



1123 3^{2es}
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA R-1

ESTUDIO DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL
PACIFICO SUR MEXICANO, COMPRENDIDA ENTRE
LOS 98°00' Y 99°00' DE LONGITUD OESTE.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO GEOLOGO

P R E S E N T A :

ARMANDO ALTAMIRA AREYAN

ASESOR: DR. ARTURO CARRANZA EDWARDS.



MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

257850
1998



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-I-091

SR. ARMANDO ALTAMIRA AREYAN
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:

**ESTUDIO DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL PACIFICO SUR MEXICANO,
COMPRENDIDA ENTRE LOS 98°00' Y 99°00' DE LONGITUD OESTE**

	RESUMEN
I	INTRODUCCION
II	AREA DE ESTUDIO
III	METODO DE TRABAJO
IV	BATIMETRIA DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL
V	ANALISIS TEXTURAL DE LOS SEDIMENTOS
VI	ANALISIS COMPOSICIONAL DE LOS SEDIMENTOS
VII	TECTONICA Y SEDIMENTACION
VIII	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
	BIBLIOGRAFIA
	ILUSTRACIONES

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

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Ciudad Universitaria, a 2 de diciembre de 1996
EL DIRECTOR


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS:rlf/r:gs

**ESTUDIO DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL
DEL PACÍFICO SUR MEXICANO,
COMPRENDIDA ENTRE LOS 98°00' Y 99°00'
DE LONGITUD OESTE**

Petrit, Che, Flac, Oui y Yaks^A

A

Moquequelo-Teyocoyani

ÍNDICE

	página
ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE TABLAS	ii
RESUMEN	iii
I INTRODUCCIÓN	1
II ÁREA DE ESTUDIO	4
III MÉTODO DE TRABAJO	7
IV BATIMETRÍA DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL	14
V ANÁLISIS TEXTURAL DE LOS SEDIMENTOS	18
VI ANÁLISIS COMPOSICIONAL DE LOS SEDIMENTOS	23
VII TECTÓNICA Y SEDIMENTACIÓN	33
VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
AGRADECIMIENTOS	40
BIBLIOGRAFÍA	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	entre páginas
1. Ambiente tectónico del área de estudio.	4 y 5
2. Cuenca del Río Ometepec.	4 y 5
3. Localización de los sitios del Transecto 66 del DSDP.	5 y 6
4. Mapa de estaciones de la Campaña Sedimento 1.	7 y 8
5. Sistema de lineamientos deducidos a partir de los rasgos geomorfológicos.	15 y 16
6. Modelo de la respuesta batimétrica a la acreción por subducción.	16 y 17
7. Representación esquemática de la batimetría para el área de estudio.	16 y 17
8. Perfiles batimétricos.	17 y 18
9. Distribución de las clases texturales en la plataforma continental.	18 y 19
10. Gráficas que relacionan las clases texturales del sedimento con su composición mineralógica.	26 y 27
11. Dirección de las corrientes y configuración de las isothermas en la época de invierno para el área de estudio.	29 y 30
12. Patrón (inferido) de las corrientes circulantes sobre la zona de estudio durante el invierno de 1996.	30 y 31
13. Configuración porcentual sobre la plataforma continental de la fracción cuarzosa de los sedimentos superficiales recuperados.	30 y 31
14. Configuración porcentual sobre la plataforma continental de la fracción feldespática de los sedimentos superficiales recuperados.	30 y 31
15. Configuración porcentual sobre la plataforma continental de la fracción lítica de los sedimentos superficiales recuperados.	30 y 31
16. Ambiente geológico del área de estudio.	33 y 34
17. Progresión temporal de los sedimentos hacia el eje de la Trinchera.	33 y 34
18. Historia geológica esquematizada para la Trinchera durante el Neógeno.	34 y 35
19. Sobreposición de las clases texturales del sedimento sobre los diagramas de procedencia de Dickinson.	35 y 36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	página
1. Textura y composición mineralógica de los sedimentos vs. profundidad.	8
2. Determinación de las clases texturales.	18
3. Tiempo de caída para partículas esféricas de cuarzo en un tirante de agua marina de 200m.	19
4. Comparación de la composición mineralógica de sedimentos asociados con ambientes tectónicos con la correspondiente al área de estudio.	24
5. Densidad del cuarzo y del feldespató potásico.	25
6. Composición mineralógica porcentual comparada con las clases texturales.	26
7. Variaciones de las corrientes en el área de estudio a lo largo del año.	28

RESUMEN

Durante la Campaña Oceanográfica Sedimento I, se recuperaron 142 muestras de sedimento superficial de la plataforma continental mexicana comprendida entre los meridianos 98° y 99° de longitud oeste; la separación de las fracciones de arena y de lodo (limo + arcilla) del sedimento permitió clasificarlo en cuatro clases texturales. Utilizando la fracción arenosa se realizó una estimación mineralógica porcentual del cuarzo, feldespatos y líticos contenidos en cada muestra y se calcularon los índices de madurez y de procedencia, los cuales reflejan la influencia de los aportes continentales derivados de la Cuenca del Río Ometepe. La respuesta de la corteza continental a los esfuerzos tectónicos en el área de estudio, muestra continuidad en la expresión topográfica, tanto en las zonas emergidas como en la plataforma continental. Las configuraciones textural y de composición mineralógica porcentual se complementaron con la información batimétrica para inferir la influencia de las corrientes que debieron actuar sobre la plataforma continental para distribuir el sedimento con los patrones observados.

CAPÍTULO UNO

INTRODUCCIÓN

Las plataformas continentales son regiones sumergidas del borde continental que se prolongan hacia los fondos oceánicos a través del talud continental. Las plataformas continentales ocupan un área equivalente al 50% del área de los continentes; el 73% del volumen total de los sedimentos marinos está presente en las márgenes continentales. Los sedimentos y las rocas sedimentarias de las áreas emergidas suman 125,000,000 km³ mientras que en las márgenes continentales hay 150,000,000 km³ de sedimentos. Estas últimas muestran la acumulación más grande de sedimentos (Emery, 1970). Actualmente se distinguen los márgenes continentales pasivos, donde el paso de la corteza continental a la oceánica se hace dentro de la misma placa litosférica, y en los márgenes continentales activos la corteza oceánica se hunde por subducción bajo la corteza continental (Foucault y Raoult, 1985).

Las plataformas son una transición entre el ambiente terrestre y el ambiente marino, por lo que las condiciones de erosión, transporte y depósito, que son características para cada ambiente, se combinan; esto es de gran importancia para los procesos biológicos y geológicos que actúan en ellas.

En ocasiones la actividad orgánica puede producir grandes ecosistemas, como son los crecimientos arrecifales. La energía producida por el oleaje, las corrientes marinas y las mareas, por otro lado, clasifican las partículas sedimentarias según sus densidades específicas, y así se pueden formar depósitos de placer y/o acumulaciones de gravas y

arenas de interés económico potencial, como agregados para la construcción o como materia prima para productos industriales.

Las facies propias de este ambiente de transición, generarán rocas de distintas permeabilidades, y su distribución espacial y temporal es clave para inferir litologías almacenadoras de hidrocarburos u horizontes que sirvan de sellos para estos yacimientos.

La importancia de estudiar detalladamente la plataforma continental de México se relaciona con la enorme necesidad de recursos energéticos, alimenticios, minerales y por el aprovechamiento del agua y la energía marina, que pueden contribuir al fortalecimiento económico del país en un momento dado.

Shepard (1973) realizó un gran avance en lo referente a los estudios del piso oceánico. Su labor de compilar cientos de cartas batimétricas procedentes de todo el mundo y de sedimentos del piso oceánico de todas las áreas que le fueron posibles, dio como resultado una abundante cantidad de información para describir una parte importante de las plataformas continentales del mundo; sin embargo, el mismo autor menciona que a partir de Tehuantepec hasta la entrada del Golfo de California la plataforma continental es virtualmente inexistente. Lo anterior es válido si se tienen en mente los objetivos de descripción global de su trabajo, no así, para propósitos relacionados con el entendimiento detallado de la evolución histórica del área y de los procesos de fuerte actividad tectónica que actúan y que han actuado durante el tiempo geológico.

La importancia de estudiar los sedimentos recientemente depositados sobre la plataforma continental es grande, pues se le puede considerar como un inmenso laboratorio sedimentológico natural, el cual permite hacer mediciones y observaciones que aporten avances hacia el entendimiento de los complejos procesos sedimentológicos que sobre ella

se están llevando a cabo. Mientras más se avance en la comprensión de los procesos recientes, las perspectivas de realizar interpretaciones geológicas en ambientes sedimentarios antiguos serán mejores.

Este trabajo forma parte del proyecto UNAM-CONACYT titulado "Sedimentología de la Región de Ometepec (Sedimento I). El objetivo de esta tesis es interpretar los procesos geológicos a partir de la configuración textural y composicional del sedimento reciente sobre la plataforma continental mexicana comprendida entre los meridianos 98° y 99° de longitud oeste.

CAPÍTULO DOS

ÁREA DE ESTUDIO

La Placa de Cocos se consume a lo largo de la Trinchera Mesoamericana (Molnar y Sykes, 1969); tanto la morfología de la trinchera como la geología en tierra emergida cambian abruptamente en la dorsal de Tehuantepec (Fig. 1). Parte de la trinchera del suroeste mexicano al noroeste de la Dorsal de Tehuantepec alcanza profundidades de 5200m. En ella existen pequeñas cuencas elongadas con aparente contenido sedimentario. La plataforma es estrecha y su basamento es metamórfico y plutónico y se extiende hasta la costa, donde los perfiles geofísicos (Ladd et al., 1978) sugieren que estas rocas subyacen a la plataforma. Perfiles de refracción sísmica realizados en los estados de Oaxaca y Guerrero indican que la profundidad de la corteza continental al plano de Benioff varía de 15 a 25 km a lo largo de la costa (Valdés-González et al., 1986; Geolímex Working Group, 1994) En el área de estudio, la plataforma y el talud están disectados por un cañón submarino que vierte sedimento hacia la Trinchera Mesoamericana; su cabecera parte cerca de la desembocadura del Río Ometepec, el cual es el principal afluente de la cuenca y aportador de sedimento en esta parte del suroeste de México.

La litología de la parte continental emergida, está constituida en su mayoría por esquistos y gneises precámbricos (68% en área expuesta de la cuenca). Otros tipos de roca (Fig. 2), incluyendo rocas plutónicas, volcánicas y sedimentarias, afloran más o menos en similares proporciones (Enkeboll y Esmaili, 1982).

La morfología y la geología de la porción suroeste de la Trinchera Mesoamericana mexicana reflejan fenómenos de erosión tectónica premiocénica tardía o bien un posible truncamiento de la margen continental. La huella de este evento es aún muy prominente e

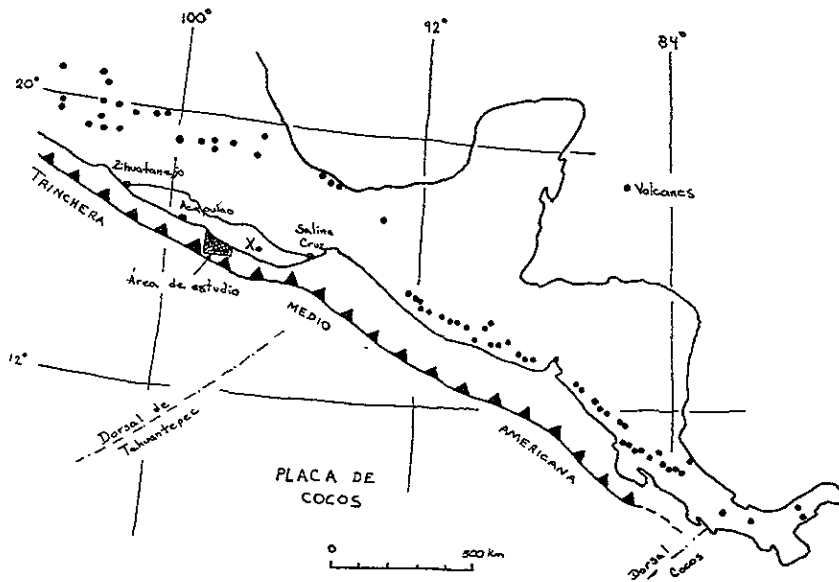


Fig. 1. Ambiente tectónico del área de estudio. Modificada de Enkeboll (1982).

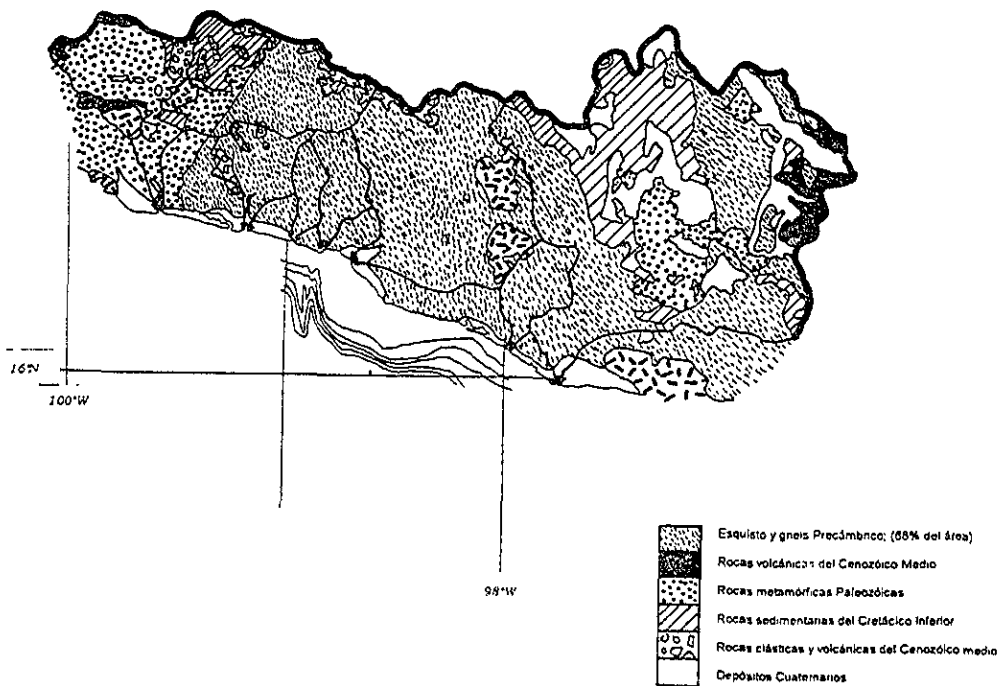


Fig. 2. Cuenca del Río Ometepe con geología y drenaje sobrepuestos. Geología de Salas (1968); batimetría de Shipley et al. (1980) y modificada por Enkeboll y Esmaili (1982).

influye en la composición del sedimento que está siendo depositado en la trinchera norte de la Dorsal de Tehuantepec (Karig et al., 1978).

Durante el Proyecto de Perforación Marina Profunda "Deep Sea Drilling Project" se realizó en 1982 la perforación 493 del transecto 66 (Lee, 1982), localizada en los 16°22.86' N, 98°55.53' W (Fig. 3); el núcleo alcanzó una longitud de 655m y el sedimento más antiguo recuperado corresponde a una arena del Mioceno Temprano que yace a 652m bajo el piso oceánico. Las muestras del sitio 493 documentan la historia geológica (excepto para el Mioceno) de la corteza continental del área.

El registro sedimentario indica una transgresión marina hace aproximadamente 21.5 millones de años, seguida por un rápido hundimiento hasta una profundidad aproximada de 3000m bajo el nivel del mar, con un posterior levantamiento gradual y con una tasa uniforme hasta su posición actual (Lee, 1982). Las tasas de depósito de sedimentos son consistentes con el patrón paleobatimétrico. Los depósitos basales del Mioceno fueron relativamente rápidos, 83 m/Ma, con una disminución a 39 m/Ma durante la mayoría del Mioceno Inferior. *El Mioceno Medio está ausente, probablemente por erosión. Los sedimentos del Mioceno Superior al Cuaternario se depositaron con tasas próximas a 45 m/Ma.* La diorita recuperada del basamento se asemeja mucho a las rocas intrusivas cretácicas que afloran en continente a 20 km. del sitio 493 (cercano a la costa de Acapulco). Los gases, principalmente de origen biogénico, estuvieron presentes en cantidades moderadas, sin encontrarse evidencias de hidrocarburos maduros.

El hundimiento se interpreta como la respuesta termal del margen mexicano a la abertura transforme de la margen continental en el pre-Mioceno o, posiblemente por erosión tectónica de la base de la corteza continental. El levantamiento puede representar el

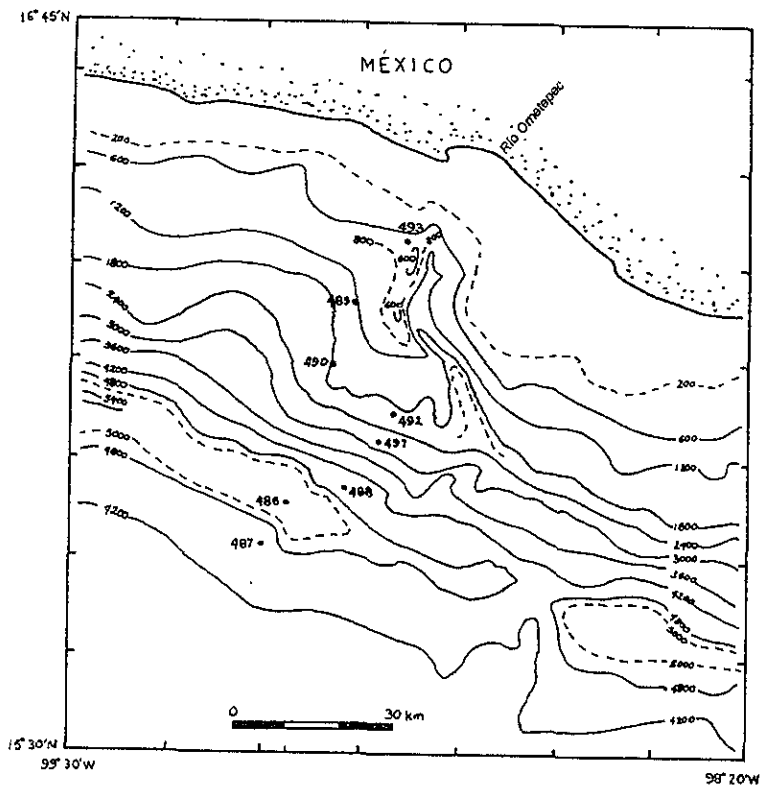


Fig. 3. Localización de los sitios en los que se realizó la recuperación de núcleos durante el Transecto 66 del DSDP (Lee, 1982).

comienzo de la subducción asociado con un levantamiento del margen continental durante la formación de la trinchera (Op. Cit).

El de Xolapa es un terreno tectonoestratigráfico poco conocido (Campa y Coney, 1983). Se ha considerado que dicho terreno ocupa una longitud de 600 km por 50-150 km de ancho, a lo largo de la margen continental del Edo. de Oaxaca y el sureste del Edo. de Guerrero. El mismo consiste principalmente de secuencias metamórficas de la corteza media, así como de plutones deformados post-tectónicos. Aproximadamente 50% del terreno Xolapa está ocupado por grandes afloramientos de plutones terciarios, constituyendo una continuación al sur del cinturón plutónico del cretácico al terciario de la margen continental pacífica de México.

La parte metamórfica del Terreno Xolapa fue descrita por primera vez por de Cserna (1965), nombrando a esta asociación metamórfica Complejo Xolapa. Campa y Coney (1983) adoptaron el nombre Xolapa para el terreno metamórfico de la corteza media que ocupa la margen de los Edos. de Oaxaca y sur de Guerrero. Este terreno también ha sido llamado Chatino por Ortega et al. (1990) y por Sedlock et al., (1993).

La parte suroeste del Terreno Xolapa se caracteriza por la presencia de una trinchera activa relacionada con la subducción de la Placa de Cocos bajo el sur mexicano. La del suroeste continental ha sido interpretada como una margen truncada debido a la carencia del cinturón de alta presión, baja temperatura, la proximidad de plutones calcoalcálicos para el eje de la trinchera y la interrupción de las tendencias estructurales en algunas porciones del Terreno Xolapa. (Cserna, 1965; Karig et al., 1979; Ortega-Gutierrez, 1981; Bellon et al., 1982). Este truncamiento continental ha sido interpretado como el causante del desplazamiento lateral izquierdo del bloque Chortis (Malfait y Dinkelman, 1972; Anderson y Schmidt, 1983; Pindell, 1986).

CAPÍTULO TRES

MÉTODO DE TRABAJO

Se llevó a cabo una campaña oceanográfica a bordo del B/O "El Puma", en la cual se recolectaron sedimentos superficiales de la Plataforma Continental del Estado de Guerrero utilizando una draga modelo Smith-Mc Intyre, que obtiene muestras inalteradas de sedimentos. Se realizaron 31 transectos y un total de 151 estaciones, obteniéndose 142 muestras (Fig. 4) con profundidades variables entre 18 y 250 m.

Las estaciones fueron ubicadas en coordenadas geográficas por medio de posicionamiento satelital y radar, las profundidades se determinaron por ecosonda, cuyos registros muestran el relieve del piso de la plataforma continental.

Los sedimentos colectados fueron procesados en cuanto a su textura por medio de un tamizado en malla 4 ϕ (0.0625 mm) para la separación de arena y lodo (limo + arcilla) por vía húmeda.

La composición mineralógica de la fracción arenosa de los sedimentos fue analizada por medio de un microscopio binocular marca Swift de 20 aumentos, usándose cuadros comparativos de por ciento visual. Estos procesos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Sedimentología del B/O "El Puma" (Tabla 1).

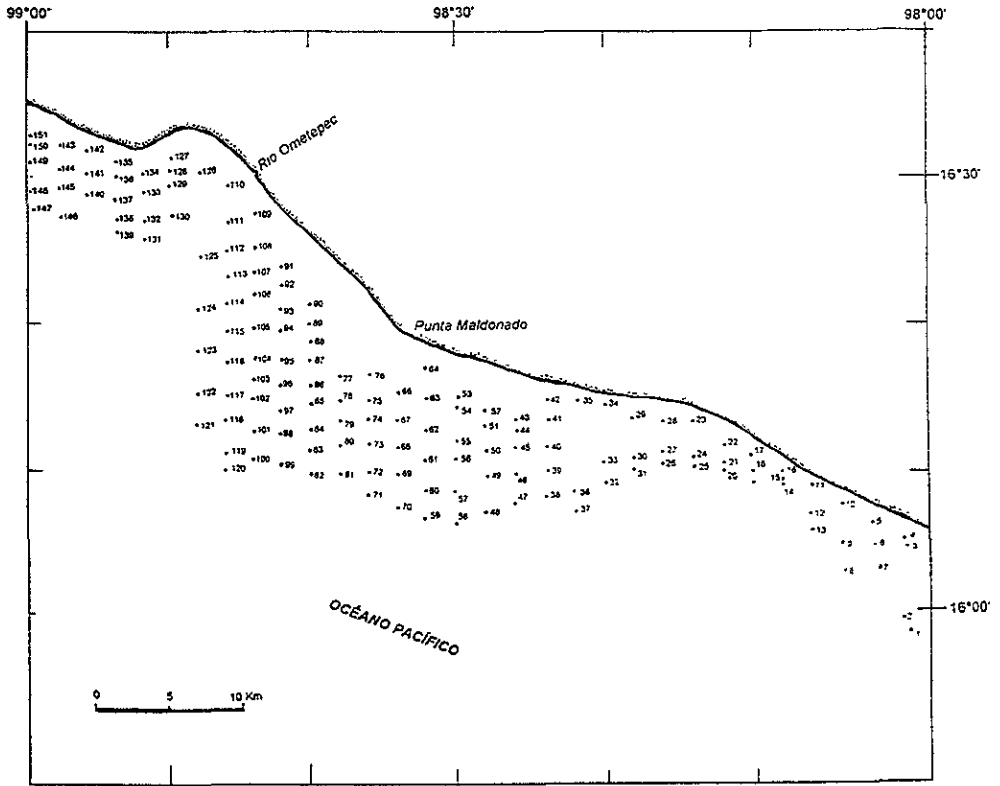


Fig. 4. Mapa de estaciones de la Campaña Sedimento 1 (modificado de Carranza, 1996).

Tabla 1. Textura y composición mineralógica de los sedimentos vs. profundidad.

Estación	Textura	Cuarzo [%]	Feld. [%]	Lífticos [%]	Índ. mad.	Índ. proc.	Profundidad
1	arena lodosa	65	5	30	1.9	0.2	180
2	lodo arenoso	75	5	20	3.0	0.2	130
3	lodo arenoso	90	8	2	9.0	4.0	75
4	arena lodosa	85	10	5	5.7	2.0	45
5	lodo arenoso	85	10	5	5.7	2.0	65
6	lodo arenoso	90	8	2	9.0	4.0	88
7	lodo	87	10	3	6.7	3.3	250
8	lodo	80	18	2	4.0	9.0	165
9	lodo	78	20	2	3.5	10.0	124
10	lodo	90	8	2	9.0	4.0	66
11	lodo arenoso	85	10	5	5.7	2.0	65
12	lodo	93	5	2	13.3	2.5	125
13	lodo	75	15	10	3.0	1.5	104
14	lodo	95	4	1	19.0	4.0	205
15	lodo arenoso	90	5	5	9.0	1.0	120
16	lodo	90	8	2	9.0	4.0	70
17	lodo	83	15	2	4.9	7.5	70
18	lodo	80	13	7	4.0	1.9	140
19	lodo	78	15	7	3.5	2.1	203
20	lodo	88	10	2	7.3	5.0	200
21	arena lodosa	90	9	1	9.0	9.0	32
22	lodo	93	5	2	13.3	2.5	70
23	arena	87	10	3	6.7	3.3	48
24	lodo	80	15	5	4.0	3.0	100
25	lodo	85	10	5	5.7	2.0	208
26	lodo	70	15	15	2.3	1.0	198

Estación	Textura	Cuarzo [%]	Feld. [%]	Líticos [%]	Índ. mad.	Índ. proc.	Profundidad
27	lodo	70	15	15	2.3	1.0	100
28	arena lodosa	85	5	10	5.7	0.5	50
29	arena lodosa	75	5	20	3.0	0.3	48
30	arena lodosa	93	2	5	13.3	0.4	128
31	lodo	70	15	15	2.3	1.0	206
32	lodo	80	0	20	4.0	0.0	210
33	lodo arenoso	90	5	5	9.0	1.0	108
34	arena	90	5	5	9.0	1.0	62
35	arena	90	5	5	9.0	1.0	50
36	arena lodosa	80	10	10	4.0	1.0	162
37	arena lodosa	70	10	20	2.3	0.5	207
38	arena lodosa	60	10	30	1.5	0.3	162
39	arena lodosa	59	40	1	1.4	40.0	100
40	arena	70	25	5	2.3	5.0	58
41	arena	55	40	5	1.2	8.0	32
43	arena	55	40	5	1.2	8.0	20
45	arena	65	20	15	1.9	1.3	55
46	lodo	92	5	3	11.5	1.7	110
47	lodo	75	15	10	3.0	1.5	195
48	lodo arenoso	90	5	5	9.0	1.0	225
49	arena lodosa	80	15	5	4.0	3.0	121
50	arena lodosa	92	5	3	11.5	1.7	85
51	arena	50	49	1	1.0	49.0	25
52	arena	64	35	1	1.8	35.0	18
53	arena	55	40	5	1.2	8.0	27
54	arena	75	20	5	3.0	4.0	38
55	arena lodosa	80	5	15	4.0	0.3	60
56	lodo arenoso	80	15	5	4.0	3.0	100

Estación	Textura	Cuarzo [%]	Feld. [%]	Líticos [%]	Índ. mad.	Índ. proc.	Profundidad
57	lodo arenoso	80	5	15	4.0	0.3	136
58	arena lodosa	50	30	20	1.0	1.5	190
59	arena lodosa	60	25	15	1.5	1.7	162
60	arena lodosa	83	2	15	4.9	0.1	127
61	lodo arenoso	83	15	2	4.9	7.5	100
62	lodo arenoso	65	20	15	1.9	1.3	75
64	arena lodosa	77	20	3	3.3	6.7	25
65	lodo arenoso	75	20	5	3.0	4.0	
66	arena lodosa	80	15	5	4.0	3.0	47
67	lodo arenoso	96	3	1	24.0	3.0	75
68	lodo arenoso	94	5	1	15.7	5.0	101
69	lodo	90	7	3	9.0	2.3	125
70	arena lodosa	94	5	1	15.7	5.0	175
71	lodo	98	1	1	49.0	1.0	195
72	lodo	94	5	1	15.7	5.0	145
73	lodo	90	7	3	9.0	2.3	116
74	lodo	94	5	1	15.7	5.0	100
75	lodo arenoso	90	5	5	9.0	1.0	71
76	arena lodosa	67	30	3	2.0	10.0	40
77	arena lodosa	90	8	2	9.0	4.0	52
78	lodo arenoso	96	3	1	24.0	3.0	80
79	lodo arenoso	91	7	2	10.1	3.5	105
80	lodo arenoso	80	15	5	4.0	3.0	142
81	lodo	82	15	3	4.6	5.0	195
82	lodo	94	5	1	15.7	5.0	215
83	lodo arenoso	94	5	1	15.7	5.0	147
84	lodo arenoso	70	15	15	2.3	1.0	100
85	arena lodosa	50	20	30	1.0	0.7	75

Estación	Textura	Cuarzo [%]	Feld. [%]	Líticos [%]	Ind. mad.	ind. proc.	Profundidad
86	arena lodosa	60	20	20	1.5	1.0	57
87	arena	40	20	40	0.7	0.5	40
88	arena	60	20	20	1.5	1.0	29
89	arena	30	30	40	0.4	0.7	25
90	lodo arenoso	70	10	20	2.3	0.5	21
91	arena lodosa	84	15	1	5.3	15.0	20
92	arena lodosa	80	15	5	4.0	3.0	23
93	arena lodosa	78	15	7	3.5	2.1	25
95	arena	40	30	30	0.7	1.0	40
97	arena	40	20	40	0.7	0.5	60
98	lodo arenoso	93	5	2	13.3	2.5	91
99	arena lodosa	69	30	1	2.2	30.0	113
100	lodo arenoso	75	15	10	3.0	1.5	105
101	arena lodosa	60	10	30	1.5	0.3	75
102	arena	65	10	25	1.9	0.4	50
104	arena	60	15	25	1.5	0.6	45
105	arena lodosa	80	15	5	4.0	3.0	45
106	arena lodosa	65	15	20	1.9	0.8	30
107	arena lodosa	90	9	1	9.0	9.0	32
108	arena lodosa	80	10	10	4.0	1.0	35
109	arena lodosa	75	10	15	3.0	0.7	25
111	lodo	65	15	20	1.9	0.7	58
112	lodo arenoso	80	10	10	4.0	1.0	64
113	lodo arenoso	75	5	20	3.0	0.2	84
114	lodo arenoso	90	5	5	9.0	1.0	65
115	arena lodosa	88	2	10	7.3	0.2	71
116	arena lodosa	75	5	20	3.0	0.3	65
117	arena	70	10	20	2.3	0.5	62

Estación	Textura	Cuarzo [%]	Feld. [%]	Líticos [%]	Índ. mad.	Índ. proc.	Profundidad
118	arena	65	5	30	1.9	0.2	71
119	lodo arenoso	70	0	30	2.3	0.2	112
121	lodo arenoso	65	5	30	1.9	0.2	105
122	arena lodosa	50	10	40	1.0	0.3	83
123	arena lodosa	89	10	1	8.1	10.0	93
124	lodo	75	10	15	3.0	0.7	206
125	lodo	55	25	20	1.2	1.2	167
126	lodo	95	4	1	19.0	4.0	108
127	arena	89	10	1	8.1	10.0	44
128	arena	75	20	5	3.0	4.0	44
129	lodo	80	10	10	4.0	1.0	60
130	lodo	89	10	1	8.1	10.0	242
132	lodo	75	5	20	3.0	0.2	120
133	lodo	90	5	5	9.0	1.0	90
134	arena lodosa	85	5	10	5.7	0.5	70
135	arena	85	10	5	5.7	2.0	62
136	lodo	70	10	20	2.3	0.5	84
137	lodo	94	5	1	15.7	5.0	110
138	lodo	94	5	1	15.7	5.0	180
139	lodo	88	5	7	7.3	0.7	175
140	lodo	98	1	1	48.0	1.0	120
141	lodo	92	5	3	11.5	1.7	100
142	arena	89	10	1	8.1	10.0	38
143	arena	70	5	25	2.3	0.2	60
144	lodo	90	8	2	9.0	4.0	100
145	lodo arenoso	55	5	40	1.2	0.1	135
146	lodo arenoso	92	5	3	11.5	1.7	210
147	lodo arenoso	90	5	5	9.0	1.0	220

Estación	Textura	Cuarzo [%]	Feld. [%]	Líticos [%]	índ. mad.	índ. proc.	Profundidad
148	lodo	50	10	40	1.0	0.2	160
149	lodo arenoso	75	10	15	3.0	0.7	105
150	arena lodosa	55	15	30	1.2	0.5	73
151	arena	79	20	1	3.8	20.0	45
promedio		76.65	12.50	10.85	6.2	3.9	

Nota. En esta tabla se incluyeron las estaciones en las cuales se recuperó sedimento con la draga Smith-McIntyre.

BATIMETRÍA DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL

Según Fisher (1961), las primeras observaciones batimétricas efectuadas de manera sistemática desde Baja California hasta el Golfo de Panamá, se realizaron por parte de los servicios costeros norteamericanos "U.S.S. Narraganset" (1873-1875), "U.S.S. Tuscanora" (1878-1879, 1880) y el "U.S.S. Ranger" (1882, 1884-1885). Los sondeos profundos fueron tomados por el "U.S. Fish Commission Steamer Albatros" en 1888 y especialmente durante dos expediciones (1891, 1904-1905) realizadas por Alexander Aggassiz, quien notó en 1906 que el talud continental muy escarpado (Jalisco a Guerrero), el litoral de Tres Marías, el de Manzanillo y la cuenca de Acapulco y de Guatemala (Fisher, 1961). Dos trabajos recientes tratan sobre la descripción batimétrica de la zona de estudio, uno es el publicado por el DSDP (Lee, 1982) en los sitios 486-493; este trabajo reporta los procesos geológicos que se han desarrollado en la zona; debido a que su objetivo está muy centrado al estudio de las dorsales oceánicas, la parte referente a la plataforma continental es tratada de manera muy general y la configuración batimétrica está poco detallada. Otro antecedente en definir la batimetría, es el trabajo de Carranza et al. (1986), en él se hace la configuración batimétrica de una franja de aproximadamente 10 km de ancho a lo largo de la plataforma continental del Estado de Guerrero, en la cual detectan 6 cañones submarinos y calculan la anchura de la plataforma continental de la región de Punta Maldonado en 34 km, con una pendiente promedio de $0^{\circ} 20'$ y una morfología escalonada.

Mc Millen (1982) hace la observación de que muchos cañones submarinos cortan transversalmente la plataforma continental, pero sólo uno se extiende hasta la trinchera,

este cañón, el más largo en el área de estudio se localiza aproximadamente a los 99°W y es llamado Cañón Ometepec ya que un río del mismo nombre se vierte hacia el Pacífico cerca de la cabecera del cañón. Las terrazas del talud inferior cierran, aparentemente, a todos los cañones submarinos, excepto al Cañón de Ometepec. Dos largos lineamientos paralelos al curso final de él, bajo la isobata 2600 m, siguen hasta la trinchera.

Durante la campaña oceanográfica "Sedimento 1", efectuada en noviembre de 1996, se realizó un ecosondeo en la plataforma continental, comprendida entre los 98° y 99° de longitud oeste, con el fin de detallar los rasgos morfológicos de esta zona. La configuración batimétrica que se presenta en esta tesis se elaboró a bordo del B/O "El Puma" (Carranza, 1996).

Sobresalen dos accidentes morfológicos: el Cañón Ometepec y el ensanchamiento de la plataforma continental frente a Punta Maldonado, este ensanchamiento, de acuerdo con McMillen (1982), tiene relación aparente con las estructuras del basamento local.

El eje del Cañón Ometepec está afectado por un sistema de lineamientos (observados en la topografía) noroeste-sureste, el lineamiento uno, (Fig. 5) coincide con una irregularidad de la línea de costa en dirección al mar (a) y con el cambio abrupto en la dirección del eje del cañón (b), también es colineal con el desarrollo de escarpes escalonados sobre la plataforma, hacia la pared este del cañón (c). Estos escalonamientos, muy probablemente son el reflejo de deslizamientos provocados por la influencia que sobre la estabilidad vertical causa este sistema de lineamientos. El lineamiento dos, coincide con el curso de una parte del río Copala (d), con el quiebre del río Marquelia (e), con el desfase de la desembocadura del río Ometepec y la cabecera del Cañón Ometepec (f) y con el cambio de dirección de las isobatas (g).

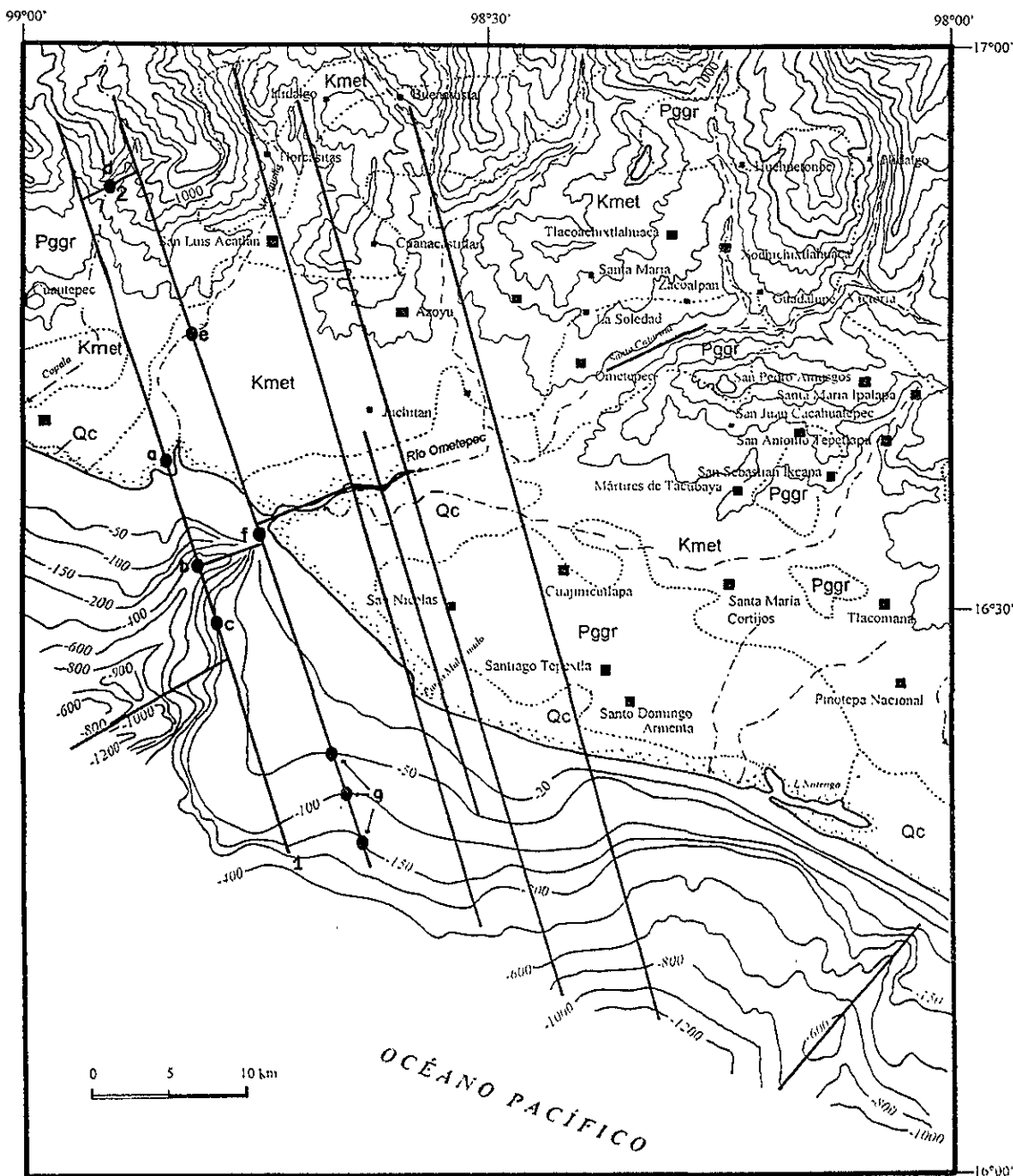


Fig. 5. Sistema de lineamientos deducidos a partir de los rasgos geomorfológicos (Batimetría modificada de Carranza, 1996).

Los quiebres en los cauces de los ríos y los disturbios en la morfología de la plataforma tienen relaciones lineales que ponen en evidencia una continuidad entre el ambiente emergido y el de plataforma.

La influencia de la zona de subducción que provoca acuñaientos hacia el continente con bloques que son empujados por fuerzas compresivas y que afallan la zona de acuñaiento inversamente, provocan un levantamiento de la plataforma (Fig. 6), la existencia del Cañón Ometepe con su prolongación hasta la zona subductiva y que muy probablemente es parte de los rasgos estructurales formados a partir de la distribución de fuerzas a lo largo de las placas tectónicas, y los dos sistemas de lineamientos que afectan tanto ambientes submarinos como costeros, dan una geometría muy característica a esta zona, pues en ella coexisten en pocos kilómetros, el cañón más profundo de la plataforma de Guerrero y el desarrollo de plataforma más amplio frente a Punta Maldonado, seguido por un adelgazamiento paulatino y zigzagueante que mucho tiene que ver con los sistemas de lineamientos hasta la pérdida en extensión, al grado que frente a la Laguna de Notengo, la transición plataforma-talud queda a tan sólo cuatro kilómetros de la línea de costa, abriéndose hacia mar adentro una configuración cónica del piso marino cada vez más profunda, que limita y contrasta con la extensión de 15 km frente a Punta Maldonado (Fig. 7).

La plataforma continental de Guerrero, comprendida entre los meridianos 98 y 99° de longitud oeste, está cortada por dos cañones perpendiculares a ella, el más profundo y extenso es el Cañón Ometepe que sirve de frontera entre la plataforma del oeste (con desarrollo promedio de 5 km) y una zona anómalamente ancha (15 km) frente a Punta Maldonado, la cual se adelgaza conforme se acerca al sureste, alcanzando su mínimo

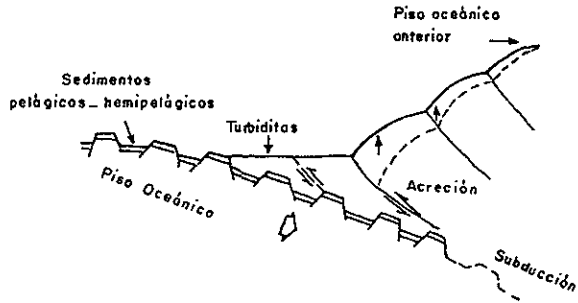


Fig. 6. Modelo de la respuesta batimétrica a la acreción y a la erosión por subducción en márgenes activos (modificada de McMillen, 1982).

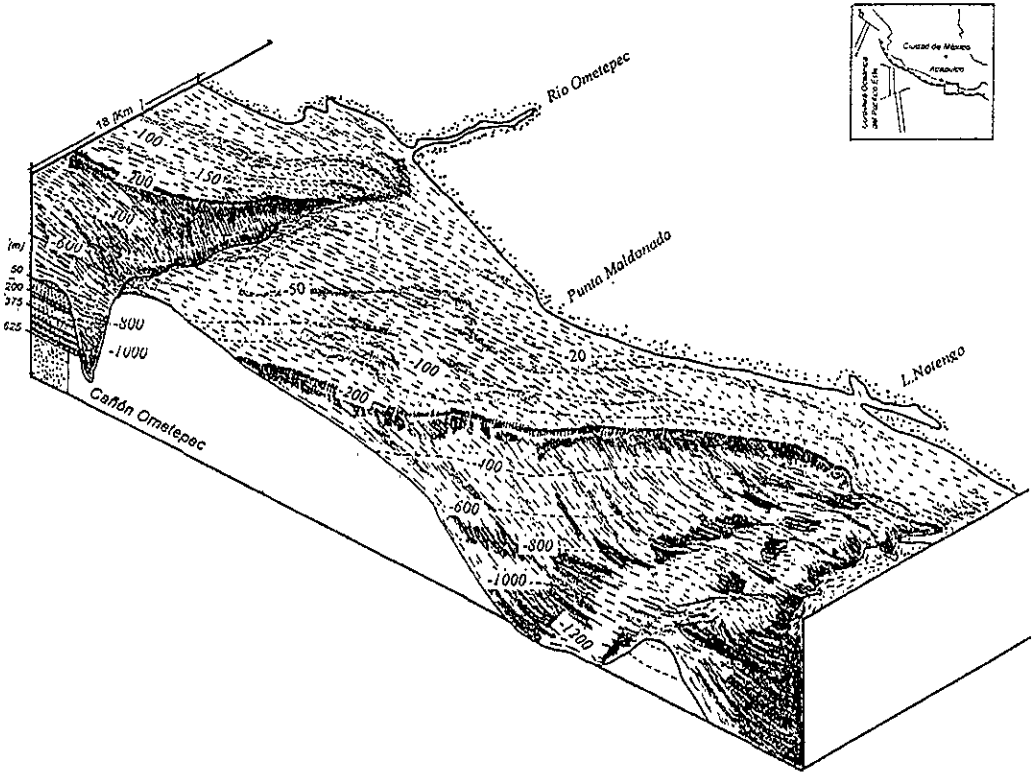


Fig. 7. Representación esquemática de la batimetría para el área de estudio.

desarrollo frente a la laguna de Notengo donde a pocos kilómetros al sureste está interrumpida por el cauce de otro cañón submarino.

Los tirantes de agua sobre la plataforma y su temperatura serán función de la geometría de ésta, por lo que de manera directa, la forma influye en la red de corrientes marinas. Por otro lado, el aumento en los volúmenes de agua, provocará una disminución de las velocidades del flujo marino y en consecuencia en la capacidad de carga, en función de la pendiente y la rugosidad del piso oceánico.

Los perfiles perpendiculares a la línea de costa (Fig. 8), muestran la variación en la carga hidrostática como función de la pendiente para un punto alejado una cierta distancia de la playa; si se comparan los perfiles A-A', B-B', C-C' y D-D', se percibe que conforme la plataforma se hace más angosta, la transición plataforma-talud está más desarrollada, por lo que es evidente que en la zona de estudio el reborde continental como le llama Lecuanda (1996), tiende a disminuir a medida que aumenta la actividad tectónica.

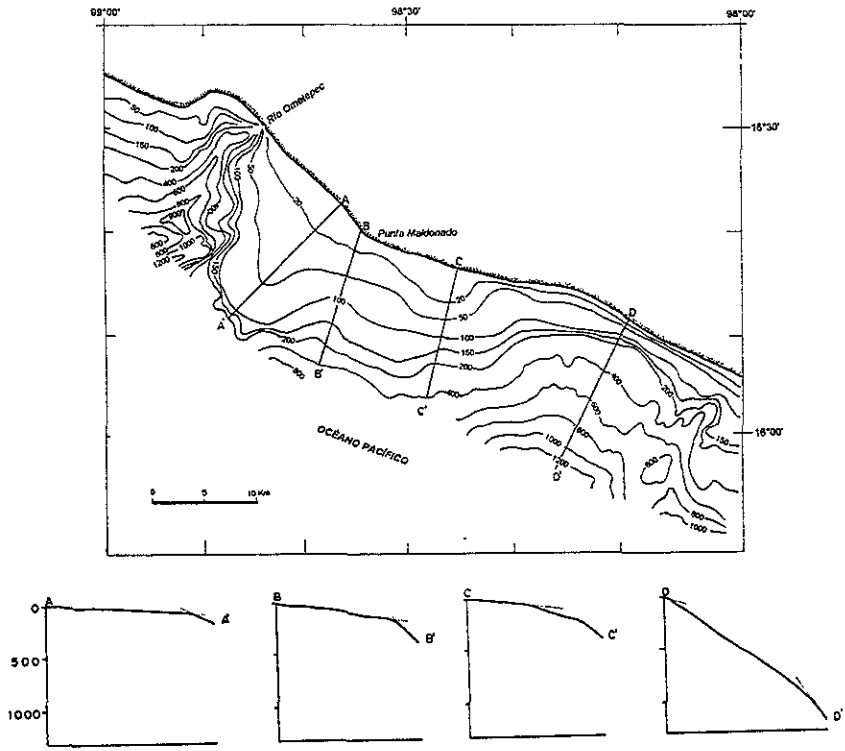


Fig. 8. Perfiles batimetricos.

ANÁLISIS TEXTURAL DE LOS SEDIMENTOS

La textura del sedimento se determinó para cada muestra a partir del porcentaje de arena contenido en ella de acuerdo con la siguiente tabla, sugerida por Carranza et al. (1986):

Tabla 2. Determinación de las clases texturales.

Textura de la muestra	Contenido de arena (%)
arena	mayor o igual que 90
arena lodosa	90 - 50
lodo arenoso	50 - 10
lodo	menor o igual que 10

La distribución textural del sedimento se configura gradualmente a partir de la línea de costa hacia mar adentro, variando texturalmente de arena a lodo, este arreglo espacial está estrechamente relacionado con la pendiente del piso oceánico y por lo tanto con la amplitud de la plataforma continental (Fig. 9).

Al haber aporte de partículas sedimentarias al mar, los constituyentes sedimentarios quedan bajo la influencia de la energía marina capaz de transportarlos. El tiempo que dichas partículas pueden estar en suspensión depende de su forma, densidad y tamaño y de las propiedades físicas del fluido. Por ejemplo, el tiempo que tarda en caer una partícula esférica de cuarzo una distancia de 200m dependerá de la temperatura y de la presión a la que esté sometido el fluido, así como del tamaño de la partícula, como se observa en la tabla 3.

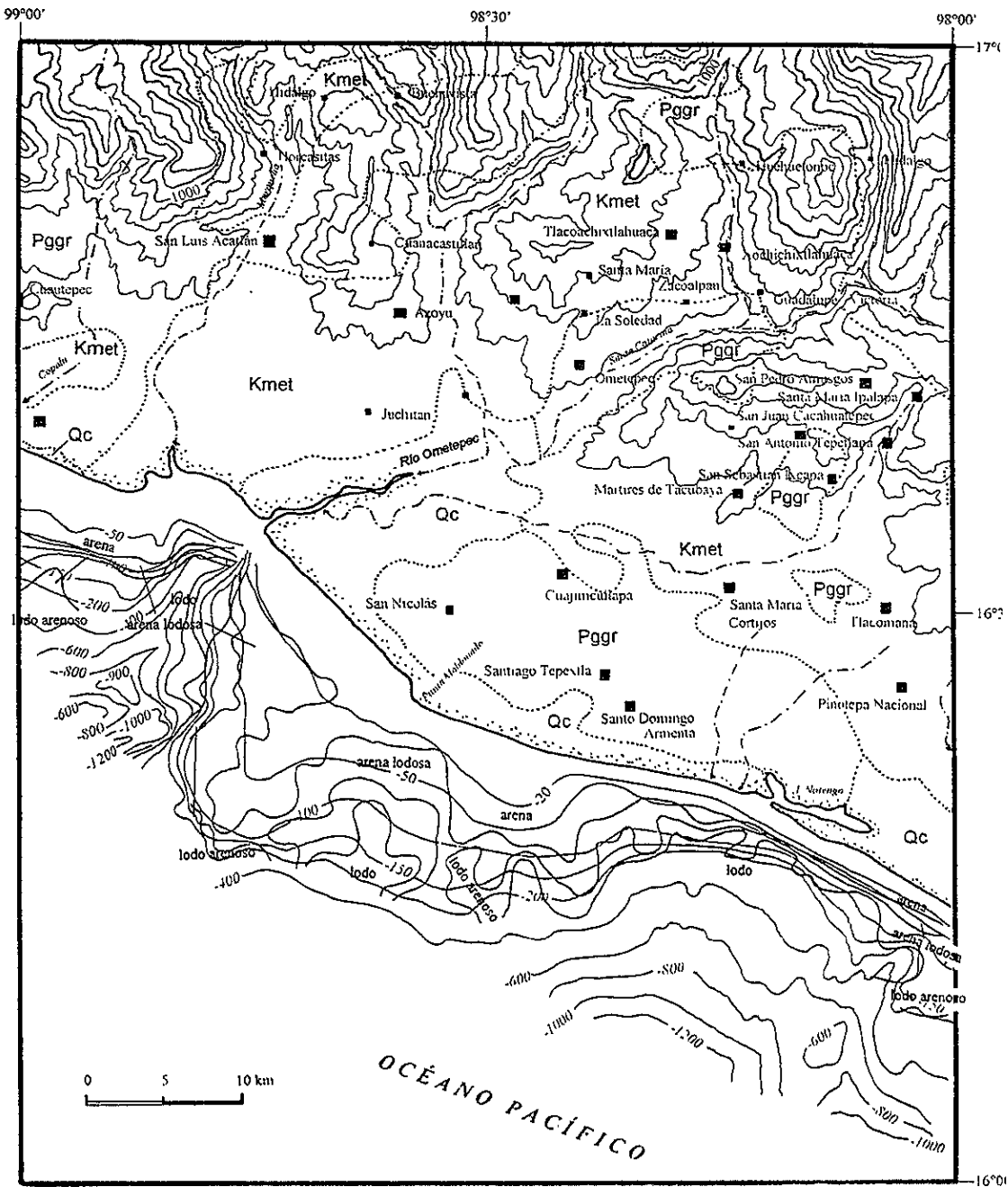


Fig. 9. Distribución de las clases texturales del sedimento superficial en la plataforma continental.

Tabla 3. Tiempo de caída para partículas esféricas de cuarzo en un tirante marino de 200 m (Modificada de Allen, 1985).¹

Partícula	Diámetro de partícula (m)	Velocidad de caída (m/s)	Tiempo de caída vertical de 200m
grava	0.002	3.304635514	1.009 minutos
arena muy gruesa	0.001	0.8261588785	4.035 minutos
arena gruesa	0.0005	0.2065397196	16.139 minutos
arena media	0.00025	0.051634929	1.076 horas
arena fina	0.000125	0.012908732	4.304 horas
arena muy fina	0.0000625	0.003227183	17.215 horas
limo	0.000004	0.000013218	5.838 meses
arcilla	0.000002	0.000003304	1.946 años

El tiempo que tarda en caer una partícula esférica de cuarzo del tamaño de las arenas, en un tirante de agua marina de 200m, es menor que 17.215 horas; mientras que, una partícula de igual geometría pero del tamaño de las arcillas puede tardar casi dos años. La distancia que una partícula recorre a partir de la zona de aporte depende de la energía de transporte y del tiempo que ésta pueda estar en suspensión.

La configuración de los tamaños de partícula de los sedimentos superficiales sobre la plataforma continental, es congruente con la susceptibilidad de transporte para cada

¹ La determinación de velocidades y tiempos se hizo a partir de la ley de Stoke $V_s = \frac{(\rho_p - \rho_l)gD^2}{18\mu}$.

donde ρ_p es la densidad de la partícula (ρ_p cuarzo = $2650 \frac{Kg}{m^3}$), ρ_l es la densidad del líquido (ρ_l agua de mar a 20°C y a una atmósfera de presión = $1028 \frac{Kg}{m^3}$), D es el diámetro de la partícula y μ es la viscosidad del agua de mar a 20°C y a una atmósfera de presión = $1.07 \times 10^{-3} \frac{Ns}{m^2}$

tamaño, esto es, la franja de arena es la más cercana a la línea de costa y la de lodo la más distante.

En las cabeceras de los cañones submarinos, donde hay aporte de agua fluvial, se produce un cambio en la dirección de corriente provocado por anomalías en la densidad acuática y por la pérdida súbita en la energía de transporte con el incremento en el volumen de agua, las partículas suspendidas se depositan, quedando la franja de lodo muy próxima a la línea de costa.

La disposición de la textura sedimentaria sobre la plataforma es reflejo del patrón de corrientes que le dieron tal distribución, pone en evidencia que hay una componente de flujo con dirección a mar adentro, con otra componente en dirección paralela a la línea de costa. No hay que olvidar que son tendencias generales de las corrientes pero que en ningún caso son las únicas ya que influyen variables como los cambios de densidades en las masa de agua, sus volúmenes y sus temperaturas, factores que pueden provocar una red compleja en la distribución de flujos y que da lugar a zonas de circulación con energías cinéticas heterogéneas.

La magnitud de las corrientes superficiales en el mes de noviembre es de 10 cm/s, con rumbo perpendicular a la línea de costa y con dirección hacia mar abierto (Wyrski, 1965). La distancia a la que se depositarían las partículas con un diámetro de 1/16 mm (límite entre arena muy fina y limo), suspendidas en una corriente de tal velocidad, configuraría una franja paralela a la línea de costa, separada de ésta en una distancia aproximada de 6 kilómetros. La disposición real no corresponde con la idealizada si se hace coincidir esa franja hipotética con el límite entre arena lodosa y lodo arenoso.

La razón de la configuración textural puede obedecer al principio de continuidad de mecánica de fluidos, a que interactúa con la morfología de la plataforma continental y al

movimiento elíptico de las partículas, provocado por el movimiento armónico simple del oleaje.

Según la ecuación de continuidad ($Q=vA$), el flujo en una zona depende directamente de su velocidad media por unidad de área, esto es, que al aumentar el área de flujo la velocidad disminuirá para un gasto constante.

La plataforma continental mexicana comprendida entre los 98° y 99° de longitud oeste se ensancha y adelgaza, el tirante de agua que debe cruzar una corriente no será igual para un flujo que parta de la Laguna de Notengo que para otro que lo haga de Punta Maldonado. Hay, por lo tanto, una relación directa entre la amplitud de la plataforma continental y el mayor o menor desarrollo de las franjas texturales.

Frente a Punta Maldonado la anchura de la plataforma continental es máxima (18 Km), y la pendiente del piso marino es menor que 20 minutos, generando un tirante de agua casi horizontal con la consecuente conservación de la velocidad media de la corriente, habrá entonces, energía suficiente para transportar material tan pesado como la arena mientras no haya cambio de energía cinética provocado por el incremento en el volumen de agua. Este fenómeno ocurre en las zonas donde la pendiente es del orden de casi 4 grados, como es el caso de la pendiente más inclinada en el área, localizada frente a la Laguna de Notengo. En esta zona el desarrollo de la franja de arena es delgada a pesar de existir un aporte relativamente constante de material sedimentario procedente de la Laguna de Notengo.

Es posible que el ajuste que sufre la ecuación de continuidad al aumentar la columna hidrostática se refleje en la disminución de la velocidad media, traduciéndose en un decremento en la energía de transporte y provocando el depósito de las partículas sedimentarias a menos de tres kilómetros de distancia de la línea de costa. Un caso extremo del comportamiento de tal depósito es claro hacia la cabecera de los cañones submarinos,

donde la clase textural lodosa se encuentra muy próxima a la línea de costa. La distribución de la textura sedimentaria sobre la plataforma continental es función entonces de la dirección, la magnitud del medio de transporte y la forma de la plataforma.

ANÁLISIS COMPOSICIONAL DE LOS SEDIMENTOS

Cuando un sedimento se empobrece en ciertos constituyentes minerales y por consecuencia se enriquece en otros, las condiciones en los procesos sedimentarios han variado. Esto es parte de un complejo y delicado equilibrio en el que intervienen los agentes de erosión, transporte y depósito, y de manera muy determinante, la energía involucrada en estos procesos. Esto explica que la composición de un depósito sedimentario sea función de diversas variables, a saber, batimetría, corrientes, composición de la roca fuente, distancia de la fuente al lugar de depósito. Los procesos sedimentarios que dieron origen al depósito en un cierto tiempo y lugar geográfico determinados, quedan registrados en las características del depósito. Con el fin de despejar tales incógnitas a partir del estudio del sedimento, se han planteado metodologías adecuadas para lograr inferir e interpretar sus orígenes. Se han propuesto entre otros, índices de madurez y procedencia, diagramas ternarios de cuarzo-feldespatos-lílicos, etc. (Pettijohn, 1975; Dickinson, 1985).

En la zona de estudio, los procesos geológicos que provocaron la actual distribución de las partículas sedimentarias, se pueden entender a partir de las tablas y gráficas pertenecientes a este capítulo, en el que se hace la descripción de la distribución de los sedimentos del piso de la plataforma continental.

La composición mineralógica promediada del área de estudio es muy próxima a la esperada por un aporte cratónico (Dickinson, 1980), esta coincidencia podría mal interpretar la procedencia, por esta razón debe tenerse en cuenta que los valores reportados por Dickinson representan un promedio de las plataformas continentales mundiales bajo estos regímenes

tectónicos y que las características de la plataforma de Guerrero son muy particulares en la zona de estudio.

Tabla 4. Comparación de la composición mineralógica de sedimentos asociados con ambientes tectónicos (Dickinson, 1980) con la correspondiente al área de estudio.

Ambiente tectónico	cuarzo (%)	feldespatos (%)	líticos (%)
Márgenes de arco continental	20.0	41.0	39.0
Zonas con aportes cratónicos	76.0	18.0	06.0
Área de estudio	76.6	12.5	10.8

La madurez de un sedimento terrígeno es el grado que este alcanza en su camino hacia un producto final, la madurez mineralógica de una arena se define como el cociente resultante del porcentaje de cuarzo con respecto al feldespato; la relación no es muy apropiada para arenas derivadas de rocas pobres en feldespatos ya que tal carencia daría una relación errónea. Puesto que la mayoría de las areniscas tienen origen mixto, la relación $Im=Q/(F+L)$ aportará un índice más representativo (Pettijohn, 1975).

Los valores de índice de madurez mineralógica se relacionan con el porcentaje de cuarzo contenido en el sedimento con respecto a los demás constituyentes mineralógicos, de tal manera que cuando se tiene un índice de madurez mineralógica de uno se deduce que la proporción de cuarzo en la muestra es del 50%.

El índice de madurez mineralógica es mayor a medida que el sedimento se enriquece en cuarzo y se empobrece en los contenidos de feldespatos y líticos. La energía marina (oleaje, corrientes, mareas) juega un papel importante en dicha maduración, de tal manera que un

material aumentará su madurez mineralógica en forma proporcional al tiempo que permanezca sometido a tal energía. Existe otro factor que puede provocar un enriquecimiento en cuarzo sin que influya de manera determinante el tiempo que han permanecido las partículas sedimentarias sometidas a la acción del oleaje y las corrientes; la acumulación sedimentaria por densidades.

Tabla 5. Densidad del cuarzo y del feldespato potásico (Pye, 1994).

Partícula	Densidad (g/cm ³)
Cuarzo (SiO ₂)	2.650
Feldespato potásico (KAlSi ₃ O ₈)	2.550-2.560

Si en el medio existe la suficiente energía que sea capaz de transportar las partículas de cuarzo, feldespatos y líticos, los que tendrán una mayor velocidad serán los más ligeros. Si hubiera una disminución en la velocidad de la corriente, entonces las partículas más pesadas (cuarzo) se depositarían, manteniéndose en transporte las menos pesadas (feldespatos) y como consecuencia el sedimento contenido en el área de depósito tendrá un mayor índice de madurez en los sitios más ricos en cuarzo, ya que este mineral es más resistente desde el punto de vista físico y químico.

Es en la frontera entre la plataforma y el talud, donde se provocan las pérdidas de velocidades en las corrientes a causa del aumento súbito de los tirantes de agua por el cambio de pendiente del piso oceánico, se tiene entonces que la geometría de la plataforma continental determinará el comportamiento hidráulico y en consecuencia sedimentario en este ambiente.

En la figura 10-a se ilustra cómo el sedimento se enriquece en cuarzo conforme disminuye la cantidad de partículas del tamaño de la arena, esto es consistente con la idea de que las partículas finas han sido muy retrabajadas por los agentes del intemperismo y transporte para alcanzar tal tamaño, proceso durante el cual, los constituyentes más inestables como los

feldespatos se han lixiviado, con el consecuente enriquecimiento en cuarzo. El índice de madurez es próximo a 10 para la fracción arenosa contenida en los lodos y de 3 para las arenas (Fig. 10-d).

La gran cantidad de cuarzo y la relativa abundancia del feldespato con respecto a los fragmentos de roca contenidos en el sedimento, refleja la mineralogía de las rocas que afloran en el continente, cuya litología es predominantemente granítica y metamórfica. No obstante, además de esos posibles aportes, se podrían considerar otras posibilidades, como por ejemplo, que los sedimentos hayan sido acarreados hasta el área por medio de corrientes oceánicas o litorales, o que el material fuese relictos (Emery, 1970). La comparación entre la composición mineralógica de la tabla 6 con las que pudieran tener las arenas a lo largo de la línea de costa y aún con el sedimento de los cauces fluviales que aportan el material continental al medio marino, sería la vía recomendable por la cual se podría caracterizar si el sedimento muestreado está en equilibrio y corresponde con el ambiente geológico actual; sin embargo, esto no es necesario ya que en el informe previo del DSDP (Lee, 1982), se reportan tasas de sedimentación por épocas para la zona del bajo tártaro "Tartar Shoal" como le llama Fisher (1961) al área de estudio, descartándose la posibilidad de que los sedimentos muestreados sean relictos.

Tabla 6. Composición mineralógica porcentual comparada con la fracción gruesa ($\geq 4\phi$) de las cuatro clases texturales.

Textura	%Cuarzo	%Feldespatos	%Líticos	I.P.	I.M.
arena	65.88	20.16	13.96	6.74	3.11
arena lodosa	75.08	12.64	12.28	4.14	4.51
lodo arenoso	82.40	8.15	9.45	2.00	7.44
lodo	83.23	9.05	7.72	2.63	9.70
Promedio	76.65	12.50	10.85	3.88	6.19

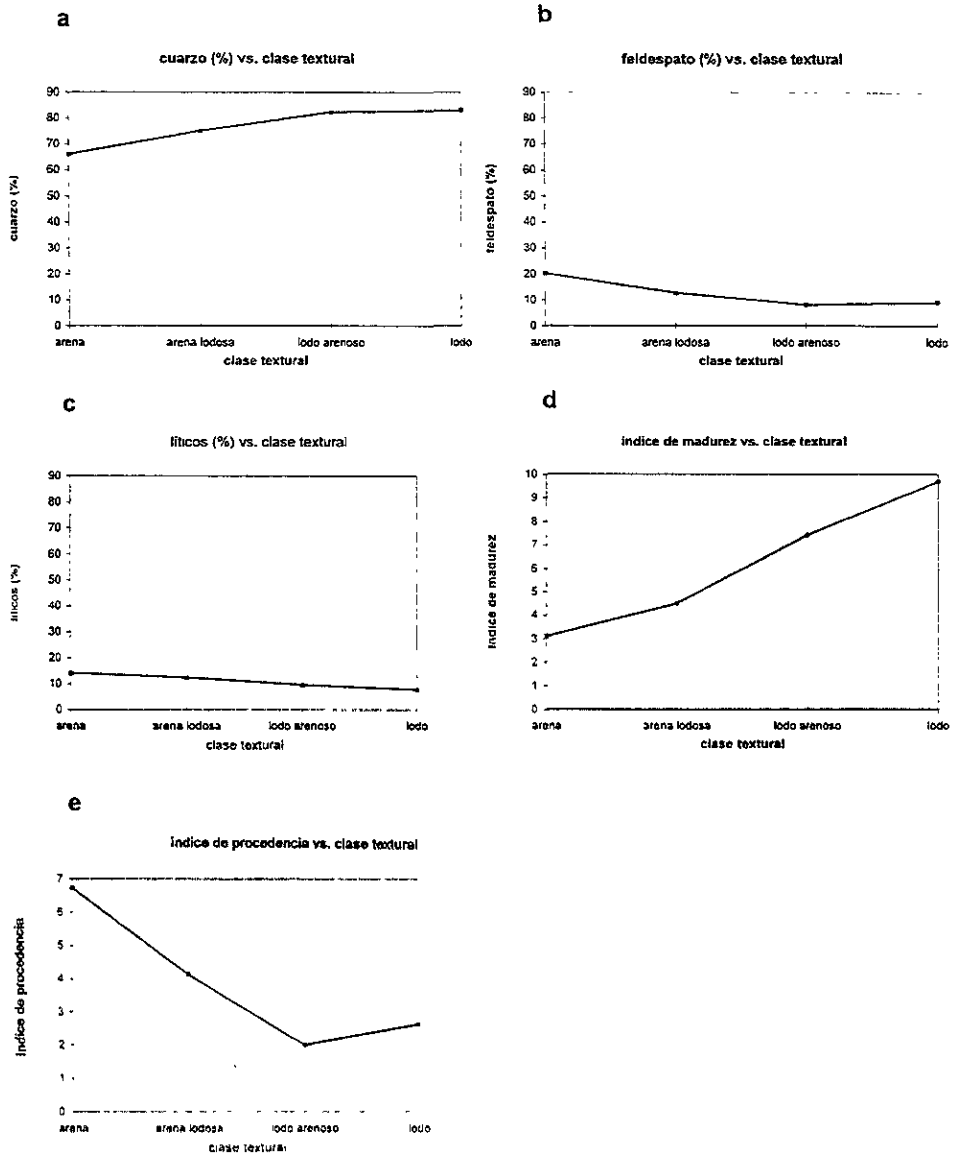


Fig. 10. Gráficas que relacionan las clases texturales del sedimento con su composición mineralógica.

De acuerdo con Pettijohn (1975), el cociente feldespatos/líticos es una medida de la procedencia y puede distinguirse entre una procedencia de rocas plutónicas y una procedencia de rocas supracorticales. Debido a la diferencia en el tamaño de grano de las rocas plutónicas y de las que están encima de la corteza, las contribuciones plutónicas son por granos de minerales, principalmente cuarzo y feldespato, mientras que las contribuciones de las partes encima de la corteza son por partículas de rocas, sean lavas o rocas metamórficas de bajo grado o materiales sedimentarios.

La relación de feldespatos con las partículas de rocas, es por consiguiente un índice de procedencia y es una medida de la importancia relativa de las contribuciones de los dos grupos fundamentales de rocas (Pettijohn, 1975).

Las altas elevaciones de la costa oeste mexicana proveen roca fresca para la erosión, reduciendo la probabilidad de prolongados tiempos de residencia de las arenas entre la fuente y el depósito.

La cuenca de drenaje del Río Ometepe está constituida predominantemente por rocas metamórficas precámbricas y paleozóicas y plutones félsicos del mesozóico y cenozoico (Fig. 2); los volcánicos y volcanoclásticos cenozoicos afloran más lejos en tierra emergida, por lo cual las rocas metamórficas (en su gran mayoría de alto grado) del Mioceno Temprano, vierten cuarzo metamórfico policristalino, fragmentos de roca, silicoaluminatos y abundantes granates en los sitios del transecto 66 del DSDP que cubre tal zona (Lee, 1982).

En la figura 10-e el índice de procedencia es alto para las arenas ≈ 7 y bajo para los lodos ≈ 2 , esto es también, una evidencia de la pérdida de feldespatos respecto a los demás constituyentes mineralógicos conforme el sedimento se empobrece en arena; utilizando los índices de madurez y de procedencia propuestos por Folk (Pettijohn, 1975), el índice de

de la zona es de 3.28 y el de procedencia de 1.15. Estos porcentajes ponen en evidencia que hay 3.28 veces más cuarzo que la suma del feldespatos con los fragmentos de roca (lm) y que el cociente feldespatos/líticos es muy próximo a uno, con una ligera predominancia de los feldespatos sobre los líticos.

De acuerdo con Galloway y Hobday (1996), los procesos de plataforma más efectivos en el transporte de sedimentos son las corrientes de marea, el oleaje de tormentas, y las corrientes provocadas por la acción del viento. Las corrientes oceánicas locales semipermanentes o permanentes también fluyen al través de las plataformas con suficiente velocidad para levantar arena, interactuando con esto, hay corrientes débiles relacionadas con gradientes de temperatura y salinidad, el efecto Coriolis y los flujos laminares turbidíficos de fondo.

Además de la complejidad en la circulación de la plataforma, se suman los flujos convectivos estacionales que aportan agua profunda a la superficie y viceversa. Los procesos de mareas y tormentas son los más influyentes sobre la plataforma interna, mientras que la estratificación de densidades, el flujo nefeloide y la circulación oceánica intrusorante afectan a la plataforma exterior. Las plataformas amplias tienen el efecto de incrementar el rango de las mareas debido a la resonancia (Redfield, 1958; Howard y Reineck, 1982).

De acuerdo con Wyrki (1965), los valores de las corrientes superficiales en el área de estudio varían en magnitud y dirección de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 7. Variaciones de las corrientes en el área de estudio a lo largo del año.

Mes	enero	feb.	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sep.	oct.	nov.	dic.
Rumbo	SW	SE	SE	SE	NW	NW	NW	NW	SW	SE	SE	SSW
Vel. (cm/s)	7.5	8	17.5	8.5	3.5	21	15	6	2.5	2.5	10	10

Fernández Eguiarte et al., 1992, reportan para la época de invierno, corrientes con dirección al sureste y da valores de las temperaturas (isotermas) que varían entre 27 y 28 °C. Según la configuración de las isotermas (Fig. 11), las líneas de corriente deberían partir de la isoterma más elevada con dirección a la inmediata inferior para ser consistentes con la segunda ley de la termodinámica, la cual dice que el calor fluye espontáneamente de los cuerpos calientes a los fríos, nunca al revés (Sears, 1986).

La densidad del agua de mar es función de la presión, salinidad y temperatura; las diferencias locales de densidad pueden ser la causa de las corrientes de convección en el océano (Weihaupt, 1984).

El ensanchamiento de la plataforma continental y la presencia de dos cañones en el área contribuyen a que existan irregularidades en presión, densidad y temperatura. Probablemente la temperatura sea la más fluctuante, ya que para una misma profundidad la presión es constante, siempre y cuando no existan corrientes; la densidad cambiará sólo en zonas muy restringidas, donde se presenten mezclas de agua dulce y salada, como por ejemplo en la desembocadura del Río Ometepec.

Se puede inferir con base en lo anterior, la existencia de un patrón preliminar de las corrientes sobre la plataforma continental en la zona; en particular, si se consideran las variaciones de temperatura que deben existir entre los distintos tirantes de agua y se atiende a la distribución de las cuatro clases texturales (arena, arena lodoso, lodo arenoso y lodo) en las que se ha agrupado al sedimento (Fig. 9).

Se infiere entonces, una corriente con dirección paralela a la línea de costa, aproximadamente a 1 km mar adentro y con sentido al sureste. Al alejarse hasta 3 km, el sentido general sigue en dirección sureste, pero empiezan a producirse cambios en la dirección de las líneas de corriente con tendencias a ser desviadas a las zonas donde hay

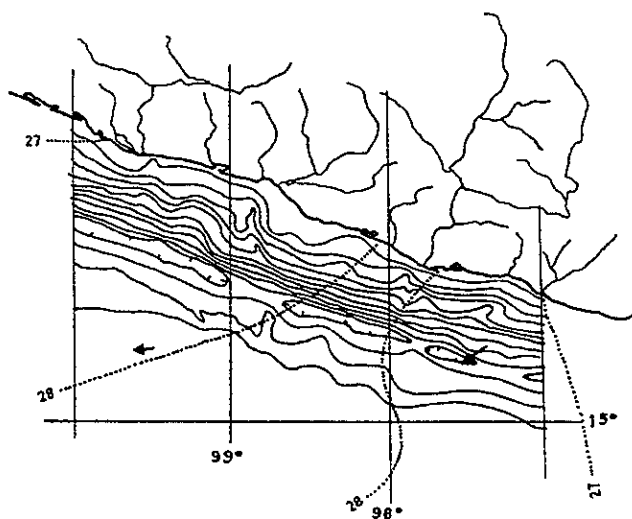


Fig. 11. Dirección de las corrientes (flechas) y configuración de las isotermas (líneas punteada) en la época de invierno para el área de estudio (tomada de Fernández Eguiarte et al., 1992).

un mayor tirante de agua y la temperatura es menor. Ocurre un fenómeno peculiar en la zona de máximo desarrollo de las arenas, justo frente a Punta Maldonado, aquí se infiere que las líneas de corriente podrían tener un sentido perpendicular al descrito, siendo sometidas a un giro en ángulo agudo. Esto se explica pues el tirante de agua es menor en esta región, cuya geometría es casi simétrica, por lo que configura una especie de "parteaguas térmico", el cual divide las líneas de flujo al oeste y este de ella (línea punteada de la figura 12), produciendo el depósito casi simétrico de la zona de las arenas que se configura sobre esta zona anómala.

Otro ensanchamiento, aunque más modesto, tiene lugar al sureste de Punta Maldonado, en donde se infiere que las líneas de corriente que siguen en su dirección paralela a la línea de costa sufren desvío provocado por el mismo fenómeno térmico en la parte somera de esta porción de la plataforma.

La plataforma continental es muy reducida frente a la Laguna de Notengo, no obstante, la entrada y salida de masas de agua podría influir de alguna manera en el desarrollo hacia mar adentro de la franja de lodo arenoso, la cual es perpendicular a la boca de la laguna. Finalmente, el cañón submarino situado a unos 10 km al sureste de la Laguna de Notengo, induce, justo antes de su cabecera, un cambio en la dirección de la corriente cercana al litoral en sentido sur-sureste que podría responder al cambio de temperatura y a la disminución de densidad del agua debido a la mezcla de agua dulce con el agua marina.

Una vez construida la posible red de corrientes que funcionaría como agente de distribución de los sedimentos a lo largo y ancho de la plataforma continental, se han hecho coincidir tales direcciones preferenciales de flujo con las configuraciones porcentuales del cuarzo (Fig. 13), feldespatos (Fig. 14) y líticos (Fig. 15). Las flechas que ilustran las direcciones

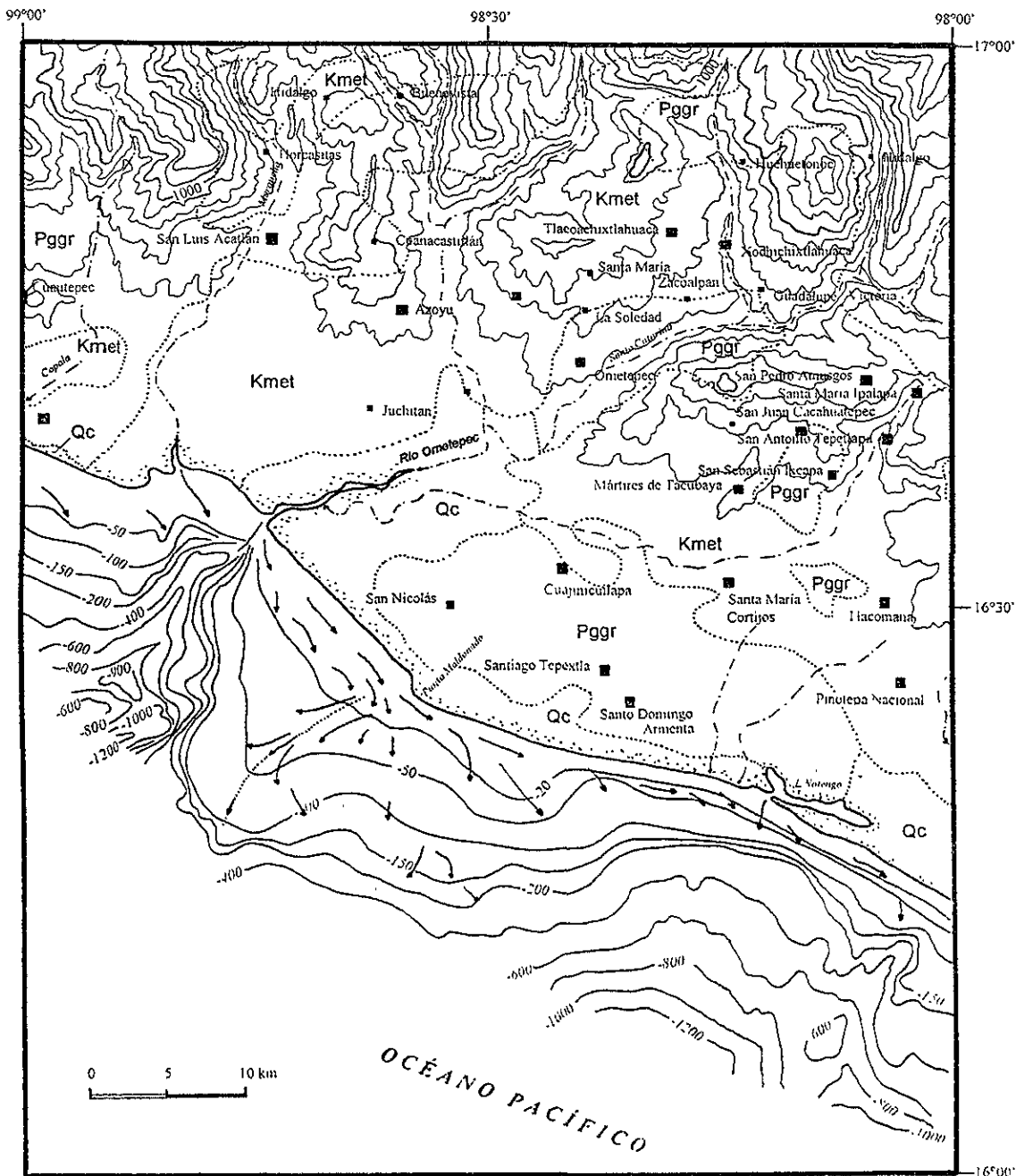


Fig. 12. Patrón (inferido) de las corrientes circulantes sobre la zona de estudio durante el invierno de 1996.

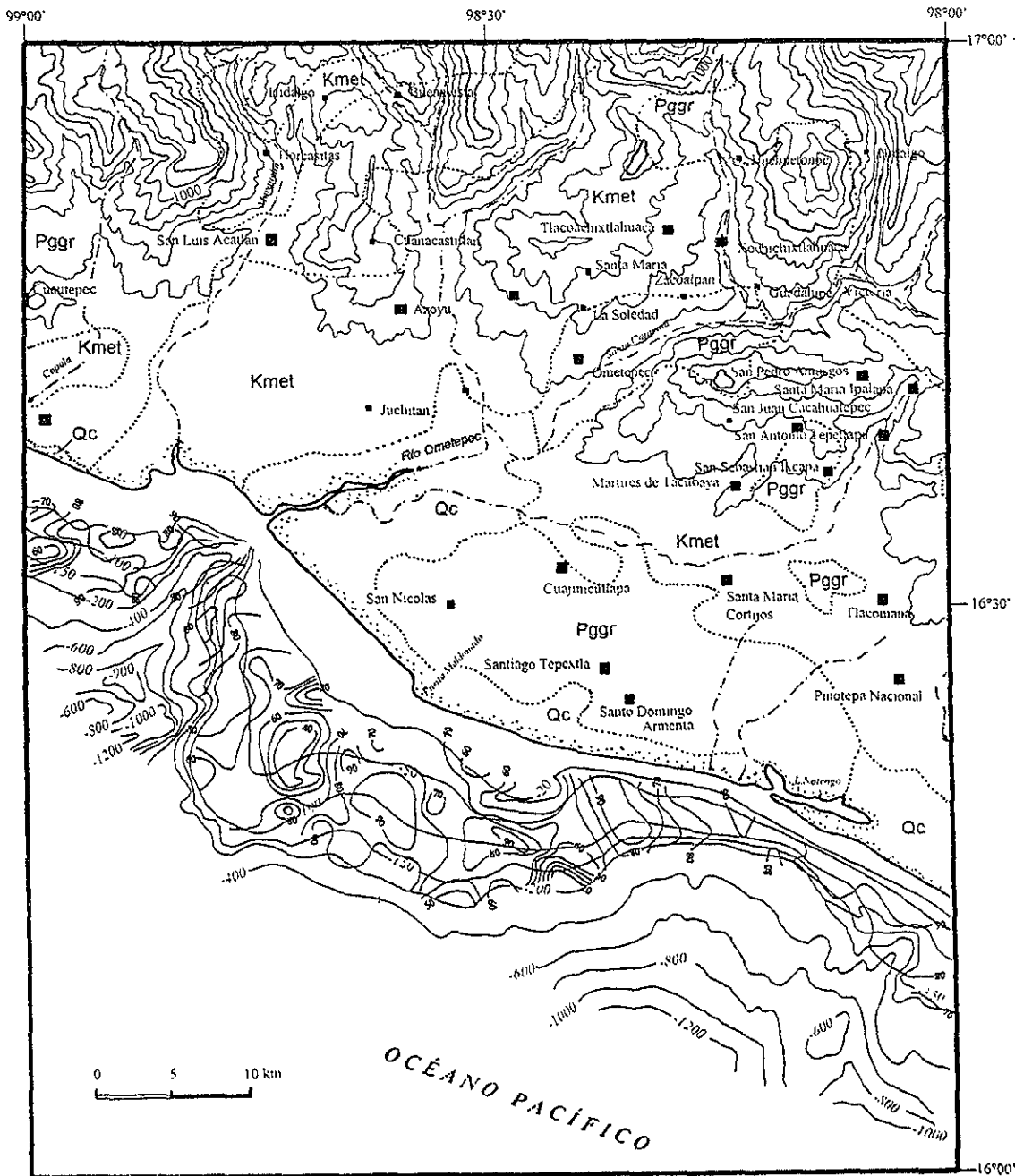


Fig. 13. Configuración porcentual sobre la plataforma continental de la fracción cuarzosa de los sedimentos superficiales recuperados.

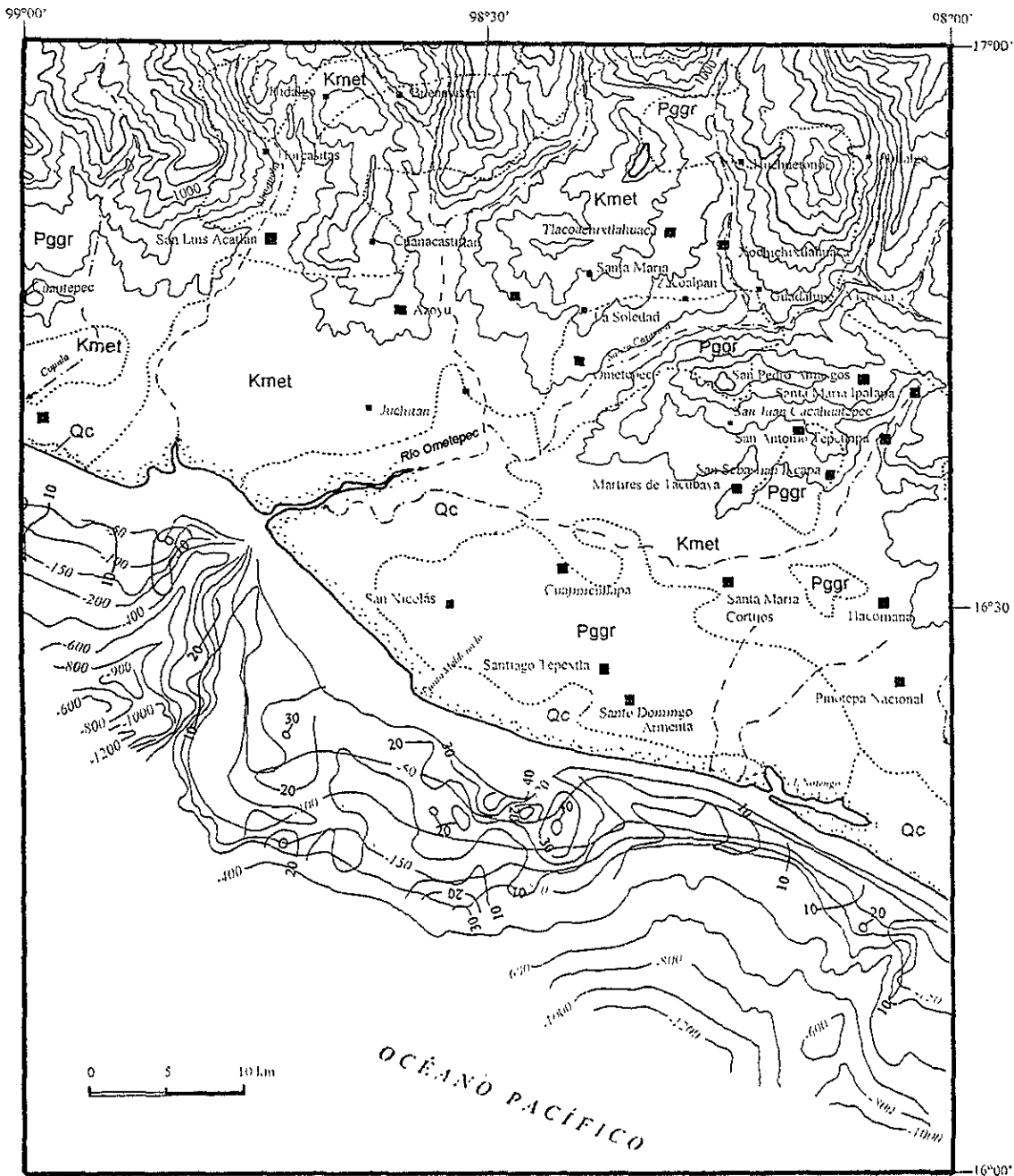


Fig. 14. Configuración porcentual sobre la plataforma continental de la fracción feldespática de los sedimentos superficiales recuperados.

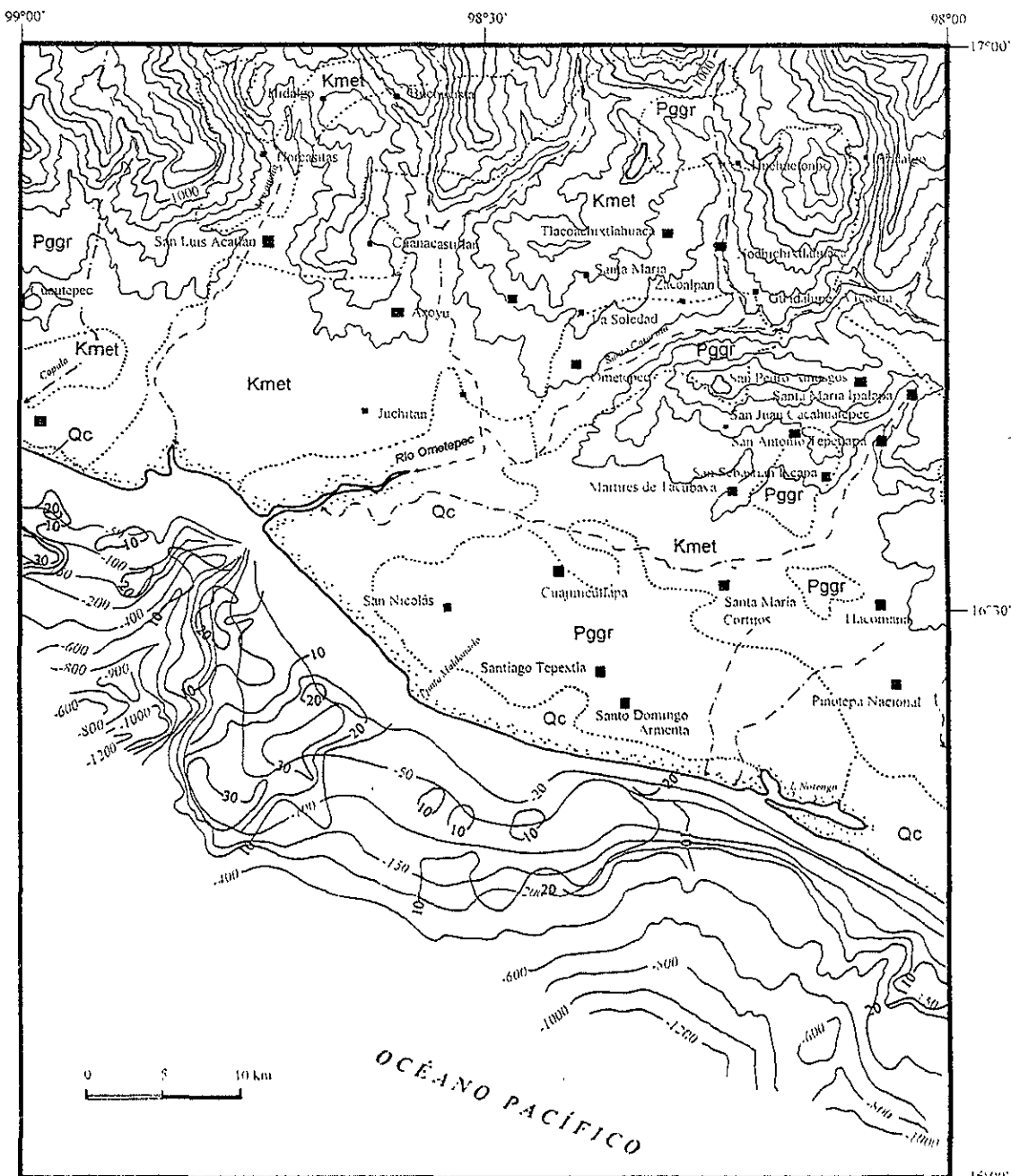


Fig. 15. Configuración porcentual sobre la plataforma continental de la fracción lítica de los sedimentos superficiales recuperados.

de flujo de las masas de agua oceánica reflejan la información de la configuración textural por haberse auxiliado precisamente de ella para su deducción.

El cuarzo es el mineral más abundante en las muestras recuperadas, el 76.65% del sedimento es cuarzo. En la parte oeste del Cañón Ometepec (Fig. 13), las máximas concentraciones de cuarzo se distribuyen en pequeñas franjas a lo ancho de la plataforma continental, sin ser función de la textura del sedimento o de la batimetría. Sin embargo, al este del cañón, la parte de la plataforma comprendida entre su cabecera y *Punta Maldonado* (mayor ensanchamiento de la plataforma continental), la zona más pobre en cuarzo es la más cercana a la línea de costa.

A partir de *Punta Maldonado*, las arenas se desarrollan hasta 15 Km mar adentro, prevaleciendo sobre cualquier otra clase textural. En esta zona existen dos bajos en contenido cuarcífero de 40% o menos, con las consecuentes máximas concentraciones de líticos (mayores que 30%) y con porcentajes arriba de 20% de feldespatos. Diez kilómetros al SE a partir de *Punta Maldonado* se presenta otro ensanchamiento de la plataforma continental con desarrollo de arena hacia mar adentro, aunque en esta ocasión sólo llega a ser de ocho kilómetros a partir de la línea de costa, donde también se desarrolla un área de menos del 50% en contenido de cuarzo con sus correspondientes incrementos en feldespatos y líticos.

La distribución de mayores o menores acumulaciones de los constituyentes minerales parece responder más a la amplitud de la plataforma continental que a la textura, pues son constantes las franjas de porcentajes arriba del 90% que cruzan prácticamente toda la plataforma continental en las zonas donde hay un adelgazamiento de esta.

Las altas concentraciones de cuarzo en zonas donde se estrecha la plataforma continental es consecuencia de la ecuación de continuidad; se puede inferir que donde hay un mayor volumen de agua por incremento de la pendiente, se produce disminución de

velocidad en los desplazamientos de las masas de agua marina, contribuyendo al depósito de las partículas cuarcíferas.

CAPÍTULO SIETE

TECTÓNICA Y SEDIMENTACIÓN

Los modelos conceptuales que integran los grandes rasgos terrestres con la tectónica son necesarios para inferir los patrones de dispersión de sedimentos (Dickinson, 1985). La Cordillera del Pacífico Este marca el límite entre las placas de Cocos y la del Pacífico (Fig. 16). La Placa del Pacífico es la unidad tectónica más grande del Océano Pacífico; se mueve al noroeste sobre los puntos calientes hawaianos a una rapidez de 8 cm al año y está siendo subducida en las trincheras de Japón, Aleutania y Kuril Kamtschatka (Butt, 1982). La Placa de Cocos se mueve en una dirección noreste con la misma rapidez y se subduce en la Trinchera Mesoamericana. Esta trinchera está a una profundidad que varía entre 5000 y 6000 metros y en ella hay principalmente tres sub-unidades tectónicas (la placa oceánica, la placa continental y una zona acrecional que ha ido creciendo rápidamente desde el neógeno).

La trinchera tiene una longitud aproximada de 3000 Km y consiste de una larga y estrecha cuenca. Lateralmente, a través del talud continental, algunos cañones submarinos transportan arena terrígena, organismos y fósiles de aguas someras.

El talud está cubierto por una carpeta de sedimentos del Cuaternario de espesor variable. La información bioestratigráfica indica que los sedimentos decrecen en edad en la dirección al eje de la trinchera (Fig. 17). El DSDP (Løe, 1982) reporta que en los sitios 489 y 493 (Fig 3), los sedimentos más viejos perforados son del Mioceno Inferior, en los sitios 490 y 492 del Mioceno Medio y Superior y en los sitios 491 y 488 del Plioceno-Pleistoceno. Esta progresión de edades del Mioceno al Pleistoceno sugiere acreción (Butt, 1982).

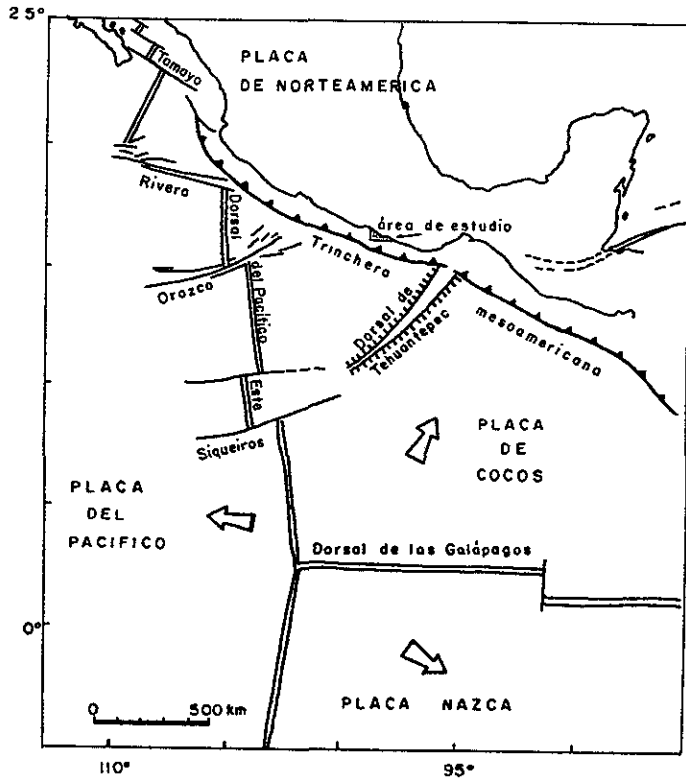


Fig. 16. Rasgos tectónicos del área de estudio. Modificado de Cadet (1982).

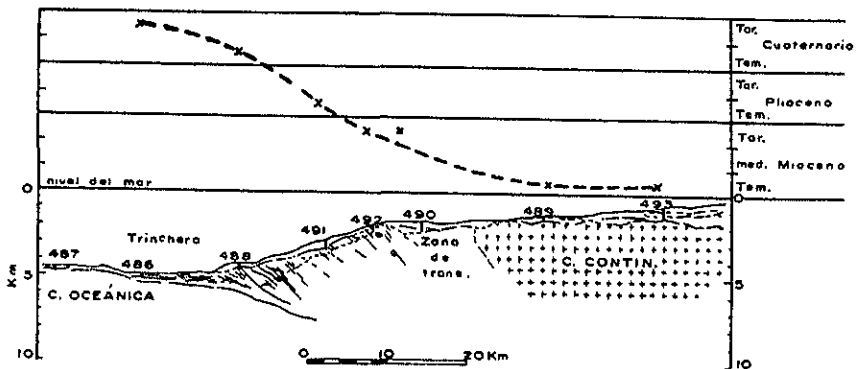


Fig. 17. Localización de los sitios del Transecto 66. La línea discontinua indica la progresión temporal de los sedimentos hacia el eje de la Trinchera mesoamericana (tomada de Butt, 1982).

Los sedimentos pre-Neógenos están erosionados tectónicamente y representan una margen truncada. El sitio 487, sobre la corteza oceánica, exhibe facies pelágicas y hemipelágicas desde el Mioceno hasta el Cuaternario (Fig. 18). Durante el Mioceno Tardío, el sitio se localizó arriba del nivel de compensación de carbonatos (PCC). La apertura del piso oceánico, sin embargo, resultó del movimiento de la Placa de Cocos hacia el continente. Durante este movimiento el sitio se hundió bajo la PCC, depositando principalmente lodos pardos y olivos libres de calcita. Un cambio de la facies pelágica a hemipelágica (Mioceno al Cuaternario) sugiere aparentemente una proximidad a los ambientes de trinchera. Los sitios acrecionales (488, 491, 492) y los sitios de transición (490) indican un levantamiento con tasas de 500 a 200 metros cada millón de años, mientras que los sitios del talud superior y medio (489 y 493) sobre la corteza continental revelan un levantamiento a razón de 100 a 80 metros cada millón de años. Las tasas de levantamiento decrecen marcadamente del talud inferior a las regiones superiores. Tres líneas de evidencias se usaron para probar la hipótesis del levantamiento; ellas incluyen evidencias geofísicas, sedimentológicas y paleontológicas (Butt, 1982).

Por otra parte, perfiles de refracción sísmica realizados en los estados de Oaxaca y Guerrero indican que la profundidad de la corteza continental al plano de Benioff varía de 15 a 25 km a lo largo de la costa (Valdés-González et al., 1986, Geolimax Working Group, 1994). De acuerdo con el perfil de refracción sísmica realizado por Nava et al. (Karig y Moore, 1978), la mínima profundidad de aproximadamente 15 km bajo la línea de costa corresponde a la región de Río Verde y la máxima profundidad estimada está aproximadamente a 25 km bajo Punta Maldonado.

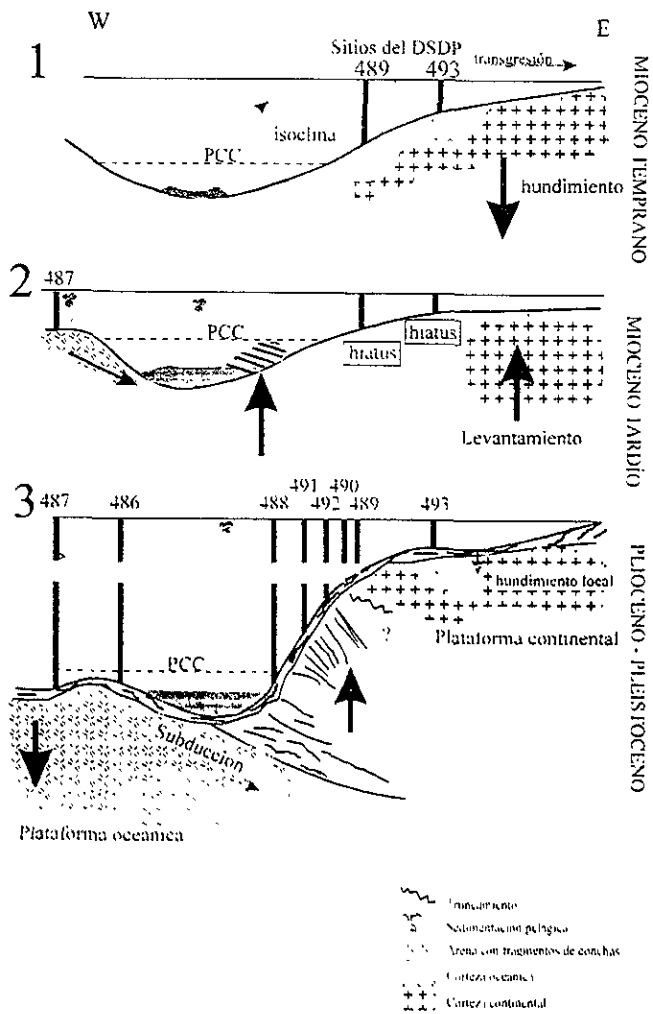


Fig. 18. Historia geológica esquematizada para la Trincherá mesoamericana durante el Neógeno (tomada de Butt, 1982).

Con base en el perfil sísmico realizado a lo largo de la costa, Nuñez Corú interpretó una profundidad de 22 km para la corteza continental al plano de Benioff entre Acapulco y Punta Maldonado (Morán Zenteno et al., 1996); el espesor típico de la corteza continental del sureste mexicano varía de los 40 a los 45 km (Molina y Urrutia, 1993), la falta de material continental fue removida por la erosión basal producida por la subducción y no por la erosión subaérea. El avance al este del punto triple como causa de la subducción de la Placa Farallón es la causa directa del rápido levantamiento y de la interrupción del magmatismo de arco (Morán Zenteno et al., 1996).

La figura 19 hace énfasis en el papel de la procedencia tectónica en el control de la fuente y la naturaleza de los granos en las areniscas, pero la influencia del intemperismo, transporte y diagénesis, también afectan las interpretaciones de procedencia. Estos efectos superficiales y subsuperficiales tienden a eliminar los granos química y físicamente menos resistentes, y esto incrementa la proporción de cuarzo en la cantidad de granos remanentes (Mack 1984; McBride 1985); sin embargo, las muestras de sedimentos superficiales de la campaña oceanográfica "Sedimento 1" son sedimentos que no han sufrido diagénesis, por lo cual no se espera que existan enriquecimientos secundarios en cuarzo.

Aunque los procesos de intemperismo y transporte modifican la composición de los detritus sedimentarios, los análisis recientes implican que la huella fundamental de la procedencia tectónica se refleja en los productos sedimentarios finales (Dickinson, 1985).

Estudios recientes, sin embargo, muestran que las variaciones detalladas en proporciones de cuarzo, feldespato y fragmentos de roca entre las acumulaciones de areniscas derivadas de la misma procedencia están sensiblemente influidas con la absorción mecánica durante el transporte y la selección hidráulica durante el depósito

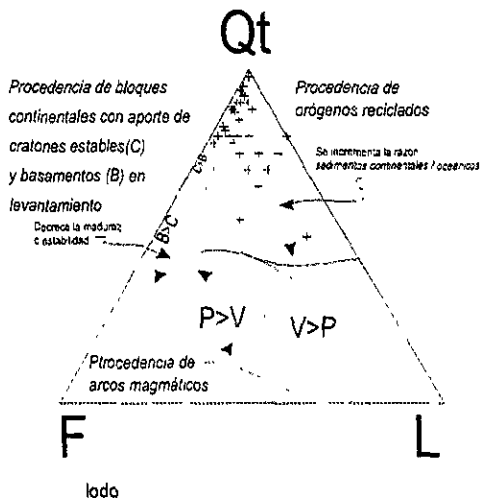
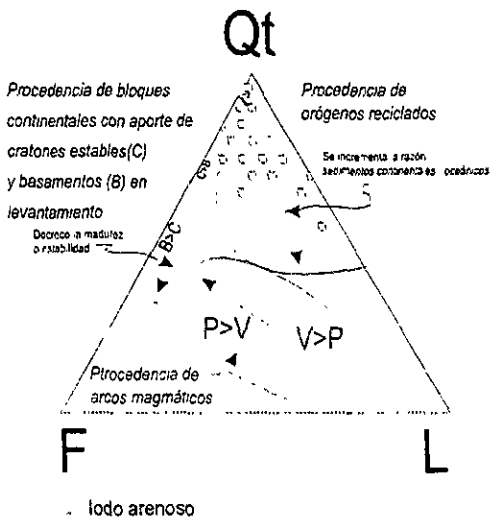
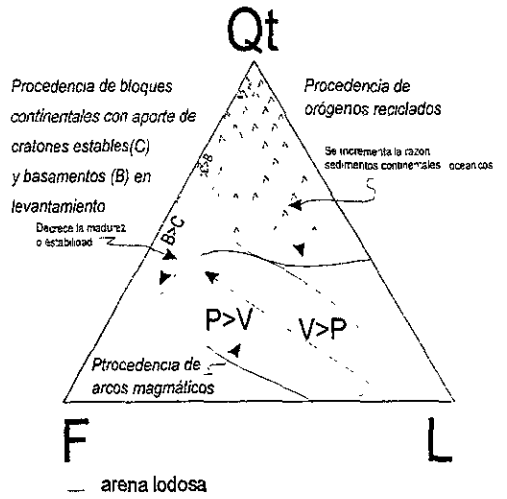
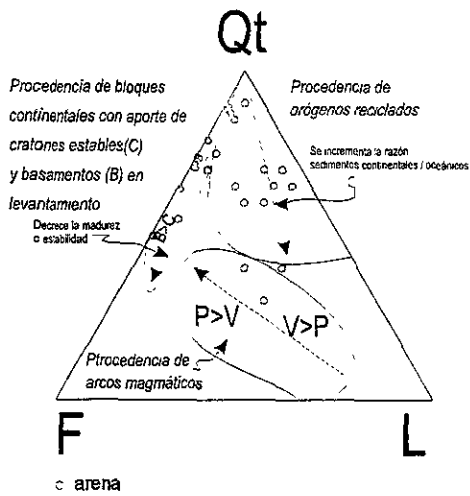


Fig. 19. Sobreposición de las clases texturales del sedimento sobre los diagramas de procedencia de Dickinson (1985).

(Garzanti, 1986). Esto es evidente si se hiciera una perforación en un manchón rico en cuarzo y otra en un bajo porcentual de este constituyente, los dos muestreos arrojarían datos muy diferentes no obstante poseer ambos historia geológica idéntica y estar diferenciados sólo en los procesos de distribución hidráulica de los constituyentes sedimentarios. Como se muestra en la figura 19 para la clase arenosa, las muestras caen en tres campos de los cuatro propuestos por Dickinson (1985) y las otras tres clases ocupan dos de los campos. Se observa que los valores promedio de todo el muestreo son cuarzo = 76%, feldespatos = 12% y líticos = 11%; en el campo donde se observa el valor promedio de la composición del sedimento recuperado corresponde con el de procedencia de orógenos reciclados donde la razón entre sedimentos continentales y oceánicos no es muy grande. Esta procedencia es congruente con la litología expuesta en la cuenca del río Ometepec (Enkeboll y Esmaili, 1982).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Tanto el Cañón Ometepec como el ensanchamiento frente a Punta Maldonado tienen relación aparente con las estructuras del basamento local.

2. Los lineamientos de las zonas emergidas tienen continuidad batimétrica y controlan la morfología de la plataforma continental, en la cual hay influencia de la tectónica compresiva provocada por la zona de acreción asociada con la subducción de la placa de Cocos bajo la placa Norte Americana.

3. La forma de la plataforma influye en la red de corrientes marinas así como en sus velocidades por controlar los volúmenes de agua, su temperatura y densidad.

4. Se piensa que el reborde continental tiende a desaparecer a medida que aumenta la actividad tectónica.

5. Se notan anomalías en la distribución de las franjas texturales de sedimento en áreas cercanas a cada uno de los cañones submarinos, estas irregularidades se explican por el cambio de densidades del agua marina, ya sea por aporte de agua continental y/o por diferencias fuertes de temperaturas en la zona de los cañones con respecto a tirantes menos profundos de la plataforma. Se propone un patrón de las corrientes sobre la plataforma continental atendiendo a las variaciones de temperatura provocadas por los cambios en los tirantes de agua y basándose en las configuraciones texturales y de porcentaje mineralógico del sedimento sobre la plataforma continental.

6. De acuerdo con la ecuación de continuidad para gasto constante de mecánica de fluidos se explica la disminución en la capacidad de carga de sedimentos para las corrientes oceánicas.

7. La geometría de la plataforma continental determina el comportamiento hidráulico y por consecuencia la distribución de sedimentos.

RECOMENDACIONES

1. El empobrecimiento en cuarzo se puede relacionar con el incremento de la energía cinética (rapidez) de las corrientes marinas que transportan y distribuyen el sedimento sobre la plataforma continental, por lo que se recomienda hacer estudios sobre esta relación ya que es importante poder deducir la dirección de flujo en sedimentos litificados.

2. Se necesita canalizar recursos humanos y económicos para la investigación en ambientes sedimentarios actuales ya que estos son un laboratorio natural que permite hacer analogías con los procesos que dieron lugar a la formación de los depósitos sedimentarios de cualquier edad .

3. Se han propuesto modelos conceptuales que integran la geomorfología con la tectónica, con los que se deducen los patrones de dispersión de sedimentos. Entonces se propone proceder en sentido inverso, es decir, deducir un modelo conceptual a partir de la dispersión de los sedimentos.

4. Sería de gran utilidad contar con una base de datos de presión, temperatura, densidad y corrientes en las zonas de plataforma para comprobar lo antes dicho y para entender la dinámica de dispersión de sedimentos en el espacio y en el tiempo.

5. Los grandes recursos económicos que se generaron en ambientes de plataforma continental (depósitos de placer, yacimientos de hidrocarburos, materiales para la construcción y más) pueden ser explorados y/o explotados optimando recursos con sólo tener una idea clara de los procesos de dispersión de sedimentos que se debieron

desarrollar bajo un cierto ambiente geológico. El vínculo teoría-práctica es imprescindible en este renglón.

ESTA TERCERA NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Arturo Carranza Edwards por la dirección de esta tesis. Así mismo deseo agradecer a los Ingenieros Héctor Luis Macías González, Dionisio Valdéz Mendoza, Fernando Rosique Naranjo y Eduardo Morales de la Garza, por sus valiosas sugerencias a la revisión del manuscrito.

Al CONACYT y al ICYML por el apoyo otorgado para la realización de la Campaña Sedimento I. Al personal académico y a la tripulación del B/O EL PUMA por el apoyo brindado en todo momento.

Al Dr. Luis Miguel Mitre Salazar por las facilidades que me brindó durante la realización de la tesis y en el transcurso de toda mi carrera, así como al Instituto de Geología por su apoyo en el uso de sus instalaciones y equipo de cómputo. Doy las gracias a la Lic. Teresa Soledad Medina Malagón y a su equipo de colaboradores por las atenciones que recibí durante las periódicas visitas a la biblioteca a su digno cargo. Al Sr. Luis Burgos Peraita debo el apoyo y consejos para la elaboración de parte de las figuras.

Mi más sincero agradecimiento a la Dr. Elena Centeno García por sus valiosas observaciones y a León Jimenez Tapia por su apoyo en el trabajo de laboratorio a bordo del B/O EL PUMA.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, J. R. L., 1985.** Principles of physical sedimentology. *Allen & Unwin, London.*
- Anderson, T. H., V. A. Schmidt, 1983.** The evolution of Middle America and the Gulf of Mexico-Caribbean Sea region during Mesozoic time: *Geological Society of America Bulletin*, v. 94, p. 941-966.
- Bellon, H., R. C. Maury, J. F. Stephan, 1982.** Dioritic basement site 493; petrology, geochemistry and geodynamics: *National Science Foundation, National Ocean Sediment Coring Program, Initial report of the Deep Sea Drilling Project*, v. 66, p. 723-730.
- Butt, A., 1982.** Syndepositional tectonics along the Middle America Trench, with special reference to foraminiferal bathymetry: Deep Sea Drilling Project Leg 66, Offshore Mexico- Geological processes along an active margin: *National Science Foundation, National Ocean Sediment Coring Program, Initial report of the Deep Sea Drilling Project*, v. 66, p. 671-680.
- Cadet, J. P., A. Pouclet, J. F. Stephan, 1982.** Tephra from Deep Sea Drilling Project Leg 66: Middle America Trench Transect (Southern Mexico): *National Science Foundation, National Ocean Sediment Coring Program, Initial report of the Deep Sea Drilling Project*, v. 66, p. 687-695.
- Campa, M. F., P. Coney, 1983.** Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distributions in Mexico. *Canadian Journal of Earth Science*, v.20, p. 1040-1051.
- Carranza Edwards, A., A. Z. Márquez García, E. A. Morales de La Garza, 1986.** Estudio de los 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. Univ. Nat. Autón. México*, 13(3): 241-262.

Carranza Edwards, A., 1996. Informe técnico de la Campaña Sedimento I. Informe inédito.

Corrales Zarauza, I., 1977. Estratigrafía. *Editorial Rueda, Madrid*, 718p.

Cserna, Z. de, 1965. Reconocimiento geológico de la Sierra Madre del Sur de México, entre Chilpancingo y Acapulco, Estado de Guerrero: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 62, 77p.

Dickinson, W.R., 1985. Provenance and sediment dispersal in relation to paleotectonics and paleogeography of sedimentary basins.

Dickinson, W.R., R. Valloni, 1980. Plate settings and provenance of sands in modern ocean basins. *Geology*. 8:82-86.

Emery, K.O. 1970. Continental margins of the world. Geol. east Atlantic continental margin. 1. *Gen. Econ. papers, ICUS/SCOR Working Party 31 Symp. Cambridge, Rep. No. 70/13*, 7-29.

Enkeboll, R. H., H. Esmaili, 1982. Petrology and provenance of sands and gravels from the Middle America Trench and trench slope, Southwestern Mexico and Guatemala: *National Science Foundation, National Ocean Sediment Coring Program, Initial report of the Deep Sea Drilling Project*, v.66, p. 521-530.

Fernández Eguiarte, A., A. Gallegos García, J. Zavala Hidalgo, 1992. Oceanografía física 2 (aspectos regionales de los mares mexicanos). *Instituto de Geografía. UNAM, Atlas Nacional de México*, IV. 9. 2.

- Fisher, R. L., 1961.** Middle America Trench: Topography and Structure. *Geological Society of America Bulletin*, 72: 703-720.
- Foucault, A., J.F. Raoult, 1985.** Diccionario de geología: Masson, S. A. Barcelona y Masson Editores S. de R.L. de C.V. México, 316p.
- Galloway, W. E., D. K. Hobday, 1996.** Terrigenous clastic depositional systems. *Springer, Italy*, .p
- Garzanti, E., 1986.** Source rock versus sedimentary control on the mineralogy of deltaic volcanic arenites (Upper Triassic, northern Italy). *Journal Sedimentary Petrology*, 56: 267-275.
- Geolimex Working Group, 1994.** Reflections from the subducting plate? First results of a Mexican traverse, *Zbl. Geol. Paläontol. I.* 541-553, 1994.
- Howard, J.D., Reineck, H-E., 1981.** Depositional facies of high-energy beach-to-offshore sequence: a comparison with low-energy sequence. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* 65: 807-830.
- Karig Cordwell, D.E., G.F. Moore, D.G. Moore, 1978.** Late Cenozoic subduction and continental margin truncation along the northern Middle America trench, *Geol. Soc. Am. Bull.* 89, 265-276.
- Ladd, J.W., A. Ibrahim, K. McMillen, et al., 1978.** Tectonics of the Middle America Trench. *Int. Symp. Guatemala Earthquake and Reconstruction Process*, Vol. 1.
- Lecuanda, R., F. Ramos-López, 1996.** El límite exterior de la plataforma continental: una revisión terminológica y conceptual: *Geografía y Desarrollo*, 13:57-62.
- Lee, Marianna, 1982.** Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project: *Library of Congress Catalog Card Number 74-603338, LXVI:864p.*

Mack, G. H., 1984. Exceptions to the relationship between plate tectonics and sandstone composition. *Journal Sedimentary Petrology*, 54:212-220.

Malfait, B. T., M. G. Dinkelman, 1972. Circum-Caribbean tectonic and igneous activity and evolution of the Caribbean Plate: *Geological Society of America Bulletin*, v. 83, p. 251-272.

Mc. Bride, E. F., 1985. Diagenetic processes that affect provenance determinations in sandstone. In: Zuffa, G. G. (de). *Provenance of Arenites*. Dordrecht, Holland: Reidel, pp. 95-113.

McMillen, Kenneth J., Trent R. Haines, 1982. Late Quaternary sediments of the southern Mexico Margin. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project: Library of Congress Catalog Card Number 74-603338*, LXVI:437- 443.

Molina-Garza, R., J. Urrutia-Fucugauchi, 1993. Deep crustal structure of central Mexico derived from interpretation of Bouguer gravity anomaly data, *J. Geodyn.* 17, 181-201.

Molnar, P., L. R. Sykes, 1969. Tectonics of the Caribbean and Middle America regions from focal mechanisms and seismicity. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 80:1639-1684.

Morán Zenteno, D., P. Corona Chavez, G. Tolson, 1996. Uplift and subduction erosion in southwestern Mexico since the Oligocene: pluton geobarometry constraints. *Earth and Planetary Science Letters*, 141: 51-65.

Ortega Gutierrez, F., L. M. Mitre Salazar, J. Roldán Quintana, G. Sánchez Rubio, M. De la Fuente, 1990. North American Continent-Ocean Transect Program, Transect H-3-Acapulco Trench to the Gulf of Mexico across southern Mexico: *Geological Society of America, Decade of North American Geology Program, map and cross sections, scale 1:500,000*, 9p.

- Otraga Gutiérrez, F., 1981.** Metamorphic belts of southern Mexico and their tectonic significance: *Geofísica Internacional (México)*, v. 20, no. 3, p. 177-202.
- Pettijohn, F.J. 1975.** Sedimentary rocks. *Harper and Row Publishers, New York.*
- Pindell, J. L., 1985.** Alleghenian reconstruction and the subsequent evolution of the Gulf of Mexico; Bahamas and proto-Caribbean Sea: *Tectonics*, v. 4, p. 1-39.
- Pye, K., 1994.** Sediment transport and depositional processes. *Blackwell Scientific Publications, Massachusetts, U.S.A.* 1-24p.
- Redfield, A. C., 1958.** The influence of the continental shelf on the tides of the Atlantic coast of the United States. *J. Mar. Res.* 17: 432-448.
- Sears, F. W., M. W. Zemansky, H. D. Yong, 1986.** Física Universitaria. *Addison-Wesley Iberoamericana (sexta edición en español).* 1110 p.
- Sedlock, R. L., Ortega Gutiérrez, F., R. S. Speed, 1993.** Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico: *Geological Society of America Special Paper 278*, 153p.
- Shepard, F.P., 1973.** Submarine geology, (3ra edición): *Harper & Row Publ., New York*, 517p.
- Shiple, T., K. McMillen, J. Watkins, et al., 1980.** Continental margin and lower slope structures of the Middle America Trench near Acapulco (Mexico). *Mar. Geol.*, 35: 65-82.
- Valdes-González, C.M., W.D. Mooney, S.K. Singh, R.P. Meyer, C. Lomnitz, J.H. Luetgert, C.E. Helsley, B.T.R. Lewis, M.Mena, 1986.** Crustal structure of Oaxaca, Mexico, from seismic refraction measurements, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 76, 547-563.
- Weihaupt, J. G., 1984.** Exploración de los océanos, introducción a la oceanografía. *C.E.C.S.A., México, D.F.*

Wyrski, Klaus, 1965. Surface currents of the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Inter. Amer. Trop. Tuna Comm*, 9(5):270-304.