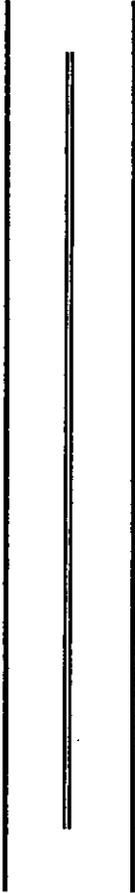




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



GEOLOGIA AMBIENTAL DE SEDIMENTOS SUPERFICIALES  
DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL COMPRENDIDA  
DESDE PUNTA FARALLÓN, JAL. HASTA PLAYA AZUL,  
MICH., MEXICO.

**T E S I S**  
PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO GEOLOGO  
P R E S E N T A:  
**MAYUMY A. CABRERA RAMIREZ**

2000



278615  
519872



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-I-272

**SRITA. MAYUMY AMPARO CABRERA RAMIREZ**  
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Dr. Arturo Carranza Edwards y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

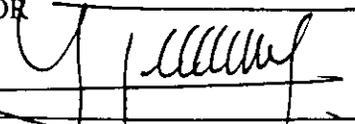
**GEOLOGIA AMBIENTAL DE SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL COMPRENDIDA DESDE PUNTA FARALLON, JAL. HASTA PLAYA AZUL, MICH., MEXICO**

- I INTRODUCCION**
- II AREA DE ESTUDIO**
- III METODO DE TRABAJO**
- IV DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DEL SEDIMENTO**
- V COMPOSICION DEL SEDIMENTO**
- VI GEOLOGIA AMBIENTAL**
- VII CONCLUSIONES**

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

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

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, a 6 de marzo de 2000  
EL DIRECTOR

  
ING. GERARDO FERRANDO BRAVO

GFB\*RLLR\*gtg

ll

*A mis padres:*

*A mi madre por su dedicación, cariño, entrega, fe y confianza en mi, estando presente en todos los momentos de mi vida, tanto buenos como malos; logrando levantar mi ánimo en muchas ocasiones y sembrando buenas bases para mi desarrollo. Por la motivación y esperanza que siempre me inculcó. Por todo el tiempo dedicado.*

*A mi padre que con su cariño y su forma de ser me enseñó el valor del trabajo, a ser fuerte, valiente, firme en mis decisiones y convicciones pero sobre todo la importancia de hacer las cosas bien y correctas. Por su ayuda en mis trabajos escolares.*

*A mis hermanos:*

*A Juan con quien he compartido grandes momentos felices y de quien admiro su independencia y fortaleza para seguir adelante ante los tropiezos que se puedan tener en la vida.*

*A Israel por ser parte de mi vida tanto en mis tristezas como alegrías, por tener siempre una palabra de aliento para conmigo. Por la ayuda y orientación que me brindó en la elaboración de la parte técnica del presente trabajo enseñándome el valor de la calidad y presentación en cualquier trabajo poniendo atención en todos los detalles.*

*A Toño quien con su nobleza y espíritu limpio me dio apoyo en muchas ocasiones, con su carácter risueño dibujó sonrisas donde antes había tristezas y me enseñó a ser agradecida en la vida. Por ser un gran hermano mayor.*

*A mis tíos Estela, Olga, Fernando, Javier y Bernarda: a los cuales admiro y quiero mucho, de quienes siempre he recibido apoyo en todas mis decisiones.*

*A mi sobrina Khalil por los bellos momentos y alegres sonrisas que me brinda todos los días.*

*A M.Pountillou, M. P.Blanca, H. César, H. Yang por su ayuda, interés, consejos pero sobre todo por su amor a la humanidad.*

*A mi viejito con quien he compartido los mejores momentos de mi vida, por haberme brindado su amor, cariño, respeto, ternura y sobre todo comprensión logrando llegar a formar parte de mi, complementando mi existencia y a quien amo mucho. Con quien me identifico en todos los aspectos y formaré una gran familia además de ser la persona con quien siempre voy a estar.  
Por su ayuda ,paciencia, sonrisas y motivación*

## **AGRADECIMIENTOS.**

Agradezco al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología las facilidades prestadas en la realización de este estudio el cual se encuentra dentro del Proyecto “Sedimentología de la Plataforma Continental de México”. En especial al Dr. Arturo Carranza Edwards y al M.C. Eduardo A. Morales de la Garza por su apoyo, comprensión, enseñanzas y vivencias compartidas, pero sobre todo por la amistad que me han brindado desde que tuve la fortuna de conocerlos.

A mis profesores que además son mis amigos y colegas a quienes admiro y respeto:

Alfredo Victoria Morales, Enrique González Torres y Héctor Luis Macías González, les agradezco su tiempo y dedicación en la corrección de este trabajo.

A mis amigas: Lidia, Zaira, Mireya, Alethia, Claudia con quienes compartí grandes momentos divertidos tanto en las aulas como en el campo, además de los momentos duros de tiempo de exámenes y campamentos.

## INDICE

<b>CAPÍTULO I</b>	
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos .....	4
<b>CAPÍTULO II</b>	
ÁREA DE ESTUDIO.....	5
Clima.....	5
Fisiografía.....	5
Hidrografía.....	8
Marco geológico.....	11
<b>CAPÍTULO III</b>	
MÉTODO DE TABAJO.....	16
<b>CAPÍTULO IV</b>	
DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DEL SEDIMENTO .....	22
<b>CAPÍTULO V</b>	
COMPOSICIÓN DEL SEDIMENTO .....	30
<b>CAPÍTULO VI</b>	
GEOLOGÍA AMBIENTAL .....	42
<b>CAPÍTULO VII</b>	
CONCLUSIONES .....	58
BIBLIOGRAFÍA .....	60

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Localización del área de estudio .....	6
Figura 2.	Cuencas hidrológicas .....	9
Figura 3.	Litología del área de estudio .....	12
Figura 4.	Localización de las estaciones oceanográficas .....	17
Figura 5.	Distribución textural del sedimento .....	23
Figura 6.	Batimetría .....	31
Figura 7.	Distribución de cuarzo en la fracción arenosa .....	36
Figura 8.	Distribución de feldespato en la fracción arenosa .....	37
Figura 9.	Distribución de fragmentos de roca en la fracción arenosa .....	39
Figura 10.	Distribución de cobre en la muestra total .....	44
Figura 11.	Distribución de níquel en la muestra total.....	50
Figura 12.	Distribución de zinc en la muestra total .....	53
Figura 13a.	Relación Lodo-Cobre .....	55
Figura 13b.	Relación Lodo-Níquel .....	56
Figura 13c.	Relación Lodo-Zinc .....	57

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Columna litológica regional de la porción continental .....	13
Tabla 2. Color del sedimento húmedo .....	18
Tabla 3. Color del sedimento seco .....	19
Tabla 4. Porcentajes de arena, lodo y grava de los sedimentos colectados de la plataforma continental de los estados de Jalisco, Colima y Michoacán .....	24
Tabla 5. Composición de la fracción arenosa de los sedimentos estudiados .....	32
Tabla 6. Metales traza estudiados en la muestra total colectada .....	45

## RESUMEN

Se estudiaron 128 muestras de sedimento superficial de la plataforma continental en el Pacífico Sur Mexicano. El patrón de distribución de los sedimentos se presenta en franjas paralelas a la línea de costa, éstas decrecen conforme aumenta la profundidad graduando en arena, arena lodosa, lodo arenoso y lodo. Los factores que influyen en esta distribución son: el oleaje, las corrientes superficiales y las corrientes de fondo. El análisis mineralógico se realizó en la fracción arenosa; encontrándose una abundancia de fragmentos de roca por encima del cuarzo y feldespato en la mayoría de las muestras, esto refleja la inestabilidad tectónica y constante levantamiento del área, producido por la colisión de la Placa de Cocos con la Placa Norteamericana.

La batimetría del área sugiere una plataforma estrecha con menos de 15 km de anchura, con ligeras ampliaciones hacia la región del delta del Río Balsas y a la parte occidental del área de estudio, lo cual sugiere un gran aporte de sedimentos terrígenos por los ríos que drenan la zona.

El cobre, níquel y zinc detectados en la zona mediante análisis químicos de la muestra total, pueden ser aportados por los ríos que recorren los cuerpos litológicos que afloran en la zona montañosa adyacente.. Se encontró una relación directa entre el cobre y zinc con respecto a la cantidad de lodo en la muestra; a mayor porcentaje de lodos, corresponden valores mayores tanto de cobre como de zinc.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Los procesos industriales y el desarrollo urbano y agrícola son potenciales generadores de contaminantes cuyo destino final, cuando no hay un tratamiento adecuado, es el mar. Los contaminantes generalmente se absorben en los sedimentos más finos o lodosos, por tener una mayor área superficial. Los sedimentos cubren grandes extensiones de la plataforma continental.

La plataforma continental es considerada como la superficie que se extiende desde la línea de costa hasta la isóbata de 200 m y se caracteriza por tener pendientes suaves, menores a 1° (Shepard, 1973).

El ancho promedio de las plataformas en el mundo es de 70 km. Por lo que se refiere a la profundidad del borde de la plataforma continental, Shepard (1973) le asigna un promedio de 131.5 m y acepta que pueda llegar hasta los 500 m y aún más. Para establecer el límite inferior de la plataforma continental, se toma en consideración el cambio de pendiente, el cual deberá ser de apreciable magnitud en comparación con la misma plataforma a cualquier profundidad. Shepard establece este límite por un cambio en la pendiente que oscila entre 1.5° y 5.5° (márgenes pasivos), alcanzando en ciertos casos, hasta 25° (márgenes activos). Shepard (1973) también establece varios tipos de plataformas continentales que se diferencian por su topografía o por sus patrones de tipos de sedimento. Los tipos de plataformas están íntimamente relacionados con la geología y con el relieve del borde continental.

Las plataformas continentales son de gran interés, debido a que representan el ambiente en que una gran cantidad de sedimentos fueron depositados en antiguos mares y que muchos de ellos se han transformado en rocas sedimentarias. Para el sector energético se hace cada vez más indispensable buscar fuentes alternas de energía, de ahí la importancia de los estudios del ambiente marino. Para los marinos las plataformas son un factor importante en los ecogramas ya que son parte de la topografía marina y ayudan a la navegación. Para la pesca el área de plataforma continental es donde se obtienen muchos de los organismos de valor comercial (peces, moluscos, etc.).

La plataforma continental es una extensión de la porción costera, por lo que las rocas son básicamente similares y se puede esperar que el potencial mineral de estas rocas sea tan importante como el que se tiene en continente. En la plataforma continental pueden existir diversos recursos minerales entre los cuales se pueden citar: depósitos de placer, glauconita, materias primas para la construcción y fosforitas ( Mero, 1973; Solleiro *et al.*, 1989).

La plataforma continental del sur de México se encuentra en una región donde la colisión de la Placa de Cocos que penetra por debajo de la Placa Norteamericana hace que en este sector la plataforma sea más angosta. La margen continental es montañosa y las laderas de la Sierra Madre del Sur tienen extensión hacia el fondo oceánico, por lo que la plataforma continental es estrecha, con anchura de 10-15 km.

Debido a que los sedimentos marinos 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. Por otro lado las variaciones químicas de los elementos pueden usarse como una manera indirecta para definir los patrones de distribución de los sedimentos; información que es de utilidad en estudios ambientales.

La industrialización y el desarrollo de las zonas costeras ha contribuido al incremento de la contaminación en las aguas y sedimentos marinos con metales pesados. Estos depósitos de metales pesados pueden tener un origen natural, por ejemplo el intemperismo de las rocas, o bien pueden ser antropogénicos.

A la fecha la mayoría de estudios existentes relativos a los patrones de distribución de sedimentos en las plataformas continentales se han basado en el análisis de la distribución del tamaño de grano de los sedimentos (Shideler, 1978). Entre estos estudios se pueden citar los trabajos realizados en el Océano Pacífico, a través del B/O El Puma de Márquez y Morales de la Garza (1984) y Carranza Edwards *et al.* (1987) realizados en la plataforma de Guerrero. Con esta información se han logrado construir mapas batimétricos y sedimentológicos de ese amplio sector de la plataforma.

En la Plataforma continental del Golfo de Tehuantepec se han encontrado anomalías ricas en fosfatos (Carranza *et al.*, 1989). A partir de entonces se han derivado otros trabajos en esa región (Montoya, 1989; Vega, 1989; Morales y Carranza, 1995).

Por otro lado, dentro de los estudios de distribución de metales y su consecuente impacto ambiental realizados en diferentes áreas de México para observar las posibles fuentes de los metales estudiados, se citan los estudios realizados por Rosales Hoz *et al.* (1992, 1994). Carranza *et al.*, 1987 realizaron estudios de sedimentos de importancia dentro del tema de los recursos minerales del mar en otras regiones del Pacífico, tanto en aguas profundas, como en plataforma continental.

Emery (1970) en un estudio de las márgenes continentales del mundo, menciona que éstas márgenes están cubiertas por sedimentos detríticos recientes, aportados al océano por corrientes fluviales, hielo, viento y erosión de oleaje, además de contener sedimentos biogénicos, autigénicos y volcánicos entre otros. Divide a la margen continental en tres unidades que son: plataforma continental, talud continental y la elevación continental.

En la plataforma continental de Oregon, U.S.A. Kulm *et al.*, (1975) determinaron que la naturaleza, distribución y origen de los sedimentos se debe a los siguientes factores: la descarga de sedimentos por ríos; sistemas de circulación en lagunas; dimensión y dirección del oleaje; corrientes de fondo y superficiales.

Otros estudios realizados en la plataforma continental en diferentes lugares del mundo, en donde se describen las márgenes continentales, batimetría y sedimentación fueron realizados por autores tales como: Shepard (1932), Swift (1974), Stanley (1978); entre otros.

No obstante que México cuenta con una importante superficie de plataforma continental, cercana a los 500 000 km<sup>2</sup>, son aún escasos los estudios sedimentológicos de semidetalle en el Pacífico Tropical Mexicano; algunos de los cuales se han realizado en una serie de cruceros oceanográficos a bordo del B/O El Puma, donde se han efectuado estudios de sedimentos de importancia dentro del tema de los recursos minerales del mar y en donde también mediante un carácter multidisciplinario con ciencias como biología, química y geología se pretende contribuir al conocimiento sistemático de sedimentos de plataforma correspondiente a la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de México en el Pacífico.

Aún cuando se ha realizado un aporte importante en lo que se refiere a estudios de sedimentos, morfología de la plataforma, análisis químicos, a partir de estas campañas oceanográficas, aún falta mucho por estudiar de la Plataforma del Pacífico Tropical Mexicano. De ahí la importancia del presente trabajo cuyo objetivo general es contribuir al estudio de los sedimentos del piso de la plataforma continental comprendida desde Punta Farallón, Jalisco hasta Playa Azul, Michoacán.

Los objetivos particulares de esta tesis son:

- 1) Elaborar un mapa batimétrico de semidetalle del piso de la plataforma continental desde Punta Farallón hasta Playa Azul.
- 2) Determinar la distribución textural del sedimento en dicha área.
- 3) Analizar la composición mineralógica de la fracción arenosa del sedimento colectado.
- 4) Integrar la información anterior para analizar posibles fuentes de procedencia, variabilidad de componentes mineralógicos principales y las posibles implicaciones ambientales de los sedimentos estudiados.

## CAPÍTULO II

### ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en el Océano Pacífico, frente a las costas de los estados de Jalisco, Colima y Michoacán y está comprendida entre los paralelos 17° 48' y 19° 20' de latitud norte y los meridianos 102° 20' y 105° 00' de longitud oeste. Tiene aproximadamente 380 km de longitud desde Punta Farallón, Jalisco hasta Playa Azul Michoacán. (Fig. 1).

**Clima.-** En la costa de Jalisco y Colima predomina el clima tropical con lluvias en verano, la temperatura en todos los meses es superior a 18 °C, la temporada de lluvias se presenta en los meses de verano (lluvias superiores a 750 mm). La temperatura máxima es de 40 °C en los meses de julio y agosto y la mínima va de 10 a 15 °C en el mes de enero. La vegetación es herbácea de tipo sabana. Hacia el centro de Jalisco y en la costa de Michoacán el clima es templado húmedo con lluvias en verano, con precipitaciones superiores a 900 mm de precipitación anual. La vegetación es de tipo pradera caracterizada por plantas herbáceas.

En la parte central de Michoacán el clima es seco estepario con temperatura media anual superior a 18 °C. Esta área presenta vegetación de estepa caracterizada por plantas herbáceas. En Michoacán la temperatura máxima es de 40 °C y la mínima va de 5 a 10 °C (Tamayo, 1984).

El clima en las cuencas exorreicas que vierten sus aguas y sedimentos en el área de estudio es predominantemente subhúmedo con lluvias en verano (Atlas de la República Mexicana, 1993).

**Fisiografía.-** De acuerdo con Alvarez (1962) el área de estudio se encuentra en la Provincia Fisiográfica IX correspondiente con la Zona Montañosa de la Costa del Suroeste. Esta zona, junto con la de Guerrero-Oaxaca, constituye lo que se conoce como Sierra Madre del Sur y se extiende desde el Puerto de San Blas, Nayarit, hasta el puerto de Acapulco, Guerrero. Se encuentra entre los 1 500 metros de altura y el nivel del mar, y está caracterizada por tener una planicie costera muy estrecha, de unos 10 kilómetros de promedio, la cual en ocasiones, está ausente, constituyendo así un

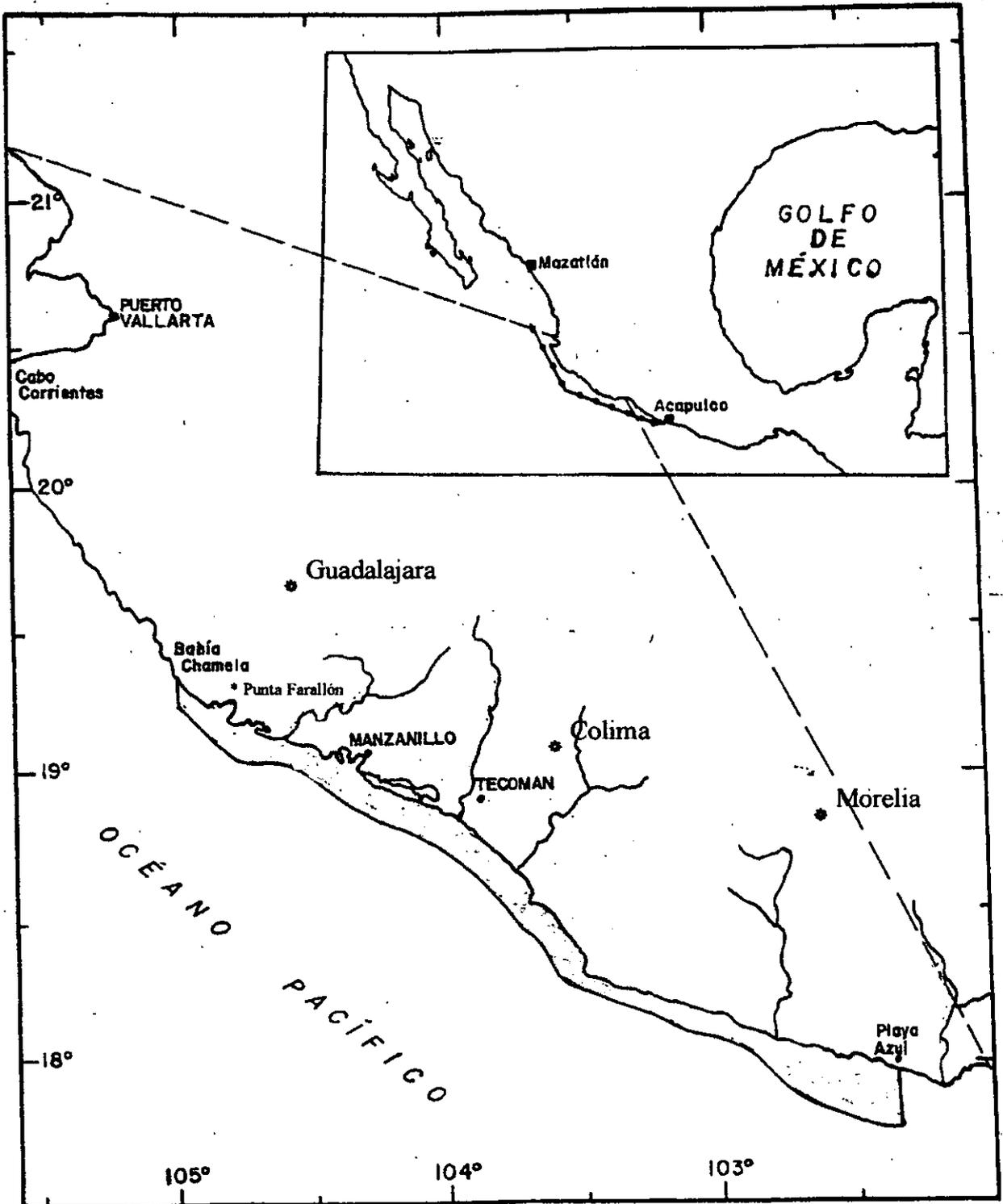


Fig. 1 Localización del área de estudio

litoral rocoso. Resalta la presencia de una serie de fosas con más de 5 000 m de profundidad, orientadas en forma de arco y paralelas a la costa, que limitan a la plataforma continental. En su conjunto estas fosas constituyen la Trinchera Mesoamericana, límite convergente o de subducción de placas tectónicas, donde son frecuentes los cañones submarinos y las pendientes abruptas del talud continental (De la Lanza, 1987). En algunas partes, las montañas se aproximan tanto a la costa que prácticamente no existe planicie costera. La región estudiada que corresponde con la Sierra Madre del Sur está constituida por esquistos paleozoicos, intrusiones graníticas y sedimentos calcáreos mesozoicos. En el extremo noroeste está cubierta por lavas riolíticas y en Colima por derrames basálticos del Terciario. Los sedimentos del Mesozoico se encuentran en un estado avanzado de erosión (Alvarez, 1962).

Para Lugo Hubp (1990) la Sierra Madre del Sur es un sistema montañoso marginal al Pacífico, desde Bahía de Banderas, Jalisco hasta el Istmo de Tehuantepec, con una longitud total aproximada de 1 100 km, constituido por estructuras diversas respecto a su edad y origen. La divisoria principal tiene una altitud dominante de unos 2 000 m.s.n.m. y alcanza alturas máximas de 2 600- 3 220 m.

Se ha explicado la formación de la Sierra Madre del sur en el Neógeno-Cuaternario por el proceso de subducción contiguo. Una actividad sísmica intensa se presenta en la margen del sur de México.

No existe la información cuantitativa que sería deseable para tener una idea más clara de la dinámica de esa región, pero factores como: la morfología de costas escarpadas, terrazas de abrasión, superficies de nivelación escalonadas, control tectónico de los valles fluviales principales, etc., son testigo de un levantamiento cuaternario en la margen del Pacífico del Sur de México.

Una disección intensa del relieve caracteriza a la Sierra Madre del Sur, la que se reconoce por altas concentraciones de corrientes fluviales y valles profundos. Predomina la erosión de las montañas por el descenso de los parteaguas en un clima subhúmedo. Las precipitaciones medias anuales superan los 1 000 mm. Generalmente, las mayores altitudes corresponden a estructuras de rocas calizas y volcánicas; las elevaciones granitoides ocupan porciones más bajas.

Desde Bahía de Banderas y hasta el Valle de Colima, predominan las rocas granitoides cretácicas pertenecientes a un batolito con su divisoria hasta 2 500 m.s.n.m., cortado por varias fracturas de orientación transversal a la línea de costa, algunas ocupadas por arroyos y llanuras de inundación amplias, de 5-6 km.

Continúa al oriente un grupo de elevaciones correspondiente a una cuenca sedimentaria, esencialmente de un grosor de más de 6 000 m, de acuerdo con Salazar-Mandujano (1984).

Hacia el Río Balsas, se levanta un conjunto de montañas de rocas mezozoicas plegadas, intrusivos cretácicos y rocas volcánicas terciarias.

En dirección sur se presenta una estructura en bloques del tipo del granito y del gneis, del Paleozoico y el Jurásico.

La margen montañosa hacia el Pacífico está limitada por una planicie estrecha, interrumpida en grandes extensiones por los escarpes y laderas empinadas de la sierra, frecuentemente con un control tectónico. Las porciones niveladas son originadas, generalmente, en las desembocaduras de los ríos, donde la acumulación y los procesos erosivos fluviales y marinos han producido esta planicie.

**Hidrografía.-** La hidrografía (Fig. 2) de la zona costera abarca desde la desembocadura del Río Purificación hasta el Río Chula, que se encuentra entre las poblaciones de la Huerta, Jalisco y Lázaro Cárdenas, Michoacán, donde los procesos de sedimentación son influenciados por ríos y/o lagunas situados a lo largo de la zona costera que aportan material terrígeno a la plataforma.

Los principales ríos del área son: Purificación y Cihuatlán-Marabasco; que pertenecen a la cuenca hidrológica más occidental (Fig. 2) encontrándose en el Estado de Jalisco. Siguiendo más hacia el este se encuentra una cuenca central que drena a los ríos Armería y Coahuayana pertenecientes al Estado de Colima y por último se tiene una cuenca en la región oriental del área de estudio cuyos ríos principales son el Río Cachán, el Río Nexpa y el Río Chula.

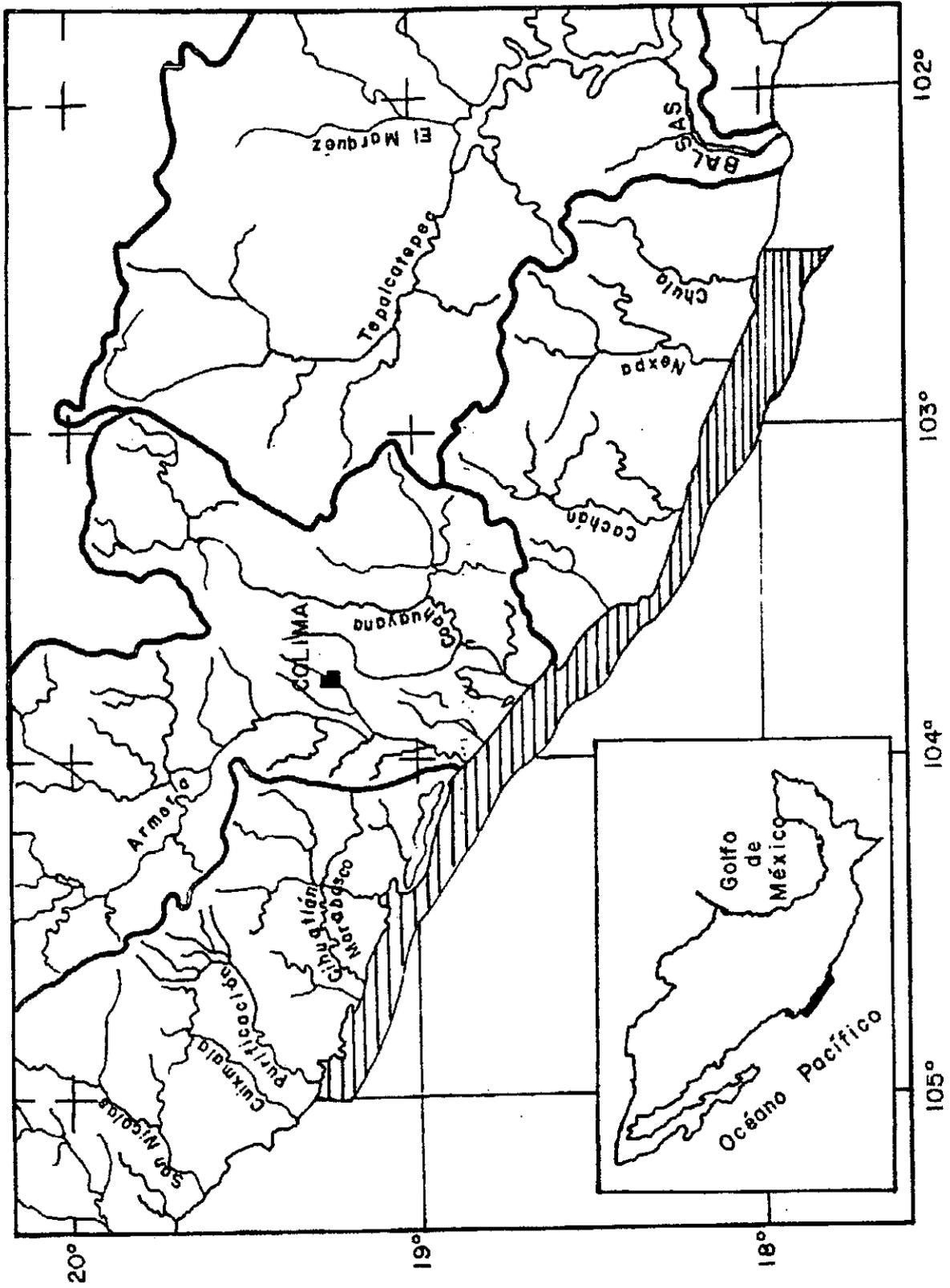


Fig. 2 Cuencas hidrológicas

De acuerdo con Carranza-Edwards *et al.* (1975) el área de estudio se encuentra dentro de la unidad morfotectónica VIII que va desde Puerto Vallarta, Jalisco, hasta Tehuantepec, Oaxaca. Se encuentra en la planicie costera Suroccidental, la cual se limita al norte por la Sierra Madre del Sur, al Oeste por la Cordillera Neovolcánica y al Este por el Portillo Itsmico (Tamayo, 1984). La línea de costa es paralela a la Trinchera Mesoamericana De acuerdo con la clasificación tectónica de Inman y Nordstrom (1971) esta unidad presenta costas de colisión continental. Según la clasificación geomorfológica y genética de Shepard (1973) predominan las costas primarias formadas por movimientos diastróficos con fallas y costas de escarpes de falla; en menor escala se presentan costas secundarias de erosión por oleaje; promontorios cortados por oleaje, costas con terrazas elevadas cortadas por oleajes y costas secundarias por depositación marina, playa de barrera y gancho de barrera.

En cuanto a las corrientes y a su circulación, se sabe (De la Lanza, 1987) que la circulación de la superficie del Océano Pacífico Oriental Tropical está sometida a una considerable variación en respuesta al cambio del sistema de los vientos principales. El patrón de circulación está dominado por la parte oriental y ecuatorial de los movimientos giratorios anticiclónicos del Océano Pacífico Norte, relacionados con la Corriente de California y la Corriente Norecuatorial.

La Corriente de California sobresale la mayor parte del año en las cercanías de California; mientras que la Corriente Norecuatorial está abastecida por la Corriente de California y el Agua del Pacífico Tropical Oriental. De marzo a julio está conformada casi exclusivamente por la Corriente de California, que se mueve hacia el sur antes de dirigirse hacia el Oeste. La contribución del agua del Pacífico Oriental Tropical (Wyrтки, 1965), es más importante durante el resto del año y coincide con el período en que la Contracorriente Ecuatorial se desarrolla con más fuerza.

En términos generales el régimen de mareas que se presentan en las costas del Pacífico Tropical Mexicano son del tipo mixto (Calendario Gráfico de Mareas, 1986). Entre Puerto Vallarta, Jalisco e Isla Socorro, Colima, las pleamares y bajamares acontecen casi simultáneamente. La zona que comprende de Manzanillo, Colima a Zihuatanejo, Guerrero, se caracteriza porque en los cuartos de luna (menguante y creciente), la marea se convierte en diurna unos días antes y después de dichas fases.

**Marco Geológico.-** De acuerdo con Ortega-Gutiérrez *et al.* (1992) la zona costera se encuentra dentro de la Provincia Geológica denominada Complejo Orogénico de Guerrero-Colima de edad mesozoica, con origen vulcanosedimentario y ambiente geotectónico de arco submarino y por la Provincia representada por el Batolito de Jalisco, de edad mesozoica, con un origen plutónico y un ambiente geotectónico de raíz de arco.

Los principales grupos litológicos se describen a continuación:

*Rocas metamórficas.-* En la Fig. 3 se observa la unidad metamórfica constituida por esquistos de edad Triásica en la región de Tumbiscatío, Michoacán (TRmet) (Ortega Gutiérrez *et al.*, 1992). También se encuentra un complejo metamórfico (Paleozoico?) formado por rocas metavolcánicas andesíticas y basálticas (López Ramos, 1976). En Jalisco se pueden encontrar mármoles en cuerpos de poca extensión y aparentemente en discordancia con rocas metamórficas (López Ramos, *op. cit.*).

*Rocas sedimentarias.-* De acuerdo con Ferrusquía (1993) al oeste de Melchor Ocampo, Michoacán aflora el Jurásico continental representado por una serie de capas constituidas por areniscas rojizas arcósicas y litarenitas.

En Jalisco las rocas sedimentarias consisten de calizas grises a veces masivas (arrecifales) con miliólidos y rudistas, equivalentes a la Formación Morelos. Se localizan también yesos, calizas, tobas, calcilitas gris oscuro, areniscas grises, lutitas y margas que pudieran ser cretácicas o jurásicas .

Mientras que en Colima se presentan rocas evaporíticas de la Formación Morelos, calcilitas gris oscuro y calizas grises arrecifales con rudistas (López-Ramos, 1976).

Según Ortega Gutiérrez *et al.*(1992) el cenozoico sedimentario continental está representado por una unidad muy extensa representada en la figura 3 que comprende al Neógeno y al Cuaternario (Csc) que consiste de depósitos de cuencas fluviolacustres, por lo general controladas por tectónica tensional, o como relleno de depresiones estructurales consecuentes a la deformación Laramídica en el norte de México, pero con escaso o nulo aporte de material volcánico directo. La unidad Csc constituye una de las más extensas y características de las regiones central y septentrional de México;





se distingue por sus depósitos clásticos de origen fluviolacustre, coluvial y de abanicos aluviales que rellenan depresiones frecuentemente de origen tectónico. Su edad inferida va del Mioceno al Cuaternario y sus depósitos se diferencian de los típicos de aluvión cuaternario por estar moderadamente disectados y con frecuencia basculados tectónicamente.

Se tiene también la unidad sedimentaria cuaternaria (Qc) que representa al aluvión típico de los cauces y complejos deltáicos de los grandes ríos mexicanos, que drenan hacia el Pacífico, así como una gran variedad de suelos y depósitos lacustres recientes en regiones con drenaje endorreico, (Ortega Gutiérrez, *op.cit.*).

*Rocas ígneas volcánicas.*- Este grupo litológico se caracteriza por andesitas cretácicas tanto en Colima como en Michoacán, intercaladas con secuencias marinas, que sugieren depósitos de eugeosinclinal (Ortega-Gutiérrez,1992), también existen tobas y aislados derrames basálticos. La unidad KJsvs representada en la figura 3 es una secuencia de tobas y derrames de lava de composición andesítica dominante, así como lutitas, areniscas y calizas intercaladas, estas rocas están deformadas, localmente metamorfoseadas, expuestas principalmente en los estados de Nayarit, Colima, Guerrero y México, donde se les ha asignado el nombre genérico de Complejo Tierra Caliente (Ortega-Gutiérrez,1981) o Terreno Guerrero (Campa y Coney,1983); esta unidad abarca el Cretácico y Jurásico Superior. Las unidades volcánicas del Cenozoico son de origen continental y comprenden algunas de las unidades estratigráficas de México más ampliamente distribuidas, como son las ignimbritas de la Sierra Madre Occidental (Tof) y las secuencias pliocénico-cuaternarias de la Faja Volcánica Transmexicana (QTpv) (Ortega-Gutiérrez, 1992). Indiscutiblemente, la unidad predominantemente volcánica más importante de México es la que está ubicada en la Provincia Geológica de la Faja Volcánica Transmexicana. En consideración a que no parece existir discontinuidad significativa alguna en la edad del volcanismo entre el Cuaternario y el Plioceno de dicha provincia, fue que se escogió el símbolo QTpv (Cuaternario-Terciario Plioceno volcánico). La unidad Tof (Terciario oligoceno félsico) está representada por las ignimbritas de la Sierra Madre Occidental, es la secuencia volcánica más espectacular de México, alcanzando los 400 000 Km<sup>3</sup>, distribuidos en un espacio de 1 600 km de longitud, 250 km de anchura promedio y un espesor de entre 1 000 y 2 000 m.

*Rocas ígneas plutónicas.*- Casi la totalidad del volumen de las rocas ígneas está integrado por los plutones de la margen occidental de México (Pggr), con una edad mayoritariamente laramídica (90-40 m.a.) (Ortega Gutiérrez, *et al.*, 1992). La región fué afectada en gran escala a partir del Cretácico y aparecen casi todas las familias del clan ácido, desde granitos, granodioritas, dioritas, dacitas, cuarzo monzonitas, etc. Hasta ferromagnesianas como gabro (al sur de Jalisco) y diabasas (entre Nayarit y Jalisco) (López-Ramos, 1976).

La unidad Ksgr, representada por los grandes batolitos de la península de Baja California, se extiende también en el estado de Jalisco (batolito de Jalisco) y parte de Michoacán, pero no se conoce más al sur (Ortega-Gutiérrez *et al.*, *op cit.*)

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO DE TRABAJO**

El trabajo de campo se llevó a cabo dentro de la Campaña Oceanográfica Sedimento II, a bordo del buque oceanográfico “El Puma”, en la cual se realizaron 33 transectos separados entre sí cada cinco minutos de longitud, con un total de 132 estaciones oceanográficas de las que se pudieron coleccionar 128 muestras de sedimentos superficiales a profundidades variables entre 15 y 260 m (Fig. 4).

Las estaciones fueron ubicadas en coordenadas geográficas por medio de satélite y radar, mientras que las profundidades se determinaron por ecosonda. Las muestras se coleccionaron utilizando una draga tipo Smith- Mc Intyre, que tiene la propiedad de extraer al sedimento sin alterarlo. La muestra coleccionada correspondió a los primeros centímetros, por lo que se consideran sedimentos superficiales del piso de la plataforma.

Los sedimentos fueron procesados en el Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, en donde se determinó el color de los sedimentos en húmedo, para ver el contenido de materia orgánica, por comparación con las cartas de colores Munsell Soil Charts (1975), variando la coloración entre negro y gris olivo oscuro (Tabla 2). Se procedió a secar las muestras a la intemperie y una vez secas se les determinó el color en seco, basándose por comparación en las mismas cartas. Los colores variaron de gris olivo a gris olivo claro y algunas veces dependiendo del contenido de arenas se presentaban colores amarillentos (Tabla 3).

Las muestras fueron cuarteadas para obtener una submuestra representativa en el desarrollo de los análisis y posteriormente pesadas. Con el propósito de disgregar la muestra y eliminar materia orgánica existente, las muestras fueron colocadas en agua oxigenada.

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 mediante un tamiz de una

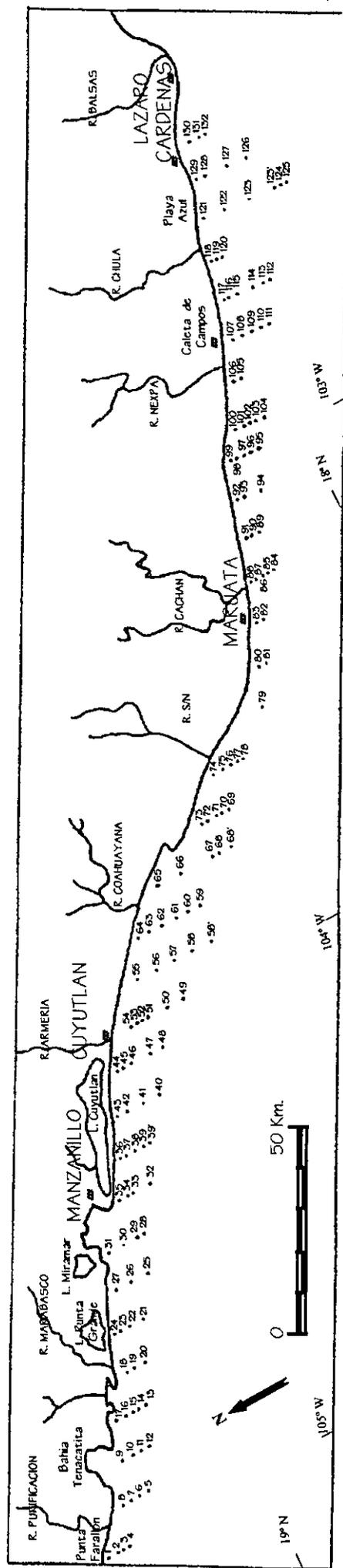


Fig.4 Localización de las estaciones de muestreo.

Tabla 2. Color del sedimento húmedo

MUESTRA	COLOR	MUESTRA	COLOR	MUESTRA	COLOR
1	café grisáceo muy oscuro	46	café grisáceo muy oscuro	91	café amarillento oscuro
2	gris olivo oscuro	47	café grisáceo muy oscuro	92	gris olivo oscuro
3	gris olivo oscuro	48	café grisáceo muy oscuro	93	gris olivo oscuro
4	gris olivo oscuro	49	gris olivo oscuro	94	gris olivo oscuro
5	gris olivo oscuro	50	gris olivo oscuro	95	gris olivo oscuro
6	gris olivo oscuro	51	café grisáceo muy oscuro	96	gris olivo oscuro
7	gris olivo oscuro	52	gris olivo oscuro	97	gris olivo oscuro
8	gris muy oscuro	53	café grisáceo muy oscuro	98	gris olivo oscuro
9	gris olivo oscuro	54	negro	99	gris olivo oscuro
10	gris olivo oscuro	55	gris olivo oscuro	100	gris olivo oscuro
11	gris muy oscuro	56	gris olivo oscuro	101	gris olivo oscuro
12	café grisáceo muy oscuro	57	gris olivo oscuro	102	gris olivo oscuro
13	negro	58	gris olivo oscuro	103	gris olivo oscuro
14	gris olivo oscuro	59	gris olivo oscuro	104	gris olivo oscuro
15	gris olivo oscuro	60	gris olivo oscuro	105	gris olivo oscuro
16	gris olivo oscuro	61	gris olivo oscuro	106	café grisáceo muy oscuro
17	gris olivo oscuro	62	gris muy oscuro	107	gris olivo oscuro
18	gris muy oscuro	63	negro	108	gris olivo oscuro
19	gris olivo oscuro	64	negro	109	gris olivo oscuro
20	café grisáceo muy oscuro	65	negro	110	gris olivo oscuro
21	gris olivo oscuro	66	gris olivo oscuro	111	café grisáceo muy oscuro
22	gris olivo oscuro	67	gris olivo oscuro	112	café grisáceo muy oscuro
23	café grisáceo muy oscuro	68	gris olivo oscuro	113	gris olivo oscuro
24	café grisáceo muy oscuro	69	gris olivo oscuro	114	café grisáceo muy oscuro
25	negro	70	gris muy oscuro	115	café grisáceo muy oscuro
26	gris olivo oscuro	71	gris olivo oscuro	116	gris olivo oscuro
27	gris olivo oscuro	72	gris olivo oscuro	117	gris olivo oscuro
28	gris olivo oscuro	73	negro	118	gris olivo oscuro
29	negro	74	negro	119	negro
30	gris olivo oscuro	75	negro	120	café grisáceo muy oscuro
31	gris olivo oscuro	76	gris olivo oscuro	121	negro
32	gris olivo oscuro	77	gris olivo oscuro	122	gris olivo oscuro
33	negro	78	gris olivo oscuro	123	olivo
34	gris olivo oscuro	79	gris olivo oscuro	124	gris olivo oscuro
35	negro	80	negro	125	no hay muestra
36	negro	81	gris olivo oscuro	126	olivo
37	gris olivo oscuro	82	negro	127	café grisáceo muy oscuro
38	gris olivo oscuro	83	gris olivo oscuro	128	negro
39	no hay muestra	84	gris olivo oscuro	129	gris olivo oscuro
40	gris olivo oscuro	85	gris olivo oscuro	130	negro
41	negro	86	gris olivo oscuro	131	café grisáceo muy oscuro
42	gris olivo oscuro	87	negro		
43	gris muy oscuro	88	gris olivo oscuro		
44	gris muy oscuro	89	gris olivo oscuro		
45	negro	90	gris olivo oscuro		

Tabla 3. Color del sedimento seco

MUESTRA	COLOR	MUESTRA	COLOR	MUESTRA	COLOR
1	gris olivo	46	gris olivo claro	91	café olivo claro
2	gris olivo	47	gris olivo claro	92	gris olivo claro
3	gris olivo	48	gris olivo claro	93	gris olivo claro
4	gris olivo	49	gris olivo claro	94	gris olivo claro
5	gris olivo	50	gris olivo claro	95	gris olivo claro
6	gris olivo	51	gris olivo claro	96	gris olivo claro
7	gris olivo	52	gris olivo claro	97	gris olivo claro
8	olivo	53	gris claro	98	gris olivo claro
9	gris olivo	54	gris olivo claro	99	gris olivo claro
10	gris olivo claro	55	gris olivo claro	100	gris olivo claro
11	gris olivo	56	gris olivo claro	101	gris olivo claro
12	gris olivo	57	gris olivo claro	102	gris olivo claro
13	gris olivo	58	gris olivo claro	103	gris olivo claro
14	gris olivo claro	59	gris olivo claro	104	gris olivo claro
15	gris olivo	60	gris olivo claro	105	gris olivo claro
16	gris olivo	61	gris olivo claro	106	olivo
17	gris olivo	62	gris olivo claro	107	gris olivo
18	gris olivo	63	gris olivo claro	108	gris olivo
19	gris olivo claro	64	gris olivo claro	109	gris olivo claro
20	gris olivo claro	65	gris olivo claro	110	gris olivo claro
21	gris olivo claro	66	gris olivo claro	111	gris olivo claro
22	gris olivo claro	67	gris olivo claro	112	gris olivo claro
23	gris olivo claro	68	gris olivo claro	113	gris olivo claro
24	gris olivo claro	69	gris claro	114	gris olivo claro
25	gris olivo	70	gris claro	115	gris olivo claro
26	gris olivo claro	71	gris claro	116	gris olivo claro
27	gris olivo claro	72	gris olivo claro	117	gris olivo claro
28	gris olivo claro	73	gris olivo claro	118	gris olivo claro
29	gris olivo	74	gris olivo claro	119	gris olivo claro
30	gris olivo	75	gris olivo claro	120	gris olivo claro
31	gris olivo	76	gris olivo claro	121	gris olivo claro
32	gris olivo claro	77	gris claro	122	gris olivo claro
33	gris olivo claro	78	gris olivo claro	123	gris olivo claro
34	gris claro	79	gris olivo claro	124	gris olivo claro
35	gris claro	80	gris olivo claro	125	gris olivo claro
36	gris claro	81	gris olivo claro	126	gris olivo claro
37	gris olivo claro	82	gris olivo claro	127	gris olivo
38	gris olivo claro	83	gris olivo claro	128	gris olivo claro
39	no hay muestra	84	gris olivo claro	129	gris olivo claro
40	gris olivo claro	85	gris claro	130	gris olivo claro
41	gris olivo claro	86	gris olivo claro	131	gris olivo claro
42	gris olivo claro	87	gris olivo claro		
43	gris olivo claro	88	gris olivo claro		
44	gris olivo	89	gris claro		
45	gris olivo	90	gris claro		

abertura de  $4 \phi$  (0.0625 mm) por vía húmeda, eliminando así la fracción de lodo existente en la muestra., según el método de Carranza-Edwards, 1997.

Una vez seca la muestra, se tamizó para separar la fracción de gravas de la de arenas con un tamiz de  $-1\phi$  (2 mm) y así se obtuvieron los pesos de gravas y arenas. Con la fracción arenosa se realizaron láminas delgadas para su observación en un microscopio petrográfico y determinar la composición mineralógica mediante un conteo de granos de cuarzo, feldespato y fragmentos de roca y en otro conteo de puntos para diferenciar entre biógenos y terrígenos, se determinaron los porcentajes y abundancia de estos elementos en las muestras efectuándose el análisis composicional del sedimento. Este análisis composicional, sólo se realizó en 123 muestras, ya que cinco de las muestras presentaban un contenido muy elevado de fragmentos de moluscos, gasterópodos, foraminíferos y pelecípodos con tamaños de gravas.

Los análisis químicos fueron realizados por Morales (2000) en la Facultad de Química de la UNAM, con los siguientes métodos:

*Determinación de materia orgánica:* Fundamento: Para determinar la materia orgánica particulada (formada por organismos muertos, fitoplancton y zooplancton) se usa el método por titulación que se basa en la oxidación de carbono orgánico con  $K_2Cr_2O_7$  1N y  $H_2SO_4$  concentrado, con calentamiento exotérmico.



En donde el exceso de  $K_2Cr_2O_7$  es calculado por titulación con una disolución de  $Fe(NH_4)_2(SO_4).6H_2O$  0.5N.

*Determinación de elementos mayores y metales traza por Fluorescencia de Rayos X (FRX):* Fundamento: Para elementos traza se utilizó la muestra prensada (preparación de pastillas) y para esto es indispensable preparar la muestra con una dilución baja, es decir, 10- 20% en peso de aglutinante, lo que evita la pérdida de señal de las líneas características de cada elemento.

La excitación se produce normalmente por irradiación sobre una muestra con el haz de rayos X a través de un tubo de rayos X o fuente radioactiva. En estas condiciones, los elementos de la muestra son excitados por absorción del haz primario y emiten sus propios rayos X fluorescentes característicos. A este proceso se le conoce como método de Fluorescencia de Rayos X.

Para la elaboración de los mapas donde se presenta la información obtenida de los análisis texturales, mineralógicos y químicos, se trabajó con el promedio de los datos; esto con la finalidad de sintetizar información y obtener una representación gráfica de los parámetros estudiados.

## CAPÍTULO IV

### DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DEL SEDIMENTO

La clasificación de los sedimentos por el contenido de arena y lodo, proporcionan los tipos de sedimento en la plataforma continental. Estos fueron agrupados en cuatro tipos (Tabla 4); de acuerdo con las siguientes características, sugeridas por Carranza Edwards (1997).

%Arena	Tipo de sedimento
$\geq 90$	Arena
$>50 < 90$	Arena Lodosa
$> 10 < 50$	Lodo arenoso
$\leq 10$	Lodo

La distribución granulométrica de los sedimentos superficiales de la plataforma continental del estado de Jalisco, que abarca desde Punta Farallón hasta Río Marabasco, frontera con el estado de Colima (Fig. 5), presenta una tendencia general de formar franjas paralelas a la línea de costa. Esta misma distribución se tiene en el estado de Colima desde la región este de Laguna Cuyutlán hasta el Río s/n al este del Río Coahuayana (Fig. 5). En la distribución de los sedimentos de esta plataforma, existe una notable disminución gradual del tamaño de grano con respecto a la distancia con la línea de costa y con la profundidad; así, se encuentran arenas en áreas someras y cercanas a la línea de costa, pasando a arenas lodosas, lodos arenosos y lodos al aumentar la profundidad y acercarse al talúd. Esta distribución puede explicarse debido a que los ríos depositan sedimentos cada vez más finos en zonas cada vez más profundas, según disminuye la velocidad de corriente hacia el mar. Resultados similares se encontraron en sedimentos recientes de la plataforma continental de Guerrero (Márquez y Morales, 1984; Morales de la Garza *et al.*, 1988).

Kulm *et al.* (1975) atribuyen las causas de la distribución de los sedimentos en la plataforma de Oregon, USA en donde él realizó el estudio, a los siguientes factores: descarga de sedimentos por ríos, sistemas de circulación en lagunas, dimensión y dirección del oleaje, y corrientes de fondo y superficiales.

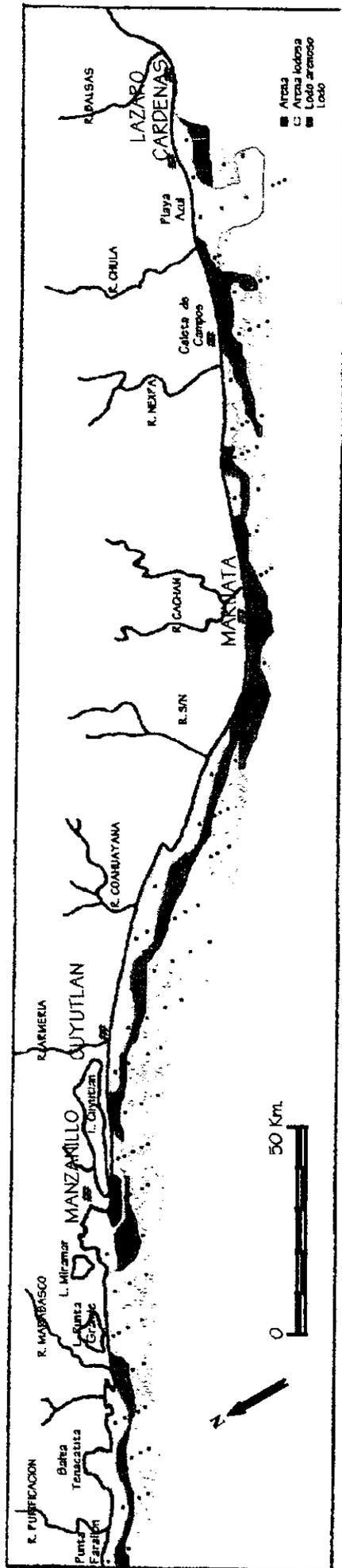


Fig. 5 Distribución textural de los sedimentos.

Tabla 4. Porcentajes de arena, lodo y grava de los sedimentos colectados de la plataforma continental de los estados de Jalisco, Colima y Michoacán.

MUESTRA	PESO TOTAL	GRAVAS	ARENAS	LODOS	%GRAVAS	% ARENAS	%LODOS	TIPO SEDIM
1	35.390	0.177	19.624	15.589	0.50	55.45	44.05	Arena lodosa
2	29.946	0.000	6.819	23.127	0.00	22.77	77.23	Lodo arenoso
3	33.060	0.000	10.218	22.842	0.00	30.91	69.09	Lodo arenoso
4	24.949	0.000	1.177	23.772	0.00	4.72	95.28	Lodo
5	17.358	0.000	0.464	16.894	0.00	2.67	97.33	Lodo
6	21.119	0.000	1.526	19.593	0.00	7.23	92.77	Lodo
7	27.770	0.000	4.868	22.902	0.00	17.53	82.47	Lodo arenoso
8	35.550	0.044	24.286	11.220	0.12	68.32	31.56	Arena lodosa
9	36.280	0.002	19.124	17.154	0.01	52.71	47.28	Lodo arenoso
10	24.740	0.000	1.655	23.085	0.00	6.69	93.31	Lodo
11	20.840	0.000	1.063	19.777	0.00	5.10	94.90	Lodo
12	17.362	0.000	0.474	16.888	0.00	2.73	97.27	Lodo
13	15.310	0.000	0.238	15.072	0.00	1.55	98.45	Lodo
14	17.040	0.000	0.540	16.500	0.00	3.17	96.83	Lodo
15	26.379	0.000	8.200	18.179	0.00	31.09	68.91	Lodo arenoso
16	42.780	0.079	23.382	19.319	0.18	54.66	45.16	Arena lodosa
17	33.060	0.143	23.387	9.530	0.43	70.74	28.83	Arena lodosa
18	25.920	0.008	4.375	21.537	0.03	16.88	83.09	Lodo arenoso
19	16.250	0.000	0.248	16.002	0.00	1.53	98.47	Lodo
20	20.320	0.000	0.932	19.388	0.00	4.59	95.41	Lodo
21	16.310	0.000	0.241	16.069	0.00	1.48	98.52	Lodo
22	15.740	0.000	0.354	15.386	0.00	2.25	97.75	Lodo
23	24.973	0.000	2.324	22.649	0.00	9.31	90.69	Lodo
24	25.390	0.000	0.621	24.769	0.00	2.45	97.55	Lodo
25	15.854	0.000	0.600	15.254	0.00	3.78	96.22	Lodo
26	19.546	0.000	0.959	18.587	0.00	4.91	95.09	Lodo
27	15.664	0.000	0.314	15.350	0.00	2.00	98.00	Lodo
28	14.912	0.000	0.592	14.320	0.00	3.97	96.03	Lodo
29	18.450	0.000	1.971	16.479	0.00	10.68	89.32	Arena lodosa
30	20.675	0.008	5.176	15.491	0.04	25.04	74.93	Lodo arenoso
31	35.530	6.152	23.855	5.523	17.31	67.14	15.54	Arena lodosa
32	15.402	0.000	0.185	15.217	0.00	1.20	98.80	Lodo
33	19.726	0.000	0.156	19.570	0.00	0.79	99.21	Lodo
34	22.616	0.000	5.512	17.104	0.00	24.37	75.63	Lodo arenoso
35	41.810	0.232	38.380	3.198	0.55	91.80	7.65	Arena
36	40.340	0.132	25.502	14.706	0.33	63.22	36.46	Arena lodosa
37	22.470	0.000	1.453	21.017	0.00	6.47	93.53	Lodo
38	14.790	0.000	0.266	14.524	0.00	1.80	98.20	Lodo
40	14.670	0.000	0.319	14.351	0.00	2.17	97.83	Lodo
41	15.230	0.000	0.080	15.150	0.00	0.53	99.47	Lodo
42	20.130	0.000	1.439	18.691	0.00	7.15	92.85	Lodo
43	29.820	0.000	8.426	21.394	0.00	28.26	71.74	Lodo arenoso
44	29.530	0.067	26.222	3.241	0.23	88.80	10.98	Arena lodosa
45	43.170	0.012	19.372	23.786	0.03	44.87	55.10	Lodo arenoso
46	21.339	0.000	1.725	19.614	0.00	8.08	91.92	Lodo
47	15.044	0.000	0.181	14.863	0.00	1.20	98.80	Lodo
48	16.286	0.000	0.088	16.198	0.00	0.54	99.46	Lodo
49	11.699	0.000	0.478	11.221	0.00	4.09	95.91	Lodo
50	13.256	0.000	0.177	13.079	0.00	1.34	98.66	Lodo
51	21.022	0.000	0.949	20.073	0.00	4.51	95.49	Lodo
52	30.741	0.000	4.576	26.165	0.00	14.89	85.11	Lodo arenoso
53	20.158	0.000	2.030	18.128	0.00	10.07	89.93	Arena lodosa
54	37.420	0.000	24.405	13.015	0.00	65.22	34.78	Arena lodosa
55	32.280	0.067	12.336	19.877	0.21	38.22	61.58	Lodo arenoso
56	21.390	0.000	1.090	20.300	0.00	5.10	94.90	Lodo

MUESTRA	PESO TOTAL	GRAVAS	ARENAS	LODOS	%GRAVAS	% ARENAS	%LODOS	TIPO SEDIM
57	15.150	0.000	0.338	14.812	0.00	2.23	97.77	Lodo
58	13.920	0.000	0.271	13.649	0.00	1.95	98.05	Lodo
59	17.550	0.000	0.115	17.435	0.00	0.66	99.34	Lodo
60	16.980	0.000	0.266	16.714	0.00	1.57	98.43	Lodo
61	19.350	0.000	0.384	18.966	0.00	1.98	98.02	Lodo
62	27.180	0.000	3.605	23.575	0.00	13.26	86.74	Lodo arenoso
63	32.470	0.000	17.699	14.771	0.00	54.51	45.49	Arena lodosa
64	40.590	0.419	31.510	8.661	1.03	77.63	21.34	Arena lodosa
65	27.980	0.237	21.329	6.414	0.85	76.23	22.92	Arena lodosa
66	23.720	0.000	2.867	20.853	0.00	12.09	87.91	Lodo arenoso
67	15.750	0.000	0.456	15.294	0.00	2.90	97.10	Lodo
68	17.350	0.000	0.472	16.878	0.00	2.72	97.28	Lodo
69	18.537	0.000	0.485	18.052	0.00	2.62	97.38	Lodo
70	20.050	0.000	0.684	19.366	0.00	3.41	96.59	Lodo
71	18.958	0.000	0.934	18.024	0.00	4.93	95.07	Lodo
72	27.191	0.000	3.183	24.008	0.00	11.71	88.29	Lodo arenoso
73	34.450	0.000	29.382	5.068	0.00	85.29	14.71	Arena lodosa
74	33.260	0.035	26.939	6.286	0.11	81.00	18.90	Arena lodosa
75	28.375	0.000	8.374	20.001	0.00	29.51	70.49	Lodo arenoso
76	29.527	0.000	7.903	21.624	0.00	26.77	73.23	Lodo arenoso
77	20.491	0.000	1.894	18.597	0.00	9.24	90.76	Lodo
78	27.723	0.000	6.110	21.613	0.00	22.04	77.96	Lodo arenoso
79	20.961	0.000	3.496	17.465	0.00	16.68	83.32	Lodo arenoso
80	31.124	0.223	14.157	16.744	0.72	45.49	53.80	Lodo arenoso
81	25.776	0.000	1.459	24.317	0.00	5.66	94.34	Lodo
82	31.107	0.116	8.652	22.339	0.37	27.81	71.81	Lodo arenoso
83	29.837	0.000	4.859	24.978	0.00	16.29	83.71	Lodo arenoso
84	20.324	0.000	0.191	20.133	0.00	0.94	99.06	Lodo
85	18.350	0.000	0.271	18.079	0.00	1.48	98.52	Lodo
86	20.104	0.000	1.389	18.715	0.00	6.91	93.09	Lodo
87	23.525	0.033	2.674	20.818	0.14	11.37	88.49	Lodo arenoso
88	28.120	0.048	13.690	14.382	0.17	48.68	51.15	Lodo arenoso
89	26.806	0.000	1.672	25.134	0.00	6.24	93.76	Lodo
90	18.792	0.000	0.063	18.729	0.00	0.34	99.66	Lodo
91	33.300	1.476	31.188	0.636	4.43	93.66	1.91	Arena
92	32.960	0.181	23.044	9.735	0.55	69.92	29.54	Arena lodosa
93	26.900	0.000	3.656	23.244	0.00	13.59	86.41	Lodo arenoso
94	13.208	0.000	0.117	13.091	0.00	0.89	99.11	Lodo
95	14.321	0.000	0.114	14.207	0.00	0.80	99.20	Lodo
96	18.540	0.000	0.275	18.265	0.00	1.48	98.52	Lodo
97	24.243	0.000	0.721	23.522	0.00	2.97	97.03	Lodo
98	23.311	0.000	1.933	21.378	0.00	8.29	91.71	Lodo
99	31.250	0.000	7.740	23.510	0.00	24.77	75.23	Lodo arenoso
100	31.740	0.000	16.540	15.200	0.00	52.11	47.89	Arena lodosa
101	21.080	0.000	1.030	20.050	0.00	4.89	95.11	Lodo
102	26.416	0.000	0.843	25.573	0.00	3.19	96.81	Lodo
103	24.868	0.000	3.293	21.575	0.00	13.24	86.76	Lodo arenoso
104	20.846	0.000	0.098	20.748	0.00	0.47	99.53	Lodo
105	27.320	0.000	3.148	24.172	0.00	11.52	88.48	Lodo arenoso
106	33.010	0.000	1.799	31.211	0.00	5.45	94.55	Lodo
107	30.183	0.000	14.809	15.374	0.00	49.06	50.94	Lodo arenoso
108	19.341	0.000	1.091	18.250	0.00	5.64	94.36	Lodo
109	16.814	0.000	0.558	16.256	0.00	3.32	96.68	Lodo
110	15.062	0.000	0.225	14.837	0.00	1.49	98.51	Lodo
111	14.470	0.000	0.118	14.352	0.00	0.82	99.18	Lodo
112	13.342	0.000	0.101	13.241	0.00	0.76	99.24	Lodo
113	25.879	0.097	11.241	14.541	0.37	43.44	56.19	Lodo arenoso
114	20.180	0.000	0.431	19.749	0.00	2.14	97.86	Lodo

MUESTRA	PESO TOTAL	GRAVAS	ARENAS	LODOS	%GRAVAS	% ARENAS	%LODOS	TIPO SEDIM
115	23.592	0.000	4.394	19.198	0.00	18.62	81.38	Lodo arenoso
117	32.405	0.000	10.376	22.029	0.00	32.02	67.98	Lodo arenoso
118	32.370	0.027	15.895	16.448	0.08	49.10	50.81	Lodo arenoso
119	35.250	0.146	20.358	14.746	0.41	57.75	41.83	Arena lodosa
120	23.281	0.000	1.477	21.804	0.00	6.34	93.66	Lodo
121	38.310	0.145	26.962	11.203	0.38	70.38	29.24	Arena lodosa
122	28.015	0.000	2.892	25.123	0.00	10.32	89.68	Arena lodosa
123	24.196	2.051	15.920	6.225	8.48	65.80	25.73	Arena lodosa
126	28.369	6.980	14.549	6.840	24.60	51.28	24.11	Arena lodosa
127	24.385	0.000	0.575	23.810	0.00	2.36	97.64	Lodo
128	37.350	0.000	17.989	19.361	0.00	48.16	51.84	Lodo arenoso
130	33.090	0.671	24.186	8.233	2.03	73.09	24.88	Arena Lodosa
131	29.236	0.053	5.275	23.908	0.18	18.04	81.78	Lodo arenoso
<b>Promedio</b>					64.88	2737.97	9797.15	
					0.51	21.56	77.14	

NOTA: Los pesos están dados en gramos

Shepard (1932), indica que la distribución de los sedimentos sobre una plataforma continental en general, se debe a las corrientes de fondo, exposición a las grandes olas, proximidad a la desembocadura de los ríos y lagunas, abundancia de organismos calcáreos y la presencia de sedimentos relictos.

Las muestras 9 y 31 cerca de Bahía Tenacatita y Bahía Manzanillo (Fig. 4) presentan un porcentaje mayor que 52% de arenas, infiriéndose que el porcentaje de arenas aumenta dentro de la bahía.

Emery (1967) y Kulm *et al.* (1975) mencionan que los ríos son los que transportan la mayor cantidad de sedimentos gruesos y que las lagunas van a actuar como trampas de estos sedimentos, mientras que los sedimentos finos que se encuentran en suspensión, continúan hacia el mar.

Las posibles corrientes que actúan en la zona de estudio, son las corrientes litorales, por mareas, por tormentas, de fondo y superficiales. Todas estas corrientes van a constituir un mecanismo de transporte de los sedimentos procedentes de la zona costera, las corrientes superficiales pueden transportar sedimentos finos en suspensión depositándose en la plataforma de una manera homogénea, lo cual puede explicar la predominancia de sedimentos finos en la mayoría de las muestras colectadas. Posiblemente las corrientes superficiales constituyen el factor más importante en la distribución de los sedimentos finos en la plataforma continental del área estudiada.

La franja lodosa frente a Lago Punta Grande y Lago Miramar (Fig. 5) define una franja estrecha y paralela a la línea de costa; la presencia de material fino hace suponer que se trata de una zona de calma en lo referente al movimiento de masas de agua, sea por oleaje o por corrientes. La presencia de los lagos también hace suponer que éstos aportan el material fino a la plataforma.

En la región más hacia el oeste de Laguna Cuyutlán, junto a Bahía Manzanillo se tiene un parche de arenas dentro de la franja de lodo arenoso donde posiblemente la acción de las olas, corrientes transporta las arenas a esas profundidades. Cabe la posibilidad de que las arenas encontradas aquí sean el reflejo de las grandes olas en época de ciclones, como lo sugieren Lancin y Carranza (1976) registradas en el área de estudio

que acarrean el material arenoso proveniente de Bahía Manzanillo y lo depositan hacia la parte este de dicha Bahía.

En la región oriental del área de estudio, ya correspondiente con la plataforma frente al Estado de Michoacán, desde Río s/n (Fig. 4) hasta Caleta de Campos (Fig. 5) se tiene una distribución de material fino, formando franjas paralelas a la línea de costa de lodo arenoso en las partes más someras y lodos en las partes más profundas, presentando algunos parches en las estaciones 91, 92 y 100 (Fig. 4) de arenas y arenas lodosas. Esto puede deberse a que los ríos que drenan esta zona están aportando una mayor cantidad de lodos arenosos y lodos distribuyéndose ampliamente por las corrientes litorales y generando una disminución relativa de material arenoso; aunado a esto se tiene que el muestreo se realizó en época de ciclones y tormentas, el Huracán Paulina pudo haber sido el responsable de la concentración tan alta de lodos a lo largo de la plataforma.

Además, en esta zona se tiene una disminución en el ancho de la plataforma, permitiendo que la acción del oleaje sea restringida a un área menor y más cercana a la línea de costa, a profundidades menores que 10 m, permitiendo que se depositen los lodos más cerca de la línea de costa.

La dirección del oleaje según Davies (1964) en el área de estudio es NW-SE, ésta al refractarse en el litoral, sigue una trayectoria E-W, provocando que la orientación de los sedimentos sea la misma.

La distribución de los sedimentos va a depender también de la cantidad de sedimentos aportados a la plataforma por la descarga de los ríos y lagunas, observándose en el área de estudio que la distribución del sedimento a partir de la desembocadura del Río Chula hacia Playa Azul y oeste del río Balsas, puede deberse a la influencia indirecta del Delta del Río Balsas. Este río es uno de los más largos de América Central (Tamayo y West, 1964). Su delta tiene una forma triangular con una base de 13 Km, 9 Km de altura y una superficie de aproximadamente 60 Km<sup>2</sup> (Gutiérrez, 1971). El Río Balsas capta el drenaje de la cuenca del Balsas a través de numerosos tributarios que se unen y llevan sus aguas y sedimentos hacia el Océano Pacífico.

El aporte de arenas en esta zona es reducido debido al sistema de esteros y/o lagunas que están aportando materiales más finos, ocasionando que la franja de arena lodosa y

lodo arenoso se distribuya más ampliamente (Morales de la Garza *et al.*, 1988); observándose esta distribución frente a Playa Azul (Fig. 5). También puede ser que los sedimentos finos que están aportando tanto el Río Balsas como el Río Chula que se encuentran como material en suspensión sean distribuidos ampliamente por las corrientes litorales y el aporte de material arenoso sea restringido, por eso la ausencia de arenas.

Por otro lado frente a Playa Azul se observa un ensanchamiento de la franja de arena lodosa debido quizá, a que la acción del oleaje es muy pronunciada en esta región sintiéndose hasta los 90 m permitiendo el depósito de material grueso tan alejado de la línea de costa.

Las corrientes de fondo ponen en suspensión a los sedimentos previamente depositados en el fondo en períodos de calma o los que están aportando los ríos; estos sedimentos son acarreados de la plataforma hacia el talúd por corrientes turbidíticas constituidas principalmente por lodos, lo que posiblemente deje al descubierto a sedimentos gruesos depositados en otra época. Esta podría ser quizá otra explicación a la franja ancha de arena lodosa frente a Playa Azul.

## **CAPÍTULO V**

### **COMPOSICIÓN DEL SEDIMENTO**

Al estudiarse los principales constituyentes de la fracción arenosa total de la muestra, se encontraron los siguientes en orden de abundancia: fragmentos de roca, feldespatos (incluyendo plagioclasas y feldespatos potásicos), cuarzo, materia biogénica y otros (micas, piroxenos, anfíboles, zircón).

De éstos constituyentes se formaron tres grupos (Tabla 5) para conocer las variaciones en relación con la profundidad y con el porcentaje de la fracción arenosa del sedimento. Los grupos son: cuarzo (Q), feldespato (F) y fragmentos de roca (FR). Estas variaciones se presentan en las Figuras 7, 8 y 9 para cuarzo, feldespato y fragmentos de roca respectivamente, donde se observan las siguientes características:

Como se ve en las Figuras 5 y 6 el porcentaje de arenas en el sedimento de la plataforma continental estudiada, va disminuyendo hasta una profundidad aproximada de 100 m, en donde predominan los sedimentos lodosos ( $\leq 10\%$  de arena).

El levantamiento batimétrico (Fig. 6) realizado a bordo del B/O El Puma, permite observar que hacia la región de Maruata las isóbatas están muy cercanas entre sí lo cual sugiere que en esta región la actividad tectónica sea continua, o incluso que la línea de costa en el sector de Maruata esté representando un posible plano de falla.

Hacia la región del Delta del Río Balsas, la plataforma se hace más amplia, lo cual se puede explicar por un gran aporte de sedimentos terrígenos, ya que la cuenca del Río Balsas es una de las cuencas más grandes del país y hacia el extremo occidental del área de estudio, es decir, desde el Río Purificación hasta el Río Coahuayana, el aporte de sedimentos es importante, permitiendo que la plataforma se encuentre mejor desarrollada que en la región de Maruata.

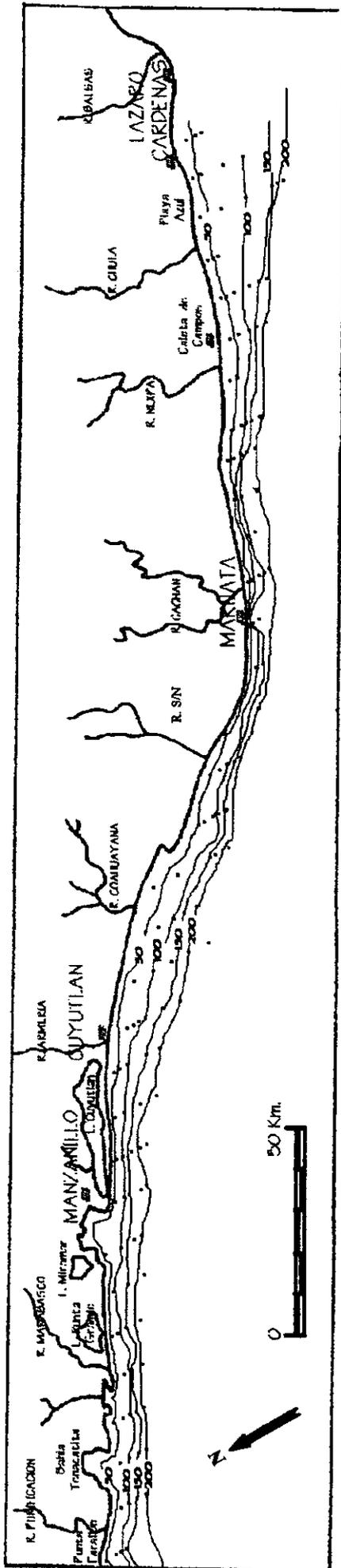


Fig. 6 Batimetría del área de estudio

Tabla 5. Composición de la fracción arenosa de los sedimentos estudiados.

Est.	Q	F	FR	Q%	F%	FR%
1	40	40	120	20.0	20.0	60.0
2	38	61	101	19.0	30.5	50.5
3	26	73	102	12.9	36.3	50.7
4	13	47	140	6.5	23.5	70.0
5	37	59	104	18.5	29.5	52.0
6	60	32	108	30.0	16.0	54.0
7	45	53	102	22.5	26.5	51.0
8	47	43	110	23.5	21.5	55.0
9	27	97	76	13.5	48.5	38.0
10	12	82	100	6.2	42.3	51.5
11	17	63	120	8.5	31.5	60.0
12	49	30	121	24.5	15.0	60.5
13	0	17	35	0.0	32.7	67.3
14	33	74	93	16.5	37.0	46.5
15	30	64	106	15.0	32.0	53.0
16	8	86	106	4.0	43.0	53.0
17	33	73	94	16.5	36.5	47.0
18	19	98	83	9.5	49.0	41.5
19	31	95	74	15.5	47.5	37.0
20	14	98	88	7.0	49.0	44.0
21	28	98	74	14.0	49.0	37.0
22	27	84	89	13.5	42.0	44.5
23	17	58	125	8.5	29.0	62.5
24	17	66	117	8.5	33.0	58.5
25	37	55	108	18.5	27.5	54.0
26	0	80	120	0.0	40.0	60.0
27	11	75	114	5.5	37.5	57.0
28	5	96	99	2.5	48.0	49.5
29	14	100	84	7.1	50.5	42.4
30	7	128	64	3.5	64.3	32.2
32	10	41	149	5.0	20.5	74.5
33	32	78	90	16.0	39.0	45.0
34	10	63	127	5.0	31.5	63.5
35	0	42	158	0.0	21.0	79.0
36	21	82	96	10.6	41.2	48.2
37	41	65	85	21.5	34.0	44.5
38	41	65	85	21.5	34.0	44.5
40	26	39	129	13.4	20.1	66.5
41	30	44	125	15.1	22.1	62.8
42	32	70	98	16.0	35.0	49.0
43	24	70	106	12.0	35.0	53.0
44	18	80	102	9.0	40.0	51.0
45	24	102	74	12.0	51.0	37.0

Est.	Q	F	FR	Q%	F%	FR%
46	33	71	96	16.5	35.5	48.0
47	10	28	162	5.0	14.0	81.0
48	6	8	186	3.0	4.0	93.0
49	6	3	191	3.0	1.5	95.5
50	7	13	180	3.5	6.5	90.0
51	14	76	110	7.0	38.0	55.0
52	12	69	120	6.0	34.3	59.7
53	3	86	111	1.5	43.0	55.5
54	26	56	118	13.0	28.0	59.0
55	17	84	98	8.5	42.2	49.2
56	15	64	121	7.5	32.0	60.5
57	10	22	168	5.0	11.0	84.0
58	7	13	180	3.5	6.5	90.0
59	0	4	196	0.0	2.0	98.0
60	0	34	166	0.0	17.0	83.0
61	42	43	115	21.0	21.5	57.5
62	21	73	106	10.5	36.5	53.0
63	28	50	119	14.2	25.4	60.4
64	15	50	135	7.5	25.0	67.5
65	13	51	136	6.5	25.5	68.0
66	30	65	105	15.0	32.5	52.5
67	24	30	146	12.0	15.0	73.0
68	39	68	93	19.5	34.0	46.5
69	27	71	102	13.5	35.5	51.0
70	25	63	105	13.0	32.6	54.4
71	52	39	109	26.0	19.5	54.5
72	44	58	98	22.0	29.0	49.0
73	40	57	103	20.0	28.5	51.5
74	50	42	108	25.0	21.0	54.0
75	69	27	104	34.5	13.5	52.0
76	75	32	94	37.3	15.9	46.8
77	45	25	130	22.5	12.5	65.0
78	51	46	103	25.5	23.0	51.5
79	40	53	107	20.0	26.5	53.5
80	25	61	114	12.5	30.5	57.0
81	26	51	123	13.0	25.5	61.5
82	21	53	126	10.5	26.5	63.0
83	26	51	123	13.0	25.5	61.5
84	26	18	156	13.0	9.0	78.0
85	45	48	107	22.5	24.0	53.5
86	74	36	91	36.8	17.9	45.3
87	52	35	113	26.0	17.5	56.5
88	7	64	129	3.5	32.0	64.5
89	7	83	110	3.5	41.5	55.0
90	80	31	89	40.0	15.5	44.5
92	69	33	98	34.5	16.5	49.0
93	43	47	111	21.4	23.4	55.2

Est.	Q	F	FR	Q%	F%	FR%
94	56	32	112	28.0	16.0	56.0
95	25	63	112	12.5	31.5	56.0
96	23	55	122	11.5	27.5	61.0
97	17	89	94	8.5	44.5	47.0
98	21	67	112	10.5	33.5	56.0
99	11	58	131	5.5	29.0	65.5
100	12	79	109	6.0	39.5	54.5
101	22	68	110	11.0	34.0	55.0
102	27	60	113	13.5	30.0	56.5
103	19	58	124	9.5	28.9	61.7
104	19	50	132	9.5	24.9	65.7
105	21	59	120	10.5	29.5	60.0
106	16	51	133	8.0	25.5	66.5
107	19	54	127	9.5	27.0	63.5
108	41	52	107	20.5	26.0	53.5
109	20	81	101	9.9	40.1	50.0
110	12	55	133	6.0	27.5	66.5
111	8	5	187	4.0	2.5	93.5
112	6	3	190	3.0	1.5	95.5
114	23	46	131	11.5	23.0	65.5
115	17	30	153	8.5	15.0	76.5
116	17	33	150	8.5	16.5	75.0
117	40	6	154	20.0	3.0	77.0
118	70	28	102	35.0	14.0	51.0
119	57	19	124	28.5	9.5	62.0
120	39	70	92	19.4	34.8	45.8
121	40	76	84	20.0	38.0	42.0
122	57	19	124	28.5	9.5	62.0
127	56	13	142	26.5	6.2	67.3
128	35	15	150	17.5	7.5	75.0
130	47	40	116	23.2	19.7	57.1
131	35	29	136	17.5	14.5	68.0

La abundancia del cuarzo (Q) en la fracción arenosa de las muestras colectadas, varía desde 37% hasta 1.5% e incluso está ausente en algunas de las muestras (13, 26, 35, 59 y 60) (Tabla 5). Se tiene un promedio de 13.9% (Fig. 7). Las máximas concentraciones de cuarzo se encuentran distribuidas heterogéneamente a lo largo de la plataforma continental estudiada. A partir del Río Purificación y hasta el Río Armería, estas altas concentraciones se tienen tanto en la fracción gruesa (arenas lodosas) como en la fracción fina (lodos y lodos arenosos), no presentando algún patrón en particular (Fig. 7). El cuarzo varía de diferentes maneras con respecto a la profundidad, teniéndose como constituyente tanto en áreas someras como en áreas profundas teniéndose una oscilación desde los 15 m hasta los 220 m de profundidad.

A partir del Río Coahuayana y hasta la región comprendida entre el Río s/n y el Río Cachán, frente a la población de Maruata, se tiene una distribución homogénea del cuarzo, presentándose las máximas concentraciones a partir de la línea de costa y hasta una profundidad de 200 m.

Por último, las concentraciones por encima del promedio de cuarzo (Q) a partir de Caleta de Campos y hasta Playa Azul, sólo se encuentran en sedimentos de arenas lodosas y lodos arenosos, estando ausente el cuarzo en sedimentos lodosos, posiblemente debido al tamaño de partículas finas.

El aporte de cuarzo en el área de estudio, es posible que proceda principalmente del Batolito de Jalisco, de los plutones que se encuentran ampliamente distribuidos en la zona costera, de las areniscas y más hacia el oeste de los esquistos (Fig. 3).

La variación del feldespato (F) varía generalmente entre 60% y 15%, llegando a tener como mínimo 1.5% en muestras como la 42 y la 112 (Tabla 5). El promedio de la concentración de feldespato en los sedimentos es de 27.3%. Esta concentración se muestra en la figura 8. La variación del feldespato es homogénea con respecto a la profundidad presentándose a partir de la línea de costa y hasta una profundidad aproximada de 150 m, con excepción de la región comprendida entre Bahía Tenacatita y Bahía Manzanillo, en donde llega a estar en máximas concentraciones hasta una profundidad de 215 m (Fig. 6 y 8) observándose también un parche al oeste de Río s/n (Fig. 4), en profundidades mayores que 200 m. Se observa entonces que el feldespato

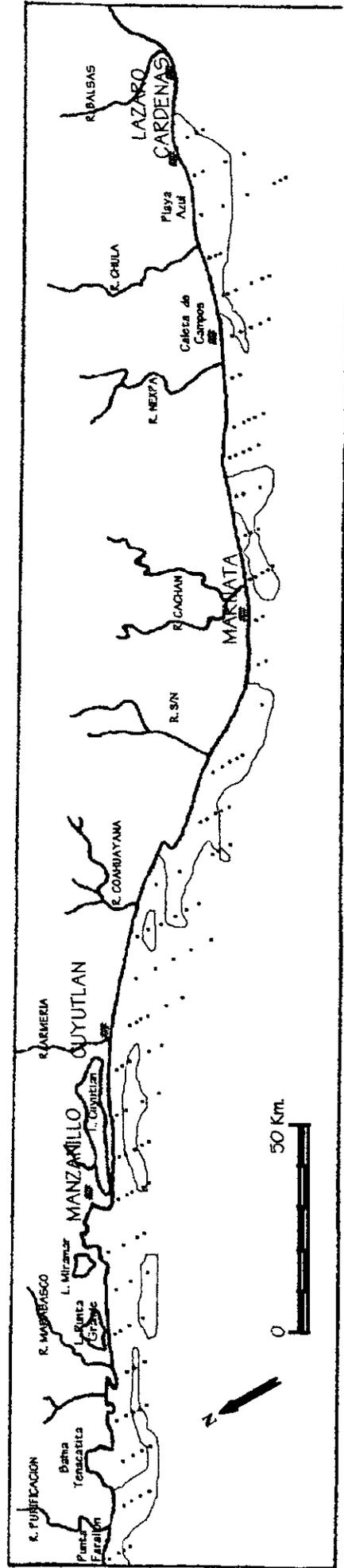


Fig. 7 Distribución de cuarzo en la fracción areosa. La zona sombreada corresponde con valores mayores que el promedio (13.9%).

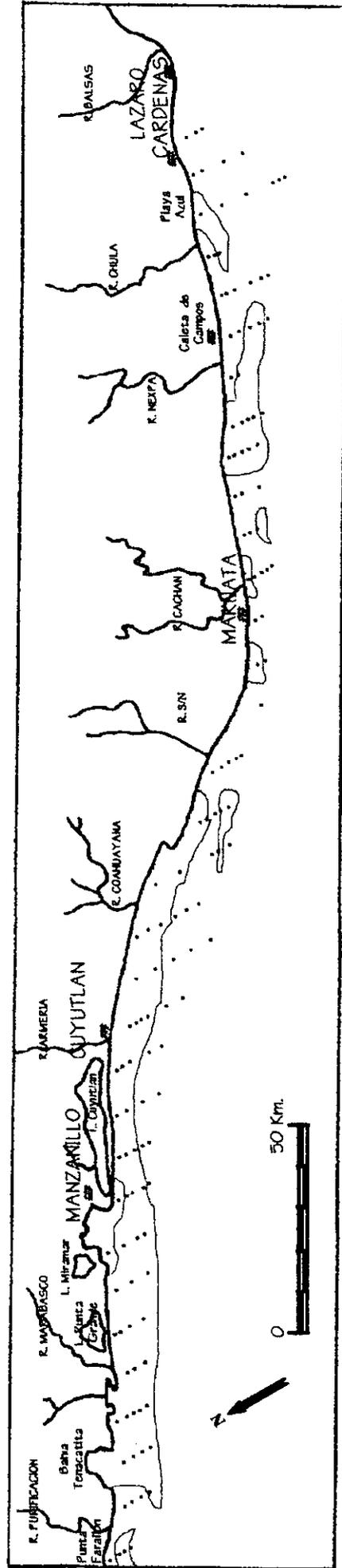


Fig. 8 Distribución de feldspato en la fracción areñosa. La zona sombreada corresponde con valores mayores que el promedio (27.3).

se tiene en los sedimentos arena lodosos, lodo arenosos y lodosos, definiendo claramente una zona paralela a la línea de costa.

Contrario al comportamiento descrito, se tiene una variación heterogénea de feldespatos a partir de Río s/n (Fig. 4) hasta Playa Azul, formando algunos parches paralelos a la línea de costa a profundidades no mayores que 160 m y en sedimentos con un contenido mayor que 10% de arena, por lo que en esta región se encuentra ausente en sedimentos lodosos. Esto se debe posiblemente a que los agentes erosivos no fueron suficientemente fuertes para reducirlos a tamaño de lodos, o bien, que la distancia de la fuente de origen de estos feldespatos sea corta, por lo que el tiempo de exposición con los agentes erosivos sea de muy poco tiempo y permita que éstos se conserven en la franja de arena lodosa y de lodo arenoso. El bajo porcentaje de feldespato que se presenta en algunas de las muestras (Fig. 8), se debe posiblemente a que los agentes erosivos, tanto el oleaje como el clima de la región, los reduzcan a tamaño de lodos.

Los feldespatos son minerales inestables tanto en condiciones de intemperismo mecánico, por tener dureza menor que la del cuarzo y por la presencia de crucero, como de intemperismo químico. Los efectos de la abrasión producen una reducción del tamaño, es por esta razón que en el área de estudio la cantidad de feldespatos en la fracción arenosa disminuye con relación al cuarzo y se le encuentra en porcentajes más altos en las fracciones de lodos arenosos y lodos.

La procedencia de los feldespatos en el área de estudio se debe principalmente al conjunto de rocas plutónicas ácidas que forman una línea paralela a la línea de costa y a las andesitas y basaltos de la región (Fig. 3).

El grupo de fragmentos de roca (FR), en el que se incluyeron tanto fragmentos de roca ígnea (tobas, basaltos, andesitas), sedimentaria (areniscas, lutitas) y metamórfica (esquistos), varía desde 41% hasta 90%, siendo el principal constituyente de la fracción arenosa de los sedimentos de la plataforma (Tabla 5).

Este grupo tiene una concentración promedio de 58.8 %. Las máximas concentraciones (> 58.8%) se encuentran en parches aislados a lo largo de la plataforma (Fig. 9) con excepción de la región comprendida entre el Río Armería y el Río Coahuayana y a partir del Río Nexpa hasta Playa Azul, donde se observa una

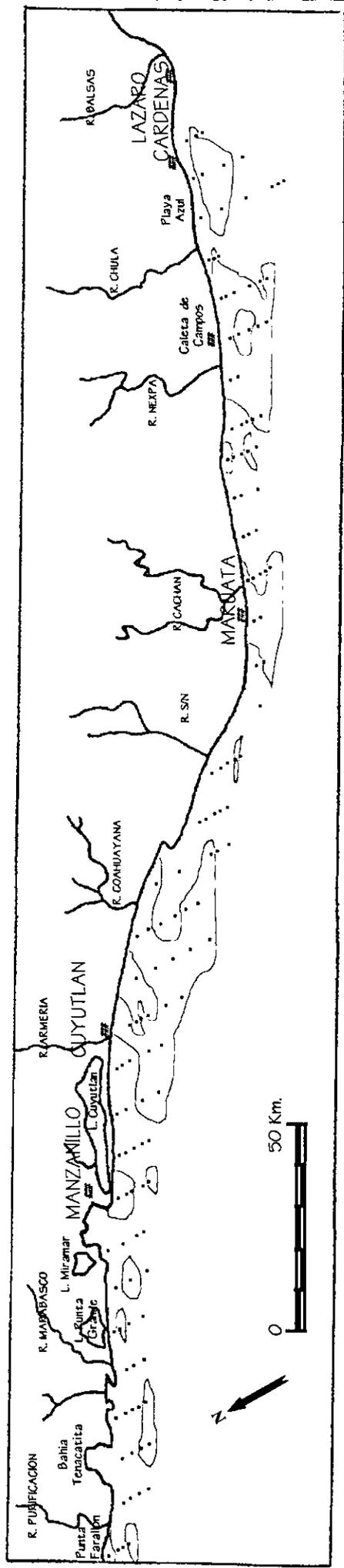


Fig. 9 Distribución de fragmentos de roca en la fracción arenosa. Las zonas sombreadas corresponden con valores mayores que el promedio (58.8%)

distribución a todo lo ancho de la plataforma, existiendo una disminución de fragmentos de roca (FR) en la fracción arenosa comprendida entre Bahía de Tenacatita y Bahía de Manzanillo, así como frente a la Laguna Cuyutlán; esta misma disminución se observa frente al Río s/n (Fig. 4).

Los diferentes fragmentos de roca contenidos en los sedimentos estudiados, son tanto volcánicos, plutónicos, sedimentarios como metamórficos, procedentes de la litología predominante en el área. La abundancia de fragmentos de roca en algunos sectores (Fig. 9) se debe a que la zona estudiada se encuentra en un margen activo, frente a la Trinchera Mesoamericana, dando lugar a un constante levantamiento del área, no permitiendo su erosión para fragmentar totalmente la roca hasta disgregarla en los minerales que los componen.

La materia biogénica contenida en los sedimentos de la plataforma continental estudiada, está constituida principalmente por foraminíferos, planctónicos (globigerinas) y bentónicos. Algunos de estos foraminíferos presentan remplazamientos por minerales de Fe.

El contenido de materia biogénica no es tan abundante como el cuarzo (Q), feldespatos (F) y fragmentos de roca (FR), por tal motivo no se consideró como grupo, sin embargo se encuentra como principal constituyente en las muestras 31, 91, 113, 123 y 126. Son los fragmentos de organismos los que constituyen casi el total de la muestra. Estas muestras coinciden con que el porcentaje de gravas es mayor al determinado en la mayoría de las muestras (Tabla 4) La abundancia relativa de los organismos en cada una de las muestras se presenta a continuación:

Muestra 31: (pelecípodos > gasterópodos)

Muestra 91: (pelecípodos > gasterópodos > coral > materia vegetal)

Muestra 113: (pelecípodos > gasterópodos > algas calcáreas)

Muestra 123: (pelecípodos > coral > gasterópodos)

Muestra 126: ( pelecípodos > coral > gasterópodos)

La materia biogénica contenida en la fracción arenosa está compuesta principalmente por foraminíferos tanto bentónicos como planctónicos.

Dentro de los constituyentes de la fracción arenosa también se mencionan otros, y de éstos los principales son las micas. El orden de abundancia relativa que se presenta en los diferentes tipos de micas, en la plataforma continental es la siguiente: biotita, que presenta coloraciones pardo rojizo a verdoso; muscovita, incolora.

La fuente principal de micas aportadas a la plataforma, la constituyen los plutones del área (granitos, granodioritas) consistentes de biotita y muscovita, al igual que algunos esquistos presentes en el grupo de rocas metamórficas (Fig. 3).

También se tiene abundante clorita, con coloraciones verdosas, la cual es aportada también por los plutones del área.

La clorita se puede formar por diagénesis acuática en ambientes marinos, lagunares o cercanos a la costa, donde desembocan ríos que aportan Fe derivado de intemperismo (Folk, 1974).

## CAPÍTULO VI

### GEOLOGÍA AMBIENTAL

La Geología Ambiental considera el uso de la información geológica para resolver problemas que afectan al hombre y a los organismos, así como para minimizar la degradación ambiental y maximizar los resultados benéficos del uso de ambientes naturales (Keller, 1996). La aplicación de la Geología a estos problemas incluye:

- el estudio de los materiales terrestres (minerales, roca, suelos) para determinar su uso potencial como recursos o sitios contaminados y sus efectos en la salud.
- el estudio de los procesos hidrológicos para evaluar los problemas de contaminación.
- el estudio de los procesos geológicos para evaluar los cambios locales, regionales y globales.

Los metales traza, son elementos que se requieren en cantidades mínimas, pero pueden ser tóxicos en grandes cantidades (Keller, 1996).

La presencia de metales traza en la plataforma continental puede tener un origen natural ya sea por intemperismo de las rocas, que liberan los materiales químicos al ambiente o por la acción antropogénica, que es la contraparte artificial del intemperismo (contaminación). La proporción de intemperismo en la roca es controlada por varios factores, los principales son el clima y la composición de la roca. El clima en la región estudiada es subhúmedo con lluvias en verano, lo que propicia un alto grado de intemperismo de la roca (García, 1988). La composición de la roca me va a definir el grado de intemperismo dependiendo de la estabilidad mineralógica de sus componentes.

Si la concentración de los metales es incrementada o disminuida depende de la naturaleza de los procesos biogeoquímicos y físicos tales como: intemperismo, lixiviación, acumulación y depósito (Keller, 1996).

En este estudio se presenta la distribución de tres metales traza (cobre, níquel y zinc) considerados como riesgosos para la salud (Keller, op.cit.).

*Cobre.*- La concentración promedio de cobre reportada en la corteza terrestre se encuentra aproximadamente entre 50-90 ppm en rocas ígneas y entre 20-30 ppm en suelos (Wedepohl, 1991).

El cobre (Cu) es un elemento traza que es esencial para la vida a pesar de llegar a ser considerablemente tóxico como los elementos no esenciales para la vida tales como el plomo y el mercurio. La toxicidad en las plantas es menos usual que su deficiencia, en contraste, con los animales en donde la toxicidad es causada por exceso del elemento en sujetos genéticamente anormales (Dawson y Price, 1977).

El cuerpo humano presenta cerca de aproximadamente 1.4 ppm de cobre (Merian, 1991); absorbe el 50% del cobre de su dieta en su sistema gastrointestinal. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) el humano adulto necesita cerca de 2-5mg de cobre por día.

El cobre en las plantas ocasiona la inhibición del crecimiento de sus raíces (Cottenie, 1981). Es muy tóxico para muchas bacterias (Merian, 1991). Las concentraciones de cobre por encima de 0.1 mg/l en el agua son tóxicas para los peces (Forstener y Wittman, 1979).

Los animales no rumiantes, entre ellos el hombre, son extremadamente resistentes al desarrollo de una toxicidad por cobre; sin embargo, el exceso de cobre ingerido en bebidas carbonatadas o jugos cítricos que han estado en contacto prolongado con vasijas y tuberías causan solamente vómito y diarrea que protegen al paciente contra efectos tóxicos más serios como necrosis hepática y sangrado intestinal. La inhalación de gases desprendidos por sales de cobre puede causar congestión nasal, náuseas y diarrea.

A partir de los datos obtenidos por Morales (2000); en este estudio la concentración de cobre en sedimentos (muestra total) se encontró dentro de un promedio de 42 ppm. La más alta concentración de cobre (106 ppm) (Tabla 6) se tiene en la muestra 33 (Fig. 4) frente a la población de Manzanillo.

Las máximas concentraciones ( $> 42$  ppm) se presentan en una franja paralela a la línea de costa (Fig. 10) a partir de Punta Farallón y hasta el Río s/n (Fig.4) en sedimentos lodo arenosos y lodosos (Fig. 5).

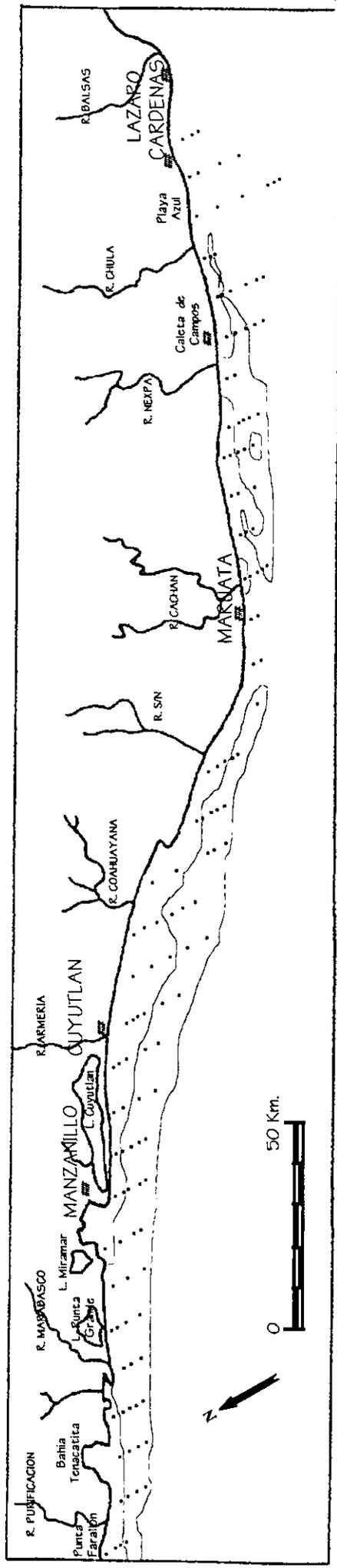


Fig. 10 Distribución de cobre en la muestra total. La zona sombreada corresponde con valores mayores que el promedio (42ppm).

Tabla 6. Concentraciones de Materia Orgánica, Ni, Cu y Zn  
(Modificada de Morales, 2000).

Estación	Mat. Org.	Ni ppm	Cu ppm	Zn ppm
E1	1.00	15	26	73
E2	1.53	21	41	96
E3	1.32	20	33	81
E4	2.16	26	46	102
E5	2.52	33	44	102
E6	1.85	29	71	101
E7	1.43	24	55	90
E8	0.96	15	28	72
E9	1.24	19	32	74
E10	1.75	25	78	113
E11	2.44	33	77	105
E12	2.55	34	58	113
E13	2.65	34	57	112
E14	2.54	35	89	110
E15	1.70	24	62	85
E16	1.04	20	44	71
E17	0.80	16	25	66
E18	1.61	27	81	94
E19	2.42	35	68	114
E20	2.34	33	60	108
E21	2.95	41	57	112
E22	2.55	35	88	116
E23	1.32	29	98	111
E24	1.61	28	84	111
E25	3.09	48	42	103
E26	0.00	35	51	103
E27	2.78	38	77	118
E28	3.61	42	96	115
E29	3.31	38	54	95
E29	3.31	37	51	96
E30	3.04	32	56	91
E31	0.69	21	23	62
E32	2.80	46	44	107
E32	2.80	22	27	95
E33	2.22	41	106	129
E34	1.08	36	31	81
E35	0.33	37	18	65
E36	0.58	40	22	71
E37	2.25	37	44	94
E38	2.60	43	52	109
E40	2.92	47	45	109
E41	2.15	41	47	109
E42	1.65	34	36	84
E43	1.21	33	28	73
E44	0.20	36	17	62
E45	0.60	32	23	69
E46	1.57	33	38	86
E47	1.99	39	46	106

Estación	Mat. Org.	Ni ppm	Cu ppm	Zn ppm
E48	2.33	43	48	103
E49	3.22	46	43	113
E50	2.35	40	47	109
E51	1.48	35	41	94
E52	1.18	32	34	80
E53	1.35	30	36	80
E54	0.36	33	19	67
E55	0.64	32	25	74
E56	1.57	34	37	97
E57	2.33	39	43	109
E58	2.55	44	47	124
E59	1.91	38	49	121
E60	1.96	39	47	123
E61	1.82	37	44	109
E62	1.46	32	32	93
E63	1.06	30	23	78
E64	0.39	31	16	69
E65	0.47	31	21	84
E66	1.15	31	37	94
E67	1.91	41	45	117
E68	2.30	43	45	118
E69	2.12	38	48	113
E70	1.18	37	50	106
E71	1.79	36	50	101
E72	1.54	34	48	96
E73	0.64	22	24	60
E74	0.75	22	26	67
E75	1.26	25	39	77
E76	1.20	26	36	83
E77	1.73	30	43	99
E79	1.74	32	45	110
E80	0.81	25	26	84
E80	0.81	25	26	83
E81	1.32	33	40	117
E82	2.69	48	33	98
E83	0.98	32	33	109
E84	2.10	41	46	135
E85	2.01	36	43	141
E86	1.48	32	41	120
E87	2.68	31	37	108
E88	2.35	41	53	109
E89	1.35	31	36	111
E90	1.43	35	44	125
E91	0.01	8	7	19
E92	0.42	14	17	65
E93	1.45	22	38	113
E94	1.96	38	46	122
E95	1.82	38	38	119
E96	1.56	32	53	127
E97	1.49	31	43	117
E98	1.21	27	38	112

Estación	Mat. Org.	Ni ppm	Cu ppm	Zn ppm
E99	0.43	19	31	96
E100	0.66	19	21	74
E101	1.59	32	50	118
E102	1.58	31	47	121
E103	1.44	29	51	132
E104	1.82	36	61	147
E105	1.79	26	43	105
E106	1.47	28	53	107
E107	0.69	21	23	75
E108	1.53	32	42	109
E109	1.91	36	44	113
E110	1.84	38	35	109
E111	2.28	43	37	117
E112	2.73	45	37	109
E112	2.73	45	33	109
E113	1.41	30	22	87
E114	1.90	40	37	115
E115	1.09	29	37	97
E116	1.61	28	51	107
E117	1.15	36	38	108
E118	1.35	29	36	92
E119	1.03	25	27	81
E120	1.70	33	46	108
E121	0.83	21	25	74
E122	1.35	33	34	100
E123	0.89	20	7	65
E124	0.66	12	nd	31
E126	0.80	20	nd	62
E127	1.50	36	31	100
E128	0.86	26	30	84
E129	0.37	17	24	66
E130	0.43	24	21	71
E131	0.89	30	27	91
Avg	1.60	32	42	97
Max	3.61	48	106	147
Min	0.01	8	7	19
STD	0.75	8	18	21

El cobre se encuentra generalmente en las arcillas con un ligero enriquecimiento en las arcillas ricas en materia orgánica (Rosales Hoz *et al.*, 1994). Este es el caso de las muestras 12,13,21,22,27,28,29,30 y 38 con concentraciones de cobre entre 52 y 96 ppm y un contenido de materia orgánica mayor que 2.50 % (Tabla 6).

Desde la población de Maruata y hasta Caleta de Campos la distribución del cobre, mayor que el promedio de la zona estudiada, se presenta en una franja paralela a la línea de costa (Fig. 10) en sedimentos lodo arenoso y lodosos con excepción de la zona más profunda frente a Caleta de Campos donde se presenta una disminución de cobre en sedimentos lodosos debido quizá a que son menos arcillosos.

En la desembocadura del Río Cachán se presenta un parche donde la concentración de cobre excede al promedio pudiendo considerarse como un valor natural debido a la influencia de las rocas ígneas que se presentan en la cuenca del Río Cachán.

*Níquel.*- El níquel (Ni) se encuentra más comúnmente como  $Ni^{2+}$ , y como compuestos solubles tales como acetatos, bromuros, cloruros, fluoruros, ioduros, nitratos y sulfatos. Constituye el 0.008 % de la corteza terrestre (Nicholls, 1973).

Se encuentra como constituyente de más de 3 000 aleaciones utilizadas para equipo químico y petrolero, baterías, pigmentos, cerámica y joyería, entre otros.

El níquel se introduce en el agua subterránea y superficial mediante disolución de rocas, suelos, ciclos biológicos, lluvia y especialmente por procesos industriales y materiales de desecho.

En los sedimentos de ríos en áreas contaminadas orgánicamente, el níquel es absorbido por las partículas de sílice con una acumulación gradual de níquel en las capas superiores de lodo. El agua de mar contiene cerca de 0.1 a 0.5  $\mu\text{g/l}$  (Bruland, 1983).

La concentración de níquel en el hombre es principalmente debida a la comida y agua que consume (Sunderman *et al.*, 1986). En su dieta diaria se tiene una concentración de níquel entre 0.14 y 0.6 mg/día (Grandjean, 1984; Flyvholm *et al.* 1984).

La toxicidad del níquel, en los vegetales depende de la concentración que se tenga de este metal en el suelo y que afecta directamente a las raíces. En los peces adultos la toxicidad es generalmente baja (Rehwoldt *et al.*, 1971), no así en las larvas y embriones donde la toxicidad depende de la especie causando la muerte de peces como el salmón y los dorados (Birge and Black, 1980).

La exposición a concentraciones altas de sulfato de níquel desde 0.5 a 10  $\mu$  g/l de la especie crustáceo (*Daphnia magna* Strauss) por tres generaciones resultaron en su exterminio (Lazarena, 1985).

En cuanto al hombre, cientos de casos de envenenamientos por carbonato de níquel (Sunderman, 1971) han sido reportados en trabajadores, por inhalación de gases en operaciones industriales (minado, esmerilado, soldadura, esmaltado). Los daños ocasionados pueden ir desde daños pulmonares, dolores de cabeza, bronquitis, asma; pero el riesgo mayor es el cáncer en las vías respiratorias que se ha encontrado en trabajadores de refinerías de níquel (Morgan, 1958).

La concentración promedio de níquel en la corteza continental es de 45 ppm, con un contenido promedio de 134 ppm en rocas basálticas. En el área de estudio se han reportado (Morales, 2000) concentraciones de níquel con un promedio de 32 ppm. La más alta concentración de níquel 48 ppm (Tabla 6) se tiene en la muestra 82 (Fig. 4). Las máximas concentraciones (>32ppm) se presentan en la figura 11. Se observa que a partir de Punta Farallón y hasta Bahía Manzanillo la principal concentración de níquel se encuentra en los sedimentos lodosos, mientras que a partir de la región oeste de Laguna Cuyutlán y hasta las inmediaciones del Río Coahuayana la concentración máxima de níquel se tiene en sedimentos areno lodosos, lodo arenosos y también lodosos. Esto es debido quizá a que en esta región la litología predominante está constituida por rocas volcánicas las cuales aportan a los ríos sedimentos con altas concentraciones de níquel que, al drenar dicha zona depositan entonces sedimentos ricos en níquel a lo largo de la plataforma continental.

A partir del Río Coahuayana y hasta las inmediaciones del Río s/n (Fig. 4), las máximas concentraciones de níquel se tienen en sedimentos lodo arenosos y lodosos. Lo mismo sucede a partir de las inmediaciones de Río Cachán y hasta Playa Azul (Fig. 11), donde la concentración alta de níquel se tiene en sedimentos lodo arenosos y

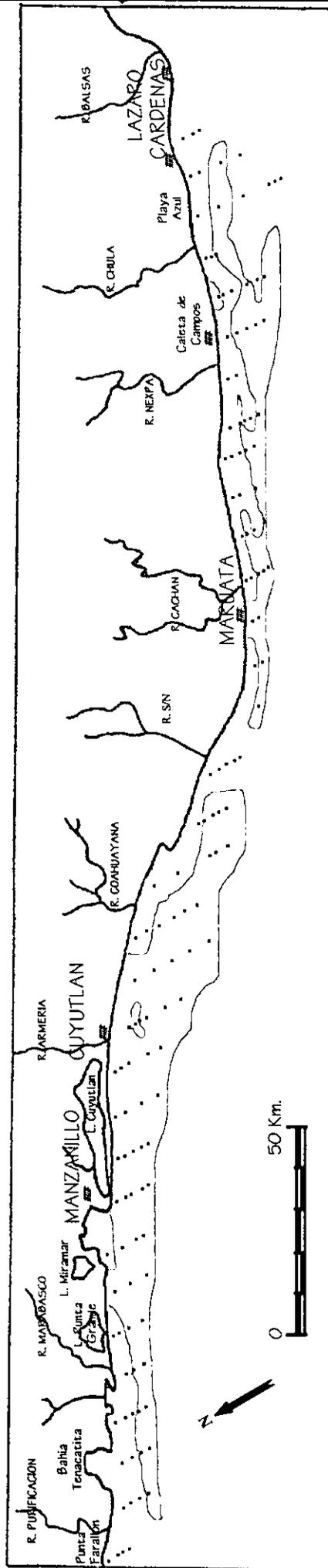


Fig. 11 Distribución de níquel en la muestra total. La zona sombreada corresponde con valores mayores que el promedio (32ppm).

lodosos con excepción de las desembocaduras de los ríos Nexpa y Chula donde a pesar de haber sedimentos lodosos y lodo arenosos, respectivamente, se observa que hay una disminución en la concentración de níquel. Esta disminución pudiera deberse a que la litología dominante en esta región es de rocas sedimentarias y metamórficas (Fig. 3).

*Zinc.*- El zinc (Zn) desempeña un papel muy importante como elemento traza esencial en los seres vivos; desde las bacterias hasta el hombre. La toxicidad del zinc es en general baja, salvo algunas excepciones si se le compara con lo perjudicial que es su deficiencia. Muy pocas veces los desechos industriales o domésticos contienen concentraciones de zinc que sean dañinas para el ambiente.

El zinc se encuentra en muchos minerales que componen la corteza terrestre, tanto en sulfuros (esfalerita ZnS) como en óxidos (zincita ZnO). El zinc es principalmente utilizado en capas protectoras del acero y hierro; en la industria del hule, la industria química, la textil y también se le usa como pigmento.

Los desechos de zinc resultan de todas las etapas de producción y procesado de zinc, las principales fuentes son las aguas residuales y las emisiones de gas resultantes de estos procesos.

La incorporación natural de zinc en los vegetales depende del origen geológico del suelo. Si un sitio tiene concentraciones altas de zinc se detecta en plantas indicadoras (alfalfa, tréboles, trigo). Las sienitas son excelentes abastecedoras de zinc, en menor grado también el zinc puede derivarse de filitas, granitos, arenas, gneisses, suelos aluviales, areniscas rojas y loess (Siegert *et al.*, 1986); es por esto que la cubierta vegetal, se utiliza en la prospección de zinc.

El contenido normal de zinc en las plantas presenta un rango de 15 a 100 mg/kg (Merian, 1991). Su deficiencia se presenta en niveles por debajo de los 20 mg/kg y valores por encima de 400 mg/kg son considerados como tóxicos (Boawn y Rasmussen, 1971; Jones, 1972).

De acuerdo con Henkin *et al.* (1979) el promedio de contenido de zinc en muchos de los peces se encuentra entre 3 y 8 ppm. El zinc se encuentra en los tejidos y fluidos del cuerpo humano. El metal es esencial para el crecimiento, desarrollo y reproducción del

hombre. Desempeña un papel muy importante en muchas de las funciones biológicas como: síntesis de proteínas, regula la actividad hormonal, ayuda en el metabolismo del ácido nucléico. Es administrado en el organismo mediante la comida, el agua y el aire. Dentro de los efectos tóxicos en el hombre provocados por el zinc se encuentran serios daños en la tráquea ocasionados por la ingestión de varios gramos de  $ZnCl_2$  y  $ZnSO_4$ . La dosis letal en el hombre está estimada en 50mg de  $ZnCl_2$  y 106 mg de  $ZnSO_4$ , por kg de peso; pequeñas dosis provocan náuseas, diarrea y dolor de estómago (Brown *et al.*, 1964).

La concentración promedio de zinc en las rocas basálticas es de 110 ppm, en las graníticas 40 ppm, arcillas oceánicas 165 ppm, calizas 20 ppm y areniscas 16 ppm (Keller, 1996 ).

De los datos obtenidos por Morales (2000), en el presente estudio se tiene un promedio de concentración de zinc de 97 ppm (Tabla 6), teniéndose una máxima concentración de 147 ppm en la muestra 104.

La distribución de las concentraciones más altas de zinc (>97ppm) se presenta en la figura 12, en donde se define una franja paralela a la línea de costa a partir de Punta Farallón y hasta las inmediaciones de Lázaro Cárdenas, con algunas entrantes hasta la línea de costa frente a los lagos Punta Grande y Miramar, frente a la población de Maruata, Río Nexpa y Caleta de Campos.

A partir de Punta Farallón y hasta el Río s/n (Fig. 4) las máximas concentraciones se tienen en sedimentos lodosos, mientras que a partir de la población de Maruata y hasta las inmediaciones de Lázaro Cárdenas las concentraciones se presentan incluso en sedimentos lodo arenosos y lodosos; esto debido quizá a que los sedimentos más lodosos pueden contener más arcillas y éstas atrapan al metal; no obstante se tiene la zona más profunda frente a Caleta de Campos donde se presenta un parche con una disminución en la concentración de zinc, donde se observa la presencia de arenas lodosas, lo que sugiere una disminución en el contenido de partículas muy finas.

De acuerdo con la litología del área (Fig. 3) donde predominan las rocas volcánicas y graníticas (López-Ramos, 1976; Ortega-Gutiérrez, 1992) a lo largo de toda la línea de costa, las concentraciones de zinc encontradas en los sedimentos son normales.

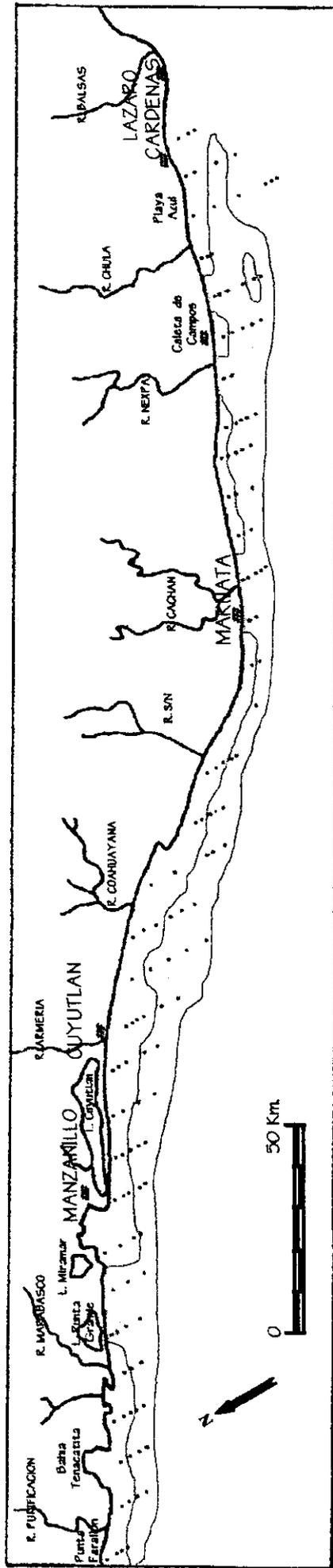


Fig. 12 Distribución de zinc en la muestra total. La zona sombreada corresponde con valores mayores que el promedio (97ppm).

Se graficaron las concentraciones de cobre, níquel y zinc contra el porcentaje de lodos como se muestra en las Figs. 13a, 13b y 13c para cobre, níquel y zinc respectivamente. Se observa una distribución homogénea con un patrón definido y una tendencia lineal en las concentraciones de cobre, y zinc observándose que a un mayor porcentaje de lodo en el sedimento corresponden las concentraciones más altas de estos elementos, debido a que las arcillas presentan una mayor área superficial, favoreciendo que estos metales queden absorbidos dentro del agua intersticial. En el caso del níquel (Fig. 13b) se observan valores altos tanto en arenas como en lodos, lo que hace suponer que se asocia directamente con los detritos más que con la absorción en las arcillas contenidas en los lodos.

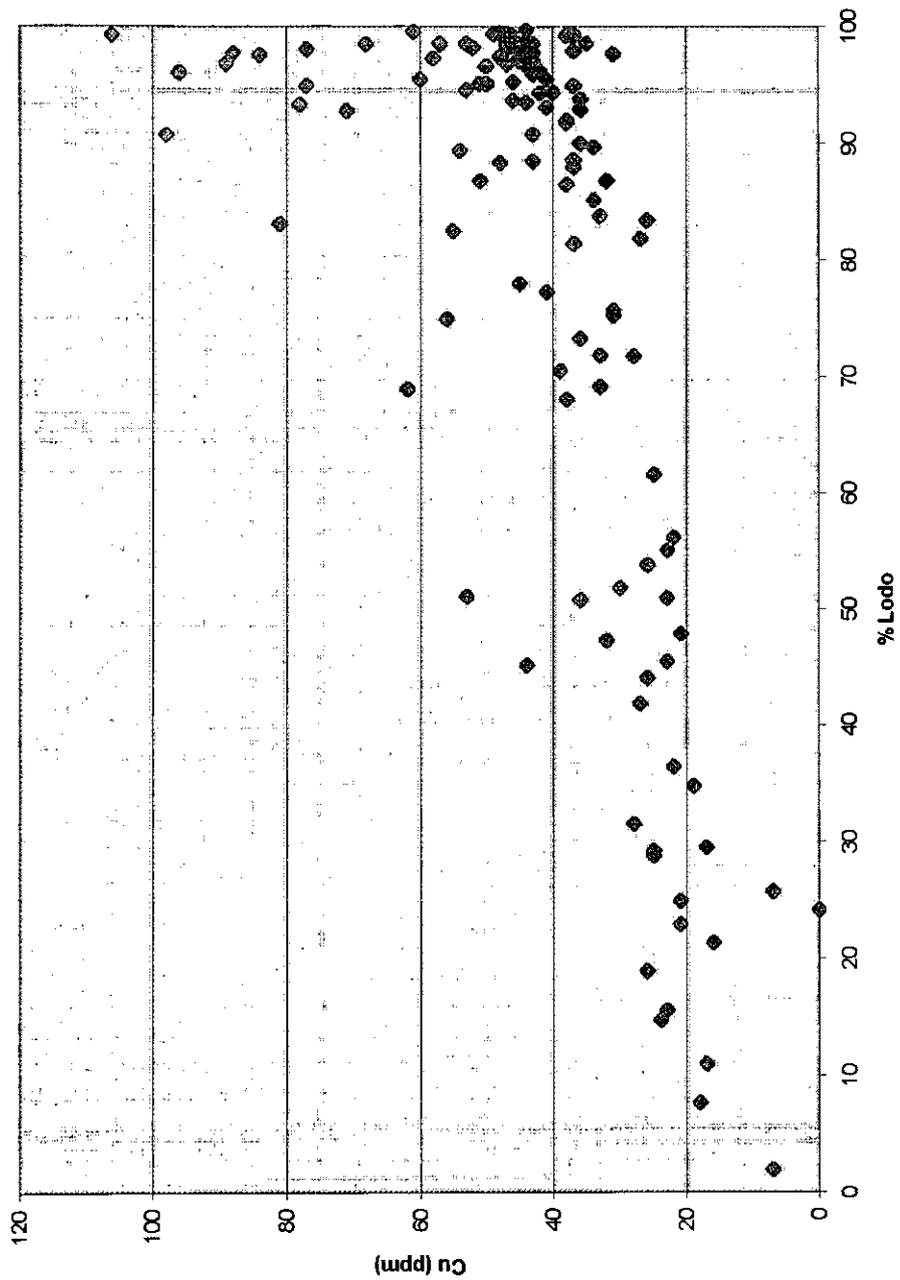


Fig. 13a Lodo-Cobre

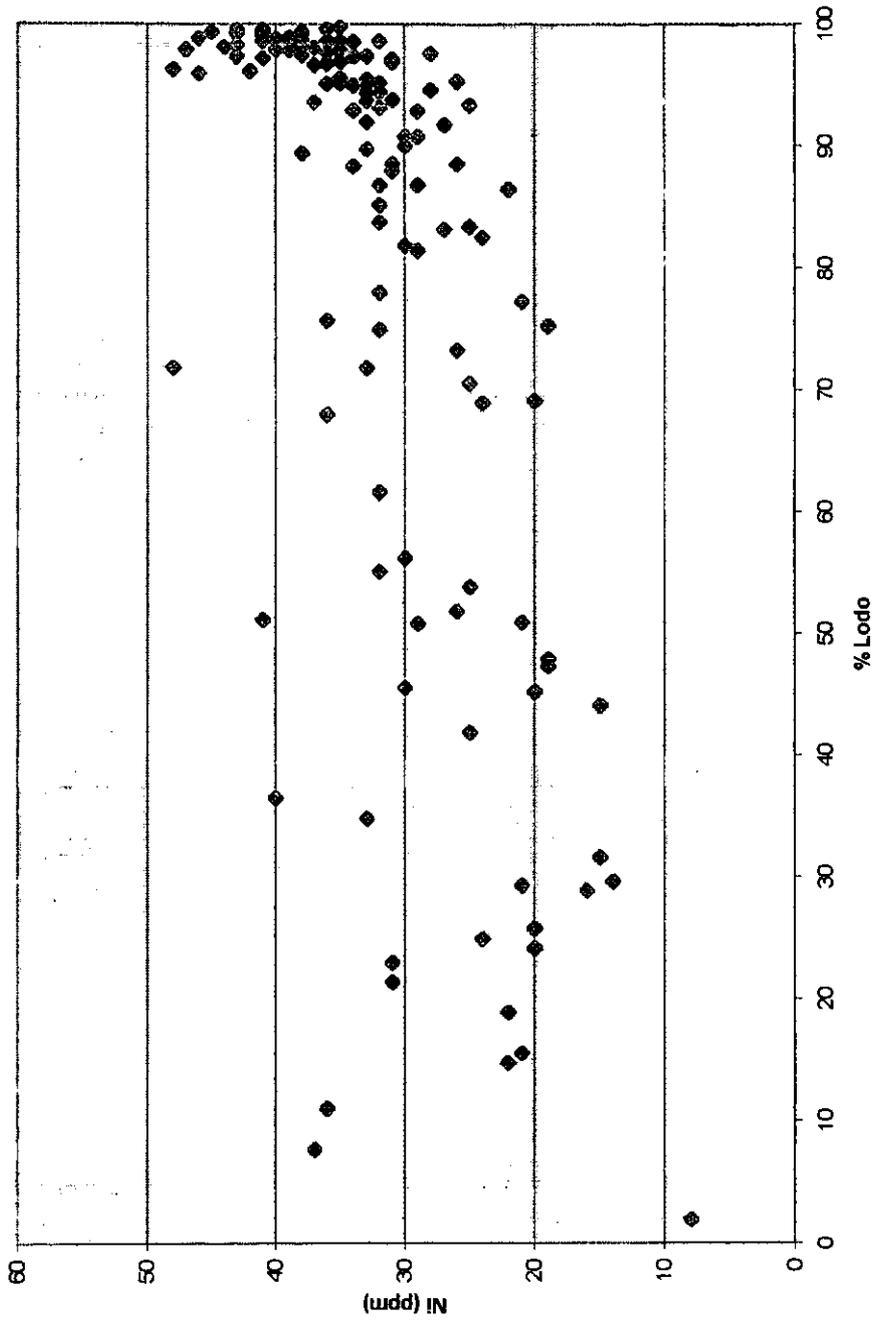


Fig. 13b Lodo- Níquel

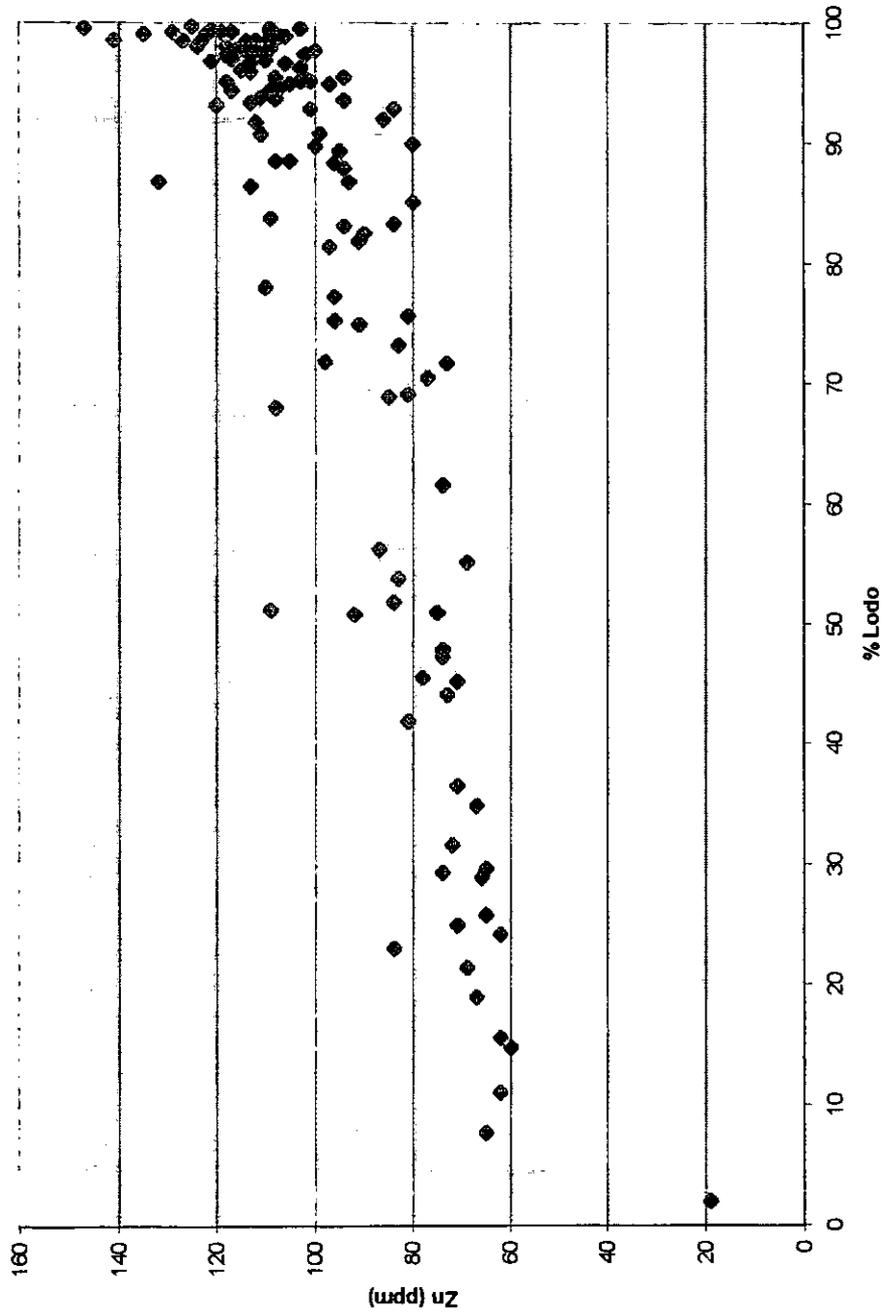


Fig. 13c Lodo-Zinc

## CAPÍTULO VII

### CONCLUSIONES

1.- La plataforma del área de estudio es estrecha, en margen montañoso frente a una fosa profunda, con un ancho menor a los 10 km, frente a la población de Maruata, teniendo ligeras ampliaciones hacia la región del Delta del río Balsas y hacia la parte occidental de la zona de estudio, donde se observa una plataforma homogénea en su anchura con aproximadamente 12 km. Esta morfología sugiere un margen activo que no permite el desarrollo de una plataforma amplia.

2.- El hecho de contar con suficientes estaciones de muestreo permitieron conocer aspectos fundamentales como la distribución, composición y procedencia de los sedimentos de la plataforma continental frente a los estados de Jalisco, Colima y Michoacán.

De acuerdo con la relación arena/lodo, la distribución de los sedimentos de la plataforma continental estudiada, tiende a formar franjas paralelas con respecto a la línea de costa, variando de arenas cerca de la línea de costa hasta lodos a partir de los 100 m de profundidad y hacia el talúd. Algunas excepciones de esta distribución de sedimentos, con variaciones que no están dentro del patrón de franjas paralelas son: a) la franja lodosa frente a los lagos Punta Grande y Miramar; b) las zonas de arena lodosa frente a los ríos Cachán y Nexpa, c) las arenas localizadas al oeste de la población de Maruata y d) frente a Bahía Manzanillo.

De acuerdo con la distribución del sedimento en el área de estudio, los factores que influyen en ésta son:

- a) El oleaje, cuya influencia empieza a sentirse en profundidades menores que 30 m , impide el depósito de lodos permitiendo solamente el depósito de arenas lodosas.
- b) Las corrientes superficiales y de fondo quizá sean el factor más importante en la distribución de los sedimentos finos (arenas lodosas y lodos) que predominan en la plataforma, ya que al transportarse en suspensión se distribuyen en una forma amplia y homogénea sobre la plataforma.

En el área de estudio, los ríos son los principales aportadores de sedimentos al mar como arenas y arenas lodosas. Esto sucede con el Río Purificación, Armería, Coahuayana, Chula y Cachán, mientras que los sedimentos finos (lodos arenosos y lodos) van a ser aportados por las lagunas de la zona costera pero principalmente por las tormentas y ciclones que afectan el área de estudio en determinadas épocas del año.

Los sedimentos lodosos frente a los lagos Miramar y Punta Grande hacen suponer que se trata de una zona de calma en lo referente al movimiento de las masas de agua, ya sea por oleaje o por corrientes. La franja de lodos y lodos arenosos frente a las poblaciones de Maruata y Caleta de Campos puede deberse a que en esta zona se tiene una disminución en el ancho de la plataforma continental, permitiendo que la acción del oleaje sea restringida a un área menor y más cercana a la línea de costa, en profundidades menores que 30 m según el mapa batimétrico analizado, permitiendo que los lodos se depositen más cercanos a la línea de costa.

3.- La fracción arenosa de los sedimentos de la plataforma continental estudiada está compuesta principalmente por fragmentos de roca, feldespatos, cuarzo y material biógeno y en menor porcentaje, micas, anfíboles y zircón entre otros.

Los fragmentos de roca son el principal constituyente de la fracción arenosa de los sedimentos de esta plataforma debido a la cercanía de su fuente y a la tectónica del área.

Los feldespatos predominan en sedimentos finos ( lodo arenosos y lodos); con excepción de los parches frente a los ríos Cachán y Nexpa y frente a Playa Azul, donde se encuentran en sedimentos areno lodosos.

4.- Los plutones ácidos que se encuentran ampliamente distribuídos en la zona costera, las rocas extrusivas cretácicas y terciarias, areniscas y las rocas metamórficas del área, van a constituir las principales fuentes de aporte de los constituyentes de los sedimentos de la plataforma continental.

El cobre se encuentra generalmente en los sedimentos más lodosos, donde la materia orgánica es más rica, y con la cual se asocia.

Se observa una relación directa entre el incremento de lodo y las concentraciones de cobre y zinc ya que a un mayor porcentaje de lodo, corresponden concentraciones más altas de estos elementos.

En el caso del níquel se observan valores altos tanto en arenas como en lodos, lo que hace suponer que se asocia directamente con los detritos más que con la absorción en arcillas.

La concentración de cobre, níquel y zinc en los sedimentos se encontró dentro de los límites naturales según los valores reportados en la literatura y de acuerdo con la composición de las rocas en el área estudiada. No obstante se recomienda prestar especial atención a los sedimentos más lodosos, ya que se observa una mayor tendencia por la acumulación de metales pesados.

## BIBLIOGRAFÍA

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.

Birge, W.J., and Black, J.A., 1980. **Aquatic toxicology of nickel**, in: Nriagu, J.O. (ed). **Nickel in the environment**, pp. 349-366. Wiley, N.Y.

Boawn, L.C., and Rasmussen, P.E., 1971, **Agron.J.** 63, 874-876.

Brown M.A., Thom, J.V., Orth, G.L., Cova, P., Juárez, J. 1964, **Arch. Environ. Health** 8, 657-660.

Bruland, K.W., 1983, **Trace elements in seawater**, **Chem. Oceanogr.** 8, 204-205.

Campa, M.F. y Coney P.J., 1983. **Tectonostratigraphic terranes and mineral resource distribution in Mexico**: **Canadian Journal of Earth Sciences.** V. 20 p. 1040-1051.

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., A.Z. Márquez García y E. A. Morales de la Garza, 1986. **Estudio de Sedimentos de la Plataforma Continental del Estado de Guerrero y su Importancia dentro de los Recursos Minerales del Mar**. **An.Inst. Cienc. Del Mar y Limnol., UNAM,** 13 (3): 241-262.

Carranza Edwards A., A.Z. Márquez García y E. A. Morales de la Garza, 1987, **Distribución y características físicas externas de nódulos polimetálicos en el sector central del pacífico Mexicano**. **Bol. Mineral.,** 3 (1):78-94.

Carranza Edwards, a., L. Rosales-Hoz, E. Ruíz-Ramírez, 1989. **Investigations of phosphorite deposits in the Gulf og Tehuantepec**. **Marine Mining,** 8:317-323.

Carranza-Edwards, 1997, **La granulometría y su uso en estudios geoquímicos y ambientales**. **Actas INAGEQ,** (ISBN 968-36-6241-2), 3:235-243.

Cottenie, A., 1981, in: **Proceedings of the international Conference of Heavy Metals in the Environment**, Amsterdam.CEP Consultants Ltd., Edinburgh.

- Dawson, C.R. and Price, C.A. (1977), in: **Cooper, Chap.3**. National Academy of Sciences, Washington. D.C.
- De la Lanza Espino G., 1987, **Oceanografía de mares mexicanos**, AGIT. Editores S.A. México.p.117-195.
- Davies, J.L., 1964. **A morphogenic approach to world shorelines**. Zeit.fur Geomorph. 8, sp.Un.27-42 (suggests a dynamic classification of coasts).
- Emery, K. O., 1967. **Estuaries and Lagoons in relation to continental shelves**, Woods Hole Oceanographic Institution, Contribution No. 1493: 9-11.
- Emery, K.O., 1970. **Continental margins of the world**, The Geology of the Economic Papers, Symposium Cambridge, Rept.70/13: 7-29.
- Ferrusquía-Villafranca, I., 1993: **Geology of Mexico: A synopsis**. In T.P. Ramamoorthy et al; Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution. Oxford University Press pp. 3-107.
- Flyvholm, M.A., Nielsen, G.D. and Andersen, A., 1984, **Nickel content of food and estimation of dietary intake**. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 179, 427-431.
- Folk, 1974. **Petrology of sedimentary rocks**. Hemphill Pub. Co., Austin, Texas, 182 p.
- Forstener, U., and Wittman, G.T.M., 1979, **Metal Pollution in the Aquatic Environment**. Springer, Berlín-Heidelberg-New York.
- García de Miranda Enriqueta y Falcón de Gyves Zaida, 1988, **Nuevo Atlas Porrúa de la República Mexicana, Porrúa**.
- Grandjean, P., 1984 **Human exposure to nickel**, in: Sunderman, F.W., Jr., (ed) Nickel in the human environment, pp. 469-485. IARC, Lyon.
- Gutierrez Estrada M., 1971. **Fisiografía y Sedimentología del Delta del Río Balsas, Michoacán, Méx**. Bol. 93 Int. De Geología UNAM.
- Henkin, R.I., Apgar, J., Cole, J.F. Cotterrill. C.H., Fleisher, M., Goyer, R.A., Greifer, B., Knezek, B.D., Mushak, P., Piscator, M., Taylor, J.K., and Wolfr, D.A., 1979, in: **Zinc**, pp 123-172. University Park Press. Baltimore, Maryland.
- Inman, D.J. y C.E. Nordstram, 1971, **On the tectonic and morphologic classification of coast**. Journal Geology, 70 (1): 1-21.

Jones, Jr., J.B. 1972, in: Mortredt, J.J., Giordano, P.M., and Lindsay, W.L. (eds): **Proceedings Symposium Micronutrients in Agriculture**, pp. 319-346. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

Keller Edward A., 1996, **Environmental Geology** (7<sup>a</sup> ed.), Prentice Hall, pp 560.

Kulm, L. D., Roush, R.C., Harlett, J.C., Neudeck, R.H., Chambers, D.H. y Runge, E.J., 1975, **Oregon Continental Shelf Sedimentation Interrelationships of Facies Distribution and Sedimentary Processes.**, The Journal of Geology 83 (2): 145-175.

Lancin, M y A. Carranza, 1976. **Estudio Geomorfológico de la Bahía y de la Playa de Santiago en Manzanillo, Colima.** Inst. Geología., UNAM, Rev. 2: 43-65.

Lazarena, L.P., 1985. **Changes of biological parameters in chronic effects of low concentrations of copper and nickel on Daphnia magna straus.** Hidrobiol. Zh. 21 (5), 53-56.

López Ramos, E. 1976, **Geología General y de México**, Tomo III, 4<sup>a</sup> edición.

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

Márquez García A. y Morales de la Garza, 1984. **Sedimentología de la plataforma continental del estado de Guerrero, México.** Tesis de Licenciatura, Fac de Ing.-UNAM. Carrera de Ingeniero Geólogo.

Merian Ernest, 1991. **Metal and their compounds in their Environment Occurrence, Analysis and Biological Relevance**, VCH, Germany.

Mero, J.L., 1973, **The Mineral Resources of the sea.** Elsevier, Sci. Publ. Co. Amsterdam, 312 p.

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

Morales de la Garza E.y A. Carranza Edwards, 1995 (1996). **Sedimentos fosfatados en el Golfo de Tehuantepec.** Rev. Hidrobiológica. UAM, 5 (1-2): 25-36.

Morales Villafuerte Maribel, 2000, **Estudio químico de sedimentos de la plataforma continental de una porción del Pacífico Mexicano.** Tesis de licenciatura. Facultad de Química. UNAM.

- Montoya-Ayala, I. 1989. **Estudio de sedimentos de la plataforma continental del Golfo de Tehuantepec**, México. Tesis de Licenciatura, Fac de Ing. UNAM. Carrera de Ingeniero Geólogo.
- Morgan , J.G., 1958, **Some observatios on the incidence of respiratory cancer in nickel workers**. Br. J. Ind. Med. 15, 224-234.
- Nicholls, D. 1973, Nickel, in: Trotman-Dickensen. A.F. (ed), **Comprehensive Inorganic Chemistry**, P. 1109, Pergamon Press, Oxford.
- 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.**
- Rehwoldt, R. Vida, G. And Nerrie, B., 1971. **Acute toxicity of cooper, nickel , zinc ions to some Hudson River fish species**. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 6, 445-448.
- Rosales Hoz, L., A. Carranza Edwards, Arias Reynada S., Santiago Pérez S., 1992, **Distribución de metales en sedimentos recientes del sureste del golfo de México**, An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Vol. 19, 2:123-130.
- Rosales Hoz, L., A. Carranza Edwards, Santiago Pérez S., 1994, **Heavy Metals in Rocks and Streams from Northwestern Part of Baja California, Mexico**, Rev. Int. Contam. Ambient. 10(2), 77-82.
- Salazar-Mandujano Sergio., 1984, **Geología petrolera de la cuenca de Colima-Jalisco**: Sociedad Geológica Mexicana, Convención Geológica Nacional, 8, México, D.F., Resúmenes, p. 108-109 (resumen).
- Shepard, F. P., 1932, **Sediment of the continental shelves**, Geol. Soc. of Amer. Bull., V. 43, p.p. 1017-1040.
- Shepard, F.P. 1973. **Submarine Geology**, Harper and Row, Pub. New York, p 80-101.
- Shideler, G.L., 1978. **A sediment-dispersal model for South Texas Continental Shelf, northwest Gulf of Mexico**. Marine Geology, 26: 289-313.
- Siegert, E.Anke, M., Lokyay, D. Pavel, J., Grün, M and Hora, K.,1986, in: Anke, Baumann, Braunlich and Groppe (eds.), **5 Symposium**, pp 487-493, Leipzig.
- Solleiro-Rebolledo, E., 1987. **Estudio de sedimentos superficiales de plataforma continental en San Antonio del Mar B.C.** Tesis de Licenciatura, Fac. de Ingeniería. UNAM.Carrera de Ingeniero Geólogo.

Solleiro-Rebolledo, E., A Carranza Edwards, S. Santiago Pérez., L. Rosales Hoz y R. Lozano Santa Cruz., 1989. **Investigación de sedimentos de plataforma en el área de San Antonio del Mar, B.C.N., México**, An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol., UNAM. 16 (1): 91-103.

Stanley, D.J., y Wear, M., 1978. **The Mud Line. An erosion deposition boundary on the upper continental slope**, Marine geology 28: 19-29.

Sunderman, F.W. Jr., 1971, **The treatment of acute nickel carbonyl poisoning with sodium diethyldithiocarbamate**. Ann. Clin. Res. 3, 182-185.

Sunderman, F.W. Jr., Aitio, A., Morgan, L.M. and Norseth, T., 1986, **Biological monitoring of nickel**. Toxicol. Ind. Health 2, 17-78.

Swift, D.J.P., 1974. **Continental shelf sedimentation**, in Burke, C., y Drake, C., eds., Continental Margins: New York, Springer-Verlag p.p. 117-135.

Tamayo, L. 1984. **Geografía Moderna de México**, Ed. Trillas, México. pp 400.

Tamayo, J.L. y West, R.C., 1964, **The hydrography of Middle America**. In: R.C. WEST (Ed.) Handbook of Middle American Indians, J. Natural Environment and Early Cultures. Univ. Of Texas. Press, Austin, Texas. p.p. 84-121.

Vega-Saldaña, J., 1989. **Estudio de sedimentos de la plataforma continental del Golfo de Tehuantepec**. Licenciatura. Fac. de Ing. UNAM, Carrera de Ingeniero Geólogo.

Wedepohl K.H., 1991. **The composition of the upper earth's crust and the natural cycles of selected metals**. In: **Metals and their compounds in the environment** (E. Merian, Ed.). VCH, New York, pp.3-17.

Wyrski, K. 1965. **Surface currents of the Eastern Tropical Pacific Ocean**. Bulletin Inter-American Tropical Tuna Commission. Vol. IX (5):269-304.