siempre homogénea; aunque en general se tienen las partículas más gruesas hacia la costa y las más finas mar adentro no ocurre esto en las zonas de frentes como lo es la desembocadura de un río al mar.



Davies y Facundus (1971) definen en el Golfo de México cinco provincias por su composición mineralógica, las cuales caracterizan a los sedimentos y las condiciones de depósito en cada área, esta información permite inferir las fuentes de origen de los sedimentos. La determinación de la procedencia depende del tamaño de grano y la composición de los sedimentos esta en función de los procesos de depósito y de los agentes de transporte (Pettijohn et al., 1973).

Con base en estudios petrográficos y geoquímicos Kasper et al., (1999) determina procedencia y marco tectónico en sedimentos del litoral del Golfo de México, lo cual es de gran utilidad en la interpretación de la distribución química y diferenciar entre concentraciones naturales y antropogénicas.

El estudio de sedimentos del Holoceno es útil en investigaciones de procedencia porque los resultados se pueden aplicar a antiguos ambientes sedimentarios (Carranza et al., 1994; Kasper, et al., 1999). La composición de las areniscas terrígenas refleja su derivación a partir de diferentes terrenos controlados por el marco tectónico (Dickinson et al., 1983). Por otro lado Rosales y Carranza (1995) en un estudio geoquímico de dos cuencas adyacentes en un margen activo encontraron que bajo las mismas condiciones de relieve, clima y marco tectónico, la procedencia está regida por la composición litológica. La combinación entre estudios químicos y petrográficos ha resultado ser de gran utilidad en la interpretación de datos en cuanto a procedencia y marco tectónico (van de Kamp y Elgey-Leake, 1985).



La característica del fondo marino sobresaliente en este estudio es la plataforma continental, considerada como la prolongación sumergida del continente y se distingue de él por la capa de agua que la cubre (Boillot, 1984). Los sedimentos de plataforma reflejan la fuente continental porque frecuentemente están asociados con materiales intemperizados y transportados por sistemas fluviales y corrientes litorales y posteriormente distribuidos a todo lo ancho de ella.

A la fecha no existen estudios que reporten las condiciones actuales de depósito, procedencia, marco tectónico y estudios químicos recientes de la zona costera y plataforma continental frente al Río Pánuco por lo que este trabajo tiene como objetivo general proporcionar datos actuales para establecer un pronóstico de distribución, procedencia y marco tectónico que puedan servir en estudios ambientales en la zona.

Los objetivos particulares son:

1. Determinar las características texturales de sedimentos del ambiente de plataforma frente a la desembocadura del Río Pánuco.
2. Analizar las concentraciones de cuarzo, feldespato y fragmentos de roca de las fracciones arenosas, para establecer los índices de procedencia y de madurez mineralógica.



3. Analizar la relación entre las concentraciones de elementos mayores con la composición del sedimento y con su área fuente.
4. Evaluar las implicaciones tectónicas de los sedimentos analizados a través de su caracterización textural y mineralógica.



## CAPÍTULO II

### ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada entre los paralelos 22° 05' y 22° 26' de latitud norte, y entre los meridianos 97° 28' y 97° 49' de longitud oeste, frente a las costas donde desemboca el Río Pánuco, entre los estados de Veracruz y Tamaulipas (Fig. 1).

De acuerdo con Alvarez (1962), la zona de estudio se encuentra en la provincia fisiográfica denominada Llanura Costera del Golfo de México y dentro de la subprovincia Cuenca Pánuco-Tuxpan. Se distingue por tener una topografía poco accidentada. La parte norte tiene una topografía que en general es suave y ondulada y sólo está interrumpida por cuatro cerros (Dicha, La Pez, Margarita y Chapotal). En el resto de la cuenca afloran formaciones clásticas del Terciario cuya intensidad de plegamiento disminuye hacia la costa y por lo tanto la topografía es más suave hacia la costa.

La Planicie Costera del Golfo de México es muy variada en lo que se refiere a su morfología y a los procesos actuales que ahí tienen lugar (Lugo Hubp, 1990). Corresponde con una gran cuenca marginal al orógeno de la Sierra Madre Oriental, con espesores potentes de rocas sedimentarias terciarias, con extensión e inclinación suave hacia el interior del Golfo de México, a manera de monoclinal. Se encuentra interrumpida por conjuntos montañosos, tales como el Sistema Neovolcánico y los volcanes Los Tuxtlas.



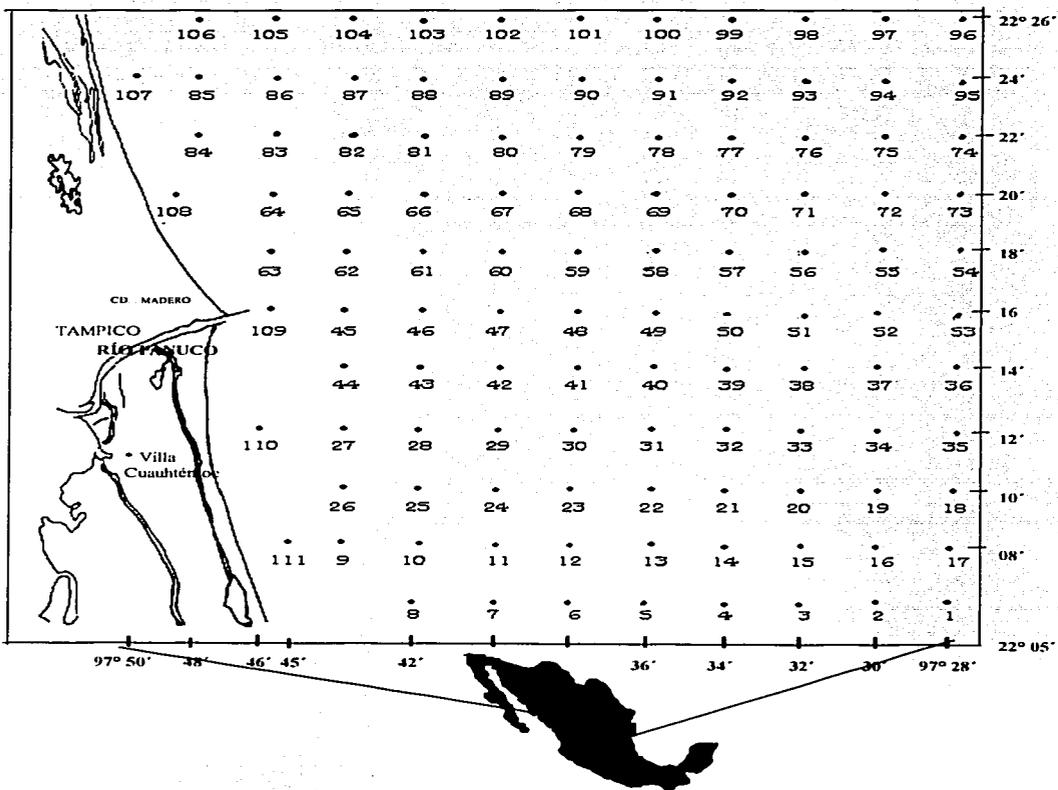


Fig. 1 Localización del área de estudio y estaciones de muestreo

UNIVERSIDAD DE GUAYMAS

El Río Pánuco, desemboca en el Noreste de la República Mexicana hacia el Golfo de México, donde los procesos de sedimentación están influenciados por aportes terrigenos a la plataforma. y se encuentra dentro de la cuenca que lleva su mismo nombre cuya descarga es directa al mar. Esta cuenca con un área aproximada de 107,200 km<sup>2</sup>, aporta gran cantidad de sedimentos. El río nace en el Estado de México con el nombre de Río Tula, a partir de donde recibe descargas de altos volúmenes del colector central de la Ciudad de México (Arriaga et al., 1998) para unirse en la frontera de los estados de Hidalgo y Querétaro al Río San Juan y cambiar de nombre a Río Moctezuma; se le denomina Pánuco en las inmediaciones con el estado de Veracruz, al cuál por último se le une el Río Tamesí, que hace frontera con el Estado de Tamaulipas, vertiendo finalmente sus aguas al Golfo de México (Fig. 2).

Las corrientes superficiales tienen una componente hacia el norte en verano con una velocidad promedio de 4.5 cm/s. En invierno esta dirección se invierte hacia el sur y tiene velocidades de 6 cm/s (Fernández-Eguiarte et al., 1992).

De acuerdo con Carranza et al., (1975) el área de estudio se encuentra dentro la unidad morfotectónica I. Tectónicamente se puede considerar a esta unidad como costa de mar marginal (Inman y Nordstrom, 1971), y se caracteriza por ser costa que bordea mares marginales protegida del Océano Atlántico por el Arco del Caribe.



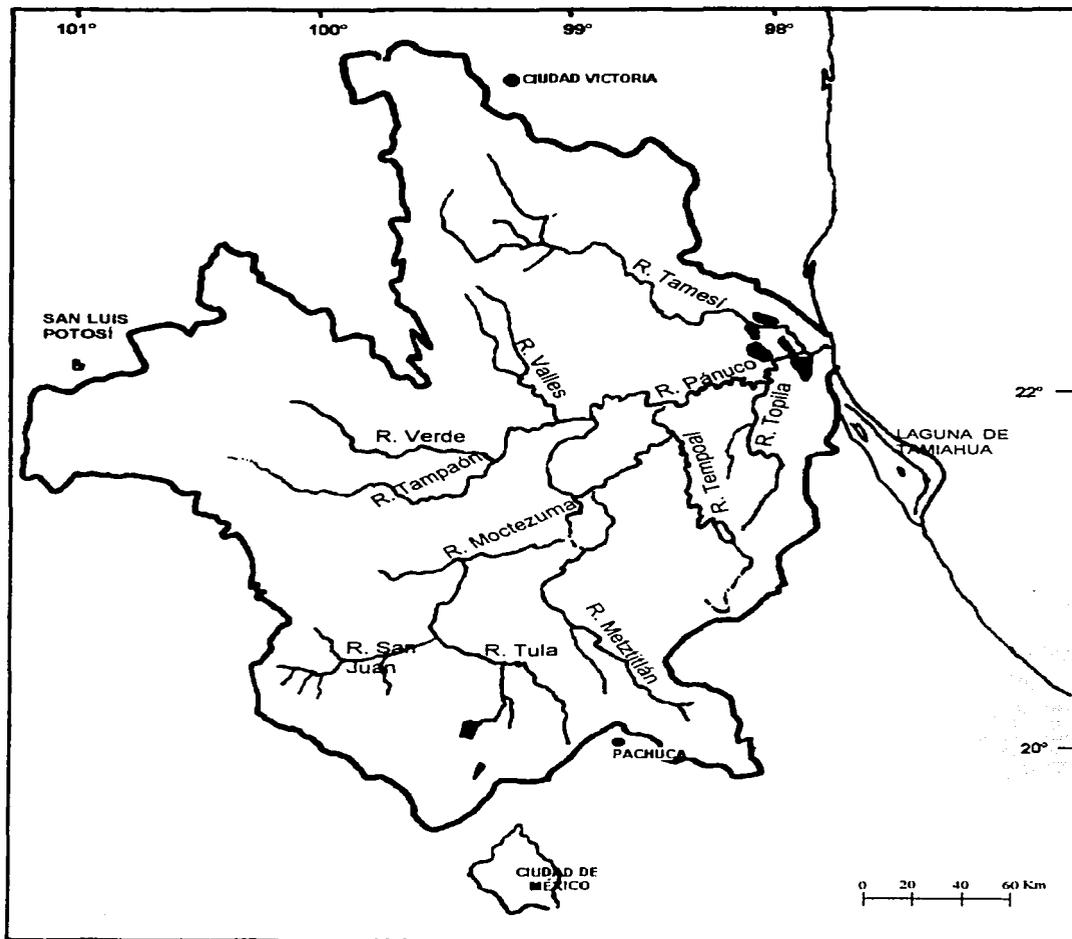


Figura 2. Cuenca Hidrológica

Según la clasificación geomorfológica y genética de Shepard (1973), la unidad I presenta dos tipos principales de costas: a) costas primarias, depositación subaérea, depositación por ríos, *deltáicas*, y b) costas secundarias, depositación marina, costas de barrera, *islas de barrera*.

De acuerdo con Ortega et al. (1992), la zona de estudio se encuentra dentro de la provincia geológica denominada Miogeoclinal del Golfo de México, con una edad cenozoica, de origen sedimentario continental y ambiente geotectónico de geoclinal.

En la zona de estudio dominan los terrenos sedimentarios del mesozoico que comprenden a los extensos y continuos afloramientos de rocas carbonatadas y clásticas representados, respectivamente, por los numerosos cambios de facies que se dieron entre las plataformas, islas y cuencas en la compleja paleogeografía asociada con la formación del Golfo de México durante esa época (Ortega et al., 1992). También se tienen depósitos aluviales y conglomeráticos (Csc) Terciarios y Cuaternarios (Fig. 3).

La zona de estudio comprende unidades volcánicas representadas por las secuencias andesíticas plio-cuaternarias de la Faja Volcánica Transmexicana (QTpv) de composición calcoalcalina (Cantagrel y Robin, 1979; Ortega et al., 1992).

El marco geológico de la región, puede estar alterado antrópicamente, en lo referente a la composición original de



los sedimentos de los diversos ambientes sedimentarios recientes que existen dentro de la cuenca del Río Pánuco. Esta afectación puede estar dada en gran medida por la actividad industrial tomando en cuenta el efecto perjudicial que pueden tener los desechos quimicos que se vierten en las corrientes fluviales y que van a dar al mar.



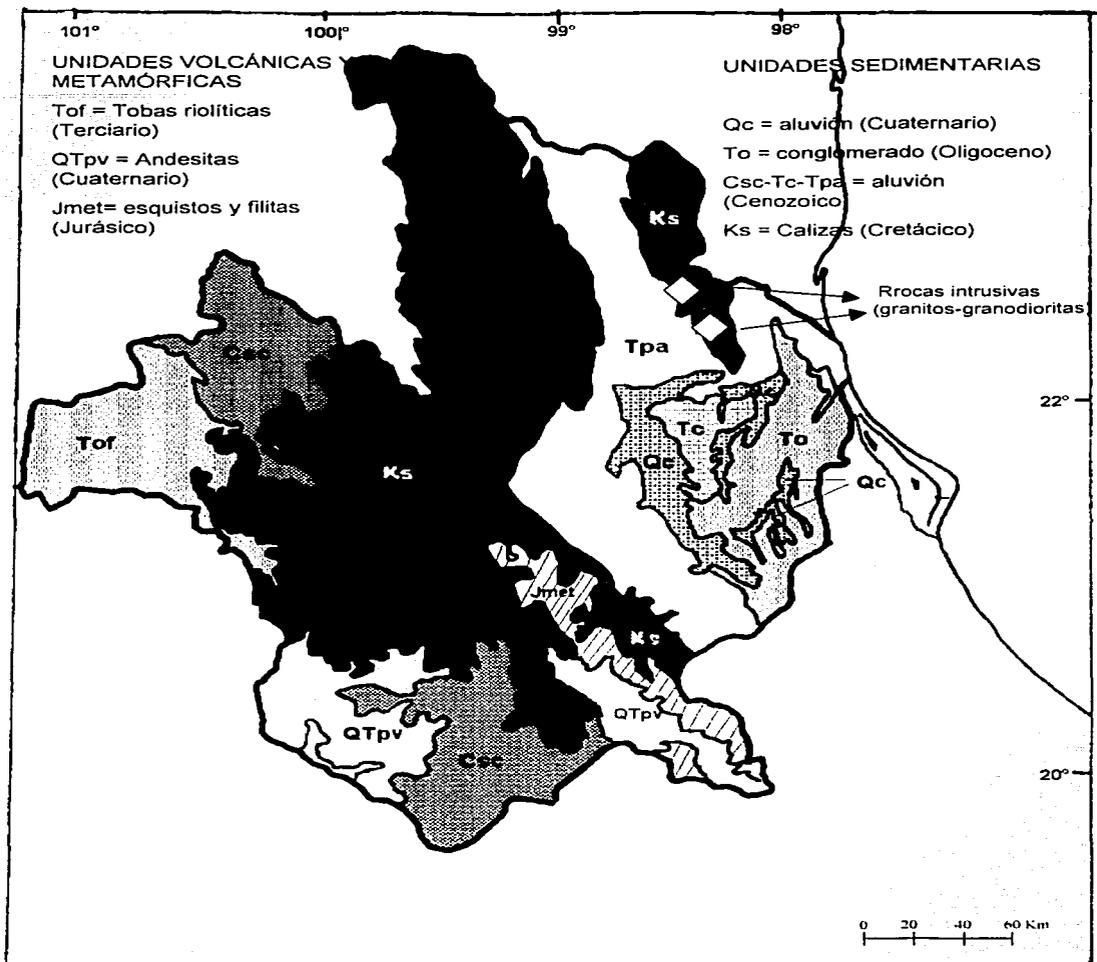
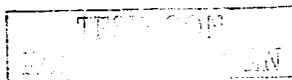


Figura 3. Litología sintetizada a partir de Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

El trabajo de campo se llevó a cabo a partir de la Campaña Oceanográfica Pánuco I, en la cual se hicieron 111 estaciones oceanográficas, en donde se recolectaron muestras de sedimento superficial del piso de la plataforma continental, en profundidades de muestreo variables entre 15 y 70 m. Algunas de estas 111 muestras correspondían con fragmentos rocosos (7, 31, 49, 63 y 84) o restos biógenos tamaño gravas (85 y 107) por lo que no se procesaron como sedimento y se excluyeron del análisis sedimentológico.

Los sedimentos se procesaron en el Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. Las muestras se cuartearon para obtener una submuestra representativa en el desarrollo de los análisis.

Las muestras a procesar se pusieron a secar bajo temperaturas menores que 50°C, para después obtener su peso en seco (gr). Con el propósito de disgregar la muestra y de eliminar la materia orgánica existente, las muestras se colocaron en vasos de precipitado de 1000 ml adicionándoles agua oxigenada y calentándolas en una placa térmica a temperaturas no mayores de 80 °C.

Con el fin de conocer el tipo de sedimento por su tamaño, se estableció la relación arena/lodo, llevándose a cabo la separación de arena y lodo (Carranza-Edwards, 1997) mediante

un tamiz de una abertura de  $4 \phi$  (0.0625 mm) por vía húmeda, eliminando así la fracción de lodo existente en la muestra.

La clasificación de los sedimentos por su tamaño se realizó de acuerdo a la escala de Wentworth:

Gravas =  $>2\text{mm}$  =  $-1\phi$

Arenas =  $2\text{mm} - 1/16 \text{ mm}$  =  $4\phi$

Limos =  $1/16 \text{ mm} - 1/256 \text{ mm}$  =  $9\phi$

Arcillas =  $> 1/256 \text{ mm}$  =  $>9\phi$

La fracción gruesa se secó y se tamizó en una serie de tamices:  $-2 \phi$  (4mm),  $-1\phi$  (2mm),  $0\phi$  (1mm),  $1\phi$  (0.5 mm),  $2\phi$  (0.25 mm),  $3\phi$  (0.125 mm) y  $4\phi$  (0.0625 mm) para separar a cada unidad phi (  $\phi$  ) la fracción de gravas de la de arenas y así obtener los pesos de ambas fracciones.

El material fino se colocó en una bureta de 1000 ml de capacidad y se preparó para realizar el método del pipeteo para obtener las fracciones de limos y arcillas (Morales y Carranza, 2000). Así se obtuvo el análisis granulométrico a cada unidad phi (  $\phi$  ).

Se obtuvieron los siguientes parámetros texturales de acuerdo con Folk (1974): 1) el tamaño gráfico promedio (Mz), el cual indica el tamaño de grano del sedimento (gravas, arenas, limos, arcillas) y 2) el grado de clasificación o desviación



estándar ( $\sigma$ ), que indica el grado de homogeneidad del sedimento (Tabla 1).

**Tabla 1** Fórmulas y límites empleados (Folk, 1974)

1) Tamaño gráfico promedio:

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

Cuyos límites son:

Grava	< -1.0 $\phi$
Arena	-1.0 $\phi$ - 4.0 $\phi$
Limo	4.0 $\phi$ - 8.0 $\phi$
Arcilla	8.0 $\phi$ - 12.0 $\phi$

2) Desviación estándar

$$\sigma = ((\phi_{84} - \phi_{16})/4) + ((\phi_{95} - \phi_5)/6.6)$$

Cuyos límites son:

Muy bien clasificado	< 0.35
Bien clasificado	0.35-0.50
Moderadamente bien clasificado	0.50-0.71
Moderadamente clasificado	0.71-1.00
Mal clasificado	1.00-2.00
Muy mal clasificado	2.00-4.00
Extremadamente mal clasificado	> 4.00

Para determinar la composición petrográfica, se hizo un conteo de puntos de minerales mayores en la fracción arenosa éste



incluye toda la fracción arenosa de la lámina delgada. Dentro de los componentes se tienen cuarzo (Q), granos de feldespatos (F) incluyendo plagioclasas y feldespatos potásicos y líticos totales (Lt). La composición petrográfica se representa en diagramas triangulares Q-F-Lt, mostrándose la media y la desviación standard. Estos diagramas se utilizaron para interpretar el marco tectónico con base en los conceptos presentados por Dickinson (1983). Se realizó otro conteo de puntos para diferenciar entre componentes biógenos y terrígenos y establecer su relación con carbonatos y materiales gruesos. Por otro lado se estableció la relación entre fragmentos de roca ígnea (Lv), fragmentos de roca sedimentaria (Ls) y fragmentos de roca metamórfica (Lm) con la finalidad de establecer procedencia y madurez mineralógica.

Por otro lado se determinó la concentración de elementos mayores y elementos traza y se aplicó la metodología seguida por Rosales y Carranza (1995) para la determinación del índice químico de alteración (Iqa) y la de Carranza y Rosales (1994); y por Carranza y Rosales (1995) en relación con la determinación de índices de procedencia y de índices de madurez mineralógica en sedimentos fluviales y marinos, en particular en sedimentos arenosos.

Los análisis químicos de carbonatos y materia orgánica se realizaron en el laboratorio de Química Marina y Contaminación del Instituto de Ciencias del mar y Limnología, en donde se determinó la materia orgánica con la finalidad de establecer su relación con la adsorción de metales como el cobre. La



determinación de elementos mayores y metales traza se hizo por Fluorescencia de Rayos X (FRX).

Para elaborar los planos de distribución textural, mineralógica y química de este trabajo se utilizó el paquete gráfico denominado SURFER (versión 7.0), el método de interpolación utilizado fue el de Kriging.

Cabe destacar que el manejo de la información en paquetes debe de ser muy cuidadosa, se deben tener presentes las características mineralógicas y texturales del sedimento pues con la interpolación pueden ocurrir errores de interpretación.

Para el análisis estadístico de la información y la elaboración de la matriz de correlación de los datos estudiados se empleó el coeficiente de correlación de Pearson en el programa EXCEL que lo calcula de la siguiente forma:

#### **PEARSON**

Devuelve el coeficiente de correlación producto o momento  $r$  de Pearson,  $r$ , un índice adimensional acotado entre  $-1,0$  y  $1,0$  que refleja el grado de dependencia lineal entre dos conjuntos de datos.

#### **Sintaxis**

**PEARSON(matriz1;matriz2)**

La Matriz 1 es un conjunto de valores independientes.

La Matriz 2 es un conjunto de valores dependientes.



### Observaciones

- Los argumentos deben ser números o nombres, constantes matriciales o de referencia que contengan números.
- Si un argumento matricial o de referencia contiene texto, valores lógicos o celdas vacías, esos valores se pasan por alto; sin embargo, se incluirán las celdas con el valor cero.
- Si los argumentos matriz1 y matriz2 están vacíos o contienen un número diferente de puntos de datos, PEARSON devuelve el valor de error #N/A.
- El valor  $r$  de la línea de regresión es:

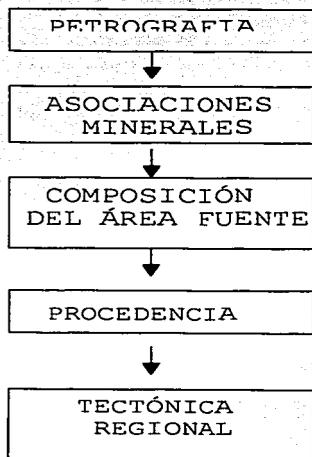
$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

### Ejemplo

PEARSON({9;7;5;3;1};{10;6;1;5;3}) es igual a 0,699379



Los pasos seguidos para llegar al establecimiento de la procedencia y de su control por la tectónica regional, fueron los siguientes:



De esta manera se contará con los elementos necesarios para el análisis de la información que se va a integrar.



## CAPÍTULO IV

### DISTRIBUCIÓN TEXTURAL DEL SEDIMENTO

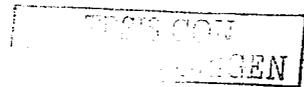
#### BATIMETRIA

Se observa que a partir de la línea de costa hacia mar adentro, las isóbatas paralelas a la línea de costa presentan (Fig.4) con una pendiente pronunciada al inicio que se empieza a suavizar a partir de la isóbata de 20 m.

Existen dos características sobresalientes en esta tendencia; a los 35 y 65 m se tiene la presencia de dos discontinuidades en el paralelismo de las isóbatas; esto pudiera deberse a la formación de antiguos deltas, ya que se encuentran en la misma orientación de la desembocadura del Río Pánuco. Las estaciones se encuentran distribuidas en el área de estudio en profundidades de 15 hasta 70 m.

La distribución granulométrica de los sedimentos superficiales de la plataforma continental frente a la desembocadura del Río Pánuco presenta diferentes patrones en la distribución de los tamaños de partícula.

En la región estudiada no se observa el comportamiento generalizado en que se da una gradación de tamaños finos de la costa hacia mar adentro; de acuerdo con Holmes (1981) ese patrón supone que la textura se vuelve más fina al aumentar la distancia a la fuente de origen y de que cada componente de la



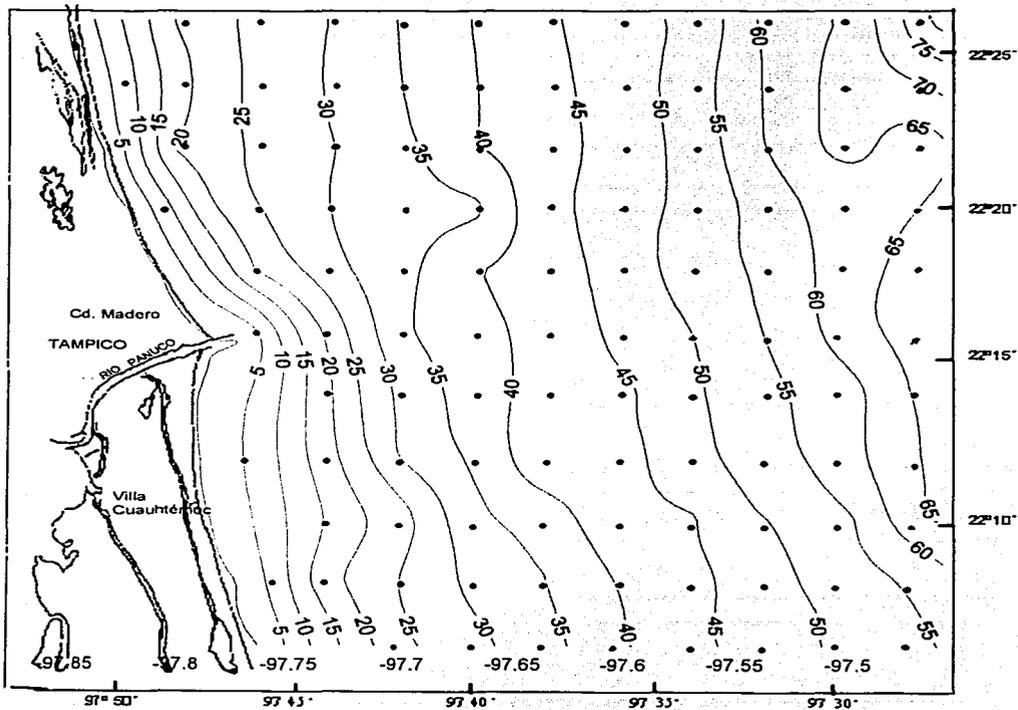


Fig. 4 Batimetría en metros

muestra está homogéneamente distribuido en el sedimento; circunstancias como en este caso no siempre se cumplen debido a que existen diversos mecanismos de distribución del sedimento una vez que han sido aportados por los ríos como las corrientes de turbidez, las corrientes litorales y el relieve submarino.

La concentración de gravas en el 95% de las muestras no excede el 10%; sin embargo existen algunas muestras (11, 20, 24, 35 y 42) en donde se tienen porcentajes (Tabla 2) entre 17.91% y 39.78%. Estas se localizan en tres parches, dos hacia la zona suroeste del área de estudio y uno hacia el sureste (Fig. 5). Las muestras 107 y 85 tienen una concentración de gravas mayor al 65% y los valores en unidades  $\phi$  resultaron ser desde  $-5\phi$  en la muestra 107 y  $-4\phi$  en la 85. Los fragmentos de gravas corresponden en su mayoría con restos de bivalvos y corales, lo cual también se observa en la matriz de correlación (Tabla 3), en donde se tiene una correlación positiva entre gravas y biógenos. Hacia el suroeste del área de estudio se tiene a la Laguna de Tamiahua, la cual pudiera ser la responsable del aporte de estos organismos hacia la plataforma continental en épocas de lluvias, cuando el nivel del mar excede la barra que divide a la laguna.

Por otro lado los parches de material grueso pueden ser el resultado del aporte directo del Río Pánuco en temporadas de lluvias con lo que el río se vuelve más caudaloso y aporta



**Tabla 2. Parámetros texturales de los sedimentos (%)  
de la C/O Pánuco I**

Mtra.	GRAVAS	ARENAS	LIMOS	ARCILLA	Mz (Φ)	σ (Φ)
1	1.64	57.04	17.25	24.07	4.4	3.99
2	10.19	50.58	37.48	1.74	2.4	3.26
3	0.00	63.34	34.33	2.33	3.4	2.45
4	0.14	63.34	31.80	4.72	3.4	2.49
5	0.08	29.25	66.11	4.56	5.2	1.89
6	0.00	45.66	36.86	17.47	5.3	2.61
8	0.02	41.85	43.46	14.67	5.0	2.36
9	0.00	83.77	11.22	5.01	3.3	0.77
10	0.00	28.08	69.53	2.39	4.6	0.93
11	30.49	50.91	17.01	1.59	0.3	2.96
12	0.00	30.47	46.93	22.60	5.9	2.64
13	0.00	53.32	29.39	17.29	4.6	3.26
14	0.00	56.94	20.63	22.43	4.7	3.55
15	7.39	61.90	29.18	1.53	2.7	3.09
16	3.41	58.00	15.93	22.67	4.2	3.97
17	2.49	27.00	26.22	44.28	6.3	4.30
18	1.78	41.59	28.17	28.46	4.6	3.64
19	7.79	44.45	45.96	1.80	2.9	3.26
20	20.85	47.36	15.06	16.73	2.5	4.52
21	1.38	62.16	34.56	1.90	3.5	2.45
22	0.11	27.81	41.59	30.48	6.1	3.30
23	0.00	23.66	73.09	3.25	5.2	1.34
24	13.99	57.30	14.55	14.17	2.1	3.95
25	0.00	25.42	67.83	6.75	4.9	1.23
26	0.00	75.39	20.59	4.01	3.8	0.62
27	0.00	49.22	48.30	2.49	4.0	0.68
28	0.00	25.66	44.28	30.06	6.3	2.78
29	0.00	13.83	76.44	9.73	5.1	1.18
30	1.61	42.76	48.03	7.60	4.0	2.75
32	0.26	55.88	34.07	9.79	3.8	2.69
33	0.00	33.61	63.87	2.52	4.9	1.89
34	1.25	46.20	49.38	3.17	3.9	2.97
35	17.91	34.08	43.04	4.97	2.5	3.59
36	0.50	30.08	52.20	17.22	5.5	2.54
37	7.13	59.58	28.98	4.31	1.9	2.91
38	0.76	21.14	72.80	5.30	5.4	2.07
39	0.30	36.32	57.21	6.17	5.1	2.37
40	0.00	56.84	31.64	11.52	4.2	2.58
41	0.00	9.65	48.60	41.76	7.2	2.75
42	39.78	37.82	21.74	0.65	0.1	3.41
43	0.06	21.84	46.04	32.07	6.6	2.76
44	0.06	25.06	66.38	8.51	5.5	1.72
45	0.21	29.41	47.63	22.76	5.7	2.56
46	0.03	36.79	60.59	2.60	5.0	1.40
47	0.00	18.92	68.68	12.40	5.7	1.71



Mtra.	GRAVAS ARENAS		LIMOS ARCILLA		Mz (Φ)	σ (Φ)
48	0.00	35.89	51.74	12.37	5.1	2.21
50	1.25	31.01	30.39	37.34	6.0	4.08
51	0.79	33.29	57.08	8.84	4.2	2.96
52	1.51	42.77	20.91	34.81	5.1	4.42
53	1.20	46.57	19.42	32.81	5.4	4.09
54	0.16	25.63	27.20	47.01	6.8	3.95
55	2.26	42.66	42.44	12.63	4.0	3.48
56	0.55	13.97	36.79	48.68	7.5	3.06
57	0.44	11.91	80.76	6.89	5.8	1.28
58	0.23	22.00	35.77	42.00	6.9	3.55
59	0.11	40.78	52.46	6.65	4.9	2.47
60	0.00	23.67	63.51	12.82	5.6	1.83
61	0.00	35.95	37.25	26.80	5.5	2.18
62	0.71	42.48	29.25	27.56	5.7	3.13
64	0.00	65.26	31.16	3.59	4.2	1.19
65	0.00	58.29	27.04	14.66	4.9	1.90
66	0.10	37.02	40.80	22.08	5.8	2.62
67	0.00	18.32	46.54	35.14	6.7	2.84
68	0.00	28.17	65.88	5.95	5.1	1.79
69	0.00	8.15	88.83	3.02	6.6	1.45
70	0.08	13.01	84.60	2.31	6.5	1.65
71	0.00	7.88	34.32	57.80	8.3	2.80
72	10.94	32.25	27.57	29.24	4.1	4.07
73	0.20	44.89	14.28	40.63	4.9	3.46
74	0.87	75.04	7.70	16.39	3.5	3.30
75	0.16	9.27	38.91	51.67	7.9	2.92
76	0.00	5.23	40.32	54.45	8.0	2.67
77	0.32	5.09	73.73	20.87	6.8	1.57
78	0.06	14.83	32.32	52.78	7.5	2.82
79	0.00	33.52	33.74	32.74	6.0	3.64
80	0.00	12.31	42.21	45.49	6.8	1.93
81	0.05	35.51	38.82	25.62	5.5	2.08
82	0.00	57.28	27.69	15.02	4.8	1.83
83	1.27	35.85	42.91	19.97	5.1	2.75
86	8.92	68.34	15.70	7.04	2.5	2.35
87	0.00	59.90	27.37	12.73	4.4	1.66
88	0.00	33.05	63.57	3.38	5.2	1.70
89	0.33	16.32	42.15	41.53	7.2	2.90
90	0.00	9.64	51.81	38.55	6.8	1.84
91	0.33	12.02	72.77	14.88	6.5	1.71
92	0.00	10.87	29.34	59.79	7.2	2.15
93	0.00	5.72	40.37	53.91	7.4	1.64
94	0.00	13.78	32.90	53.32	7.9	3.07
95	7.44	46.73	14.72	31.11	3.9	4.65
96	0.15	51.54	45.30	3.01	3.3	3.38
97	0.99	59.76	9.89	29.35	3.2	3.80
98	0.00	5.57	33.53	60.90	8.6	2.63
99	0.63	23.51	73.56	2.30	5.5	2.86
100	0.00	8.44	65.18	26.37	6.8	1.72
101	0.00	12.73	36.00	51.27	8.1	2.93

BOGEN

Mtra.	GRAVAS ARENAS		LIMOS ARCILLA		Mz (Φ)	σ (Φ)
102	0.00	18.49	41.71	39.80	7.0	2.92
103	0.07	32.60	40.83	26.49	5.6	2.07
104	0.00	54.43	31.69	13.88	4.7	1.88
105	1.12	75.16	22.73	0.99	3.8	0.84
106	0.00	87.47	9.18	3.35	3.5	0.52
108	0.00	94.42	3.98	1.60	3.4	0.48
109	0.00	43.60	33.05	23.35	5.4	3.20
110	0.00	28.71	40.44	30.85	6.4	2.77
111	0.00	88.94	9.34	1.71	3.5	0.49

ENGINEERING  
 CONSULTANTS  
 INC.

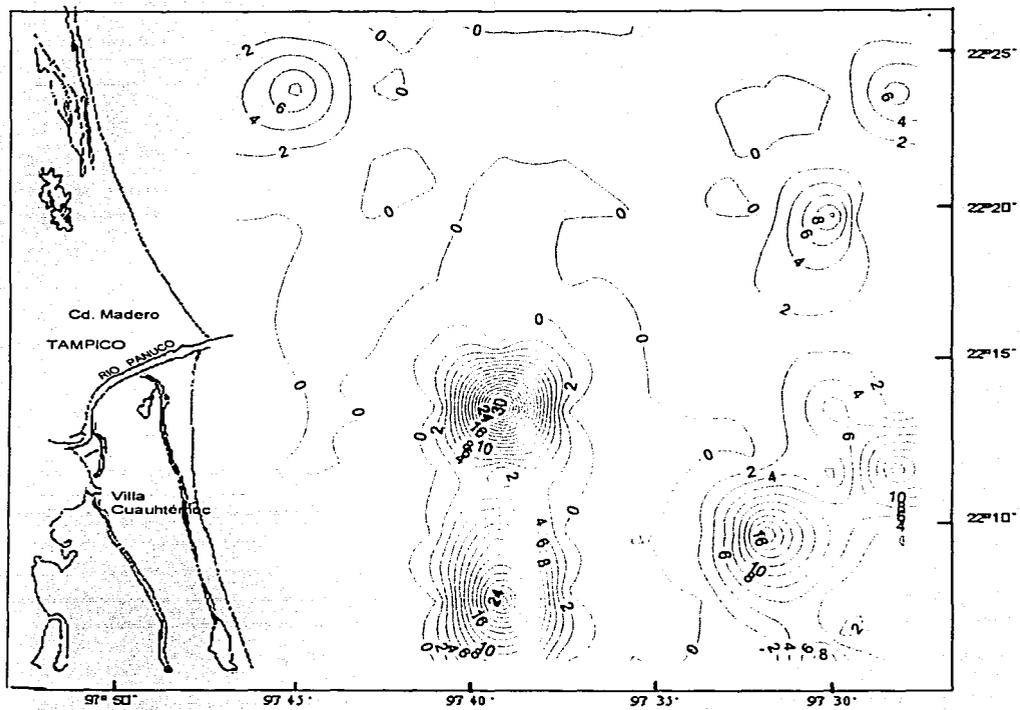


Fig. 5. Distribución de gravas en por ciento

material más grueso que en época de estiaje, sobre todo en el parche más hacia el norte.

**Tabla 3. Matriz de Correlación**

n=35; nivel de significancia 99%, los valores por encima de 0.325

	GRAVAS	ARENAS	LIMOS	ARCILLAS	Mat.Org.	CO3	MZ	BIOG
GRAVAS	1.000	0.032	-0.239	-0.132	-0.102	0.144	-0.681	0.366
ARENAS		1.000	-0.779	-0.442	<b>-0.582</b>	-0.030	-0.652	<b>-0.327</b>
LIMOS			1.000	-0.155	<b>0.559</b>	-0.200	0.484	0.010
ARCILLAS				1.000	0.136	0.286	0.616	<b>0.347</b>
MO					1.000	0.063	0.373	0.034
CO3						1.000	-0.101	<b>0.531</b>
MZ							1.000	-0.014
BIOGENOS								1.000

El muestreo se realizó en el mes de marzo en donde las corrientes superficiales tienen una componente hacia el sur (Fernández-Eguiarte et al., 1992) y se encargan de distribuir el material grueso procedente del Río Pánuco depositado cerca de la costa y llevado mar adentro por corrientes y tormentas.

La concentración de arenas se presenta dentro de un rango muy amplio de valores, entre los límites 5.08% (muestra 77, Tabla 2) y 94.42% (muestra 108, Tabla 2), con un promedio de 37.48%. La mayor concentración está distribuida hacia la línea de costa (Fig. 6) hasta los 35 m de profundidad (Fig. 4) y a partir de esa isobata, los valores empiezan a decrecer por

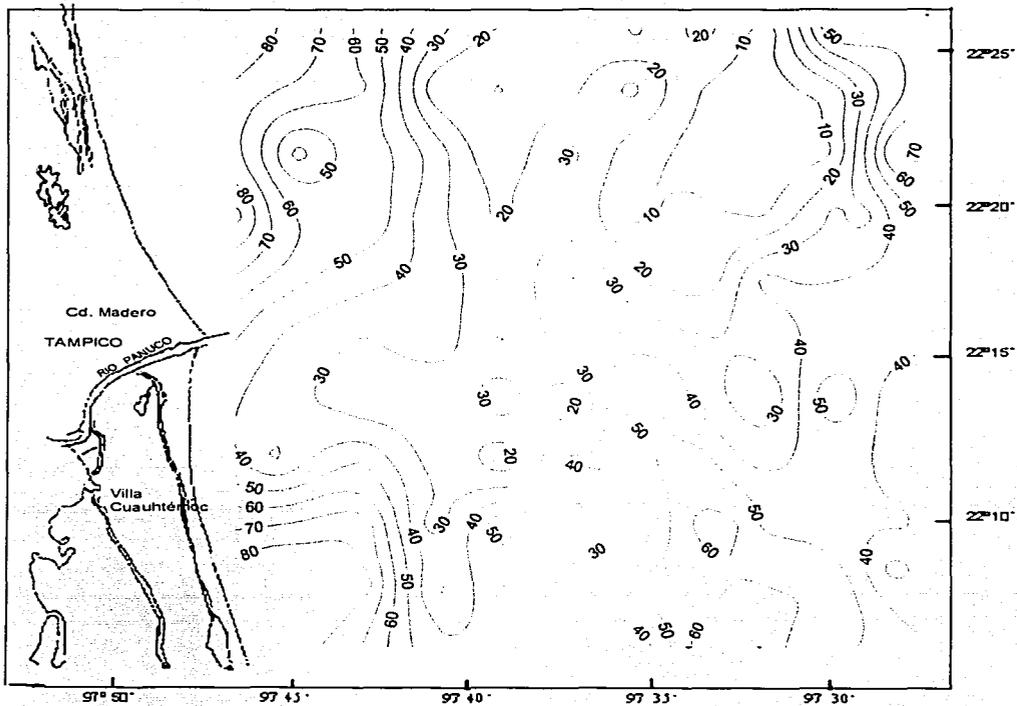


Fig. 6 Distribución de arenas en por ciento

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

debajo del 30% para volver a aumentar a concentraciones por encima del 50% en la región sureste del área de estudio. La zona con alto contenido de arenas sugiere condiciones de alta energía en lo que se refiere a movimiento del agua.

El movimiento de los sedimentos por efecto del oleaje de fondo ponen en suspensión a los sedimentos previamente depositados en el piso marino en periodos de calma o los que están aportando los ríos; estos sedimentos pueden ser acarreados desde la plataforma hacia zonas más profundas por corrientes de turbidez constituidas principalmente por lodos, lo que posiblemente deje al descubierto a los sedimentos gruesos depositados previamente.

El principal mecanismo dispersor de las arenas parece ser la hidrodinámica de las corrientes superficiales que en verano tienen una componente hacia el norte y en invierno hacia el sur (Fernández-Eguiarte et al., 1992) distribuyendo las arenas en dos parches, uno hacia el norte y el otro hacia el sur de la desembocadura del Río Pánuco (Fig. 6). Una vez que desemboca el río en el mar, las corrientes se llevan el material más fino dejando el material más grueso cerca de la costa. La presencia de biógenos en las arenas no es tan abundante como en la fracción de gravas (Tabla 3) ya que existen una gran cantidad de terrígenos diluyendo la cantidad de biógenos. Por otro lado la fracción arenosa indica condiciones de alta energía, que no propician el depósito de organismos.



La relación que guardan las arenas con los otros parámetros texturales es significativa en lo que se refiere al contenido de materia orgánica y concentración de biógenos teniéndose en ambos casos una relación negativa. La materia orgánica presenta una tendencia a absorberse con el material más fino (Rose, 1979; Merian, 1991) y no con el material grueso. Y la relación con biógenos es inversa porque en el tamaño arena se presenta una abundancia de terrígenos que crea un efecto dilutor.

La distribución textural de limos tiene un rango entre 3.98% (muestra 108, Tabla 2) y 88.73% (muestra 69, Tabla 2) con un promedio de 40.34%. Las concentraciones por encima del promedio se tienen hacia la zona central del área de estudio (Fig. 7) a profundidades entre 30 y 55 m (Fig. 4) definiendo dos zonas una hacia el noreste del área con concentraciones mayores a 80% y una hacia el sur del área con concentraciones por encima del 60%.

La concentración de limos presenta una correlación positiva con materia orgánica y esto debido a la afinidad de la materia orgánica con el material fino.

La concentración de arcillas en las muestras presenta un amplio rango de valores; con un mínimo de 0.65% (muestra 42, Tabla 2) y un máximo de 60.90% (muestra 98, Tabla 2) y un promedio de 20.10%. Los valores por encima del promedio se tienen en la parte noreste del área de estudio (Fig. 8) a profundidades mayores que 45 m y la máxima concentración se

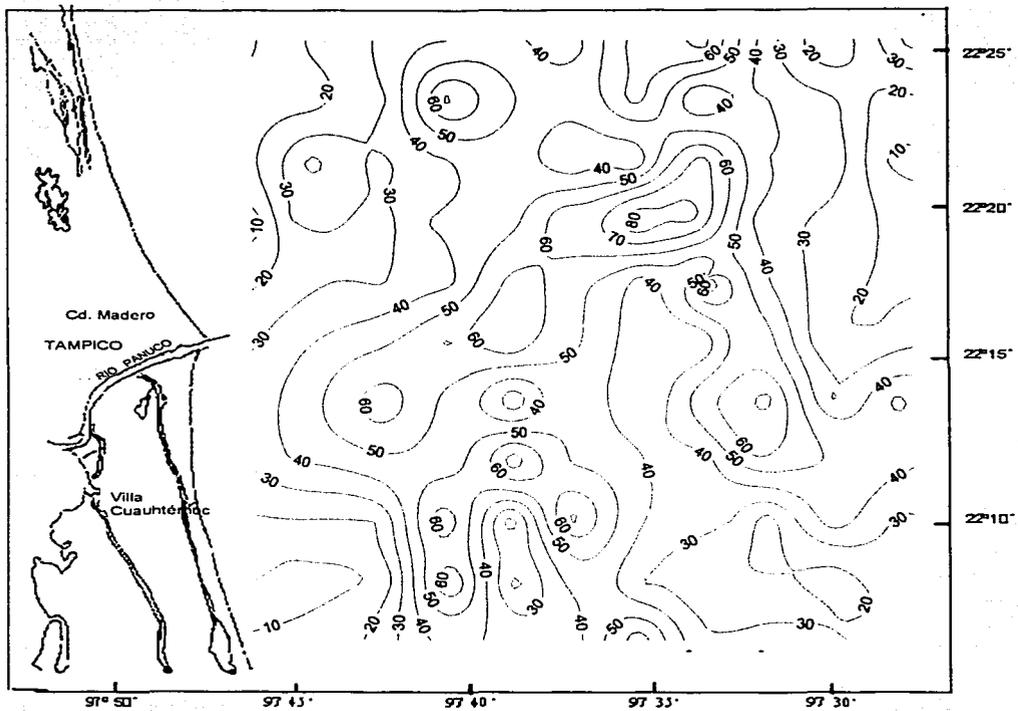


Fig. 7 Distribución de limos en por ciento

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

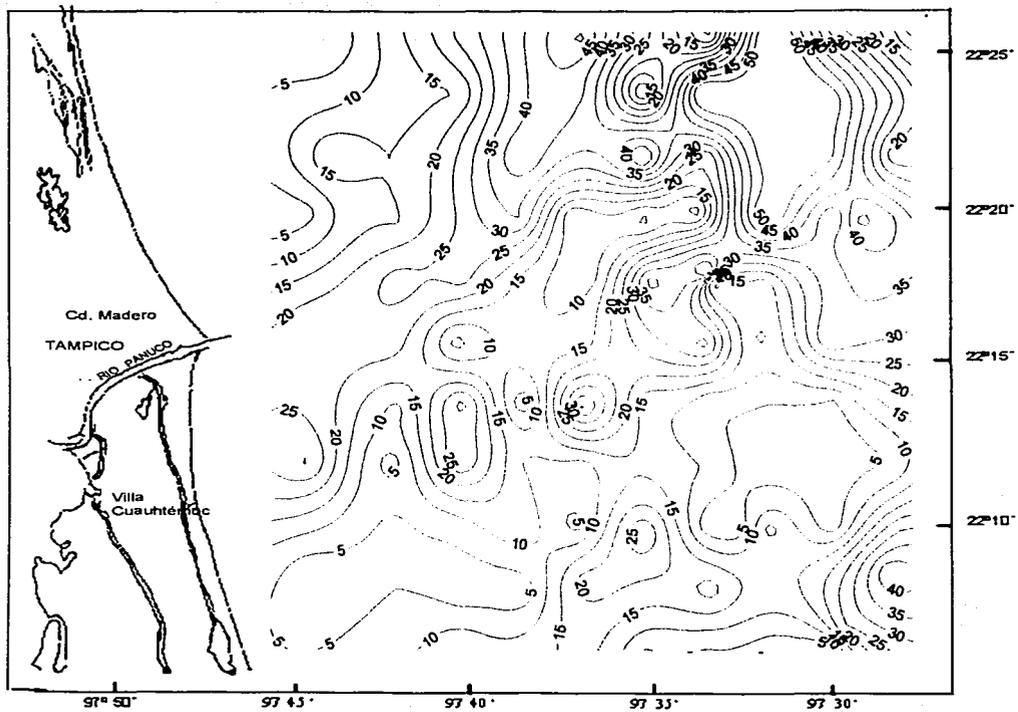


Fig. 8 Distribución de arcillas en por ciento

tiene hacia la zona más profunda muestreada con una profundidad mayor a los 65 m (Fig. 4). Esto es debido a que sedimento cada vez más fino se deposita en zonas cada vez más profundas, donde las condiciones de calma permiten este depósito.

La zona de gran concentración de arcillas es una zona de baja energía, aquí la acción del oleaje debe ser despreciable, al igual que las corrientes litorales que provocan condiciones de alta energía con lo que se favorece el depósito de material fino. Por otro lado el mecanismo distribuidor de arcillas pudiera relacionarse con el desplazamiento de las masas de agua.

Las mínimas concentraciones de arcillas se tienen hacia el oeste de la región estudiada cerca de la desembocadura del Río Pánuco, esto debido a las condiciones de alta energía que no permiten el depósito de material fino

La distribución del tamaño gráfico promedio ( $Mz$ ) de las muestras (Fig. 9), presenta una tendencia general a tener limos gruesos como el componente textural más abundante de los sedimentos sobre todo en la zona central y noreste del área de estudio.

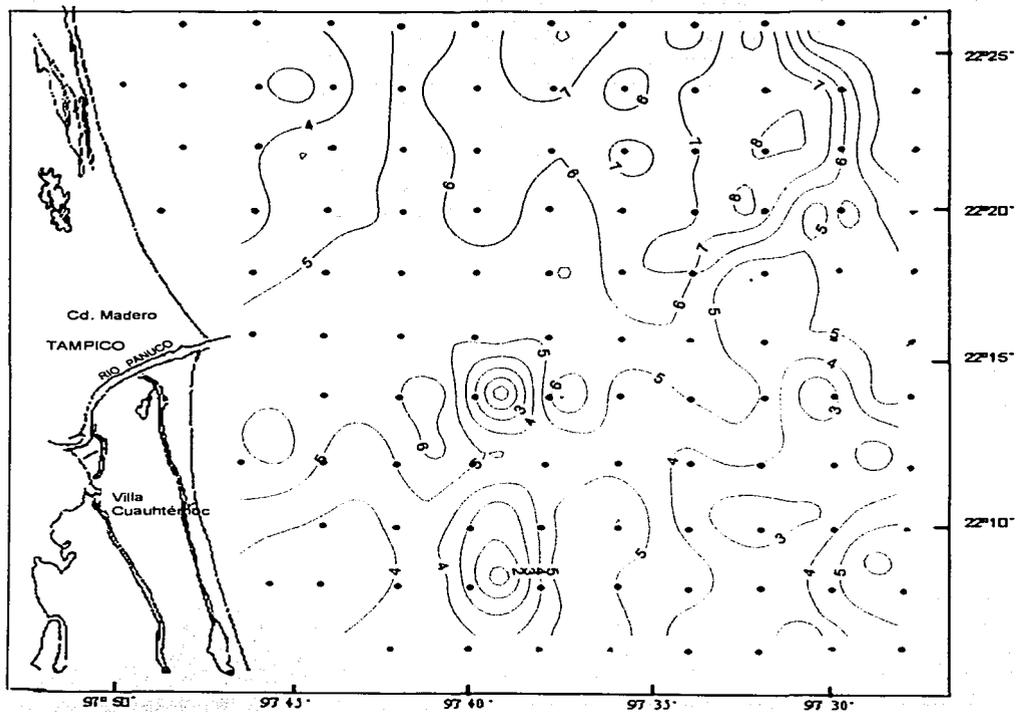


Fig. 9 Distribución de tamaño gráfico promedio (Mz)

También se observa una correlación positiva entre  $Mz \Phi$  ) y el contenido de materia orgánica (M.O.) (Tabla 3) del sedimento, presentándose con mayor abundancia en las fracciones finas que en las gruesas, ya que ésta generalmente se absorbe en el material fino

Por otro lado, la relación entre biógenos y carbonatos es positiva y existe una línea imaginaria a los  $97^{\circ}30'$  longitud oeste en donde se observa una gran abundancia de biógenos; la cual podría establecer el límite entre condiciones de alta y baja energía. (Fig. 10).

Las máximas concentraciones de terrígenos (Fig. 11) se tienen cerca de la desembocadura del Río Pánuco, el cual es el responsable directo de este aporte hacia la plataforma continental.

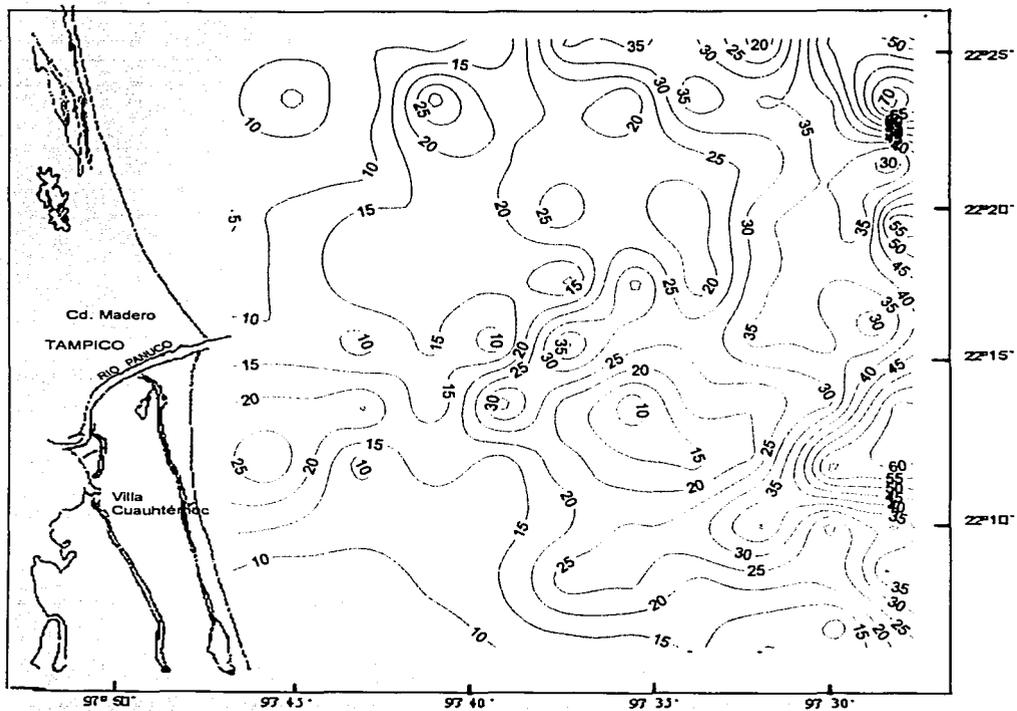


Fig. 10 Distribución de biógenos en la fracción arenosa (%)

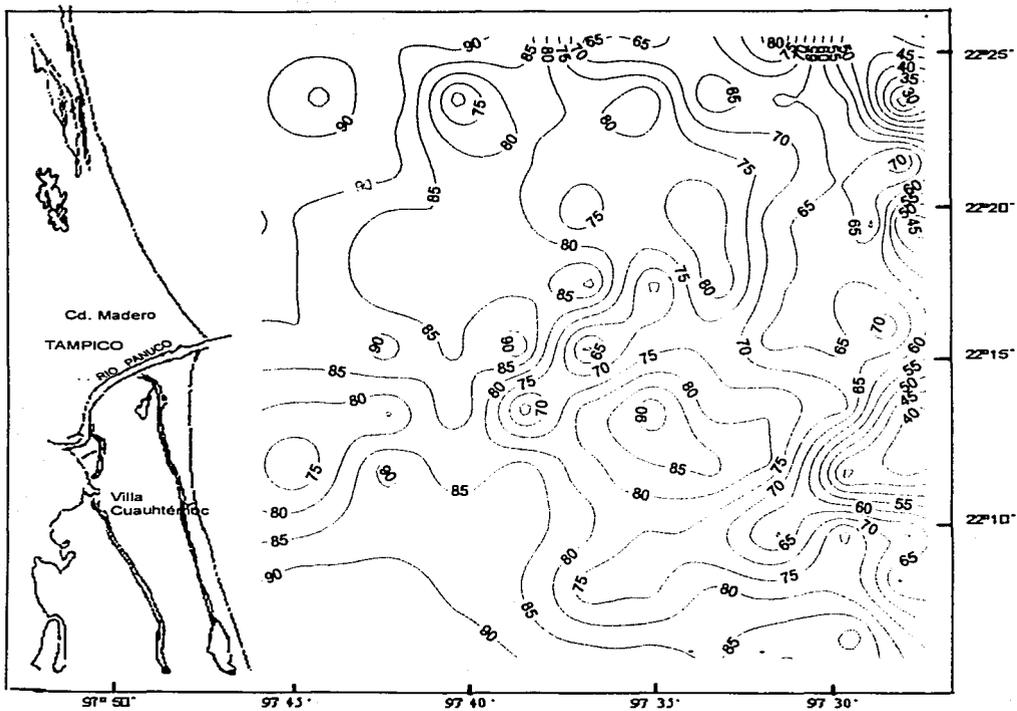
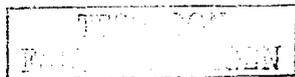


Fig.11 Distribución de terrigenos en la fracción arenosa



## CAPITULO V

### COMPOSICIÓN DEL SEDIMENTO

De acuerdo con Valloni y Maynard (1981) el tipo y cantidad de componentes de la fracción ligera (cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca) son utilizados en la determinación de procedencia. Por otro lado, Statteger (1987) y Grisby (1990) mencionan que existen tres consideraciones utilizadas en la determinación de procedencia:

- 1) El estudio de las proporciones de la fracción ligera del sedimento.
- 2) El análisis químico detallado de la composición de las arenas.
- 3) El estudio de minerales pesados asociados con las arenas tales como : espinela, ilmenita, hematita y magnetita.

Para analizar la procedencia, en este capítulo se estudiaron los principales constituyentes de la fracción arenosa total de las muestras y se encontraron los siguientes en orden de abundancia: fragmentos de roca, feldespatos (plagioclasas y potásicos), cuarzo y biógenos.

La abundancia del cuarzo (Q) en la fracción arenosa de las muestras colectadas, varía desde 2% hasta 52.5%. Se tiene un promedio de 22.28% (Tabla 4). Las máximas concentraciones se encuentran distribuidas hacia la zona central del área de estudio (Fig. 12) frente al Río Pánuco observándose que el aporte desde continente (litología del área Fig. 3) de este



**Tabla 4. Composición de los sedimentos de plataforma frente a la desembocadura de Río Pánuco**

MTRA.	%Q	%Fd	%FR
1	19.0	30.5	50.5
2	13.0	34.0	53.0
3	19.0	33.0	48.0
4	37.0	22.5	40.5
5	32.0	26.0	42.0
6	32.0	26.0	42.0
8	12.5	34.0	53.5
9	12.5	38.0	49.5
10	12.5	26.0	61.5
11	11.5	49.0	39.5
12	16.5	47.0	36.5
13	20.5	37.0	42.5
14	25.0	38.5	36.5
15	16.0	35.0	49.0
16	13.5	40.0	46.5
17	13.0	46.5	40.5
18	20.5	34.0	45.5
19	8.0	48.5	43.5
20	23.5	33.0	43.5
21	26.0	32.5	41.5
22	15.5	38.5	46.0
23	18.0	33.0	49.0
24	34.0	32.5	33.5
25	25.0	36.5	38.5
26	14.5	44.0	41.5
27	20.0	40.0	40.0
28	18.0	38.5	43.5
29	30.0	36.0	34.0
30	21.0	37.0	42.0
32	37.5	33.0	29.5
33	29.5	33.0	37.5
34	31.0	18.0	51.0
35	23.5	20.0	56.5
36	24.0	20.5	55.5
37	32.0	31.0	37.0
38	25.0	32.0	43.0
39	17.0	39.0	44.0
40	11.5	51.0	37.5
41	24.5	40.0	35.5
42	2.0	28.0	70.0
43	33.5	24.5	42.0
44	38.0	15.0	47.0
45	40.5	19.0	40.5
46	52.5	18.5	29.0
47	38.0	26.0	36.0
48	44.0	23.0	33.0
49	36.5	27.5	36.0
50	40.5	25.0	34.5
51	33.0	28.0	39.0



MTRA.	%Q	%Fd	%FR
52	46.5	17.0	36.5
53	8.0	27.0	65.0
54	18.5	47.0	34.5
55	24.5	25.0	50.5
56	23.5	29.0	47.5
57	14.5	26.5	59.0
58	19.5	45.0	35.5
59	38.5	28.5	33.0
60	37.0	35.0	28.0
61	39.0	22.0	39.0
62	27.0	26.5	46.5
64	28.0	35.5	36.5
65	26.5	38.0	35.5
66	38.5	37.0	24.5
67	40.5	21.5	38.0
68	36.0	38.0	26.0
69	38.0	34.5	27.5
70	17.0	17.0	66.0
71	12.5	46.5	41.0
72	19.0	64.0	17.0
73	10.5	29.0	60.5
74	16.5	37.0	46.5
75	11.5	46.0	42.5
76	10.5	51.0	38.5
77	26.0	47.5	26.5
78	18.0	43.0	39.0
79	14.5	58.0	27.5
80	17.5	43.5	39.0
81	13.5	46.0	40.5
82	6.0	63.0	31.0
83	18.0	46.0	36.0
86	20.5	42.0	37.5
87	28.0	44.5	27.5
88	22.0	33.0	45.0
89	18.0	41.0	41.0
90	4.0	47.0	49.0
91	23.0	48.0	29.0
92	13.0	51.5	35.5
93	7.5	38.0	54.5
94	17.0	46.5	36.5
95	3.5	5.0	91.5
96	6.5	26.0	67.5
97	40.0	16.5	43.5
98	42.0	38.0	20.0
99	23.0	41.0	36.0
100	18.5	49.0	32.5
101	20.0	54.5	25.5
102	39.5	35.0	25.5
103	29.0	54.0	17.0
104	10.5	60.5	29.0
105	5.0	65.0	30.0
106	8.0	63.0	29.0
108	15.5	50.5	34.0
109	14.0	53.5	32.5
110	11.5	56.0	32.5
111	14.0	43.0	43.0

FALL 1958

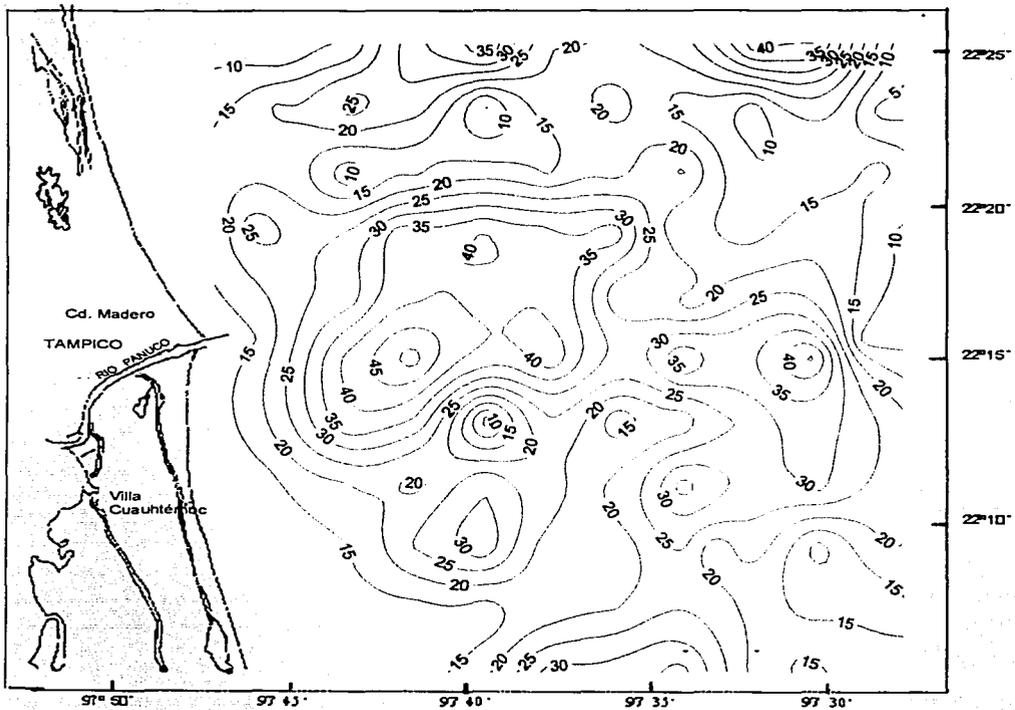


Fig. 12 Distribución del porcentaje de cuarzo en la fracción arenosa

INSTITUTO  
NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y  
CENSO

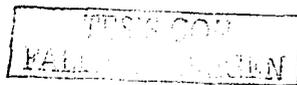
material está siendo transportado por el Río Pánuco hasta la plataforma continental.

Por otro lado, observando las relaciones del cuarzo con los parámetros texturales en la matriz de correlación (Tabla 5) se observa que existe una mayor abundancia de cuarzo en la fracción arenosa cuando en la muestra total abundan los limos, con una correlación positiva. Los otros parámetros texturales no muestran una correlación significativa con el cuarzo.

En relación con los otros componentes, el cuarzo presenta una relación negativa con respecto al contenido de feldespatos y fragmentos de roca.

De acuerdo con Pettijohn et al. (1973) el cuarzo policristalino presenta una abundancia menor en las arenas ricas en feldespatos y fragmentos de roca. Aparentemente es más fácil eliminarlo por abrasión que al cuarzo monocristalino; esto podría explicar la poca abundancia de cuarzo en algunas de las muestras, ya que en ese caso es el pedernal el que abunda; por el contrario, en las muestras con alto contenido de cuarzo, se tiene la presencia de cuarzo metamórfico y plutónico.

La variación del feldespato (F) varía entre 17% y 65%, llegando a tener un mínimo de 5% en la muestra 95, donde abundan los biógenos (Tabla 4). El promedio de la concentración de feldespato en los sedimentos es de 36.5%. Las máximas concentraciones (Fig. 13) se tienen en la zona norte y



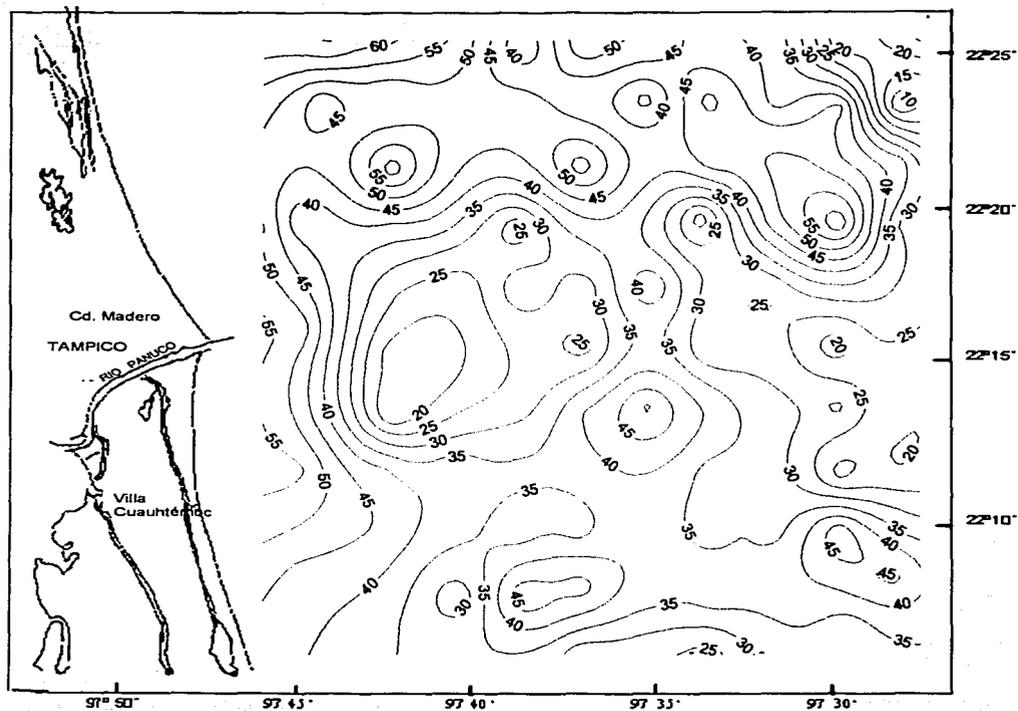


Fig. 13 Distribución del porcentaje de feldespatos en la fracción arenosa

noreste del área de estudio donde se presentan las mayores profundidades (65m) (Fig. 4). La máxima concentración de feldespato en la región noreste del área coincide con los máximos de arcillas (Fig. 8); ésto podría deberse a que la alteración de los feldespatos está originando la predominancia de arcillas. También se observa que frente a la desembocadura del Río Pánuco se tienen altas concentraciones de feldespato lo que sugiere sea el Río el causante del aporte de dicho material. El bajo porcentaje de feldespatos en las muestras se debe posiblemente a que los agentes erosivos, tanto el oleaje como el clima de la región, los reduzcan a tamaños de lodos y por lo tanto no se encuentren presentes en la fracción arenosa de las muestras estudiadas.

Los feldespatos son minerales inestables tanto en condiciones de intemperismo mecánico como químico. Los efectos de la abrasión producen una reducción en el tamaño de grano; es por esto que a pesar de ser abundante en la fracción arenosa de algunas de las muestras, se presenta asociado con los tamaños finos. Otros estudios que reflejan condiciones similares son los realizados por Field y Pilkey (1969); Pettijonh (1975); Franzinelli y Potter (1983), en donde concluyen que las bajas concentraciones de feldespatos reflejan la procedencia de áreas altamente intemperizadas, en contraste con las grandes proporciones de feldespatos en los sedimentos que son derivados de áreas menos intemperizadas (Mc Master y Garrison ,1966).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

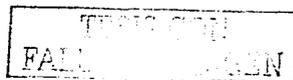
En algunas arenas, el alto contenido de feldespatos es atribuido a tectonismo (Ronov et al., 1963, Dickinson, 1983, Carranza, 1992) (ej. un rápido levantamiento y erosión de los detritus intemperizados incompletamente); la baja concentración de feldespatos se ha relacionado con etapas finales de erosión, bajo relieve y estabilidad cortical (Dickinson, 1983).

Para Pettijohn et al. (1973) la abundancia de feldespatos está relacionada con tres factores importantes: 1) tipo de roca madre, 2) intemperismo químico del área fuente, y 3) abrasión durante el transporte.

En este caso, la abundancia de feldespato en algunas de las muestras (104-111) está relacionada con las rocas volcánicas presentes en la región del Cinturón Volcánico Transmexicano (Fig. 3) que es cruzado por el Río Moctezuma; esto lo evidencia el hecho de tener mayor contenido de fragmentos de roca volcánica en estas muestras.

La existencia de minerales inestables en el ambiente intemperizado y su consiguiente transportación al ambiente de depósito está en función de la relación del intemperismo físico y químico con la topografía del área fuente y ésta a su vez con la tectónica.

Los sedimentos de plataforma reflejan la fuente continental, porque frecuentemente están asociados con materiales intemperizados y transportados por sistemas fluviales y



corrientes litorales, por ello es posible establecer su procedencia, que de acuerdo con Pettijohn et al. (1973) se relaciona con los factores que engloban la producción del sedimento, incluyendo roca madre, relieve, clima y transporte.

En el grupo de fragmentos de roca (FR) se incluyen tanto fragmentos de rocas ígneas (basaltos y andesitas), como sedimentarias (areniscas y calizas) y metamórficas (esquistos y gneisses). Este grupo varía desde 17% hasta 70% con un máximo de 91.5% (Tabla 4), y es el principal constituyente de la fracción arenosa de los sedimentos estudiados. Este grupo tiene una concentración promedio de 40.2%. Las máximas concentraciones (>40.2%) se encuentran en un parche en la zona central del área de estudio y hacia la región noreste (Fig. 14).

En la matriz de correlación (Tabla 5) se tiene una correlación negativa entre la media gráfica (Mz) y el porcentaje de fragmentos de roca, esto es, que cuando en la muestra total se tiene material grueso, los fragmentos de roca abundan en la fracción arenosa. También se tiene una relación negativa con los otros constituyentes (cuarzo y feldespatos), esto es debido a que una abundancia en fragmentos de roca refleja la ausencia de condiciones fuertes de intemperismo y transporte que permitan separar al fragmento de roca en sus partículas monominerales.



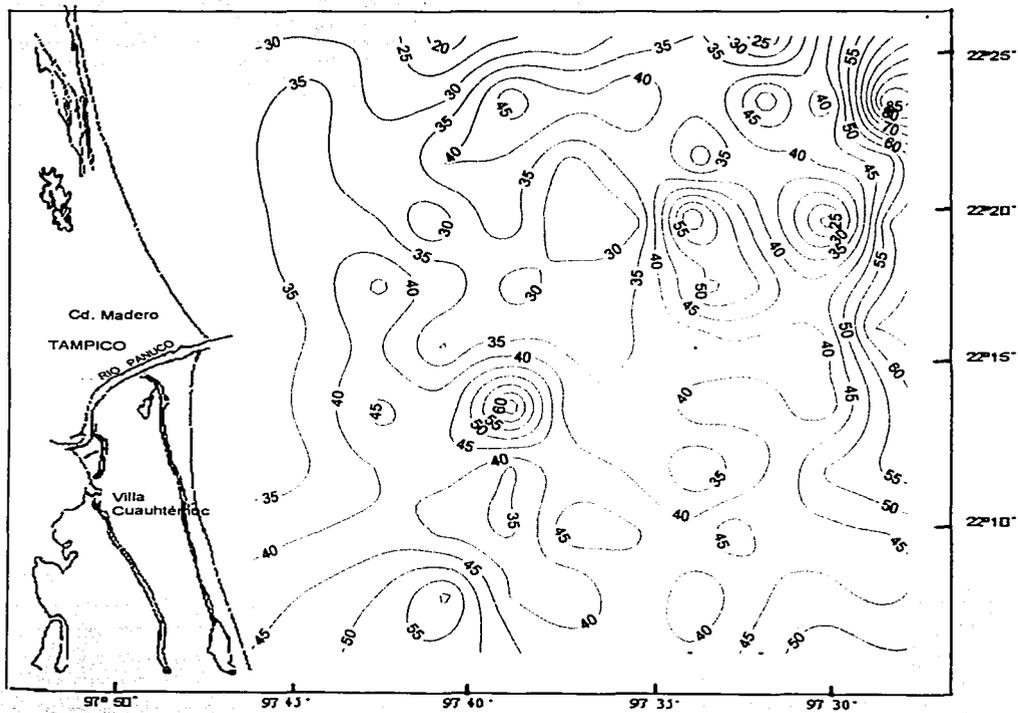


Fig. 14 Distribución del porcentaje de fragmentos de roca en la fracción arenosa

Tabla 5 Matriz de correlación de los parámetros analizados en arenas

n= 105 nivel de significancia > 99%, los valores por encima de 0.254

	GRAVAS	ARENAS	LIMOS	ARCILLA	Mz ( $\Phi$ )	$\sigma$ ( $\Phi$ )	Q	F	FR	lp	lm
GRAVAS	1.000	0.144	-0.275	-0.215	-0.619	0.339	-0.194	-0.060	0.250	-0.078	-0.172
ARENAS		1.000	-0.651	-0.550	-0.759	-0.076	-0.133	0.042	0.084	-0.033	-0.123
LIMOS			1.000	-0.224	0.366	-0.382	<b>0.280</b>	-0.204	-0.056	-0.112	0.252
ARCILLAS				1.000	0.738	0.403	-0.082	0.198	-0.128	0.192	-0.071
MZ					1.000	-0.058	0.096	0.166	<b>-0.266</b>	0.195	0.086
DS						1.000	-0.003	-0.199	0.211	-0.146	-0.002
Q							1.000	<b>-0.508</b>	<b>-0.432</b>	-0.145	<b>0.985</b>
FD								1.000	-0.557	<b>0.846</b>	<b>-0.519</b>
FR									1.000	<b>-0.746</b>	<b>-0.406</b>
lp										1.000	-0.158
lm											1.000

INSTITUTO VALLERIANO  
 DE INVESTIGACIONES  
 Y ESTADÍSTICAS

Por otro lado cuando se analizan de forma independiente los fragmentos de roca y se dividen en fragmentos de roca volcánicos, plutónicos, sedimentarios y metamórficos los resultados se muestran en la Tabla 6

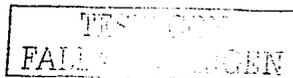
**Tabla 6. Matriz de correlación mineralógica en la fracción arenosa de las muestras**

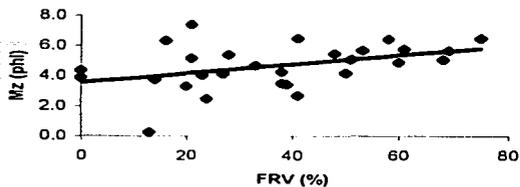
N= 35; nivel de significancia del 99%, los valores por encima de 0.355

	Q	Fd	FRV	FRS	FRP	FRM	MZ
Q	1.000	-0.208	<b>0.429</b>	<b>-0.622</b>	<b>0.519</b>	<b>0.384</b>	0.135
Fd		1.000	0.061	-0.094	-0.019	0.288	-0.003
FRV			1.000	<b>-0.842</b>	0.165	-0.018	<b>0.415</b>
FRS				1.000	<b>-0.648</b>	<b>-0.408</b>	<b>-0.360</b>
FRP					1.000	<b>0.559</b>	0.137
FRM						1.000	-0.098
MZ							1.000

Se observa que existe una relación positiva entre FRV, FRP, FRM y el Q, porque en la litología de la zona abundan las rocas ricas en este mineral (Fig. 3).

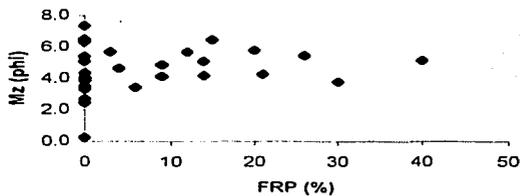
Cuando existe una abundancia en FRV o FRP la concentración de FRS decrece, esto está controlado por la resistencia al intemperismo físico y químico. Las rocas sedimentarias predominantes en el área son calizas, cuya resistencia al intemperismo es muy baja sin embargo las rocas volcánicas del área son andesitas y las plutónicas son granitos y granodiorits que son más resistentes que las calizas. Los FRP y FRM presentan una relación positiva entre sí debido a su origen, ambas son de emplazamiento profundo lo que propicia un origen común.



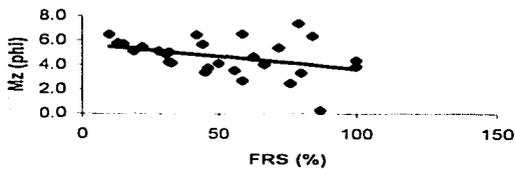


a)

b)



c)



d)

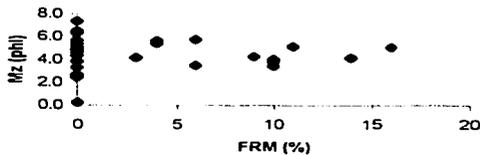


Fig. 15. a) Relación entre FRV y Mz; b) Relación entre FRP y Mz; c) Relación entre FRS y Mz; d) Relación entre FRM y Mz



En la figura 15a. se observa una cierta correlación positiva entre los fragmentos de roca volcánica (FRV) y el tamaño gráfico promedio (Mz) no así con las relaciones entre fragmentos de roca plutónica (FRP) (Figura 15b) y metamórfica (FRM) (Fig. 15d) con el tamaño gráfico promedio (Mz); esto puede ser explicado porque los fragmentos de roca volcánica pueden ser reconocidos en tamaño de grano pequeño a diferencia de los otros cuya textura es de grano grueso. En los fragmentos de roca sedimentaria ocurre algo parecido que con las volcánicas ya que el pedernal y los fragmentos de calizas (mudstone) también se pueden reconocer en grano fino (Fig. 15c).

El área de estudio se dividió en dos partes: norte y sur a partir de la desembocadura del Río Pánuco (Fig. 16), para establecer las diferencias que pudiera haber en la distribución del sedimento, ya que se presentan dos componentes en las corrientes (Fernández-Eguiarte, et al., 1992), hacia el norte en verano y hacia el sur en invierno, con lo que se podría esperar dos patrones de distribución de dicho sedimento.

De acuerdo con Pettijohn (1975), la relación Feldespato/ Fragmentos de Roca (F/FR) es una medida de procedencia y se puede distinguir entre una procedencia de emplazamiento profundo (rocas plutónicas y metamórficas) y una procedencia cortical (rocas volcánicas y sedimentarias). Por otro lado la abundancia de minerales resistentes en una muestra de sedimento, determina su madurez mineralógica porque durante el



transporte, los minerales menos resistentes son eliminados. La energía del ambiente de depósito también afecta la madurez en los sedimentos; la energía actúa en contra de los granos minerales produciendo un enriquecimiento en cuarzo que es un mineral resistente al ataque químico y físico. Las rocas ricas en cuarzo se asocian con márgenes continentales pasivos, mientras que las pobres en cuarzo son principalmente volcanogénicas (Schwab, 1975; Dickinson, 1983; Franzinelli y Potter, 1983, Carranza, 1992; entre otros).

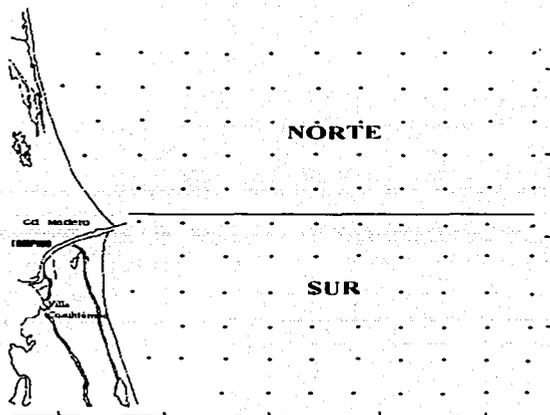


Fig. 16. División del área de estudio en región norte y sur. La región sur comprende a las muestras 1-53, y 109-111; mientras que la región norte comprende a las muestras 54-108. La línea representa el límite de ambas regiones.

Para analizar procedencia y madurez mineralógica, se utilizará el índice de procedencia y el índice madurez mineralógica en el que se utilizarán las siguientes fórmulas:

$$Ip = \frac{F}{FR}$$

$$Im = \frac{Q}{F + FR}$$

En donde:

Ip = índice de procedencia

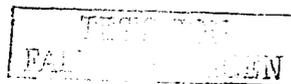
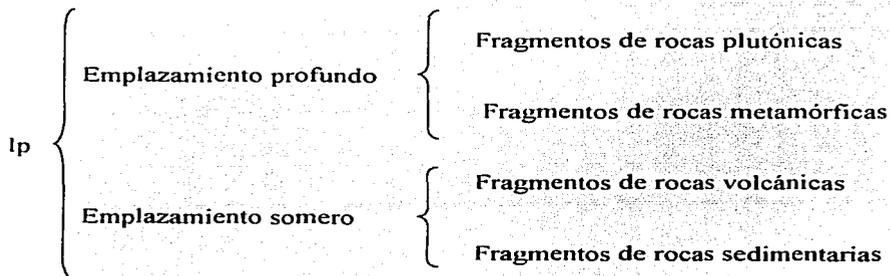
Im = índice de madurez mineralógica

F = porcentaje de feldspatos

FR = porcentaje de fragmentos de roca

Q = porcentaje de cuarzo

De acuerdo con Pettijohn (1975), el índice de procedencia puede estar representado por las siguientes posibilidades:



De lo anterior se deduce que el incremento en el valor del índice de procedencia implica una mayor concentración de feldespatos y menor concentración de fragmentos de roca, lo cual se presenta en las rocas con emplazamiento profundo.

### **MATRIZ DE CORRELACION**

Las rocas más maduras tienden a tener mayor contenido de fragmentos de roca así como menor contenido de feldespatos (Pettijohn, 1975), resultados similares se obtuvieron en la matriz de correlación (Tabla 5) en donde las relaciones entre índice de madurez ( $I_m$ ) con feldespatos (F) y fragmentos de roca (FR) es inversa con un nivel de significancia mayor para feldespatos lo que nos indica que al incrementarse la madurez en la arenas el contenido en feldespatos disminuye y el de fragmentos de roca aumenta.

Al graficar el promedio de los índices de procedencia versus el promedio de los índices de madurez mineralógica en un diagrama binario, se observa que para la zona norte del área de estudio se tienen valores de índice de procedencia altos e índices de madurez bajos; mientras que para la zona sur se tienen índices de procedencia bajos e índices de madurez altos (Fig. 17)



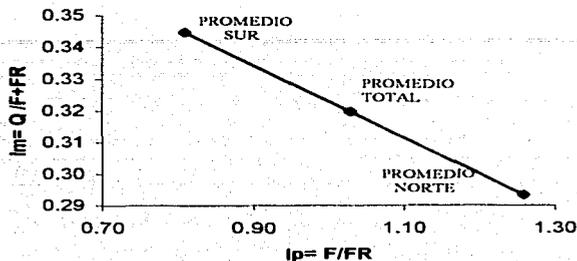


Fig. 17. Se graficó el promedio de las muestras, la marca superior corresponde con la zona sur y la inferior con la zona norte, el punto central representa el área total cubierta.

El análisis independiente de todas las muestras presenta que para la zona norte (Fig. 18) no se tiene una relación clara y una tendencia en particular al relacionar índice de procedencia con índice de madurez mineralógica, teniéndose una desviación muy grande de los datos; mientras que en la zona sur se tiene una relación inversa entre los índices de madurez mineralógica y procedencia como se observa en la figura 19.



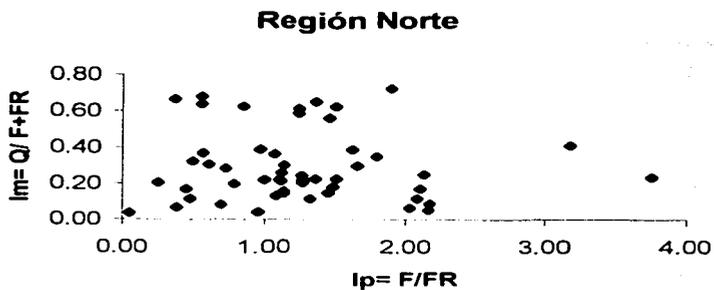


Fig. 18 Índice de madurez mineralógica *versus* índice de procedencia en la región norte del área de estudio.

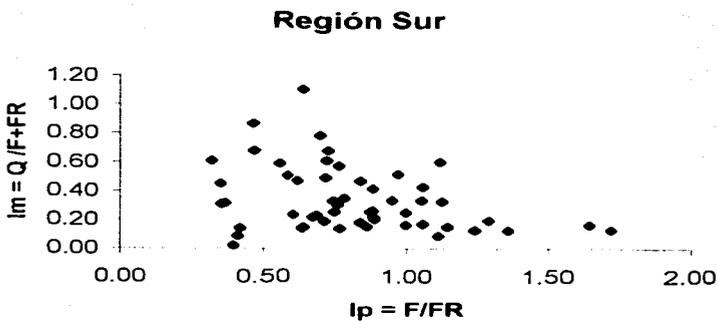


Fig. 19 Índice de madurez mineralógica *versus* índice de procedencia en la región sur del área de estudio.



Por otro lado el área de estudio también se dividió en Este y Oeste (Fig. 20) para observar el comportamiento en los patrones de distribución. Esto debido a que algunos mapas de distribución (gravas, arenas, biógenos y terrígenos) presentan una tendencia a distribuirse hacia uno u otro lado.

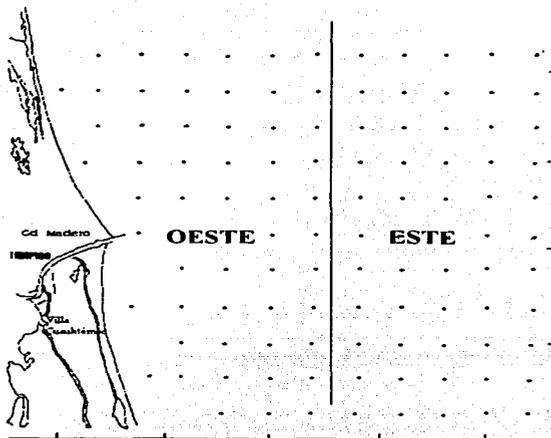


Fig. 20. División del área de estudio en región este y oeste. La región este comprende a las muestras 1-5, 13-22, 31-40, 49-58, 69-78, 91-100; mientras que la región oeste comprende a las muestras 6-12, 23-30, 41-48, 59-68, 79-90, 101-111. La línea representa el límite de ambas regiones.

Al graficar el promedio de los índices de procedencia versus el promedio de los índices de madurez mineralógica en un diagrama binario, se observa que para la zona oeste del área de estudio se tienen valores de índice de procedencia altos e índices de madurez altos; mientras que para la zona este se tienen índices de procedencia bajos e índices de madurez bajos (Fig. 21).

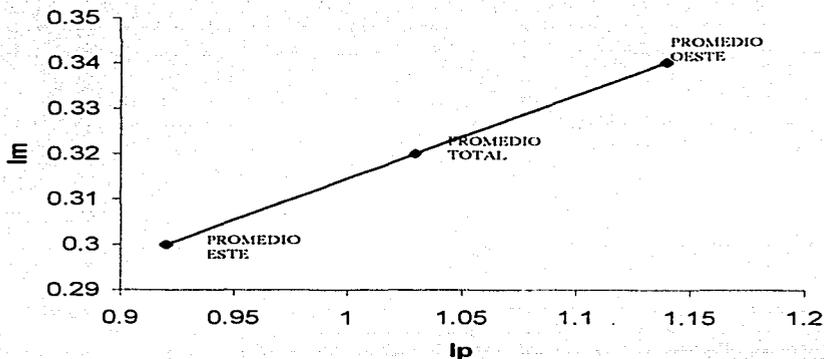


Fig. 21. Se graficó el promedio de las muestras, la marca superior corresponde con la zona este y la inferior con la zona oeste, el punto central representa el área total cubierta.

El análisis independiente de las muestras indica que para ambas zonas (este y oeste) existe una relación inversa (Figs. 22 y 23) entre el índice de madurez mineralógica y el índice de procedencia.

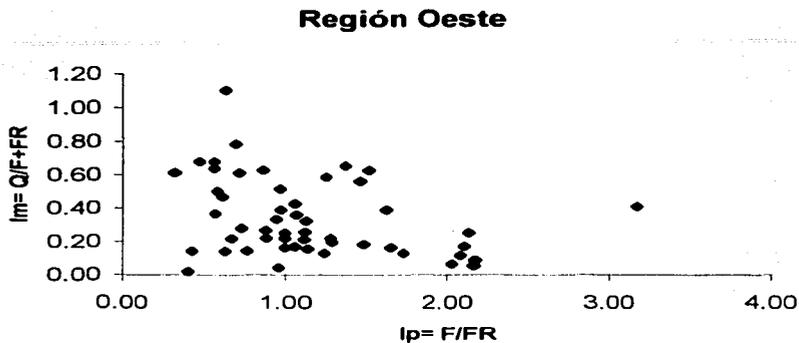


Fig. 22 Relación entre madurez mineralógica y procedencia de la región oeste del área de estudio.

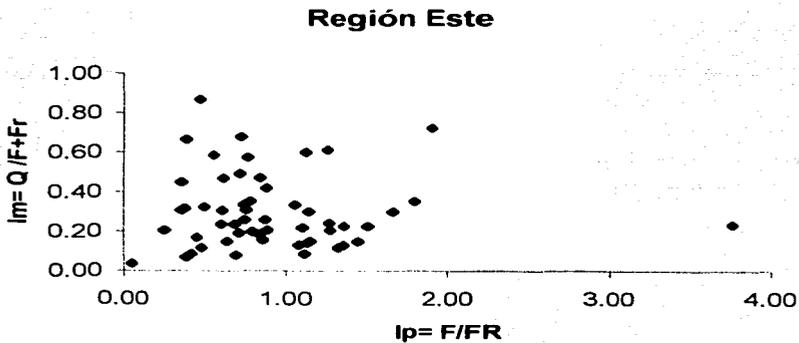
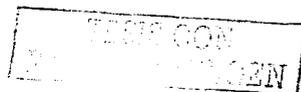


Fig. 23 Relación entre madurez mineralógica y procedencia de la región este del área de estudio.



Los valores más altos de procedencia en las regiones sur, este y oeste corresponden con muestras en donde existe una abundancia de fragmentos de rocas plutónicas y metamórficas (presencia de microclina y cuarzo con extinción ondulante). La presencia de microclina en muchas de las muestras, refleja el origen de emplazamiento profundo, ya que es un mineral ampliamente distribuido en rocas ígneas plutónicas y metamórficas, pero no en rocas volcánicas; además estos valores altos de procedencia corresponden con valores bajos de índice de madurez mineralógica, con lo que se concluye que estos sedimentos de emplazamiento profundo son menos maduros que los sedimentos con valores bajos de procedencia que indican la abundancia de rocas volcánicas y sedimentarias (Tabla 7).

Como se observa en la Tabla 7, los valores de procedencia bajos corresponden con los representados por las rocas volcánicas y sedimentarias del área de estudio; mientras que los valores altos están representados por las rocas metamórficas y plutónicas del área. Los resultados de procedencia coinciden con los encontrados por Carranza y Rosales (1995) en un estudio de procedencia en arenas de playas en el suroeste del Golfo de México; ellos encontraron que al graficar índice de procedencia versus índice de madurez mineralógica, las muestras que tenían un aporte volcánico del Eje Neovolcánico y los Tuxtlas presentaban índices de procedencia bajos que concuerda con el relieve alto de la zona litoral; mientras que en las muestras con un aporte predominantemente sedimentario los valores de





**Tabla 7 . Indices de Procedencia correspondientes con las distintas litologías del área de estudio.**

REGION	INDICE DE PROCEDENCIA	LITOLOGÍA
NORTE	0.26 - 1.27	Muestras con abundancia de fragmentos de roca volcánica, calizas y pedernal.
	1.46 - 3.18	Muestras con abundancia de fragmentos de roca metamórfica, plutónica, cuarzo con extinción ondulante y microclina.
SUR	0.35 - 1.29	Muestras con abundancia de fragmentos de roca volcánica, calizas y pedernal.
	>1.29 - 1.72	Muestras con abundancia de fragmentos de roca metamórfica, plutónica, cuarzo con extinción ondulante y microclina
ESTE	0.05	Este minimo se encuentra en la muestra 95, la cual está constituida en su totalidad por fragmentos de calizas y restos orgánicos.
	0.35 - 1.05	Muestras con abundancia de fragmentos de roca volcánica, calizas y pedernal.
	> 1.05 - 3.76	Muestras con abundancia de fragmentos de roca metamórfica, plutónica, cuarzo con extinción ondulante y microclina.
OESTE	0.32 - 1.29	Muestras con abundancia de fragmentos de roca volcánica, calizas y pedernal.
	> 1.29 - 3.18	Muestras con abundancia de fragmentos de roca metamórfica, plutónica, cuarzo con extinción ondulante y microclina.



Carranza et al. (1994) estudiaron sedimentos fluviales y de playa en el noreste de México, frente a Bahía de Todos Santos, B.C. en donde se realizó el análisis composicional de la fracción ligera del sedimento, datos que se utilizaron para graficar índices de madurez versus procedencia (Fig. 24), con el fin de establecer un análisis comparativo con el presente estudio.

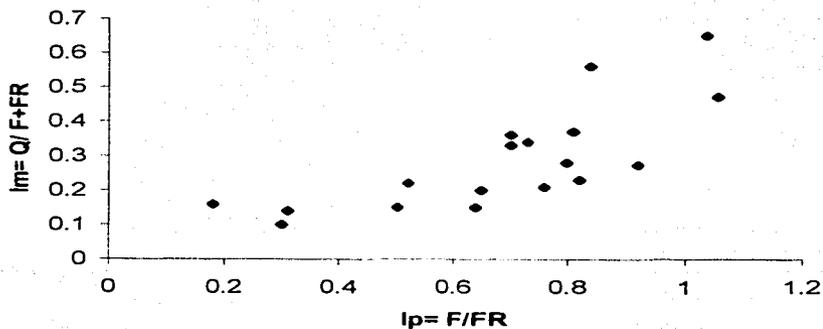


Fig. 24. Índice de procedencia versus Índice de madurez mineralógica (modificada de Carranza et al., 1994).

El índice de procedencia para las muestras con aporte volcánico se encuentra entre 0.3 y 0.92, pero en general los valores tienen un rango entre 0.5 y 0.8; mientras que para las muestras con aporte plutónico se tienen valores de procedencia



entre 0.64 y 1.06, donde se observa que los valores para rocas plutónicas son mayores que para las rocas volcánicas, resultados similares se presentan en este estudio (Tabla 7) en donde los valores mayores de índice de procedencia corresponde a los evaluados para rocas plutónicas. Existe una relación directamente proporcional entre el índice de procedencia y el índice de madurez mineralógica; las muestras con aporte plutónico (valores de procedencia altos) son más maduras, no así en el caso de los sedimentos de plataforma frente al Río Pánuco donde las muestras con aporte plutónico y metamórfico son más inmaduras.

Con el propósito de establecer una visión más clara de la relación entre índices de procedencia y tipo de litología se realizó la separación entre diferentes índices de procedencia de acuerdo al fragmento de roca estudiado, con lo que se propusieron cuatro índices de procedencia:

$$I_{pv} = F / F_{RV} \quad I_{ps} = F / F_{RS} \quad I_{pp} = F / F_{RP} \quad I_{pm} = F / F_{RM}$$

En donde:

F= Feldespatos

FRV= Fragmentos de rocas volcánicas.

FRS= Fragmentos de rocas sedimentarias.

FRP= Fragmentos de rocas plutónicas.

FRM= Fragmentos de rocas metamórficas.

I<sub>pv</sub>= índice de procedencia volcánico.

I<sub>ps</sub>= índice de procedencia sedimentario.

I<sub>pp</sub>= índice de procedencia plutónico.

I<sub>pm</sub>= índice de procedencia metamórfico.



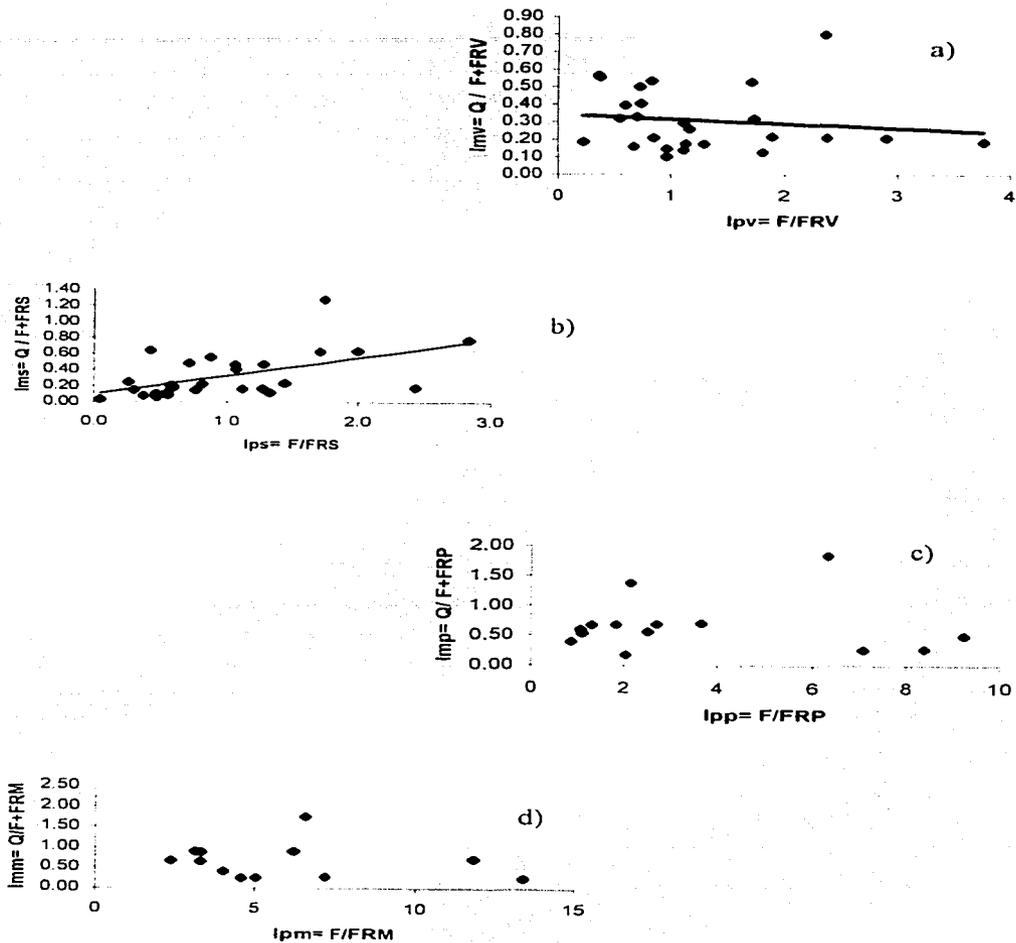


Fig. 25. a) Relación entre  $I_{pv}/I_{mv}$ ; b) relación entre  $I_{ps}/I_{ms}$ ; c) relación entre  $I_{pp}/I_{mp}$ ; d) relación entre  $I_{pm}/I_{mm}$



Como se observa en la figura 25a existe una relación inversa en cuanto a la relación entre índice de procedencia versus índice de madurez mineralógica cuando lo que se tienen son fragmentos de rocas volcánicas; mientras que cuando se analizan estos mismos parámetros para rocas sedimentarias (Fig. 25b), la relación es directa. Por otro lado no existe una relación significativa en las relaciones de índices de procedencia versus índices de madurez mineralógica para los sedimentos con fragmentos de rocas plutónicas y metamórficas corroborando lo anteriormente graficado para las zonas sur, este y oeste en cuanto a índices de procedencia. Sin embargo, se sigue observando que cuando se presentan fragmentos de rocas volcánicas y sedimentarias (Fig. 25a y 25b), los valores de procedencia son bajos en comparación con los valores de procedencia cuando se tienen fragmentos de rocas metamórficas (Fig. 25d) en cuyo caso los valores son más altos. Cuando lo que se tienen son fragmentos de rocas plutónicas los valores se encuentran en ambos extremos (Fig. 25c).



El conteo de granos de la fracción arenosa se utilizó para graficar Q-F-FR como la composición mineral principal en un diagrama ternario. Se presentan los resultados de todas las muestras (Fig. 26), y los encontrados para la región norte y la sur (Figs. 27 y 28).

Los sedimentos de la región norte caen en los campos de felsarenita lítica y litoarenita feldespática (Fig. 27); mientras que los sedimentos de la región sur son más ricos en cuarzo y fragmentos de roca presentando una tendencia hacia las litarenitas feldespáticas (Fig. 28). Como la mayoría de las muestras se colocan cerca del polo de los fragmentos de roca, sugiere una procedencia supracortical porque el análisis se llevó a cabo en la fracción arenosa en donde ya se mencionó que cuando existe una abundancia de fragmentos de roca en esta fracción es debido a que éstos son de origen volcánico o sedimentario (textura fina) porque pueden ser reconocidos en tamaño de grano pequeño.



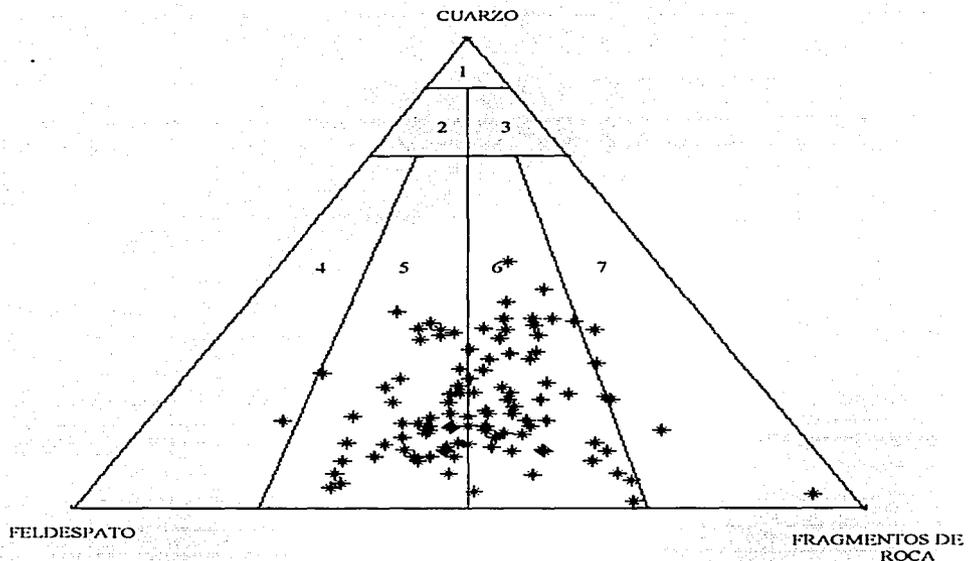


Fig. 26 Diagrama ternario de Folk ( 1974) en el cual se ubican las muestras de la fracción arenosa del área de estudio.  
 1.- Cuarzoarenita; 2.- Subfelsarenita; 3.- Sublitarenita; 4.- Felsarenita; 5.- Felsarenita-lítica; 6.- Litarenita feldespática; 7.- Litarenita

INSTITUTO  
 GEOLOGICO NACIONAL

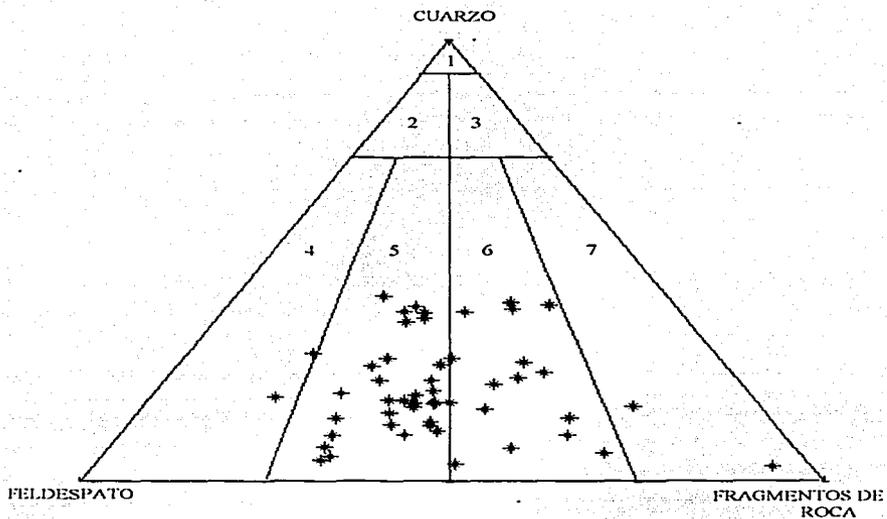


Fig. 27 Fracción arenosa de los sedimentos de la región norte del área de estudio  
 1.- Cuarzoarenita; 2.- Subfelsarnita; 3.- Sublitarenita; 4.- Felsarenita; 5.- Felsarenita-  
 litica; 6.- Litarenita feldespática; 7.- Litarenita

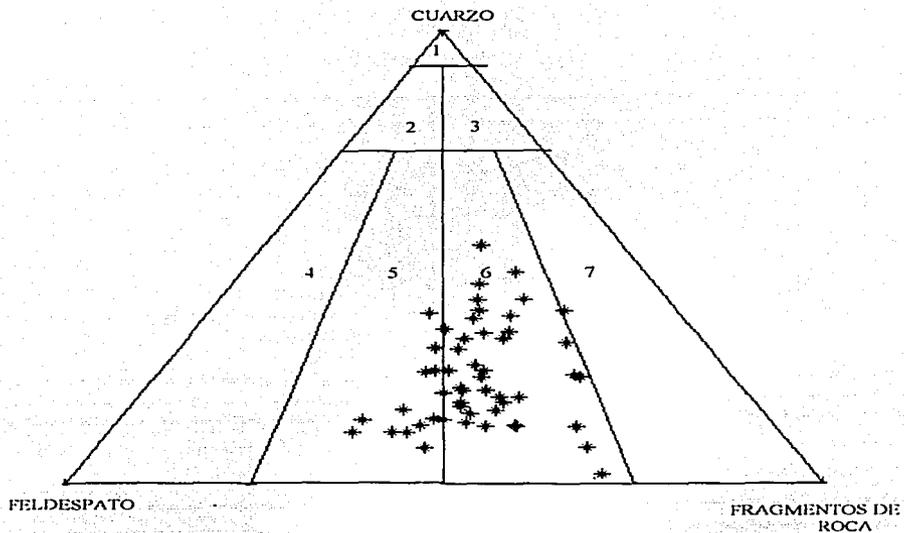


Fig. 28 Fracción arenosa de los sedimentos de la región sur del área de estudio  
 1.- Cuarzoarenita; 2.- Subfelsarnita; 3.- Sublitarcnita; 4.- Felsarenita; 5.- Felsarenita-  
 litica; 6.- Litarenita feldespática; 7.- Litarenita

## CAPITULO VI

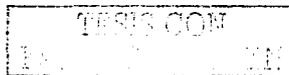
### COMPOSICIÓN QUÍMICA Y MARCO TECTÓNICO

Para los análisis químicos se estudiaron 34 de las 111 muestras recolectadas. Se hicieron los análisis para  $\text{CO}_3$ , materia orgánica, elementos mayores ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) y elementos traza (S, Rb, Sr, Ba, Y, Zr, Nb, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Th y Pb)

Dickinson et al. (1983) reportan que la composición de las arenas terrígenas reflejan su origen a partir de diferentes terrenos controlados por el marco tectónico. Los estudios geoquímicos son de gran utilidad en lo que respecta a que aportan mucha información sobre procedencia (Van de Kamp y Elgey-Leake, 1985). Otra herramienta en el análisis de procedencia es el Índice Químico de Alteración (IQA) propuesto por Nesbitt y Young (1984) para observar la principal composición química entre la roca fuente y la composición de los sedimentos y el grado de alteración de los feldespatos (Nesbitt y Young, 1996).

El índice químico de alteración (IQA) está dado por la siguiente fórmula:

$$IQA = \frac{Al_2O_3}{Al_2O_3 + CaO + K_2O + Na_2O}$$



Al graficar el índice de madurez mineralógica ( $I_m$ ) versus el índice químico de alteración se observa que los sedimentos con alto grado de intemperismo (valor alto de IQA) están normalmente asociados con valores altos de índice de madurez mineralógica teniendo una relación directa (Fig. 29).

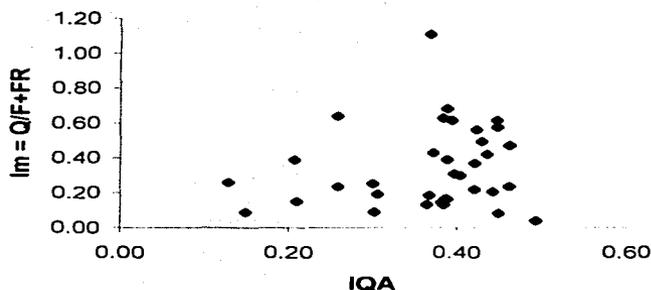


Fig. 29 Índice químico de alteración versus índice de madurez mineralógica.

Cuando se grafica índice de procedencia versus índice químico de alteración se observa que existe una relación inversa (Fig. 30).

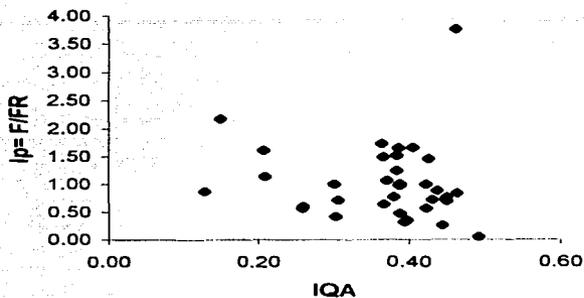


Fig. 30 Índice químico de alteración versus índice de madurez mineralógica. La recta representa la línea de tendencia de la función.

Lo anterior se explica porque al tener un índice de procedencia mayor ( $I_p = F/FR$ ), se tiene mayor cantidad de feldespatos en cuya composición química están incluidos los iones de Na, K y Ca que están disminuyendo el valor del IQA, a la vez que el índice de madurez mineralógica es bajo por existir una relación inversa entre feldespatos ( $I_m = Q/F+FR$ ).

Estableciendo las mismas regiones propuestas en el capítulo anterior (norte, sur, este y oeste) se graficó el promedio de CIA,  $I_p$  e  $I_m$ . Los datos se muestran en la tabla 8:

**Tabla 8.** Valores promedio del índice químico de alteración (IQA), índice de procedencia (Ip) e índice de madurez mineralógica (Im) por regiones.

<b>REGION</b>	<b>IQA</b>	<b>Ip</b>	<b>Im</b>
<b>NORTE</b>	0.38	1.27	0.31
<b>SUR</b>	0.36	0.85	0.36
<b>ESTE</b>	0.38	0.92	0.27
<b>OESTE</b>	0.36	1.10	0.39
<b>TOTAL</b>	0.37	1.02	0.34

Se observa que al graficar IQA versus Ip la zona norte presenta mayor grado de intemperismo, lo mismo que mayor índice de procedencia; mientras que en el sur los valores de IQA e Ip son menores (Fig. 31). Esto se explica por el hecho de que en el norte existe una mayor cantidad de feldespatos. Por otro lado, entre el este y el oeste también se observa que el Ip es menor en el este y el IQA mayor; mientras que en el oeste el Ip es mayor y el IQA es menor, se observa una relación inversa entre el este y el oeste. (Fig. 32).



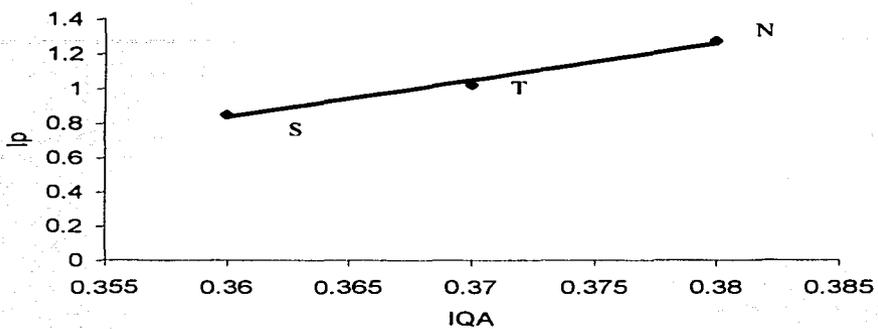


Fig. 31. N representa el valor promedio del índice químico de alteración *versus* el índice de procedencia en la región norte; S representa los valores en la región sur y T el total de las muestras analizadas

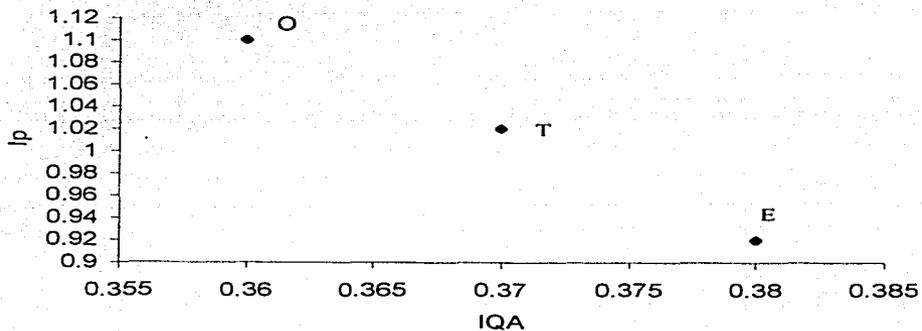


Fig. 32. E representa el valor promedio del índice químico de alteración *versus* el índice de procedencia de la región este; O representa los valores en la región oeste y T el total de las muestras analizadas

Las gráficas de IQA versus Im para las cuatro regiones (norte, sur, este y oeste) muestran que la zona sur y la zona oeste presentan menor madurez que las zonas norte y este (Figs. 33 y 34).

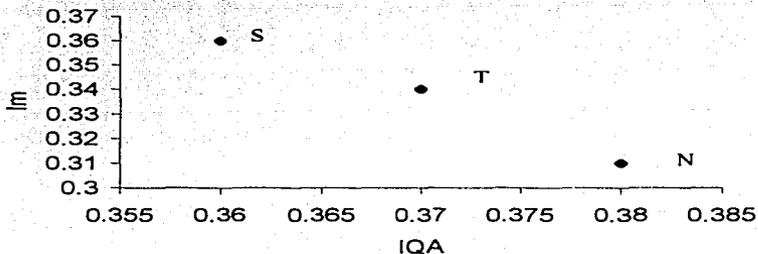


Fig. 33 IQA versus Im de las regiones norte (N) y sur (S)

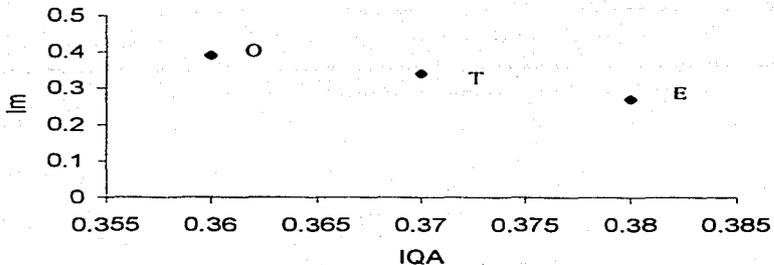


Fig. 34 IQA versus Im de las regiones este (E) y oeste (O)

La composición de las arenas está influenciada por la procedencia sedimentaria, la naturaleza de los procesos de depósito dentro de la cuenca y el tipo de patrones de distribución que ligan procedencia a la cuenca (Dickinson y Suczek, 1979). La relación entre procedencia y litología de la cuenca está gobernada por la tectónica de placas que controla la distribución de diferentes tipos de arenas. Los datos que proporcionan las arenas recientes, marinas y terrestres, de ambientes tectónicos conocidos proveen valores estandar para evaluar el efecto del marco tectónico en la composición de las arenas.

Cabe destacar la importancia de conocer las relaciones entre procedencia y marco tectónico en la exploración de hidrocarburos porque la composición de los detritus que conforman las arenas responden de forma diferente a la diagénesis y por eso exponen diferentes tendencias a la reducción de porosidad con la profundidad de sepultamiento (Dickinson y Suczek, 1979).

La tasa de reducción de porosidad por sepultamiento es sustancialmente <5% por Km de sepultamiento para cuarzoarenitas, cerca del 5% por km para felsarenitas (Zieglar y Spotts, 1978) y >5% en litoarenitas (Galloway, 1974). Utilizando estos datos, una reducción de la porosidad de 35% a 40% hasta un valor de 10% al 15% puede ser esperado a una profundidad de 6 a 7 Km en cuarzoarenitas; 5Km en felsarenitas y de sólo 2 a 4Km en litarenitas. Ésto es muy importante para establecer fronteras de exploración.

TESIS  
FALLA

Crook (1974) menciona que las rocas ricas en cuarzo están asociadas típicamente con márgenes continentales pasivos; que las rocas pobres en cuarzo tienen una derivación volcánogénica procedente de arcos magmáticos y las que presentan valores intermedios de cuarzo están asociadas con márgenes continentales activos.

La procedencia de las arenas referida a marco tectónico se clasifica en tres grupos generales:

- 1) **BLOQUES CONTINENTALES**, en que la fuente de sedimento son escudos y plataformas.
- 2) **ARCO MAGMÁTICO**, en donde la fuente de sedimento está dentro de un arco de islas o margen continental activo. Este a su vez se divide en ARCO NO DISECTADO Y ARCO DISECTADO; en el primero se tiene gran abundancia de plagioclasas y líticos volcánicos.
- 3) **ORÓGENO RECICLADO**, la fuente de sedimento son secuencias estratificadas deformadas, plegadas y falladas en zonas de subducción.

TESIS  
FALLA DE ORCEN

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

Al graficar las muestras en el diagrama binario propuesto por Roser y Korsch (1986) las muestras caen en el campo de margen continental activo, ACM (Fig. 35).

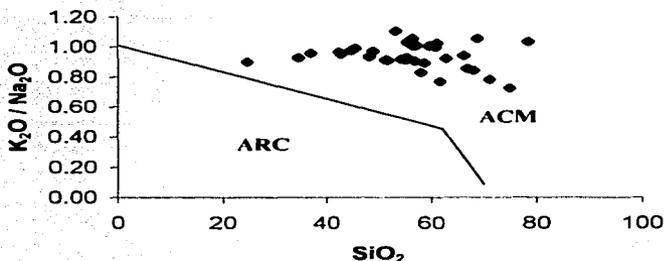


Fig. 35 Diagrama de Roser y Korsch (1986) para caracterizar marco tectónico. ARC= margen de arco de islas; ACM= margen continental activo.

Por otro lado al graficarlas en el diagrama ternario C-F-Lt en donde: C= cuarzo monocristalino; F= feldespato potásico + plagioclasas y Lt= Cuarzo policristalino (pedernal y líticos) (Fig. 36) propuesto por Dickinson et al. (1983) se observa que las muestras caen en el campo de arco cercanas al polo de los fragmentos de roca; esto sucede cuando los fragmentos de roca están relacionados a un origen volcánico.

INSTITUTO  
FALCÓN  
ORIGEN

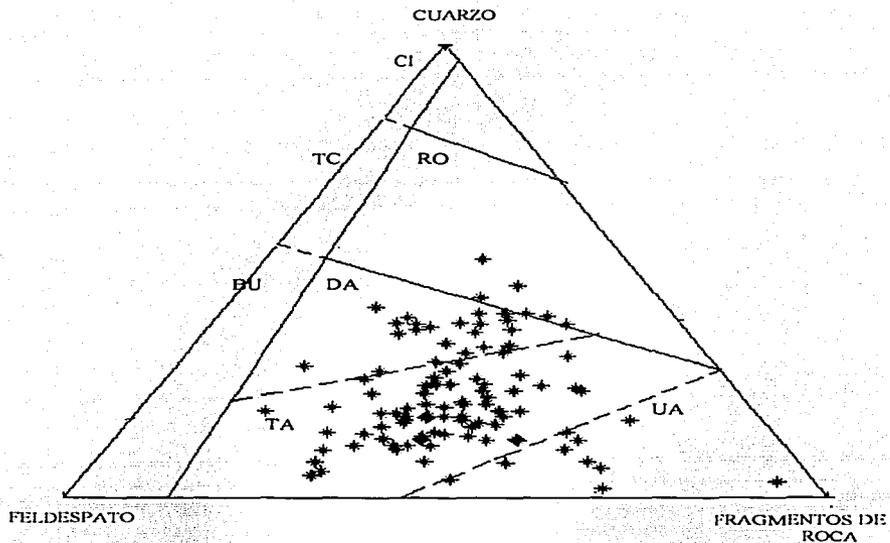


Fig. 36 Diagrama ternario Q-F-FR (Dickinson et al., 1983). Los asteriscos representan la composición de las arenas de plataforma estudiadas. CI: cratón interior, TC: cratón transicional, BU: basamento levantado, RO: orógeno reciclado, DA: arco disectado, TA: arco transicional, UA: arco no disectado

En este diagrama se crea un énfasis hacia el tamaño de grano de la roca madre porque las rocas con textura más fina reflejan más líticos en la fracción arenosa. Se observa el reflejo del Eje Neovolcánico a través del cual corre el Río

Pánuco; esto es, que a pesar de ser una zona pasiva donde se encuentra la plataforma estudiada, el estudio de procedencia y marco tectónico refleja la influencia del Eje Neovolcánico.

Al estudiar las relaciones entre mineralogía y elementos mayores se observa que la relación entre cuarzo y sílice es constante (Fig. 37)

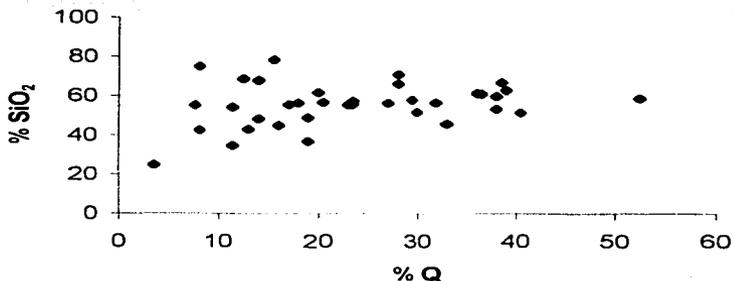


Fig. 37 Relación entre cuarzo y sílice



Las relaciones entre feldespatos y contenido de Na y K parecen tener una relación inversa (Fig. 38) presentando bajas concentraciones de sodio y potasio con el aumento de feldespatos, lo que sugiere que los feldespatos pudieran ser cálcicos.

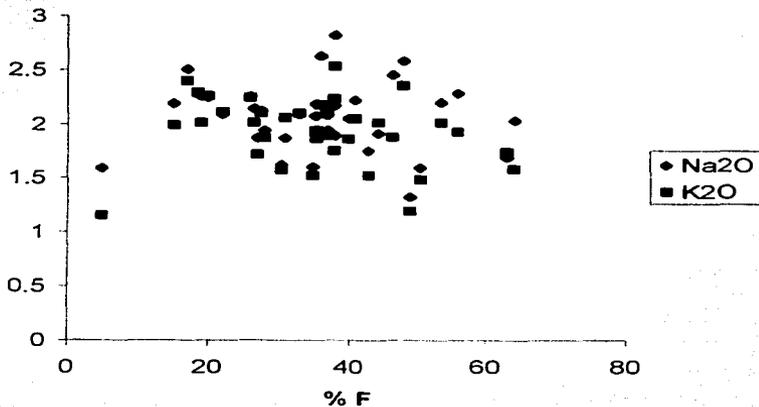


Fig. 38 Relación entre Feldespatos y  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$



## CAPÍTULO VII

### CONCLUSIONES

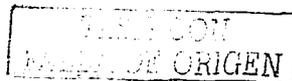
#### 1. ASPECTOS TEXTURALES

En la batimetría del área de estudio se observa que a los 35 y 65 m se tiene la presencia de dos discontinuidades en el paralelismo de las isóbatas; esto podría reflejar el delta del Río Pánuco cuando el nivel del mar era más bajo.

Los máximas concentraciones de fragmentos de gravas corresponden en su mayoría con restos de bivalvos procedentes de la Laguna de Tamiahua y del Río Pánuco en época de lluvias.

La concentración de arenas se presenta dentro de un rango muy amplio de valores. Las zonas con alto contenido de arenas sugieren condiciones de alta energía en lo que se refiere a movimiento del agua. El principal mecanismo dispersor de las arenas parece ser la hidrodinámica de las corrientes superficiales que en verano tienen una componente hacia el norte y en invierno hacia el sur distribuyendo las arenas en dos parches, uno hacia el norte y el otro hacia el sur de la desembocadura del Río Pánuco

La concentración de limos presenta una correlación positiva con materia orgánica lo cual se debe a la afinidad de la materia orgánica con el material fino.



La concentración de arcillas en las muestras presenta un amplio rango de valores; con un mínimo de 0.65% y un máximo de 60.90% y un promedio de 20.10%. Los valores por encima del promedio se muestran en la parte noreste del área de estudio a profundidades mayores que 45 m y la máxima concentración se muestra hacia la zona más profunda muestreada con una profundidad mayor a los 65 m. Esto se debe a que sedimento cada vez más fino se deposita en zonas cada vez más profundas, donde las condiciones de calma lo permiten.

La distribución textural me va a permitir inferir áreas de depósito de metales debido a que estos últimos se adsorben en el material más fino.

La relación entre biógenos y carbonatos es positiva y existe una frontera a los 97°30' longitud oeste en donde se observa una gran abundancia de biógenos hacia el este del área de estudio; esto podría establecer el límite entre condiciones de alta y baja energía. Estas últimas favoreciendo que las aguas sean más claras y exista una menor inhibición para la precipitación de carbonatos.

## **2. PROCEDENCIA Y MADUREZ MINERALÓGICA**

Las máximas concentraciones de cuarzo se encuentran distribuidas hacia la zona central del área de estudio frente al Río Pánuco observándose que el aporte desde continente de



este material está siendo transportado por el Río Pánuco hasta la plataforma continental.

La máxima concentración de feldespato en la región noreste del área coincide con los máximos de arcillas. Esto podría deberse a que la alteración de los feldespatos está originando la predominancia de arcillas. También se observa que frente a la desembocadura del Río Pánuco se tienen altas concentraciones de feldespato lo cual sugiere que el Río Pánuco sea causante del aporte.

Se observa una correlación positiva entre los fragmentos de roca volcánica (FRV) y el tamaño grafico promedio (Mz) no así con las relaciones entre fragmentos de roca plutónica (FRP) y metamórfica (FRM) con el tamaño gráfico promedio (Mz); esto puede ser explicado porque los fragmentos de roca volcánica pueden ser reconocidos en tamaño de grano pequeño a diferencia de los otros cuya textura es de grano grueso. En los fragmentos de roca sedimentaria ocurre algo parecido que con las volcánicas ya que el pedernal y los fragmentos de calizas (mudstone) también se pueden reconocer en grano fino.

Los valores más altos de índice de procedencia en las regiones sur, este y oeste corresponden con muestras en donde existe una abundancia de fragmentos de rocas plutónicas y metamórficas; además estos valores altos de índice de procedencia corresponden con valores bajos de índice de madurez mineralógica, con lo que se concluye que estos

sedimentos de emplazamiento profundo son menos maduros que los sedimentos de ambiente supracortical (fragmentos de rocas volcánicas y sedimentarias) cuyos valores de índice de procedencia son bajos.

### 3. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Existe una relación inversa entre  $I_p$  e IQA, esto se explica porque al tener un índice de procedencia mayor ( $I_p = F/FR$ ), se tiene mayor cantidad de feldespatos en cuya composición química están incluidos los iones de Na, K y Ca que están disminuyendo el valor del IQA, a la vez que el índice de madurez mineralógica es bajo por existir una relación inversa entre feldespatos ( $I_m = Q/F+FR$ ).

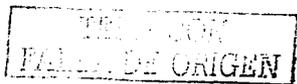
### 4. IMPLICACIONES TECTÓNICAS

En los diagramas propuestos por Roser y Korsch y el de Dickinson se observa la gran influencia del Eje Neovolcánico a través del cual corre el Río Pánuco; esto es, que a pesar de ser una zona pasiva donde se encuentra la plataforma estudiada, el estudio de procedencia y marco tectónico sugieren que se trata de una zona activa. Esto es muy importante, pues en el análisis ambiental, el marco regional juega entonces un papel fundamental y debe ser considerado cuando se establecen unidades de recursos ambientales en estudios de contaminación.



## BIBLIOGRAFIA

- Álvarez Jr.M., 1962, Provincias Fisiográficas de la República Mexicana, Bol.Soc.Geol.Mex., 24(2): 3-20
- Atlas, 1993. Nuevo Atlas Porrúa de la República Mexicana, 9ª edición, García de Miranda Enriqueta y Falcón de Gyves Zaida.
- Álvarez Rivera, U, Rosales Hoz L. Carranza Edwards A., 1986. Heavy metals in Blanco river sediments, Veracruz, Mexico. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM, pp 1-10, V 13, No.2.
- Boillot, S., 1984. Geología de las márgenes continentales, Ed. Mason, S.A. pp.220.
- Cantagrel, J.M., and Robin, C., 1979, K-Ar dating on eastern volcanic rocks-relations between the andesitic and the alkaline provinces: Journal of Volcanology and Geothermal Research v. 5, p. 99-114.
- Carranza. E.A., M. Gutiérrez y R. Rodríguez, 1975. Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 2(1): 81-88.
- Carranza-Edwards A., Reinoso H., Rosales-Hoz L., 1992. Sedimentological study of beaches from Central Ecuador. Rev.Soc.Hist.Nat., 43: 15-24.
- Carranza-Edwards A., L. Rosales-Hoz and A. Monreal-Gómez. 1993. Suspended sediments in the southeastern Gulf of Mexico. Marine Geology. 112:257-269.



- Carranza-Edwards, A., L. Rosales-Hoz and S. Santiago-Perez. 1994. Provenance memories and maturity of holocene sands in northwest Mexico. *Can. J. of Earth Sciences*. 31, 1550-1556.
- Carranza-Edwards A. and L. Rosales Hoz. 1995. Grain-size trends and provenance of southwestern Gulf of Mexico beach sands. *Can. J. Earth Sci.* 32, 2009-2014.
- Carranza-Edwards, 1997. La granulometría y su uso en estudios geoquímicos y ambientales. *Actas INAGEQ*, (ISBN 968-36-6241-2), 3:235-243.
- Crook, K.A.W., 1974. Lithogenesis and geotectonics: The significance of compositional variations in flysh arenites (graywackes) in Modern and ancient geosynclinal sedimentation: *SEPM Spec. Pub.* 1°, p. 304-310.
- Davies, D.K. y M. R. Facundus, 1971. Mineralogy, petrography and derivation of sands and silts of the continental slope, rise and abyssal plain of the Gulf of México. *U.S. Geol. Survey, Prof. Paper*, in press. En: *Contributions of the Geological and Geophysical Oceanography of the Gulf of Mexico*. Chapt. 2.
- Dickinson, W.R., Beard, L.S., Brakenridge, G.R., Erjavec, J.L., Ferguson, R.C., Inman, K.F., Knepp, R.A., and Ryberg, P.T., 1983. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Geological Society Of American Bulletin*, 94: 22-235.
- Escalona, R.L., M.T.L., Rosales and E.F. Mandelli, 1980. On the presence of fecal steroids in sediments from two mexican harbors. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.* 2:289-295.



- Farrán A., Grimalt J., Albaigés J., Botello V., Macko A., 1987. Assesment of Petroleum Pollution in a Mexican River by Molecular Markers and Carbon Isotope Ratios, Marine Pollution Bull., 18 (6):284-289.
- Fernández-Eguiarte, A., Gallegos-García, A., y Zavala-Hidalgo, J., 1992. Oceanografía Física I (Masas de agua y Mareas de los mares mexicanos): Atlas Nacional de México (Hoja IV. 9.1) Instituto de Geografía. UNAM.
- Field, M.E., Pilkey, O.H., 1969. Feldspar in Atlantic continental margin sands off the southeastern United States. Geol. Soc. America Bull. 80, 2097-2102.
- Franzinelli, E., and Potter, P.E., 1983, Petrology, chemistry and texture of modern river sands, Amazon River System: Journal of Geology, v 91, p.23-29.
- Folk, 1974. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Pub. Co., Austin, Texas, 182 p.
- Galloway, W.E., 1974. Deposition and diagenetic alteration of sandstone in northeast Pacific arc-related basins: implications for greywacke genesis: Geol. Soc Of America Bull., v. 85, p379-390.
- Grigsby, J.D., 1990. Detrital Magnetite as a provenance indicator. Journal of Sedimentary Petrology 60, 940-951.
- Holmes, Ch. W. 1981. Geochemical indices of fine sediment transport, Northwest Gulf of Mexico. J.of Sed. Petrol., 52: 307-321.
- Inman, D.J. y C.E. Nordstram, 1971, On the tectonic and morphologic classification of coast. Journal Geology, 70 (1): 1-21.



Kasper-Zubillaga J.J., Carranza-Edwards A. and Rosales-Hoz L. 1999. Petrography and geochemistry of holocene sands in the western Gulf of Mexico: implications for provenance and tectonic setting. Journal of Sedimentary Research 69(5):1003-1010.

Séller Edward A., 1996. Environmental Geology (7<sup>a</sup>ed.) Prentice may. pp50.

Lozano-Santa Cruz R., P. Altuzar-Coello, A. Carranza-Edwards y L. Rosales-Hoz, 1989. Distribución de minerales en la fracción arcillosa de sedimentos del Pacífico Central Mexicano. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México, 16(2):321-330.

Lugo Hubp, J., 1990: El Relieve de la República Mexicana. Revista Inst. de Geología, UNAM, Vol. 9, Núm. 1, pp. 82-111.

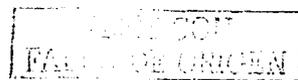
McMaster, R.L., and Garrison, L., 1966. Mineralogy and origin of southern New England shelf sediments. Jour. Sed. Petrology 36, 1131-1142.

Morales de la Garza E., Carranza Edwards A. y Márquez García A. 1988. Distribución y evolución de sedimentos superficiales del Delta del Río Balsas, Michoacán, México. An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. UNAM, 15(2): 95-104.

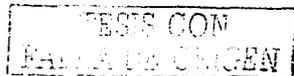
Morales de la Garza E. Y Carranza Edwards A. 2000, Procedimiento recomendable para analizar la granulometría de sedimentos lodosos: Ejemplo para una porción del sur del Golfo de México. Hidrobiológica (en revisión).



- Nesbitt, H.W., and Young, G.M., 1984. Prediction of some weathering trend of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v 48, p. 1523-1534.
- Nesbitt, H.W., and Young, G.M., 1996. Petrogenesis of sediments in the absence of chemical weathering: effects of abrasion and sorting on bulk composition and mineralogy: *Sedimentology*, v. 43, p. 341-358.
- Ortega Gutiérrez F. et al., 1992, Carta Geológica de la República Mexicana Esc 1: 2 000 000. Texto explicativo de la 5ª edición de la Carta Geológica de la República Mexicana Esc 1:2 000 000.
- Páez-Osuna F., Botello A, Villanueva , 1986. Marine Pollution Bull, 17(11):516-519.
- Pettijohn, F.J., 1975. *Sedimentary Rocks*. Harper and Row, New York.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. and Siever, R., 1973. *Sand and Sandstone*. New York, Springer, 618p.
- Ronov, A. B.,Mikhailovskaya, M.S., Solodkova, I.I., 1963: Evolution of the chemical and mineralogical composition of arcanaceous rocks. In: *Chemistry of the earth's crust*, Vol 1. USSR. Acad. Sci : 212-262.
- Rosales, M.T.L., A.V. Botello, H. Bravo and F. Mandelli. 1979. PCBs and Organochlorine insecticides in oysters from coastal lagoons of the Gulf of Mexico, Mexico. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.* 21: 652-656.



- Rosales, M.T.L. and R.L. Escalona, 1983. Organochlorine residues in organisms of two different lagoons of northwest Mexico. Bull. Environm. Contam. Toxicol. 30:56-63.
- Rosales-Hoz L., A. Carranza-Edwards and U. Alvarez-Rivera, 1986. Sedimentological and chemical studies in sediments from Papaloapan River, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México, 13(3):263-272.
- Rosales-Hoz, L., A. Carranza-Edwards, S. Santiago-Perez, C. Mendez-Jaime and R. Doger-Badillo. 1994. Study of Anthropogenically induced trace metals in the southeastern Gulf of Mexico Continental Shelf. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 10(1), 9-13.
- Rosales-Hoz L. and A. Carranza-Edwards. 1995. Geochemistry of two Mexican tropical basins in an active margin and their influence on littoral sediments. J. of South American Earth Sciences. 8(2), 221-228.
- Rosales-Hoz L. and A. Carranza-Edwards. 1998. Heavy metals in sediments from Coatzacoalcos River, Mexico. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 60. 553-561.
- Rosales-Hoz L., Carranza-Edwards A. and López-Hernandez, M., 2000. Heavy Metals in sediments of a large turbid tropical lake affected by anthropogenic discharges. Environmental Geology 39(3/4):378-383.
- Schwab, F.C., 1975. Framework mineralogy and chemical composition of continental margin-type sandstone. Geology 3: 487-490.
- Shepard, F.P., 1973. Submarine Geology. 2<sup>nd</sup> edition Harper and Row. New York.



- Shideler, G.L., 1978. A sediment dispersal model for South Texas Continental Shelf, northwest Gulf of Mexico. *Marine Geology*, 26: 289-313.
- Statteger, K., 1987. Heavy minerals and provenance of sands: Modeling of lithological end members from river sands of Northern Austria and from sandstones of Austroalpine Gosan formation (Late Cretaceous). *Journal of Sedimentary Petrology* 57, 137-150.
- Valloni, R., and Maynard, J.B., 1981. Detrital modes of recent deep sea sands and their relation to tectonic setting: a first approximation: *Sedimentology*, v. 28, p. 75-83.
- Van de Kamp, P.C. and Elgey-Leake, B. 1985. Petrography and geochemistry of feldspathic and mafic sediments of the northeastern Pacific margin. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 76: 411-449.
- Vázquez Botello A., 1995. Medio Ambiente en Coatzacoalcos, el problema crucial: la contaminación. Centro de Ecodesarrollo, México, D.F.
- Ziegler, D.L., and J.H. Spotts, 1978. Reservoir and source-bed history of Great Valley, California: *AAPG Bull.*, v. 62, p. 813-826.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN