



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

METALES TRAZA EN SEDIMENTOS DE LA ZONA
ADYACENTE A LA DESEMBOCADURA DEL RIO PANUCO
Y PUERTO DE ALTAMIRA TAMAULIPAS



TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
OCEANOLOGO
PRESENTA
JOAQUIN FERNANDO PEÑA ANAYA

Ensenada, B.C., Septiembre de 1989

RESUMEN

Esta investigación establece la concentración y distribución de Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Co, V, Mn y Fe en sedimentos marinos y Fe en agua. Muestras colectadas durante dos cruces oceanograficos en 1985 en la zona adyacente a la desembocadura del Río Pánuco y Puerto de Altamira, Tamaulipas. Se discute el grado de influencia de las descargas industriales y domesticas sobre la calidad química de los sedimentos del medio marino. Se presenta también un estudio granulométrico en las 29 estaciones del área de estudio como apoyo para la interpretación de las concentraciones de metales traza detectados. Para la totalidad de las estaciones los niveles mas altos que se presentaron ($\mu\text{g/g}$, peso seco) de Cu(17), Zn(51), Pb(29), Fe(3775) y Mn(644). Los valores de Cd, Ni, Co y V en los sedimentos estuvieron por abajo del límite de detección. Para el Fe en agua se obtuvieron valores promedio $19 \mu\text{g/l}$ en verano y $6.5 \mu\text{g/l}$ en otoño en las 24 estaciones marinas estudiadas. Se apreció una variación geográfica en los niveles de los elementos en los sedimentos, presentandose un gradiente de distribución con valores mas altos en las estaciones mas alejadas de la línea de costa. Este gradiente coincide con el análisis granulométrico en el que se dio un aumento de la fracción fina (arcilla) con la distancia a la costa. Se observaron los valores mas altos de Cu($17 \mu\text{g/g}$) y Pb($29 \mu\text{g/g}$) en los sedimentos de la zona cercana a la desembocadura del Río Pánuco. Este hallazgo sugiere un aporte adicional de metales en esta zona. Así también se apreció un aporte antropogénico de Fe en el agua superficial aledaña a la línea de costa, este fenómeno puede ser debido a un aporte producto de las descargas del emisor submarino (20,000 toneladas/año de Fe) localizado en la zona de estudio. El análisis granulométrico muestra que la fracción fina (arcilla) del sedimento examinado presenta una relación con los niveles mas altos de metales traza. En la zona de mezcla de la desembocadura del Río Pánuco se detectaron los valores mas altos de Cu y Pb (17 y $29 \mu\text{g/g}$, peso seco) en los sedimentos analizados para la zona marina.

**" METALES TRAZA EN SEDIMENTOS DE
LA ZONA ADYACENTE A LA DESEMBOCADURA
DEL RIO PANUCO Y PUERTO DE ALTAMIRA,
TAMAULIPAS "**

**TESIS
QUE PRESENTA**

JOAQUIN FERNANDO PENA ANAYA

APROBADA POR


**PRESIDENTE DEL JURADO
DR. EFRAIN A. GUTIERREZ GALINDO**


**SINODAL PROPIETARIO
OC. JULIO A. VILLAESCUSA CELAYA**


**SINODAL PROPIETARIO
OC. HECTOR BUSTOS SERRANO**


**SINODAL SUPLENTE
MC. ANTONIO TRUJILLO ORTIZ**


**SINODAL SUPLENTE
OC. AMILCAR L. CUPUL MAGANA**

DEDICATORIA

A la memoria de mi querida prima y amiga Alicia Peña Medina.

A mis padres, María Elena y José Manuel.

A mis hermanos, Silvia, Patricia, Sergio, José Manuel y especialmente Guillermo.

AGRADECIMIENTOS

- Alm. C.G. DEM. Mauricio Scheleske Sánchez
Secretari de Marina
 - Alm. Héctor Ramirez de Arellano
 - Viceal. S.I.H.G. Gilberto López Lira
Director General de Oceanografía Naval
 - Contralm. S.I.E.A.A. Ricardo M. Zambrano Castro
 - Tte. Nav. AIN. OFTA. Eugenio Garduño Ortiz
Jefe del Depto. de Control de Buques
 - Dr. Efraín a. Gutierrez Galindo
Instituto de Investigaciones Oceanográficas
 - Prof. Gilberto Flores Muñoz
Instituto de Investigaciones Oceanográficas
 - Oc. Julio Villaescusa Celaya
Instituto de Investigaciones Oceanográficas
 - Quím. Guadalupe Pérez Reyes
Jefa del Depto. Control de Areas Contaminadas
 - Dr. Naoharu Ogawa Imdmura
 - M.C. Leticia Rosales Hoz
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
 - M.C. María Ubaldina del Rosario Avarez Rivera
 - Biól. Luz del Carmen Velázquez Simental
 - M.C. Antonio Trujillo Ortiz
 - Oc. Hector Bustos Serrano
 - Oc. Amilcar L. Cupul Magaña
 - Ing. Geol. Juan Campos Castán
 - Ing. Geol. German Contreras Bravo
 - Quím. Lucía Aragón Cigarrero
 - Mro. S.I. Dibj. Héctor Pavón Pérez
- Y a todos aquellos que de alguna manera colaboraron
para la realización del presente estudio.

INDICE

	Pag.
I.- INTRODUCCION	1
I.1. Antecedentes	1
I.2. Objetivos	33
II.- MATERIALES Y METODOS	5
II.1. Descripción del área de estudio	7
II.2. Metodología	8
II.2.a. Colecta de sedimento y agua	
II.2.b. Análisis de metales traza en sedimentos	
II.2.c. Análisis de fierro en agua	
II.2.d. Análisis granulométrico	
II.2.d.1. Pretratamiento de la muestra	
II.2.d.2. Tratamiento de la fracción fina	
II.2.d.3. Tratamiento de la fracción gruesa	
III.- RESULTADOS	14
III.1. Metales traza en sedimentos	14
III.2. Granulometría	25
III.3. Fierro en agua	25
IV.- DISCUSION	38
V.- CONCLUSIONES	42
VI.- LITERATURA CITADA	43

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
FIG.1 AREA DE ESTUDIO	6
FIG.2 INDUSTRIA DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RIO PANUCO, CORREDOR INDUSTRIAL Y PUERTO DE ALTAMIRA.	7
FIG.3 AREA DE ESTUDIO EN LA ZONA COSTERA.	9
FIG.4 AREA DE ESTUDIO EN LA ZONA MARINA.	10
FIG.5 DISTRIBUCION DE FIERRO EN SEDIMENTO MARINO.	19
FIG.6 DISTRIBUCION DE MANGANESO EN SEDIMENTO MARINO.	20
FIG.7 DISTRIBUCION DE ZINC EN SEDIMENTO MARINO.	21
FIG.8 AGRUPACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DE ACUERDO AL ANALISIS DE SIMILITUD SEGUN CONTENIDO DE METALES TRAZA Y ARCILLA.	26
FIG.9 CLASIFICACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DE ACUERDO AL ANALISIS DE SIMILITUD SEGUN COTENIDO DE METALES TRAZA Y ARCILLA.	27
FIG.10 ANALISIS DE REGRESION SIMPLE DE LA CONCENTRACION DE Mn CON RESPECTO A LA CONCENTRACION DE Fe EN EL SEDIMENTO MARINO (cruce-ro oct-nov,85).	28
FIG.11 ANALISIS DE REGRESION SIMPLE DE LA CONCENTRACION DE Zn CON RESPECTO A LA CONCENTRACION DE Fe EN EL SEDIMENTO MARINO (cruce-ro oct-nov,85).	29
FIG.12 DISTRIBUCION DE GRANULOMETRIA DEL AREA MARINA.	32
FIG.13 ANALISIS DE REGRESION SIMPLE DE LA CONCENTRACION DE Fe, CON RESPECTO AL CONTENIDO DE	33

ARCILLA(%) EN EL SEDIMENTO MARINO(crucero
oct-nov,85).

FIG.14 ANALISIS DE REGRESION SIMPLE DE LA CONCEN-
TRACION DE Mn, CON RESPECTO AL CONTENIDO DE
ARCILLA(%) EN EL SEDIMENTO MARINO (crucero
oct-nov,85).

34

FIG.15 ANALISIS DE REGRESION SIMPLE DE LA CONCEN-
TRACION DE Zn , CON RESPECTO AL CONTENIDO DE
ARCILLA(%) EN EL SEDIMENTO MARINO(crucero
oct-nov,85).

35

LISTA DE TABLAS

	Pag.
I.- CONCENTRACION DE METALES TRAZA ($\mu\text{g/g}$, peso seco) EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES (0-5cm) DEL AREA MARINA EN EL MUESTREO DE OCT-NOV, 85.	15
II.- CONCENTRACION DE METALES TRAZA ($\mu\text{g/g}$. peso seco) EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES (0-5cm) DEL AREA EN EL MUESTREO DE JULIO Y AGOSTO DE 1985.	16
III.- CONCENTRACION DE METALES TRAZA ($\mu\text{g/g}$, peso seco) SEDIMENTOS SUPERFICIALES (0-5cm) EN EL MUESTREO COSTERO DE MAYO DE 1985.	18
IV.- CONCENTRACION DE METALES TRAZA ($\mu\text{g/g}$, peso seco) EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES (0-5cm) EN EL MUESTREO COSTERO DE JULIO DE 1985.	18
V.- RESULTADO DE LA PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE BAR- TLETT.	22
VI.- RESULTADO DE LA PRUEBA DE NORMALIDAD DE AJUS- TE KOLMOGOROV-SMIRNOV.	22
VII.- VARIANZA GEOGRAFICA DE LA CONCENTRACION (mg/kg, peso seco) DE METALES DISPONIBLES EN EL SEDI- MENTO MARINO.	23
VIII.- DIFERENCIA DE MEDIAS DE LA CONCENTRACION DE Fe (Metodo de Tukey).	24
IX.- DIFERENCIA DE MEDIAS DE LA CONCENTRACION DE Mn (Metodo de Tukey).	24
X.- DIFERENCIA DE MEDIAS DE LA CONCENTRACION DE Zn (Metodo de Tukey).	24
XI.- CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS (%) DE LOS SE- DIMENTOS MARINOS SUPERFICIALES (0-5cm) DEL MUES- TREO DE OCTUBRE-NOVIEMBRE DE 1985.	30
XII.- CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS (%) DE LOS SE- DIMENTOS COSTEROS SUPERFICIALES (0-5cm) DEL MUESTREO DE MAYO DE 1985.	31

XIII.-	CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS(%)DE LOS SEDIMENTOS COSTEROS SUPERFICIALES(0-5cm) DEL MUESTREO DE JULIO DE 1985.	31
XIV.-	CONCENTRACION DE FIERRO EN AGUA(μ g/l)EN EL AREA MARINA.	37
XV.-	CONCENTRACION DE FIERRO EN AGUA SUPERFICIAL (μ g/l)EN EL AREA COSTERA.	37
XVI.-	NIVELES DE REFERENCIA DE CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN mg/Kg DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES(0-5cm) DEL AREA MARINA DE ESTUDIO, DE LA COSTA SUR DE CALIFORNIA Y COSTA DE LIGURIA ITALIA.	40

I.- INTRODUCCION

I.1. Antecedentes.

El Puerto de Tampico y Cd. Madero Tamaulipas, constituyen una zona conurbana donde opera la importante refinería de Cd. Madero. En la última década la zona contigua a Cd. Madero ha apreciado un rápido crecimiento industrial en lo que se ha dado por llamar el "Corredor Industrial de Altamira-Tampico". Junto a las plantas petroquímicas se han levantado importantes industrias de productos básicos. De tal manera que en dicha zona conurbana se pueden apreciar los siguientes polos industriales: La industria situada en la margen izquierda del Río Pánuco; el "Corredor Industrial de Altamira-Tampico" y la industria del Puerto Industrial de Altamira.

Las industrias que destacan por sus volúmenes de producción o de descargas de aguas residuales en estos polos industriales son: Refinería de Cd. Madero (Petróleos Mexicanos) que vierte sus aguas residuales directamente al estuario del Río Pánuco, con un gasto aproximado de 336 l/s. La industria Química del Mar, dedicada a la extracción de hidróxido y óxido de magnesio. Pigmentos y Productos Químicos (P.P.Q.) dedicada a la fabricación de bióxido de titanio y ácido sulfúrico, con un volumen de producción de 2,000 toneladas mensuales. Sus aguas residuales son conducidas a lagunas de sedimentación, con un flujo aproximado de 70 l/s. Dichas aguas son fuertemente ácidas y con un alto contenido de fierro y son descargadas en el Golfo de México a través de un emisor submarino a 1.5 Kms. , de la costa. Hules Mexicanos, dedicada a la fabricación de hule sintético y negro de humo con un volumen de 50,000 toneladas anuales. Esta fabrica vierte sus aguas residuales en el Golfo de México, con un gasto aproximado de 161 l/s. La termoeléctrica

Andonegui, planta de la Comisión Federal de Electricidad, descarga sus aguas residuales en la laguna de Carpintero con un gasto aproximado de 21 l/s. Petrocel, dedicada a la fabricación de fibras sintéticas a partir de derivados de petróleo, descarga al Golfo de México sus aguas residuales con un gasto aproximado de 100 l/s. La empresa Novaquin descarga sus aguas residuales directamente en el Golfo de México con un flujo de 20 l/s. Los anteriores datos de acuerdo a SARH,(1981).

Estudios de Emilsson (1973) en la zona adyacente a la instalación del emisor submarino), señalan valores máximos de fierro en agua de $4160 \mu\text{g/l}$ en la descarga y de $170 \mu\text{g/l}$ en las estaciones situadas a 2 Kms. de ésta. La Dirección General de Oceanografía Naval (D.G.O.N.) de la Secretaría de Marina, realizó un estudio técnico (1983) en la zona de influencia de la descarga del emisor submarino de la empresa P.P.Q., encontrando que al aumentar la profundidad, aumenta la concentración de fierro en el agua.

De acuerdo a los antecedentes de estudio de metales traza, el área costera de la zona conurbana de Tampico-Madero a Altamira, unicamente había sido estudiada en la zona cercana al emisor submarino de P.P.Q.

Es conocido que los sedimentos marinos costeros cercanos a zonas industriales y zonas urbanas son típicamente contaminados por metales traza Thomson et al.,(1973). Según Donazzolo et al.,(1981), la contaminación por metales traza en el mar puede representar un peligro para la salud humana y un detrimento en los recursos alimenticios. Se destaca que algunos metales causan efectos adversos en la vida de los organismos y en la cadena alimenticia.

En mar abierto es difícil seleccionar especies representativas para evaluar contaminación, por no poder estimar su tiempo de residencia en la zona y no proover resultados reproducibles por un período largo de tiempo (Cauwet,

1987). Por lo que en zonas donde no se cuenta con estos organismos una alternativa es evaluar los sedimentos marinos.

Desde el punto de vista de su origen los metales traza en sedimento marino reciente, pueden ser clasificados en litogénicos y antropogénicos (Cr,Co,Ni,Cu,Zn,Cd,Hg y Pb) Hellman,(1970). Encontrando entre estos dos grupos los que tienen ese doble origen, como son el manganeso y el fierro.

Numerosas investigaciones han demostrado como las características texturales de los sedimentos determinan la concentración de metales traza Smith,(1973);Gibbs,(1977); Mayer y Fink,(1980). Los metales traza están principalmente asociados con la fracción fina del sedimento, la interpretación de los valores observados, es algunas veces difícil de llevar a cabo si no son consideradas las características de textura de los sedimentos (Donazzolo et al.,1981). Las variaciones en la composición química de los sedimentos superficiales actúa como guía para establecer los centros de contaminación (Forstner,1978). Un conocimiento de las concentraciones y distribuciones de los metales traza en sedimentos juega un papel importante para determinar las fuentes de contaminación de los sistemas acuáticos (Forstner y Withman,1979).

I.2. Objetivos.

El objetivo de este trabajo es establecer los niveles de concentración de metales traza en sedimentos (Cd,Pb,Cu, Zn,Ni,Co,V,Mn y Fe) colectados en 1985, en la zona adyacente a la desembocadura del Río Pánuco y Puerto de Altamira, Tamaulipas. Estudiar el grado de influencia de las descargas industriales y domésticas sobre la calidad química de los sedimentos del medio marino, cuantificándose las concentraciones de los elementos en los sedimentos.

Desde el punto de vista de la contaminación por metales traza en la zona, es de especial interés la empresa P.P.

Q. por la magnitud de su producción y volúmenes de descarga de aguas residuales, estas últimas arrojan aproximadamente 60 ton/día de fierro (D.G.O.N.,1983). Por lo que se llevó a cabo la determinación de Fe en agua. Además se realizó un estudio granulométrico (fracción fina y gruesa del sedimento) en las estaciones del área de estudio como apoyo para la interpretación de las concentraciones de metales traza detectados. De acuerdo a Mayer y Fink,(1980) el tamaño fino de grano del sedimento está relacionado con alta concentración de metales.

II.- MATERIALES Y METODOS.

II.- Descripción del área de estudio.

El estado de Tamaulipas se encuentra situado al norte de la costa este de la Republica Mexicana. Sus límites se localizan en las desembocaduras de los Ríos Pánuco ($22^{\circ} 16'$ Lat. N, $97^{\circ} 47'$ Long. W) y Bravo ($25^{\circ} 58'$ Lat. N, $97^{\circ} 09'$ Long. W). Su plataforma continental presenta una extensión que varía de 50 Kms al sur y de 90 a 100 Kms al norte.

La Ciudad y Puerto de Tampico se localiza en la parte sur de las costas del estado de Tamaulipas, con coordenadas geográficas de $22^{\circ} 16'$ Lat N y $92^{\circ} 47'$ Long W. La zona urbana esta ligada a Ciudad Madero formando practicamente una ciudad, que se desarrolla al margen del Río Pánuco (Fig.1.).

El área de estudio del presente trabajo fue delimitada en relación a la zona de influencia de los tres polos de desarrollo local, que tienen aporte de aguas residuales industriales: Industria de la margen izquierda del Río Pánuco Corredor Industrial de Altamira-Tampico y Puerto Industrial de Altamira (Fig.2.).

En la margen izquierda del Río Pánuco, se encuentran instaladas industrias que tienen aporte de aguas residuales industriales, podemos considerar la mas importante la Refineria de Cd. Madero.

En el Corredor Industrial de Altamira, cercano a Tampico, se localizan empresas como: Petrocel, Pigmentos y Productos Químicos, Hules Mexicanos y Cinaquín.

En el caso del Puerto Industrial de Altamira, su localización geográfica y la magnitud de su futuro desarrollo lo colocan a la altura de los centros industriales mas im-

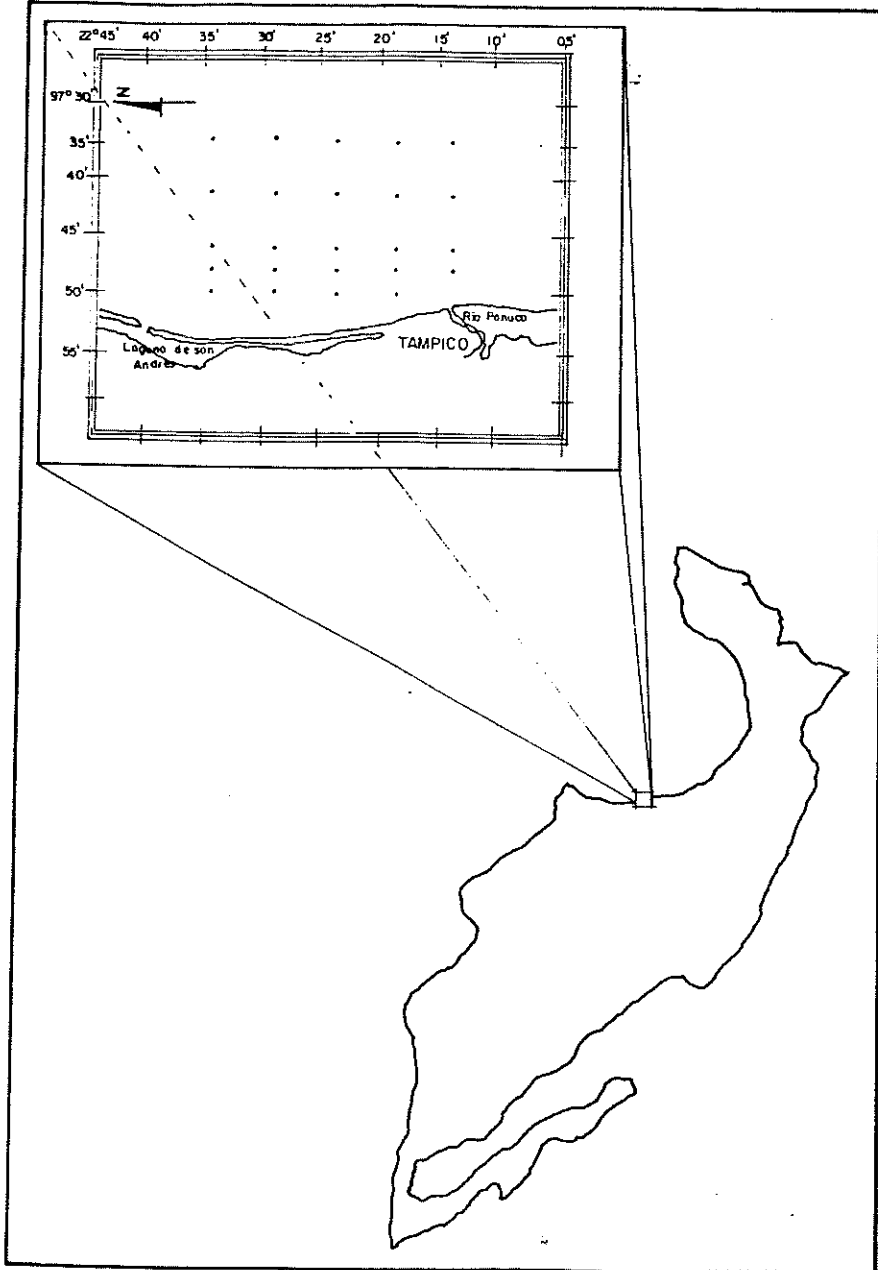


FIG. 1 - AREA DE ESTUDIO

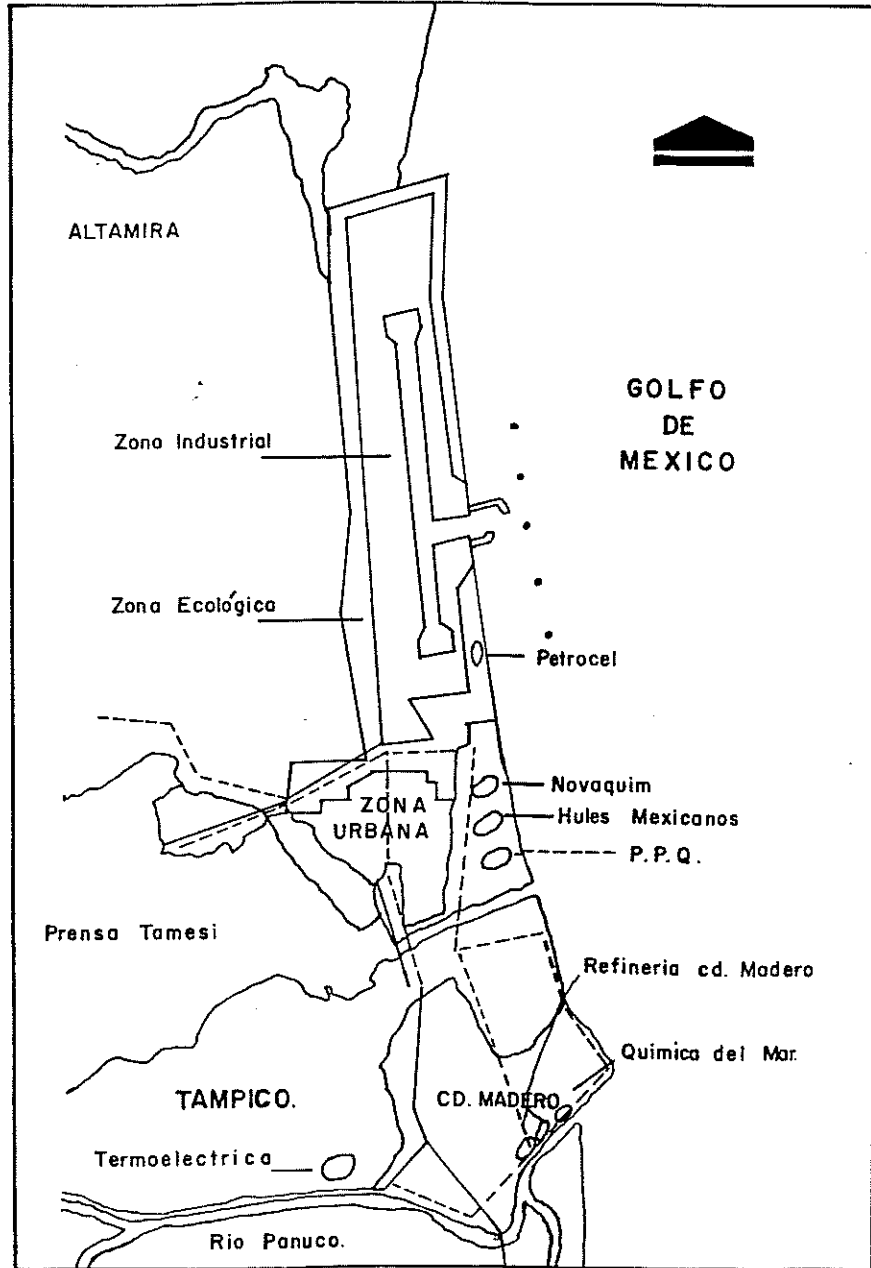


FIG. 2 - INDUSTRIA DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RIO PANUCO ,
CORREDOR INDUSTRIAL Y PUERTO DE ALTAMIRA .

portantes del país.

El área de estudio fue dividida en: área costera y área marina. En la primera se establecieron cinco estaciones AR1 a AR5, existiendo una distancia de 2.5 Kms entre ellas y abarcando una longitud de 10 Kms (Fig.3). El área marina esta comprendida entre las coordenadas $97^{\circ} 33' 00''$ $97^{\circ} 47' 00''$ long W y $22^{\circ} 15' 00''$; $22^{\circ} 35' 00''$ Lat N, abarcando un área de 518.5 Kms^2 . Para su estudio se establecieron 24 estaciones de muestreo (ALT 1 a ALT 20 y ALT 22 a ALT 25), dispuestas en cinco transectos perpendiculares a la línea de costa (Fig.4).

II.2. Metodología.

En el área costera se efectuaron dos muestreos, el primero del 17 al 18 de mayo de 1985 y el segundo del 4 al 5 de julio de 1985 (analizandose Cd,Pb,Cu,Zn,Ni,Co,V,Mn y Fe) en sedimentos y Fe en agua. Se consideraron dos muestreos del área marina llevados a cabo a bordo de los buques oceanográficos H-02 y Altair H-05 de la Armada de México. Realizandose el primero del 31 de julio al 3 de agosto de 1985 y el segundo del 31 de octubre al 3 de noviembre de 1985. Analizandose Zn y Pb en el primero y Cd,Pb,Cu,Zn,Ni, Co,V,Mn y Fe en el segundo, en los sedimentos. Así como Fe en agua para ambos cruceros.

II.2.a. Colecta de sedimento y agua.

La colecta de sedimento se llevó a cabo con una draga tipo Shipeck (20-20 cm), tomando los primeros cinco centímetros de sedimentos que no están en contacto con las paredes de la draga. Inmediatamente la muestra fue empacada en una bolsa de plástico etiquetada y congelada a -20°C .

Las muestras de agua se colectaron a nivel superficial con una botella Niskin, tomándose un litro de agua, la

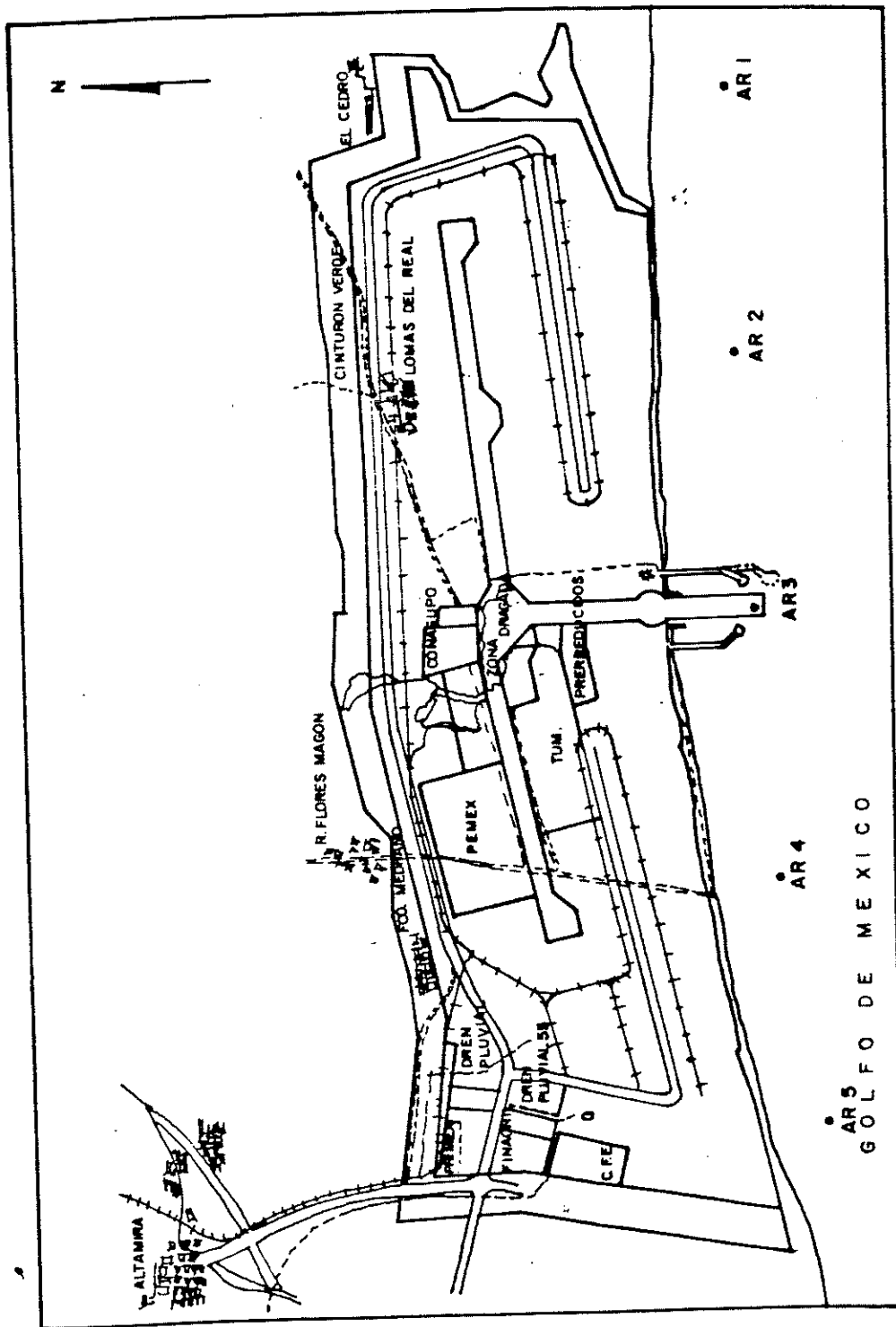


FIG. 3 - AREA DE ESTUDIO EN LA ZONA COSTERA

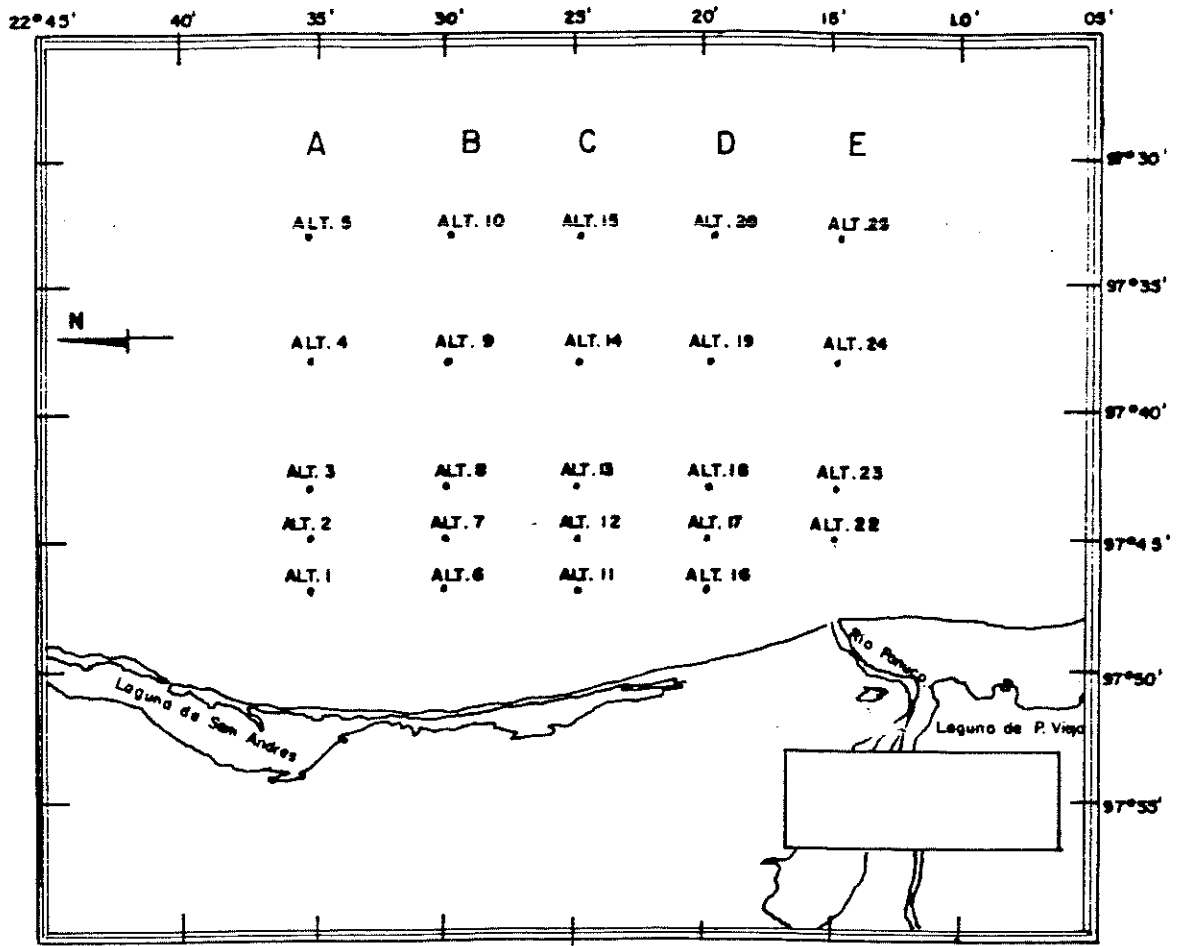


FIG. 4 AREA DE ESTUDIO EN LA ZONA MARINA.

cual fue filtrada (filtro millipore .45 micras) y transferida a una botella de plástico de 1 lt., donde se le añadió 0.5 ml de ácido nítrico concentrado y se congeló para su preservación a -20°C . Los análisis fueron realizados en el Laboratorio Central de la Ciudad de México, dependiente de la Dirección General de Oceanografía Naval de la Secretaría de Marina.

II.2.b. Análisis de metales traza en sedimentos.

En el laboratorio, el sedimento fue secado y se tomaron 5 grs. por duplicado para cada estación, así como dos blancos, siendo puesto durante 16 horas en contacto con 70 ml de una solución 0.5 N de ácido clorhídrico, según la técnica de extracción con HCl 0.5 N de Chester y Voutsino, (1981). En seguida, la solución fue filtrada con doble filtro tipo Wathman No. 40 y depositada en una botella de plástico de 75 ml. para posteriormente ser inyectada en el espectrofotómetro de absorción atómica Varian AA-1475, utilizando aire-acetileno y con atomizador de llama para el análisis de los metales.

II.2.c. Análisis de fierro en agua.

Las muestras de agua para la determinación de Fe, fueron analizadas según el método descrito por Kingston et al. (1978).

Las muestras por duplicado para cada estación se llevaron a un pH de 5 a 5.5, adicionando hidróxido de amonio 2 M. Después son empacadas las columnas con resina chelex 100 (de 3 a 3.5 ml). Se lava la resina con 15 ml de HNO_3 2.5 M, se lava con 5 ml de H_2O desionizada, se transforma la resina de su forma sódica a la forma amoniacal (NH_4^+) con 10.15 ml de NH_4OH 2 M, se lavan las columnas con H_2O desionizada de 10 a 15 ml, para eliminar exceso de hidróxi-

do, quedando de esta manera lista la resina para pasar la muestra. Se hace pasar la muestra por las columnas a un flujo de 1 ml/min. Una vez que a pasado 1 lt de muestra por la resina se hace pasar 70 ml de acetato de amonio 1 M. Los metales de transición se eluyen con 10 ml de HNO_3 2.5 M y se recogen en frascos de polietileno previamente lavados con ácido nítrico al 10% durante una semana. Para después ser inyectada la muestra en el espectrofotómetro de absorción atómica Varian AA-1475 con atomizador de llama.

II.2.d. Análisis granulométrico.

Del sedimento colectado y empacado en cada una de las estaciones del área de estudio, se tomó una porción de aproximadamente 30 grs , para llevar a cabo su análisis granulométrico.

II.2.d.1. Pretratamiento de la muestra.

Se llevó a cabo según la tecnica Campos y Contreras 1984, referida en el Manual Operativo de Geología Marina de la Secretaría de Marina. Se utilizaron recipientes de 400 ml con la muestra y H_2O_2 al 30% en baño maría a una temperatura aproximada de 60°C , durante el tiempo suficiente para destruir el exceso de materia orgánica. Después del pretratamiento de la muestra se lavó ésta para eliminar las sales con un filtro de porcelana tipo vela. Posteriormente fueron separadas la fracción gruesa (arenas) de la fracción fina (limos y arcilla) con el uso de un tamiz 4ϕ .

II.2.d.2. Tratamiento de la fracción fina.

La fracción fina fue analizada por el método de la pipeta de Galehouse, (1970).

II.2.d.3. Tratamiento de la fracción gruesa.

Fue analizada según la técnica de análisis mecánico

por tamices (Campos y Contreras, 1984).

II.2.e. Análisis estadístico

Se realizaron análisis de regresión lineal simple, determinación del coeficiente de correlación de Pearson entre el porcentaje de arcilla en el sedimento y las concentraciones de Fe, Mn y Zn en los mismos, así como entre la concentración de Fe con la de Mn y Zn. También se llevó a cabo un análisis de varianza de una vía entre las medias de las concentraciones de Fe, Mn y Zn de los transectos A, B, C, D y E con el fin de ver si las diferencias son estadísticamente significativas (con previa prueba de homogeneidad y normalidad de las muestras). Posteriormente las diferencias se clasificaron mediante la prueba a posteriori de Tukey. Por último se realizó un análisis de similitud de Cluster según el contenido de metales traza y arcilla. Todo lo anterior según procedimientos Steel y Torrie, (1980).

III.- RESULTADOS

III.1. Metales traza en sedimentos

Del análisis de los metales traza, Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Co, V, Mn, y Fe, únicamente se detectaron concentraciones de Fe, Mn y Zn en la totalidad de las estaciones. El Cu y Pb fueron detectados únicamente en las estaciones ALT 22 y 23. Encontrándose valores máximos de 3775.8 $\mu\text{g/g}$ (Fe), 644 $\mu\text{g/g}$ (Mn), 51.8 $\mu\text{g/g}$ (Zn), 29.4 $\mu\text{g/g}$ (Pb) y 17.46 $\mu\text{g/g}$ (Cu), correspondiendo todos estos valores a las estaciones 22 y 23. Como valores mínimos se encontraron 1315.9 $\mu\text{g/g}$ (Fe) estación ALT-6, 204 $\mu\text{g/g}$ (Mn) estación ALT-1 y 8.8 $\mu\text{g/g}$ (Zn) estación ALT-2. Los mínimos valores para los demás metales se presentaron por abajo del nivel de detección (Tablas I y II). Siendo los valores promedio 2421.5 $\mu\text{g/g}$, 346 $\mu\text{g/g}$ y 22.45 $\mu\text{g/g}$ para el Fe, Mn y Zn respectivamente.

Para el área costera el Fe, Mn y Zn fueron detectados con valores máximos de 813.3 $\mu\text{g/g}$ (Fe) estación AR-2, 199.1 $\mu\text{g/g}$ (Mn) estación AR-5, 7.7 $\mu\text{g/g}$ (Zn) estación AR-3. Valores mínimos de 683.3 $\mu\text{g/g}$ (Fe) AR-1, 165.5 $\mu\text{g/g}$ (Mn) AR-1 y 3.8 $\mu\text{g/g}$ (Zn) AR-1 (Tablas III y IV).

Se pudo apreciar un gradiente de distribución de los metales traza detectados, llenando éste de menor a mayor concentración con respecto a la distancia de la costa. Siendo más definido en los transectos A, B y C y difuso en los transectos D y E (Figs. 5, 6 y 7). Para el análisis de varianza se realizaron previamente pruebas de homogeneidad y normalidad (Tabla V y VI). Con el análisis de varianza en una vía de las medias de los transectos y haciendo su comparación por el método de Tukey, podemos apreciar que las medias de los transectos A, B, C y D no son significativamente diferentes, mientras que la media de E sí es significativamente diferente a las anteriores (Tablas VII, VIII, IX y

TABLA. I CONCENTRACIONES DE METALES TRAZA ($\mu\text{g/g}$, PESO SECO) EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES(0-5 cm) DEL AREA EN EL MUESTREO DE JULIO Y AGOSTO DE 1985.

ESTACION.	Zn	Pb
ALT. 1	10.61	n.d.
ALT. 2	8.89	n.d.
ALT. 3	13.60	n.d.
ALT. 4	13.51	n.d.
ALT. 5	22.48	n.d.
ALT. 6	2.92	n.d.
ALT. 8	14.88	n.d.
ALT. 12	14.35	n.d.
ALT. 13	15.03	n.d.
ALT. 14	18.31	n.d.
ALT. 15	18.55	n.d.
ALT. 16	13.83	n.d.
ALT. 22	45.89	26.37
ALT. 23	44.05	21.12
ALT. 24	12.79	n.d.
n.d. no detectada.		

TABLA. II CONCENTRACION DE METALES TRAZA ($\mu\text{g/g}$, PESO SECO.) EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES (0-5 cm) DEL AREA MARINA EN EL MUESTREO DE OCTUBRE Y NOVIEMBRE DE 1985.

ESTACION.	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
ALT. 1	n.d.	1757.92	242.21	n.d.	15.12
ALT. 2	n.d.	2869.20	379.28	n.d.	23.17
ALT. 3	n.d.	1827.25	286.59	n.d.	16.98
ALT. 4	n.d.	2901.88	413.22	n.d.	24.66
ALT. 5	n.d.	2988.54	554.21	n.d.	24.61
ALT. 6	n.d.	1315.95	212.18	n.d.	10.21
ALT. 7	n.d.	2061.25	253.96	n.d.	20.76
ALT. 8	n.d.	2269.24	303.56	n.d.	21.21
ALT. 9	n.d.	2711.22	383.20	n.d.	21.34
ALT. 10	n.d.	2879.38	485.02	n.d.	29.46
ALT. 11	n.d.	1619.27	214.79	n.d.	14.20
ALT. 12	n.d.	1861.92	251.34	n.d.	17.19
ALT. 13	n.d.	2459.90	327.06	n.d.	22.00
ALT. 14	n.d.	2815.22	361.00	n.d.	22.17
ALT. 15	n.d.	3307.87	434.11	n.d.	23.11

n.d. no detectado.

CONTINUACION. TABLA. II

ESTACION.	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn.
ALT. 16	n.d.	2042.5	261.79	n.d.	21.93
ALT. 17	n.d.	1938.59	250.04	n.d.	16.48
ALT. 18	n.d.	2025.26	276.15	n.d.	17.89
ALT. 19	n.d.	1643.94	204.35	n.d.	16.35
ALT. 20	n.d.	2909.22	398.86	n.d.	21.63
ALT. 22	10.50	3775.85	644.29	20.09	40.62
ALT. 23	17.46	3411.86	636.46	29.46	51.81
ALT. 24	n.d.	2874.55	381.89	15.58	29.49
ALT. 25	n.d.	1851.93	361.00	n.d.	13.57

nd. no detectado.

TABLA. I. III CONCENTRACION DE METALES TRAZA ($\mu\text{g/g}$ EN PESO SECO) SEDIMENTOS SUPERFICIALES (0-5 cm) EN EL MUESTREO COSTEROS DE MAYO DE 1985.

ESTACION.	Zn
AR. 1	3.817
AR. 2	7.078
AR. 3	7.747
AR. 4	5.044
AR. 5	4.821

TABLA. I. IV CONCENTRACIONES DE METALES TRAZA ($\mu\text{g/g}$ EN PESO SECO) EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES (0-5 cm) EN EL MUESTREO COSTERO DE JULIO 1985.

ESTACION.	Fe	Mn	Zn
AR. 1	683.31	165.58	5.83
AR. 2	813.30	192.51	7.23
AR. 3	-	-	-
AR. 4	700.650	173.02	6.00
AR. 5	709.30	199.12	6.16

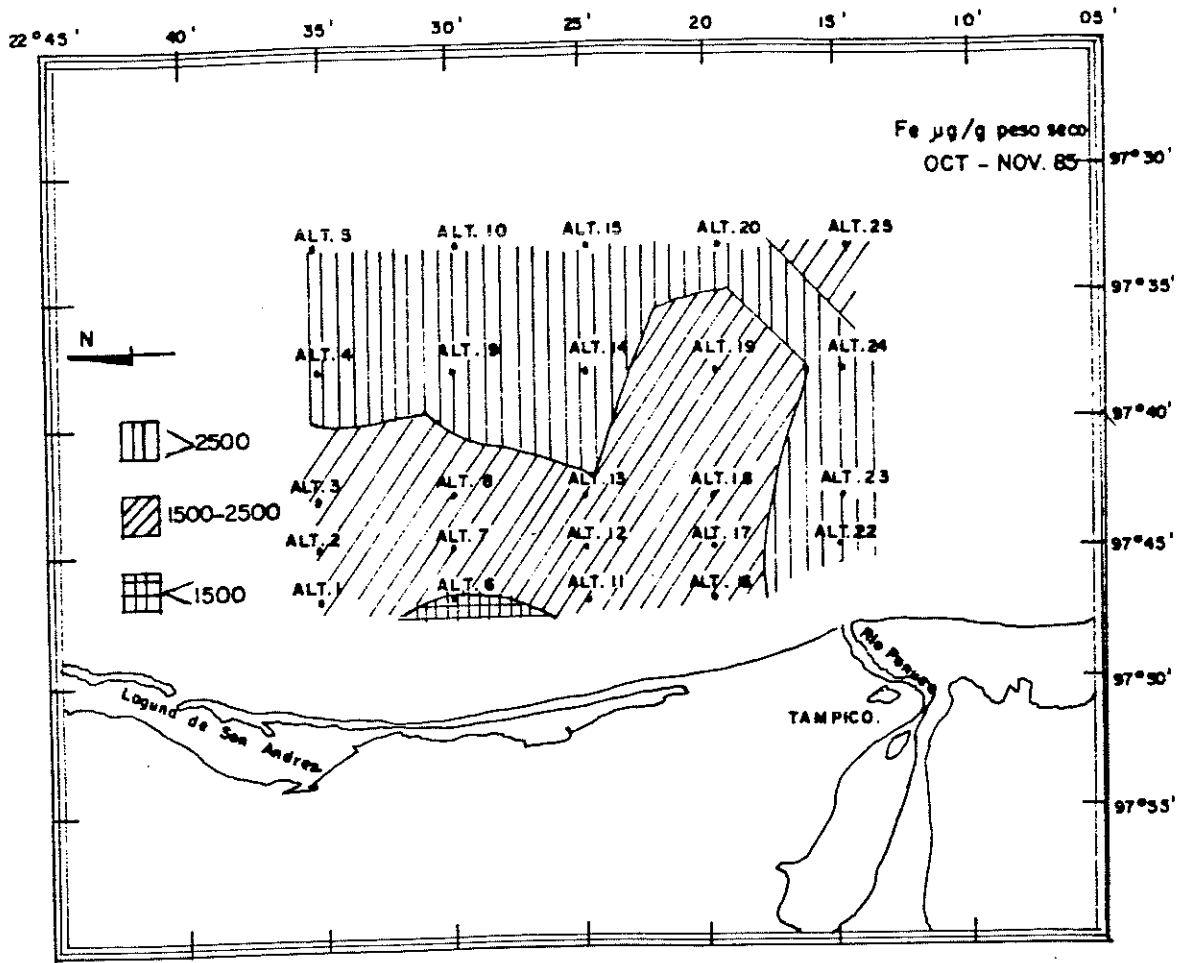


FIG. 5. DISTRIBUCION DE FIERRO EN SEDIMENTO MARINO

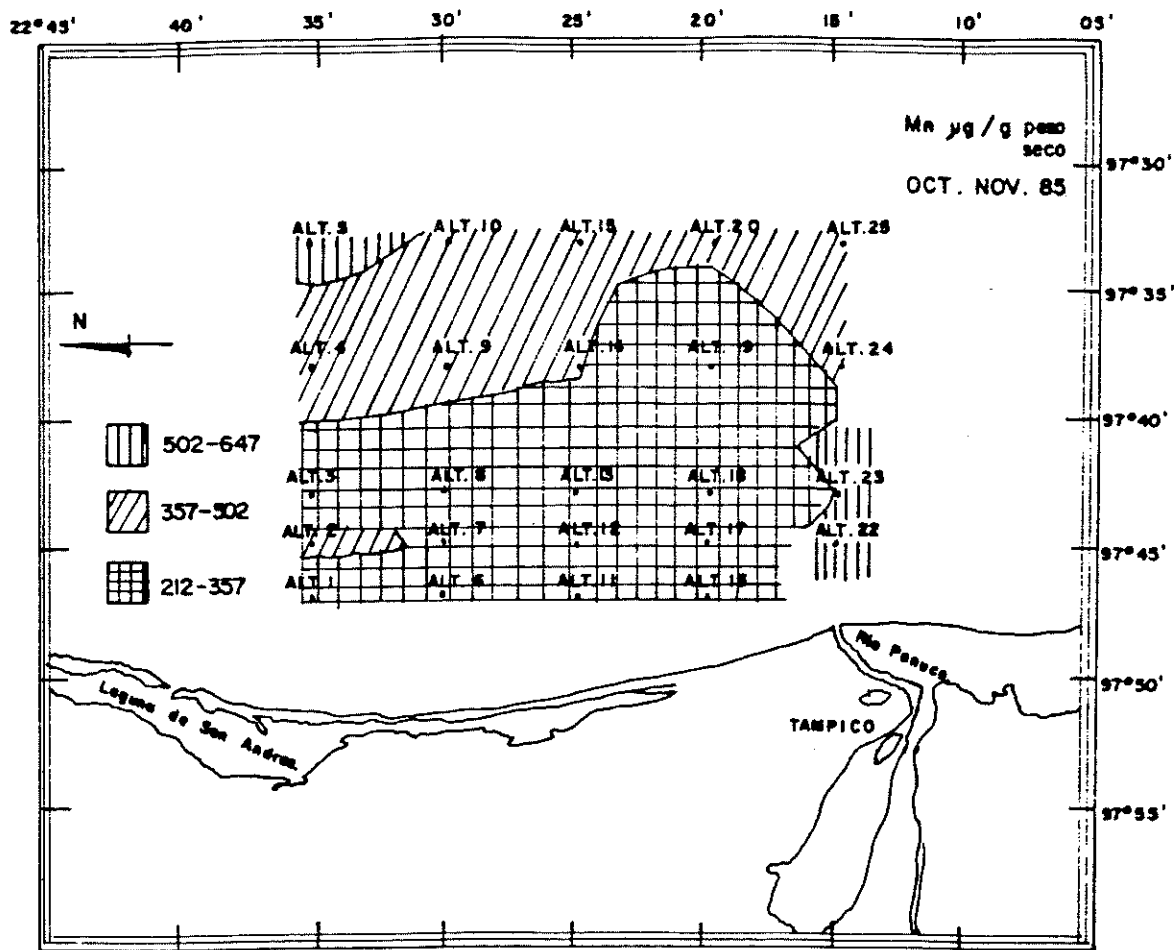


FIG. 6 DISTRIBUCION DE MANGANESO EN SEDIMENTO MARINO.

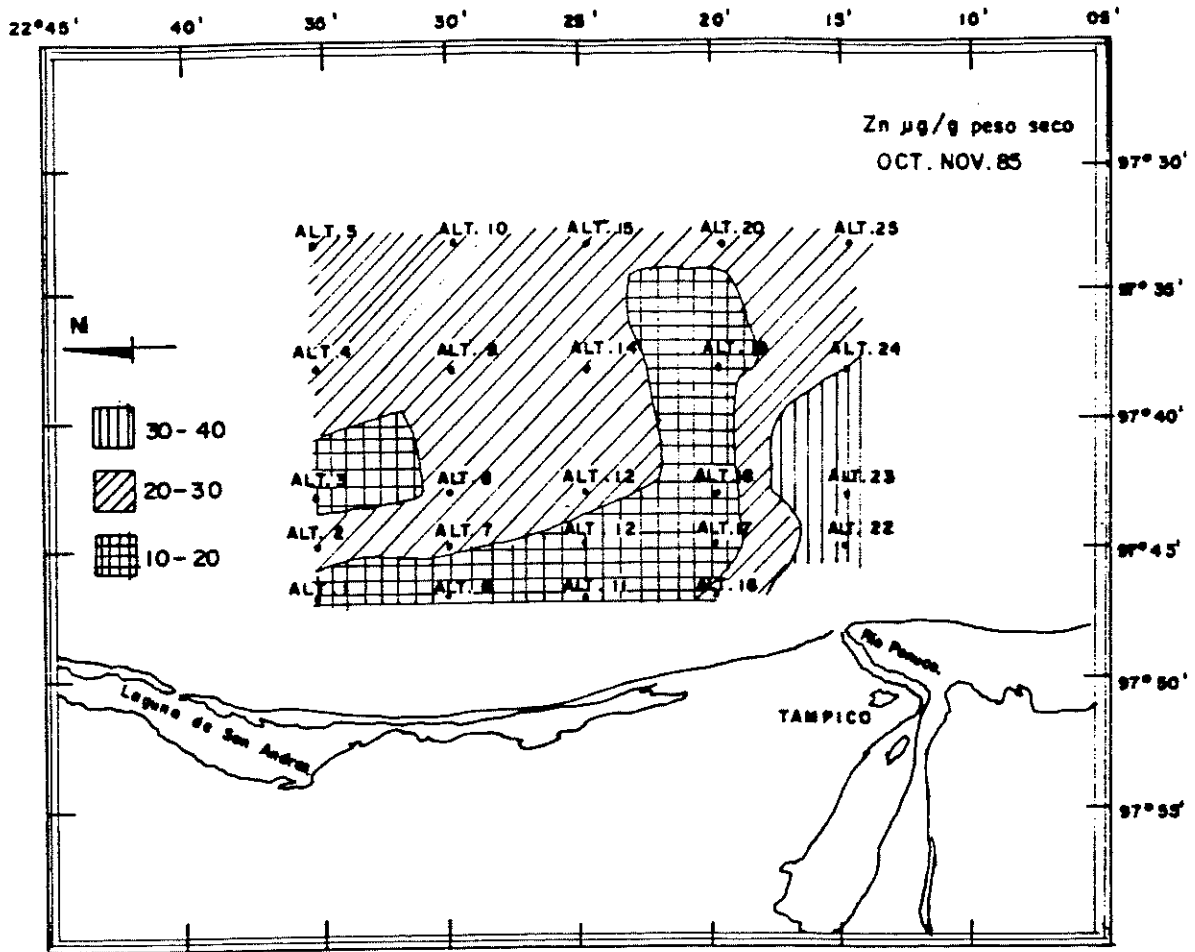


FIG. 7 DISTRIBUCION DE ZINC EN SEDIMENTO MARINO.

TABLA V RESULTADO DE LA PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE BARTLETT.

METAL	gL	α	χ^2 Col.	χ^2 Tablas	Resultado Prueba.
Fe	4	.05	1.1543	9.49	N. S.
Mn	4	.05	2.4514	9.49	N. S.
Zn	4	.025	10.2008	11.1	N. S.

TABLA VI RESULTADO DE LA PRUEBA DE NORMALIDAD DE AJUSTE KOLMOGOROV - SMIRNOV.

METAL	n	α	D sup.	Valor Critico.	Resultado Prueba.
Fe	24	.05	.1874	.269	N. S.
Mn	24	.05	.1683	.269	N. S.
Zn	24	.05	.206	.269	N. S.

TABLA VII VARIANCA GEOGRAFICA DE LA CONCENTRACION (mg/Kg, PESO SECO.) DE METALES DISPONIBLES EN EL SEDIMENTO MARINO.

TRANSECTO.	Fe.	Mn.	Zn.
F	6.81 *	16.63 *	16.36 *
A	2468.95	375.10	20.90
B	2246.70	327.71	20.58
C	2412.83	317.66	19.79
D	2111.91	278.23	18.86
E	2978.53	505.90	33.87

LA F REPRESENTA LOS RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANCA DE UNA VIA ENTRE TRANSECTO

F 0.05 = 2.45

* SIGNIFICATIVA (P < 0.05)

TABLA. VIII. DIFERENCIA DE MEDIAS DE LA CONCENTRACION DE Fe (METODO-TUKEY.)

	E	D	C	B
A	866 *	357	300	1
B	731 *	222	166	
C	565 *	56		
D	509			

* SIGNIFICATIVA. (P<0.05)

TABLA. IX. DIFERENCIA DE MEDIAS DE LA CONCENTRACION DE Mn (METODO-DE TUKEY.)

	E	A	B	C
D	227 *	96 *	49	39
C	188 *	57	10	
B	178 *	44		
A	130 *			

* SIGNIFICATIVA. (P<0.05)

TABLA. X. DIFERENCIA DE MEDIAS DE LA CONCENTRACION DE Zn (METODO-DE TUKEY.)

	E	A	B	C
D	15 *	2.1	1.7	.99
C	14 *	1.1	.79	
B	12 *	3.2		
A	12 *			

* SIGNIFICATIVA. (P<0.05)

X). Con el análisis de similitud se diferenciaron cuatro grupos (Figs 8 y 9).

Se encontró una relación entre la concentración de Fe con respecto a la concentración de Mn y Zn. Determinándose coeficientes de correlación Fe/Mn de .90 y Fe/Zn de .82 (Figs. 10 y 11).

III.2. Granulometría.

Se determinó la presencia (porcentual) de fracción gruesa (arenas) y fracción fina (limo-arcilla), en los sedimentos marinos y costeros. Encontrándose en los marinos, valores de contenido de arenas que van desde 12.98% (estación ALT-15 hasta 86.7% (estación ALT-1), los limos varían de 3.87 (estación ALT-6) a 60.59% (estación ALT-4) y las arcillas de 6.48% (estación ALT-2) hasta 39.6% (estación ALT-9), (Tabla XI). En los sedimentos del área costera se encontraron valores en las arenas que van desde 99% (estación AR-1) a 99.8% (estación AR-5), los limos variaron de 0.2% (estación AR-1) a 2.4% (estación AR-2), (Tablas XII y XIII).

Se aprecia un gradiente de distribución de los sedimentos del área marina con respecto a la distancia de la costa, llenando de menor a mayor presencia de grano fino. Apreciándose en el transecto E la presencia mas alta de la fracción fina (Fig. 12). Se encontró una relación entre el contenido de grano fino de los sedimentos marinos y las concentraciones de metales traza. Determinándose un aumento en estos últimos al aumentar la fracción fina. Existiendo un coeficiente de correlación entre Fe, Mn y Zn con respecto al porcentaje de arcilla de .75, .71 y .62 respectivamente (Figs. 13, 14 y 15).

III.3. Fe en agua.

Se determinó la concentración de Fe en agua superfici-

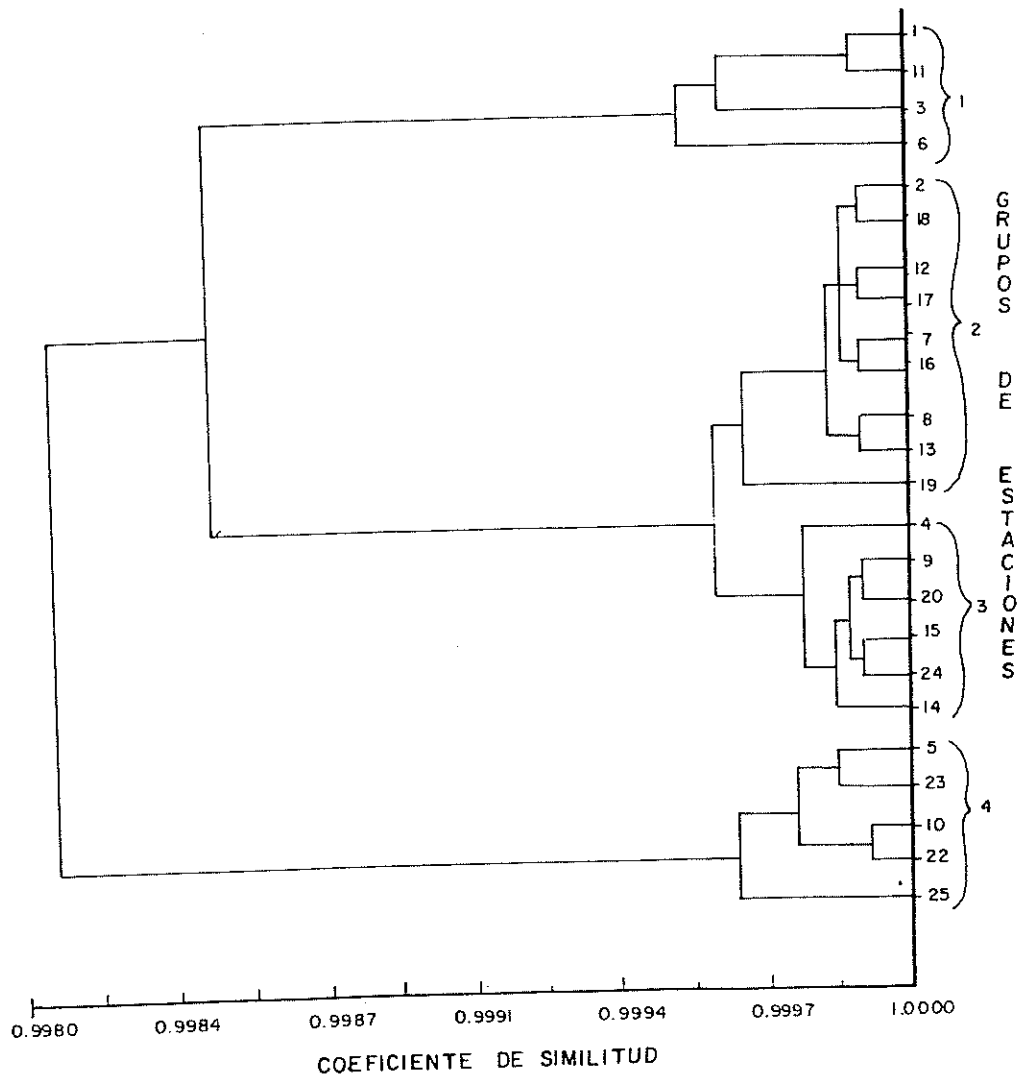


FIG. 8 AGRUPACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DE ACUERDO AL ANALISIS DE SIMILITUD SEGUN CONTENIDO DE METALES TRAZA Y ARCILLA. (OCT-NOV, 85).

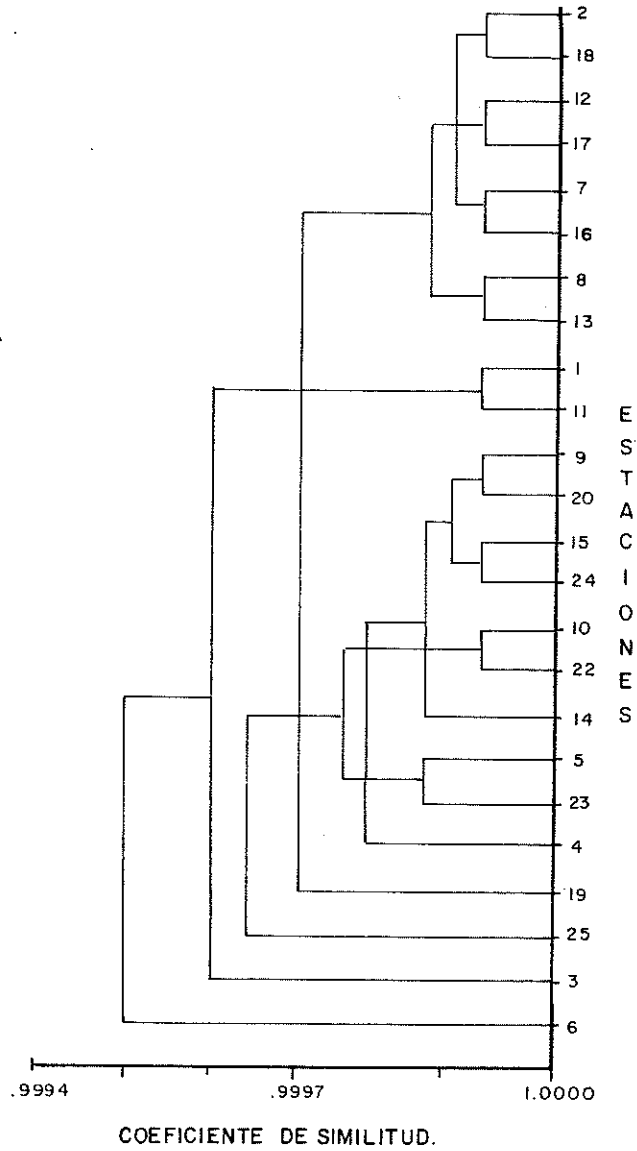


FIG. 9. CLASIFICACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DE ACUERDO AL ANALISIS DE SIMILITUD SEGUN CONTENIDO DE METALES TRAZA Y ARCILLA.

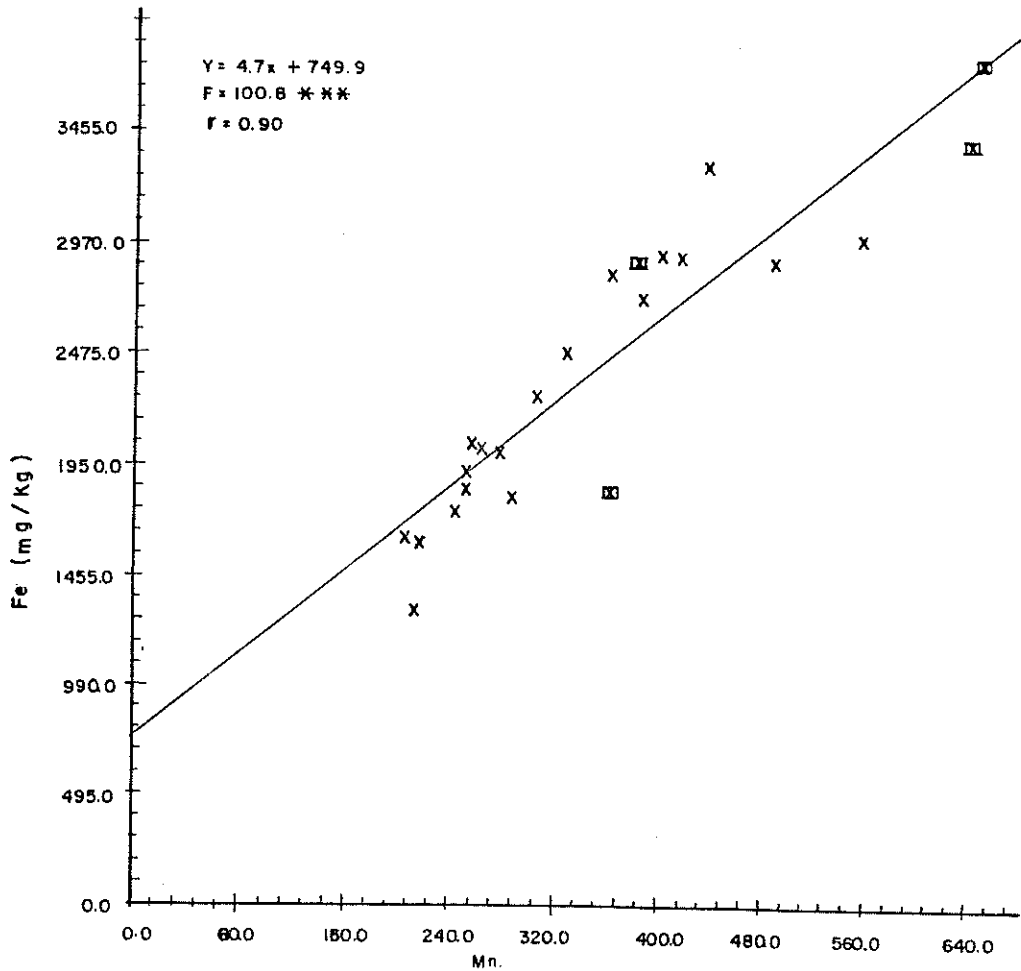


FIG. 10- ANALISIS DE REGRESION LINEAL SIMPLE DE LA CONCENTRACION DE Fe CON RESPECTO A LA CONCENTRACION DE Mn EN EL SEDIMENTO MARINO (CRUCERO OCT. - NOV., 85).

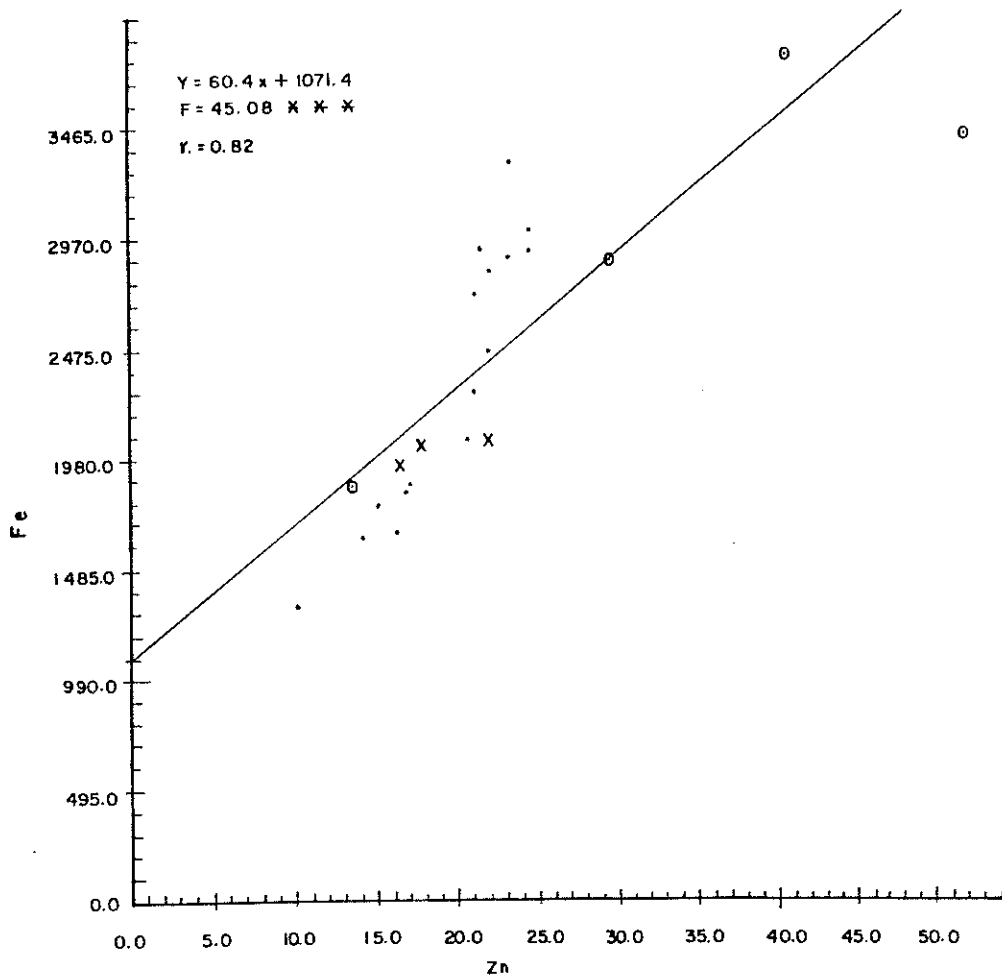


FIG. 11- ANALISIS DE REGRESION LINEAL SIMPLE DE LA CONCENTRACION DE Fe CON RESPECTO A LA CONCENTRACION DE Zn EN EL SEDIMENTO MARINO. (CRUCERO OCT.-NOV., 85).

TABLA. XI CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS (%) DE LOS SEDIMENTOS MARINOS SUPERFICIALES (0-5 cm) DEL MUESTREO DE OCTUBRE - NOVIEMBRE DE 1985.

ESTACION.	ARENA %	LIMO GRUESO %	LIMO FINO %	ARCILLA %
ALT. 1	86.70	3.46	2.49	7.35
ALT. 2	86.57	5.9	1.07	6.46
ALT. 3	74.71	8.91	4.88	11.48
ALT. 4	19.17	11.22	49.37	20.24
ALT. 5	19.10	21.69	24.28	34.43
ALT. 6	88.31	1.88	1.99	7.82
ALT. 7	69.86	12.62	1.56	15.96
ALT. 8	51.32	20.28	4.82	23.58
ALT. 9	14.75	27.99	17.60	39.66
ALT. 10	24.15	16.37	23.26	36.22
ALT. 11	81.95	1.50	4.04	12.51
ALT. 12	60.61	19.95	3.85	15.59
ALT. 13	53.88	14.07	9.94	22.11
ALT. 14	18.44	12.76	28.03	40.77
ALT. 15	12.89	25.88	23.14	38.09
ALT. 16	67.22	9.02	5.56	18.20
ALT. 17	61.82	23.35	4.01	11.82
ALT. 18	62.73	8.69	9.46	19.12
ALT. 19	30.88	21.09	30.21	17.82
ALT. 20	9.71	35.70	20.86	33.73
ALT. 22	23.85	14.45	28.64	33.06
ALT. 23	-	16.12	4.59	39.71
ALT. 24	19.04	24.22	18.35	38.39
ALT. 25	43.28	21.18	13.07	22.47

TABLA. XI CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS (%) DE LOS SEDIMENTOS COSTEROS SUPERFICIALES (0-5 cm) DEL MUESTREO DE MAYO DE 1985.

ESTACION	ARENA	LIMO	ARCILLA	GRAVA
AR. 1	97.01	—	—	2.97
AR. 3	97.35	7.23	41	—
AR. 4	99.24	—	—	0.71
AR. 5	99.80	—	—	0.10

TABLA. XII CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS (%) DE LOS SEDIMENTOS COSTEROS SUPERFICIALES (0-5 cm) DEL MUESTREO DE JULIO, 1985.

ESTACION	ARENA	LIMO	ARCILLA
AR. 1	99.6	0.2	0.4
AR. 2	97.6	1.2	2.4
AR. 4	98.4	0.8	1.6
AR. 5	98.2	0.9	1.8

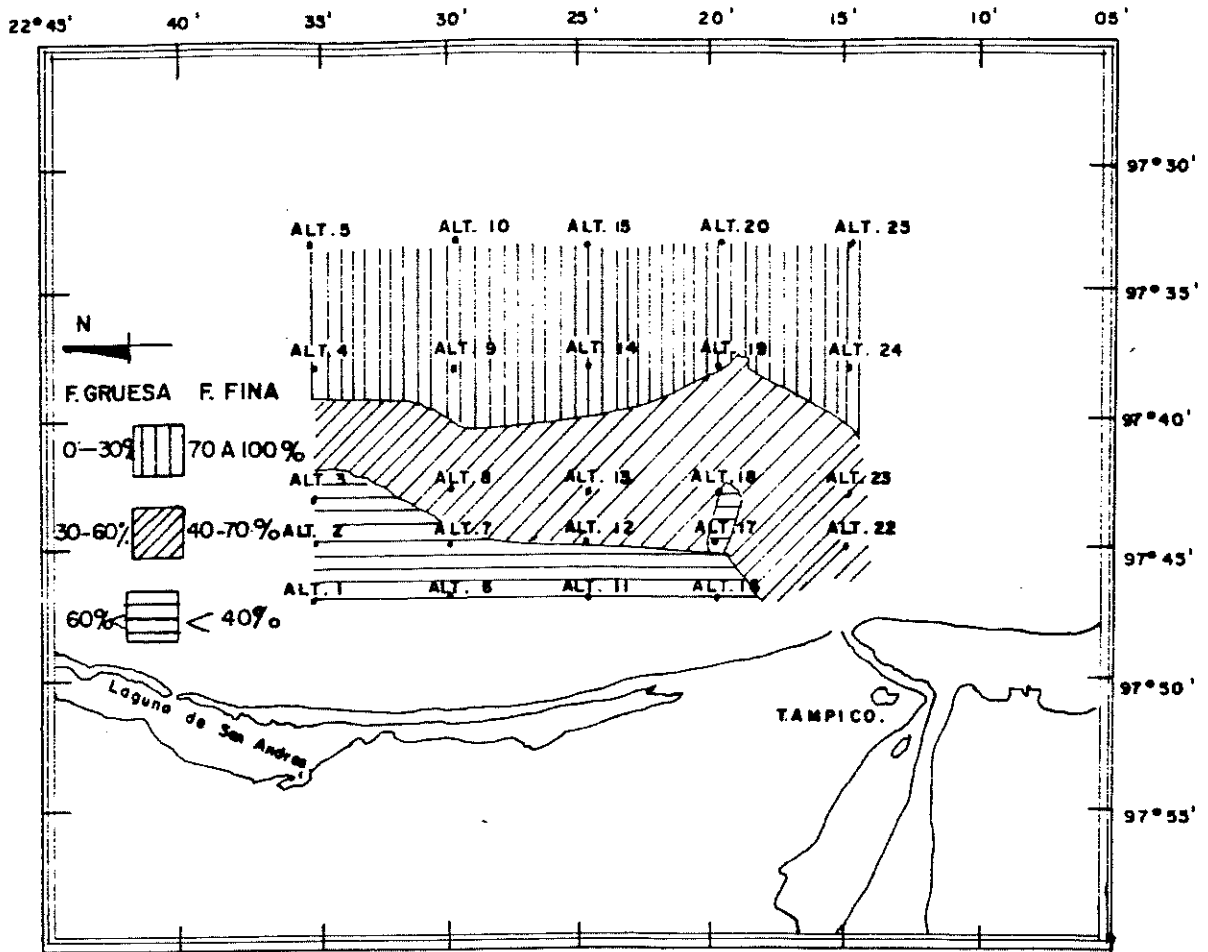


FIG. 12 DISTRIBUCION DE GRANULOMETRIA DEL AREA MARINA.

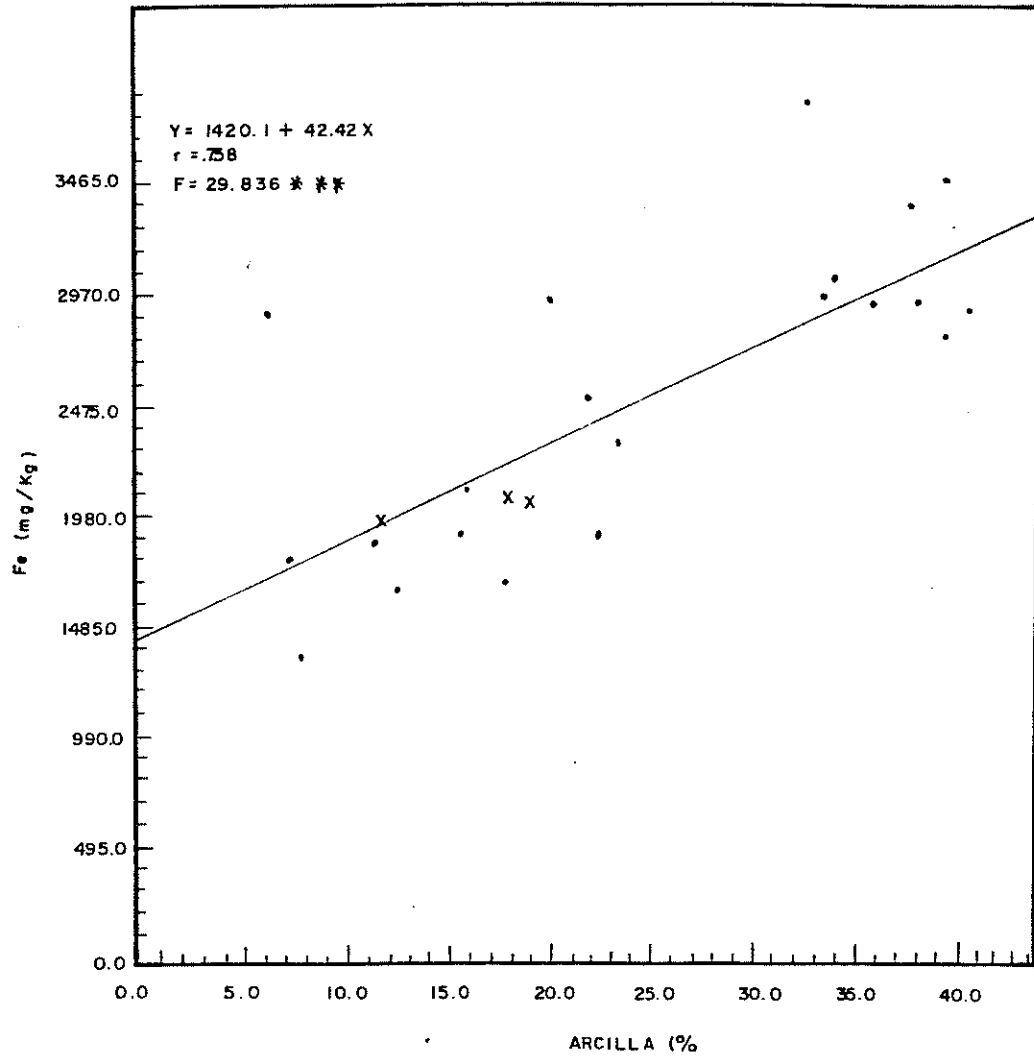


FIG.13. ANALISIS DE REGRESION LINEAL SIMPLE DE LA CONCENTRACION DE Fe, CON RESPECTO AL CONTENIDO DE ARCILLA (%) EN EL SEDIMENTO MARINO. (CRUCERO OCT.-NOV.-85).

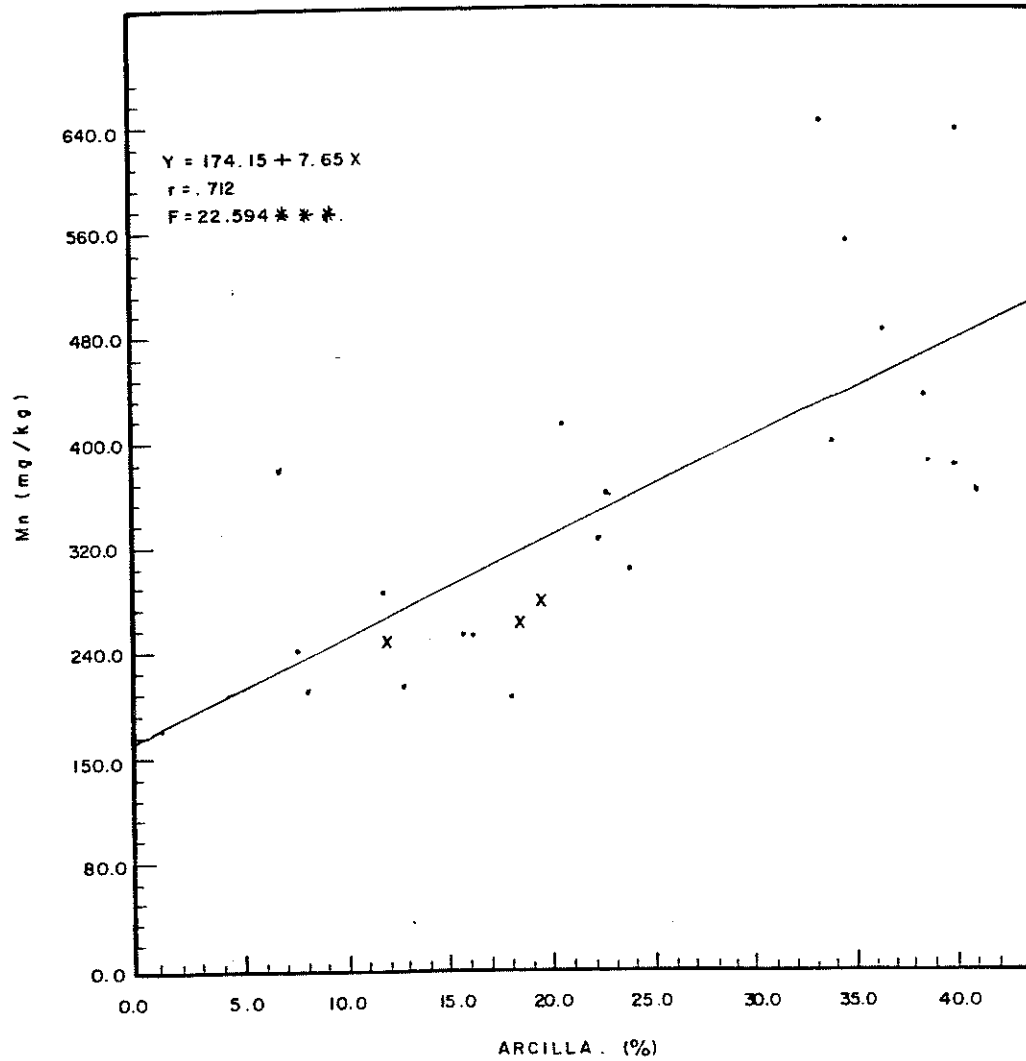


FIG.14. ANALISIS DE REGRESIS LINEAL SIMPLE. DE LA CONCENTRACION DE Mn CON RESPECTO AL CONTENIDO DE ARCILLA (%) EN EL SEDIMENTO MARINO (CRUCERO OCT.— NOV.—85).

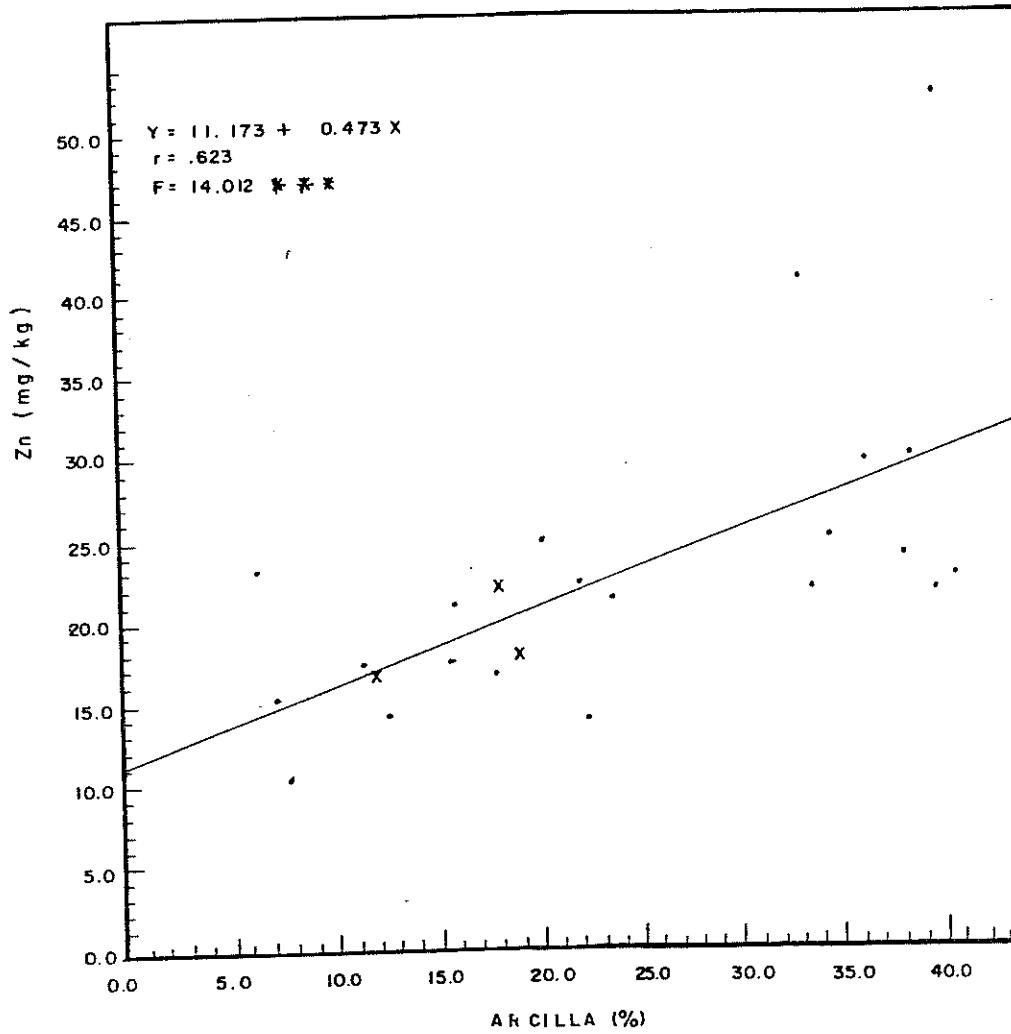


FIG. 15 ANALISIS DE REGRESION LINEAL SIMPLE DE LA CONCENTRACION DE Zn CON RESPECTO AL CONTENIDO DE ARCILLA (%) EN EL SEDIMENTO MARINO (CRUCERO OCT.-NOV.-85).

al en el área marina, encontrándose valores que van de 79.6 $\mu\text{g/l}$ estación ALT-7 en verano como máximo y 0.8 $\mu\text{g/l}$ en la estación ALT-9 en otoño como mínimo (Tabla XIV). Existiendo un promedio de 19.5 $\mu\text{g/l}$ en el área durante el crucero julio-agosto de 1985 y de 6.5 $\mu\text{g/l}$ para el de octubre de 1985. En el área costera se detectaron valores que van desde 72.3 $\mu\text{g/l}$ en la estación AR-1 como máximo hasta 5.5 $\mu\text{g/l}$ mínimo para la misma estación pero en el otoño (Tabla XV). Los promedios del área costera fueron de 37.2 $\mu\text{g/l}$ en verano y de 9.0 $\mu\text{g/l}$ en el otoño.

Las concentraciones de Fe en agua en el área marina no muestran un gradiente definido de distribución en la zona. Sin embargo se puede apreciar que las estaciones ALT-1, 2 y 3 en el transecto A presentaron los valores más altos, mientras que las estaciones más retiradas a la costa, tuvieron en general los valores más bajos, tal es el caso de las estaciones ALT-5 (1.2 $\mu\text{g/l}$), ALT-9 (1.9 $\mu\text{g/l}$), ALT-10 (1.2 $\mu\text{g/l}$) y ALT-15 (5.0 $\mu\text{g/l}$), que presentan los valores mínimos reportados en ambos cruceros.

TABLA XIV CONCENTRACIONES DE FIERRO EN AGUA SUPERFICIAL $\mu\text{g}/\text{l}$
EN EL AREA MARINA.

ESTACION.	JULIO - AGOSTO - 85	OCT. NOV. 85
ALT. 1	31.8	3.6
ALT. 2	25.6	26.7
ALT. 3	24.7	10.3
ALT. 4	78.6	3.3
ALT. 5	1.2	5.6
ALT. 6	1.0	3.4
ALT. 7	79.6	8.5
ALT. 8	19.1	10.5
ALT. 9	1.9	2.8
ALT. 10	1.2	4.3
ALT. 11	12.5	3.0
ALT. 12	10.5	2.4
ALT. 13	21.2	3.3
ALT. 14	18.7	6.9
ALT. 15	6.0	8.3
ALT. 16	15.6	3.9
ALT. 17	8.3	5.0
ALT. 18	4.8	9.2
ALT. 19	4.1	0.8
ALT. 20	9.2	4.4
ALT. 22	32.7	14.3
ALT. 23	42.0	4.5
ALT. 24	11.2	8.4
ALT. 25	7.5	5.0

TABLA XV CONCENTRACIONES DE FIERRO EN AGUA
SUPERFICIAL ($\mu\text{g}/\text{l}$) EN EL AREA COSTERA.

ESTACION.	MAYO. 85	JULIO. 85
AR - 1	72.3	5.5
AR - 2	40.0	9.9
AR - 3	22.3	10.3
AR - 4	7.9	10.7
AR - 5	43.6	9.0

IV.- DISCUSION.

El gradiente de textura del sedimento que se presenta en la zona de estudio concuerda con Campos (1986), en su estudio granulométrico de la costa de Tamaulipas. Este gradiente coincide con el gradiente de concentración de metales traza en el sedimento con respecto a la distancia de la costa. Lo anterior se hace evidente en el análisis de correlación entre concentración de metales y arcilla que se asemeja con lo encontrado en otras regiones (Stoffer et al., 1977; Helmeke et al., 1977; Pita y Hyne, 1975; Viviani et al., 1972 y Donazzolo et al., 1981). El comportamiento del gradiente antes señalado se dio en los transectos A, B y C, mientras que en los transectos D y E hay un rompimiento de éste, posiblemente por influencia del Río Pánuco que aporta metales y lodos. Esto se puede apreciar de acuerdo a la comparación de medias de los transectos (Tablas VIII, IX y X).

En el transecto E se obtuvo un gradiente inverso en las concentraciones de metales es decir valores altos cercanos a la boca del río y una disminución con respecto a la distancia de ésta, esto coincide con Cauwet (1987) para una región similar. En este transecto E en las estaciones ALT 22 y ALT 23 se observaron valores máximos de Fe, Mn y Zn en los sedimentos marinos examinados. Pudiendo ser este hallazgo debido a la influencia del aporte de elementos y lodos vertidos por el Río Pánuco. En la parte izquierda de este río se localizan industrias de tipo petroquímico, refinería de petróleo y de química inorgánica. Según Forstner (1979) este tipo de industrias son reconocida aportadoras de Fe, Cu, Zn y otros metales en sus aguas residuales. Las estaciones ALT 22 y 23 presentan valores altos de Cu (10.5 y

17.4 $\mu\text{g/g}$) y Pb (20 y 29.4 $\mu\text{g/g}$). Este fenómeno de valores máximos de Fe, Mn, Zn, Cu y Pb en ambas estaciones puede explicarse a que en la zona de mezcla del Río Pánuco pueden precipitarse los metales contenidos en las aguas. Forstner (1979) menciona que un grupo de metales constituido por Al, Fe, Mn, Pb, Zn, Cu, Ti y Cr es efectivamente eliminado de su estado disuelto en las aguas de ríos al entrar en el medio marino. Los resultados de las concentraciones de metales traza en el sedimento marino estuvieron por debajo de las concentraciones señaladas por Word y Mearns (1979) para la costa de California Y Cosma et al. (1982) para la costa de Liguria Italia (Tabla XVI).

Durante el primer crucero realizado en julio y agosto se encontro en el agua de mar el valor promedio de Fe mas alto (19.5 $\mu\text{g/l}$). Este valor puede ser explicado a que en esta época del año se alcanza una menor mezcla, ya que se trata de una época de alta estratificación en la zona examinada según Emilsson (1973). Y además a una menor difusión del Fe vertido por el Río Pánuco y la planta P.P.Q. Forstner (1979) señala que bajo condiciones normales en sistemas acuáticos el ion Fe(III) se combina también con los iones OH^- como con otros ligandos (por ejemplo fosfatos y otras sustancias orgánicas), formando ambos compuestos insolubles y solubles. Estos compuestos de hierro vertidos por P.P.Q. son arrastrados por la corriente de chorro vertida por el Río Pánuco, formándose con este choque un giro ciclónico (de acuerdo a la descripción de Emilsson, 1973). Este giro probablemente provoca el retorno del hierro hacia la parte norte.

Para la época de finales de otoño segundo crucero (octubre-noviembre), se observo un valor promedio de Fe (6.1 $\mu\text{g/l}$) en el agua, menor que el detectado durante el primer crucero realizado en el verano. Lo que podría indicar que durante el otoño exista una difusión mas eficiente

TABLA XVI. NIVELES DE REFERENCIA DE CONCENTRACION DE METALES PESADOS EN mg/kg DE LOS SEDIMENTOS SUPFICIALES (0-5-cm.) DEL AREA MARINA DE ESTUDIO, DE LA COSTA SUR DE CALIFORNIA Y COSTA DE LIGURIA ITALIA.

ESTE ESTUDIO.	COSTA SUR DE CALIF.	COSTA DE LIGURIA ITAL
MEDIA. (RANGO.)	MEDIA. (RANGO.)	MEDIA. (RANGO.)
Fe. 2421.5 (1619.37758)	Cd. 0.33 (0.1 - 1.4)	Fe 5174 (2402 - 6905)
Mn 346 (204.7 - 644.2)	Cu 8.3 (2.8 - 3.1)	Cd 1.82 (1.4 - 2.25)
Zn 22.45 (8.89 - 51.81)	Ni 9.7 (1.6 - 35)	Cu 19.9 (7.93 - 66)
Cu < 2 (2 - 17.46)	Pb 6.1 (2.7 - 12)	Ni 21.9 (9.64 - 37.1)
Cd < 3	Zn 43 (9.0 - 62)	Pb 69.0 (66.4 - 86)
Ni < 3		
Pb < .5 (< 5 - 29.4)		
V < 40		

de las sales de fierro provenientes del emisor submarino. Chester y Stoner (1974) y Turner et al. (1980), reportan un valor promedio de 1 y 2 $\mu\text{g}/\text{l}$ en agua de mar. Que nos hace suponer una difusión mas eficiente en otoño.

Durante el verano la estación ALT 22 reportó una salinidad de 32% mientras que en el otoño fue de 34% , esto indica que la influencia de la zona de mezcla varía en relación a las lluvias (precipitación promedio junio 217mm julio 122mm; agosto 121mm; octubre 125mm y noviembre 50mm, D.G.O.N., 1979). Esto puede estar determinando que para esta estación en verano, se encontrara un valor de 40 $\mu\text{g}/\text{l}$ de Fe y un valor de 14 $\mu\text{g}/\text{l}$ de Fe durante el otoño. Turner et al. (1980). Señala un valor promedio de Fe de 40 $\mu\text{g}/\text{l}$ para agua de río.

De acuerdo a los resultados de Fe en agua obtenidos en las estaciones ALT 22 y 23 localizadas en la desembocadura del Río Pánuco podemos considerar que si hay un aporte antropogénico de este elemento en las aguas del área estudiada. Disminuyendo la influencia antropogénica y del río en las estaciones mas alejadas a la costa donde se encuentran valores promedio de Fe de 5.02 $\mu\text{g}/\text{l}$ en verano y 5.52 $\mu\text{g}/\text{l}$ en otoño.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el agua de mar se reflejó la influencia de un aporte antropogénico de Fe. Sin embargo en los sedimentos, aparentemente no se observe una influencia antropogénica de este elemento. Este fenómeno puede ser debido a un posible enmascaramiento del Fe en los sedimentos del área estudiada.

La alta correlación entre la concentración de Fe, Mn y Zn en sedimentos de la zona marina fundamenta un origen común de estos elementos. Forstner, (1978), describe un alto grado de correlación positiva entre el Fe, Cr, Ni, Co y Mn en sedimentos marinos.

V.- CONCLUSIONES.

1.- Se confirmó el comportamiento de gradiente, tanto para la distribución de metales traza y textura en los sedimentos marinos. Reportado en zonas costeras por otros autores.

2.- La zona de mezcla del Río Pánuco presenta características particulares en el comportamiento o deposición de metales.

3.- Se aprecia en las aguas superficiales del área de estudio la influencia de la descarga de sales de fierro a través del emisor submarino de P.P.Q. estando las concentraciones de Fe por encima del valor promedio esperado para la zona.

VI.- LITERATURA CITADA

- Campos, C.J. y G.B. Contreras, 1984. Manual Operativo de Geología Marina. En análisis granulométrico. Inédito 60-98.
- Campos, C.J., 1986. Características texturales de los sedimentos recientes de la plataforma continental de Tamaulipas. Inv. Ocean./G. Vol.III Num 2.
- Cauwet, G., 1987. Influence of sedimentological features on distribution of trace metals in marine sediments. Marine Chemistry, 22:221-234.
- Cosma, B., R. Frache, F. Balfi y A. Dadone, 1982. Trace metal in sediments from Ligurian coast, Italy. Mar. Poll. Bull. 13(4):127-132.
- Chester, R. y S.H. Stoner, 1974. The distribution of zinc, nickel, manganese, cadmium, copper and iron in some surface waters from the world. Ocean. Marine Chemistry 2:17-32.
- Chester, R. y G.F. Voutsino, 1981. The initial assessment of trace metal pollution in coastal sediment. Mar. Poll. Bull. 12(3):84-91.
- Donazzolo, R., O. Hicke, Menegazzoli, A. Orion, B. Pavoni, G. Perin y S. Rabitti, 1981. Heavy metal contamination in surface sediments from the Gulf of Venice, Italy. Mar. Poll. Bull. 12(12):417-425.
- Emilsson, 1973. Investigaciones sobre contaminación costera en Altamira, Tamaulipas. Inst. de Geofísica, UNAM.
- Forstner, V., 1978. Metallan reicherungen in rezenten see-sedimenten-geochemischer einflusse. Mitt. Nationalkomm.B.R. Deutschland I H P 2.
- Forstner, V. y G.T.W. Wittman, 1979. Metal Pollution in Aquatic Environment. Spriger-Verlag.
- Galehouse, J.S., 1970. Sedimentation analysis: In Carver, R.E. (ed) procedures in sedimentary petrology. University of Georgia, U.S.A. : 69-94.
- Gibbs, R.J., 1973. Mechanisms of trace metal transport in rivers. Science, 180:71-73.
- Hellman, H., 1970. Charakterisierung von sedimenten auf grund ihres gehalts an spurenetallen. Dtsch. Gewasserkundl. Mitt. 14:160-164.

- Helmeke, P.A., D.R. Koons, I.P. Schonberg y K.I. Iskander, 1977. Determination of trace element contamination of sediments by multielement analysis of clay-size fraction. *Envir. Sci. Technol.* 11:984-989.
- Kingston, M.H., I.L. Barnes, J.T. Brady y T.C. Rains, 1978. Separation of high transition elements from alkali and alkaline earth elements in estuarine and sea water with chelating resin and their determination by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Analytical Chemistry*. 50(14) 2064-2070.
- Mayer, L.M. y K. Fink, 1980. Granulometric dependence of chromium accumulation in estuarine sediments in mine. *Estur. Coast. Mar. Sci.* 11:491-503.
- Pita, F.W. y J.N. Hyne, 1975. The depositional environment of zinc, lead y cadmium in reservoir sediments. *Nat. Res.* 9:701-706.
- Secretaría de Marina, D.G.O.N., 1979. Estudio oceanográfico y geográfico de la región de Tampico, Tamps.
- Secretaría de Marina, D.G.O.N., 1983. Reporte técnico sobre el estado de la contaminación por la planta Pigmentos y Productos Químicos en Altamira, Tamaulipas. Inédito.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1981. Estudio de protección ecológica en el Puerto Industrial de Altamira-Tampico, Tamps.
- Smith, J.D., 1973. Mercury in sediments from the Thames estuary. *Environ. Poll.* 4:153-157.
- Steel, D.G. y H. Torrie, 1980. Principles and Procedures of Statistics a Biometrial Approach. Mc Graw Hill.
- Stoffer, P., C. Summerhayes, V. Forstner y R.S. Patchineelam, 1977. Copper and other heavy metal contamination in sediments from New Bedford Harbor Massachusetts. *Envir. Sci. Technol.* 11:819-821.
- Thomson, J., 1973. *Estuarine Research, Vol. I*. Academic Press, New York.
- Turner, R.D., A.G. Dickson y Whitfield, 1980. Water-rock partition coefficients and the composition of natural waters a reassessment. *Marine Chemistry* 9: 211-218.

Viviani, R., M.C. Rossi, M. Frignani y E. Rabbi, 1972. Recherche sur la presence de mercure dans les sediments de la Mer Adriatique du Nord en face du Po. Journees d'etudes Pollutions Marines. Comm. Int. L'Explor. Sci. Mer. Athens.

Word, J.Q. y A.J. Mears, 1979. 60 meter control survey of Southern California J.M. 229 Southern California Coastal Water Research Project, Long Beach C.A.