



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

ESTUDIO DE SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE
LA PLATAFORMA CONTINENTAL EN SAN ANTONIO
DEL MAR BAJA CALIFORNIA NORTE, MEXICO.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO GEOLOGO
P R E S E N T A :
ELIZABETH SOLLEIRO REBOLLEDO

México, D. F.

1987



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.

I N D I C E

	Página
RESUMEN	5
I. INTRODUCCION	8
II. ANTECEDENTES	11
III. AREA DE ESTUDIO	22
IV. METODO DE TRABAJO	31
V. DISTRIBUCION DE LOS SEDIMENTOS	42
VI. COMPOSICION DE LOS SEDIMENTOS	52
VII. RECURSOS MINERALES DEL MAR	64
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFIA	80
LAMINA I	86

INDICE DE FIGURAS

Entre página

Fig. 1	Localización del área de estudio	22 y 23
Fig. 2	Plano geológico e hidrológico del área de estudio	23 y 24
Fig. 3	Estaciones y Toponimia	32 y 33
Fig. 4	Batimetría	32 y 33
Fig. 5	Color del sedimento húmedo	32 y 33
Fig. 6	Color del sedimento seco	32 y 33
Fig. 7	Distribución de grava (%)	44 y 45
Fig. 8	Distribución de arena (%)	45 y 46
Fig. 9	Distribución de lodo (%)	45 y 46
Fig. 10	Tamaño gráfico promedio	45 y 46
Fig. 11	Desviación estándar gráfica inclusiva (OI)	46 y 47
Fig. 12	Grado de asimetría gráfica inclusiva (S KI)	47 y 48
Fig. 13	Curtoisía gráfica (Kg)	47 y 48
Fig. 14	Composición de la fracción menor que 2 micras	52 y 53
Fig. 15	Composición de la fracción mayor que 30 micras	53 y 54
Fig. 16	Concentración de silicio (%) en los sedimentos	56 y 57
Fig. 17	Concentración de aluminio (%) en los sedimentos	57 y 58
Fig. 18	Concentración de hierro (%) en los sedimentos	57 y 58

Fig. 19	Concentración de titanio (%) en los sedimentos	58 y 59
Fig. 20	Concentración de manganeso (%) en los sedimentos	58 y 59
Fig. 21	Concentración de estaño (ppm) en los sedimentos	59 y 60
Fig. 22	Concentración de bario (ppm) en los sedimentos	59 y 60
Fig. 23	Concentración de estroncio (ppm) en los sedimentos	59 y 60
Fig. 24	Concentración de la fracción comprendida entre 4 y 5 phi en los sedimentos	61 y 62

INDICE DE TABLAS

Entre páginas

Tabla 1	Datos generales de muestreo	32 y 33
tabla 2	Color del sedimento húmedo y seco	32 y 33
tabla 3	Percentiles	40 y 41
tabla 4	Parámetros estadísticos y porcentajes de grava, arena, limo y arcilla	40 y 41
tabla 5	Fórmulas y límites de parámetros estadísticos	40 y 41
tabla 6	Nomenclatura de los sedimentos	44 y 45
tabla 7	Concentración de minerales en la fracción menor que 2 micras	52 y 53
tabla 8	Análisis de difracción de Rayos X	55 y 56
tabla 9	Concentración de elementos en los sedimentos	55 y 56
tabla 10	Análisis de fluorescencia de rayos X	56 y 57
tabla 11	Concentración de minerales en diferentes fracciones de tamaño	60 y 61
tabla 12	Concentración de elementos en diferentes fracciones de tamaño	61 y 62

R E S U M E N

Se hizo un estudio sedimentológico de muestras superficiales colectadas en la plataforma continental de San Antonio del Mar, Baja California Norte, con el fin de conocer la distribución de los sedimentos superficiales que en ella se encuentran, así como de determinar el origen de los mismos y los procesos que controlan la sedimentación de la plataforma.

Con ayuda de la información batimétrica se ha podido establecer la morfología de la plataforma continental. De esta manera, se sabe que la plataforma es amplia con una pendiente suave y una amplitud promedio de 25 km. Los sedimentos son principalmente, arenas muy finas limosas y limos arenosos, moderadamente clasificados a mal clasificados, muy asimétricos hacia finos y leptocárticos.

La fracción de grava de los sedimentos se encuentra dispuesta en una franja a profundidades mayores que 50 m, en concentraciones menores que 50%, y que sugiere una antigua línea de costa. La fracción arenosa se encuentra, en especial, en zonas próximas a la costa, en concentraciones mayores que 70%. La fracción arcillosa se sitúa preferentemente al noroeste de la playa San Antonio del Mar, en una franja de orientación NW-SE. Los valores de lodo se tienen a profundidades comprendidas entre 50 y 60 m, lugar donde cabe suponer, existe una zona de quietud.

Los sedimentos son terrígenos y son aportados principalmente por

los ríos. El carácter detrítico de los sedimentos queda evidenciado por el patrón de distribución de arena y el de clasificación.

Los sedimentos más gruesos son distribuidos en la plataforma por la corriente de California, que es una corriente de fondo que fluye hacia el SE. Los lodos son afectados por una corriente superficial que fluye en dirección contraria.

La fracción arcillosa está compuesta por cuarzo, montmorillonita, hidromica, caolinita, anfíboles, calcita, feldespatos y hematita en bajas proporciones.

La fracción arenosa está constituida principalmente, por cuarzo, feldespatos, micas y anfíboles, con menores cantidades de biógenos, ilmenita y otros minerales. Los fragmentos de roca se presentan únicamente en las fracciones gruesas y están formadas por restos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, en orden de abundancia.

Los elementos que se detectaron en las muestras son Si, Al, Fe, Ti, Mn, Sn, Ba, Sr, en orden decreciente de abundancia. Los sedimentos contienen trazas de Ag, Cr, Cu, e Y. La materia orgánica se presenta en bajas concentraciones; los valores más altos se localizan en aguas más profundas.

Dado el carácter cuarzo feldespático de los sedimentos, puede

decirse que provienen de rocas ígneas ácidas e intermedias, las cuales afloran en el continente. Además, este tipo de rocas poseen como accesorios minerales que contienen Fe y Ti.

Los sedimentos son submaduros e inmaduros texturalmente e inmaduros mineralógicamente, lo que indica un ambiente de inestabilidad tectónica. Entre los metales de importancia económica se tiene el Fe y Ti, que se encuentran en los sedimentos en concentraciones de hasta 7.56% / 1.37% respectivamente. Estos elementos se han acumulado principalmente en la fracción de limo grueso, comprendida entre 4 y 5 phi, la cual presenta mayores perspectivas para una exploración a detalle.

Otro recurso mineral que podría ser aprovechable como material de construcción es la arena, la cual se distribuye en una franja paralela a la costa con valores mayores que 70%.

I N T R O D U C C I O N

Las plataformas continentales a nivel mundial, comprenden un área de 27 millones de Km², que junto con los taludes continentales y pies de continente próximos, integran un 15% del total de la superficie terrestre (Emery, 1970).

En las plataformas existe un gran número de recursos naturales (renovables y no renovables) que para ser localizados, es necesario determinar las características generales de los mismos, tales como topografía, tipos de corrientes, estructuras, naturaleza y distribución de los sedimentos, etc.

México, a pesar de contar con un amplio litoral, posee escasas investigaciones de la plataforma continental, por lo que puede decirse que son plataformas pobremente conocidas, donde sólo existen datos utilizados en navegación, exceptuando las localizadas en el Golfo de México (Emery, 1965).

Se ha realizado un estudio dentro de la campaña oceanográfica MIMAR I del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL), efectuada a bordo del B/O "El Puma"; en ella, se colectaron muestras de sedimentos superficiales de la plataforma continental del área de San Antonio del Mar, Baja California Norte. Esta campaña forma parte del proyecto UNAM - CONACYT titulado "Investigación

sobre origen, proceso y distribución de minerales del piso oceánico del Pacífico en la zona económica, exclusiva de México".

Se ha seleccionado esta zona debido a que en la playa San Antonio del Mar, B.C.N., se han encontrado arenas negras que poseen valores de hasta 14% de titanio en la fracción comprendida entre 3.00 y 3.25 phi, es decir, entre 0.106 y 0.090 mm (Carranza-Edwards, comunicación personal). Estas arenas negras no son exclusivas del litoral costero, sino que se extienden a la plataforma continental.

Los objetivos de este trabajo son:

1. Determinar los principales rasgos morfológicos de la plataforma continental del área de San Antonio del Mar, B. C. N.
2. Definir los procesos que han dado origen a los sedimentos, y la causa de su distribución a lo largo de la plataforma, por medio de un análisis granulométrico. Con tal análisis se obtendrán los parámetros texturales de los sedimentos y se hará una clasificación de los mismos con base en sus contenidos de grava, arena y lodo.
3. Realizar una estimación del potencial de recursos minerales del mar de la zona, enfatizando las perspectivas de explotación económica. Para ello, se determinará la composición química y mineralógica de los sedimentos, con ayuda de diferentes métodos: absorción atómica, difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X y análisis con microscopio. Con los datos que se obtengan de dichos análisis se hará una

configuración de los elementos químicos que componen a los sedimentos, con el fin de determinar como se distribuyen en la plataforma continental; asimismo, analizar las variaciones mineralógicas que se presentan en las diferentes fracciones de tamaño y en distintas profundidades, de modo que se conozcan las zonas preferenciales de concentración de metales.

La utilidad de este trabajo radica en dos aspectos principales: el primero, dentro del plano científico, ya que los estudios de geología marina en el país son escasos. Los datos sedimentológicos que se obtengan pueden ser la base de futuras investigaciones. El segundo aspecto radica en el factor económico, ya que al tener datos sobre la composición de los sedimentos se pueden establecer las perspectivas de explotación de ciertos minerales.

Es sabido que cuando en las tierras emergidas las fuentes minerales se agoten, el océano constituirá una opción para extraer grandes riquezas minerales.

Así pues, el estudio de las plataformas continentales incrementará las posibilidades de contar con fuentes alternas de recursos minerales, que podrán ser explotados cuando se cuente con una tecnología adecuada.

II. ANTECEDENTES

El estudio de sedimentos abarca el conocimiento de sus características físicas y su composición mineralógica, de su medio ambiente de depósito, de su distribución dentro del mismo, así como de los procesos que le dieron origen. La determinación de estos factores es esencial para la identificación de ambientes antiguos, ya que conociendo los sedimentos de ambientes modernos, se pueden establecer relaciones y diferencias que ayudan al reconocimiento de los antiguos equivalentes (Pettijohn y Potter, 1972).

En la prospección de recursos minerales es valioso el estudio sedimentológico, puesto que existen una gran cantidad de productos de origen sedimentario, útiles para el hombre (Pettijohn, 1975), entre los que se puede enunciar petróleo, gas, carbón, fosforitas, sales, hierro, aluminio, agua, arena, grava, arcillas, etc.

Los estudios de sedimentos de la plataforma continental son escasos, sobre todo si se considera el área tan extensa que ocupa a nivel mundial, que es de 27 millones de Km² (Emery, 1970). Las investigaciones realizadas sobre plataformas y taludes continentales se han hecho con fines de navegación, científicos, militares e industriales (Emery, 1965).

La plataforma continental es una superficie amplia y uniforme de pendiente suave. Mar adentro, se localiza el talud continental, cuya pendiente promedio de 5° contrasta notoriamente con la que presenta la plataforma. El margen continental termina con el pie de continente (continental rise), que separa a los rasgos anteriores de las planicies abisales (Emery, 1965).

Reineck y Singh (1975) describen a la plataforma como una región sumergida que se extiende desde la línea de costa hasta una profundidad promedio de 200 m, donde existe un marcado rompimiento de pendiente. En ella actúan diversos sistemas de corrientes de diferentes naturaleza e intensidad.

Por su parte, Baillot (1984) define a la plataforma continental como una región que bordea a las tierras emergidas, que se extiende al interior del océano hasta 70 u 80 km en promedio, a profundidades que van de 0 a 130 ó 180 m, donde se localiza el talud continental, el cual tiene una pendiente de 4° ó 5° , notablemente más pronunciada que la de las plataformas.

La plataforma es una zona de alta energía hidrodinámica, donde actúan mareas, olas y corrientes.

En la plataforma se distinguen diferentes ambientes de energía; en cada uno de ellos ocurren distintos tipos de depósitos. Selley (1976) señala que bajo el nivel base de las olas predomina un medio de baja energía que permite la depositación de

sedimentos arcillosos. En donde el nivel base de las olas corta el fondo marino se depositan arenas limpias.

En algunas regiones asociadas con la plataforma se presentan medios de baja energía donde ocurren sedimentos arcillosos y evaporíticos, dichos ambientes son lagunas y planicies de marea.

Diétrich (1963) señala que las plataformas de relieve uniforme son características de las zonas de latitudes intermedias. En latitudes altas la plataforma es irregular, por las variaciones ocurridas durante el Cuaternario. Las plataformas de bajas latitudes presentan un relieve irregular, dado que en ella se originan rasgos como arrecifes de coral, lagunas, etc.

Los procesos erosivos y acumulativos que actúan en la plataforma, ocurren al mismo tiempo, con intensidades variables localmente. Con respecto a la sedimentación en la plataforma continental. Emery (1965) describe el comportamiento de los sedimentos a lo largo de la misma, indicando que los sedimentos detríticos disminuyen de tamaño mar adentro, aumentando el tamaño en el borde externo por concentración de minerales autigénicos, biogénicos y relictos.

Emery, et al. (1957) realizaron un estudio sedimentológico en 3 bahías de Baja California: San Sebastián Vizcaíno, San Cristóbal y Todos Santos, cuyas características climáticas y litológicas del área fuente son muy semejantes. Determinaron que la naturaleza de sus sedimentos depende del aporte y la demanda dados por procesos de transporte y erosión, respectivamente, y por las condiciones

oceanográficas presentes en cada bahía.

Emery (1968) analiza los sedimentos de las plataformas continentales. Señala que los sedimentos de las mismas pueden ser detríticos (los más comunes), biogénicos, residuales, autigénicos, volcánicos y relictos. Estos últimos se refieren a aquellos sedimentos que no son propios del ambiente en que se encuentran por lo que no existe equilibrio entre ambos. Tal tipo de sedimento se deposita por variaciones en el nivel del mar que conducen a cambios en los medios de depósito.

La última glaciación del Pleistoceno produjo un gran número de sedimentos relictos. Este estudio menciona que casi el 70% de las plataformas continentales contienen sedimentos relictos, los cuales deben ser reconocidos para evitar interpretaciones erróneas.

En un estudio sobre la sedimentación en la plataforma continental de Oregon, Kulm y colaboradores (1975) encuentran que los factores que controlan los procesos sedimentarios en este lugar son: descarga de los ríos y aporte de sedimentos, sistema de circulación de estuarios, dimensión y dirección de las olas, corrientes superficiales y de fondo, estratificación por densidad de la columna de agua y organismos bentónicos.

Por otra parte, Emery (1970) señala que el piso oceánico del S de California y NW de México está compuesto por una serie de cuencas y bloques que no han podido ser erosionados o cubiertos totalmente

con sedimentos, a causa del intenso tectonismo neogénico y reciente que afecta a la zona.

En esta región la plataforma continental posee poca amplitud y el talud continental se encuentra a cientos de kilómetros, separado de la plataforma por una zona de cuencas, bancos e islas a la cual se le conoce como Borderland (Shepard y Emery, 1941; Lugo, 1985). Esta estructura se extiende desde Punta Arguello, California, E.U. hasta Punta San Antonio, Baja California, México.

Krauce (1965) le ha asignado al borderland una edad miocénica media. Menciona que el borderland se caracteriza por presentar una serie de estructuras sinclinales (cuencas) y anticlinales, afallados y afectados por intenso volcanismo y donde se registra un alto flujo térmico.

Moore (1966) determina que los sedimentos aportados al borderland y que rellenan las cuencas son transportados por corrientes de turbiedad principalmente, aunque muchos de ellos han sido descargados durante el Pleistoceno.

En relación a los minerales de placer se puede decir que son minerales detriticos, metálicos que se forman por la concentración mecánica de partículas en un medio subacuoso. Se caracterizan por poseer una alta densidad y resistencia a la erosión, por lo que no sufren descomposición durante el transporte (Cronan, 1980).

Los minerales químicamente estables sobre la superficie terrestre no se descomponen por intemperismo, pero la roca que les rodea se disuelve y desintegra, quedando los minerales resistentes como remanentes que posteriormente son acarreados por ríos, olas y viento. Los minerales pesados son minerales estables que se transportan como arenas o gravas de corrientes y playas, concentrándose ya sea en playas, canales, barras arenosas o bien en zonas marinas someras, formando depósitos de placer (Park y Mac Diarmid, 1975).

Emery y Noakes (1968, en Cronan, 1980) clasifican a los minerales de placer de acuerdo a su peso específico en minerales pesados (con un $pe = 6.8 - 21$), minerales pesados ligeros ($pe = 4.2 - 5.3$) y gemas ($pe = 2.9 - 4.1$).

Entre los minerales de placer se encuentran el oro, platino, zircón, casiterita, cromita, wolframita, rutilo, magnetita, ilmenita y gemas siendo los más abundantes la ilmenita y la magnetita, (Park y Mac Diarmid, 1975). Lind y Lefond (1983) incluyen la estauroлита, cianita, silimanita, granates y xenotima, y señalan que estos minerales forman un depósito de color oscuro conocido como arenas negras; no siempre dichas arenas están constituidas por los minerales mencionados, sino por anfíboles y piroxenos. Los depósitos de arenas negras no siempre representan reservas explotables, sobre todo si se trata de concentraciones muy superficiales.

Mckinstry (1948) señala que los procesos exógenos juegan un papel muy importante en la acumulación de placeres de oro y otros minerales pesados. Para que éstos se acumulen debe haber un intemperismo profundo y prolongado del área fuente, complementado con erosión y transporte adecuados al sitio de depósito, el cual debe estar protegido para que el mineral pueda preservarse.

El intemperismo prolongado es esencial porque destruye a los minerales más débiles, los disuelve y deja libres a los más resistentes, los cuales son arrancados posteriormente, sin sufrir daño.

El transporte se realiza preferentemente por agua. Si la fuente de aporte está cercana a la costa los materiales se transportan hasta la playa, en donde pueden ser llevados a zonas fuera de la costa; su distribución queda entonces controlada por los procesos sedimentarios de aguas someras. La concentración se realiza por gravedad, ya que al decrecer la energía del transporte los minerales pesados se depositan separándose de los ligeros.

Cabe señalar que la condición primordial para la formación de placeres es que existan rocas con minerales de mena que puedan ser arrancados y acumulados en otros sitios. Asimismo, la estabilidad de la corteza terrestre es esencial para la conservación de los depósitos.

Se han hecho diversos estudios sobre la concentración de minerales pesados en la plataforma continental.

Clifton (1968) analiza la concentración de oro en sedimentos superficiales de la plataforma continental de Oregon. Las arenas negras estudiadas contienen minerales del grupo del platino y oro, en concentraciones que varían de 0.005 a 0.150 ppm, valores que a pesar de ser bajos, constituyen anomalías a la región. Es importante señalar que estos sedimentos pertenecen a playas relictas.

Yancey y Lee (1972) han estudiado asociaciones de minerales pesados en la plataforma continental de la costa central de California asignándolas a provincias definidas separadas geográficamente. En su trabajo marcan cinco asociaciones de minerales pesados en sedimentos del Cenozoico Tardío y Reciente, que definen 9 provincias distintas.

Las asociaciones son 1) hornblenda - esfena 2) hornblenda - granate 3) glauconita - jadeita 4) augita 5) hornblenda - augita - hiperstena.

En un estudio sobre placeres al E de Australia, Jones y Davies (1979) analizan la distribución de minerales de oro y estaño en las zonas de ambiente marinos someros. El trabajo está enfocado a reconocer rasgos topográficos de la plataforma, originados por variaciones en el nivel del mar, donde se pudieron haber acumulado los placeres, ya que según su teoría, las fluctuaciones originan una serie de depósitos masivos distribuidos en ella.

Rittenhouse (1943) estudia sedimentos fluviales para identificar los factores que determinan el depósito y distribución de minerales pesados, tales factores son : 1) diferencias de las condiciones hidráulicas en las diferentes partes de la corriente al tiempo del depósito 2) tamaños de arena disponibles para el depósito en la carga de la corriente 3) tipos de minerales disponibles para el depósito, ya que bajo ciertas condiciones hidráulicas, los minerales con propiedades físico - químicas diferentes, se comportan de una manera diferente. Estos factores pueden ser aplicados en otros ambientes, determinando las condiciones hidráulicas y el comportamiento de los minerales bajo las mismas, es decir, determinando radios hidráulicos equivalentes.

En los sedimentos litorales de Sonora se ha hecho un estudio de metales, encontrándose concentraciones altas de Fe, Ti y Sn en la fracción de 2 a 4 phi, alcanzando valores de hasta 42.66%, 4.68% y 0.47% respectivamente (Carranza-Edwards, et al., en prensa III). En las playas de Oaxaca se han localizado concentraciones

importantes de Fe y Ti, en magnetita e ilmenita, sobre todo en las fracciones finas (Carranza-Edwards, et al., en prensa I).

Los estudios de la plataforma continental en la margen occidental de la República Mexicana son escasos. Se puede citar el trabajo de Márquez y Morales (1984), quienes realizaron un estudio de sedimentos superficiales de la plataforma continental de Guerrero. Carranza-Edwards y colaboradores (1987) estudiaron los sedimentos de la plataforma continental de la misma, haciendo énfasis en los minerales de importancia económica, determinando que el Fe y el Ti se concentran principalmente, en arena fina .

Las investigaciones en el estado de Baja California comprenden estudios de geología regional como los realizados por Gastil, et al. (1975) y Gastil et al. (1981, en Morán,1985) y otros enfocados a los yacimientos minerales (Ojeda, 1963).

El Consejo de Recursos Minerales (Martín-Barajas, 1980) realizó un estudio de detalle en la playa de San Antonio del Mar, con el fin de hacer una evaluación del potencial económico de las arenas titano-ferríferas que en ella se encuentran. Dichas arenas forman un yacimiento de placer, cuya mineralización consiste en ilmenita, zircón y magnetita; sin embargo, gran parte de la fracción de minerales pesados está compuesta de ferromagnesianos sin valor comercial.

Carranza-Edwards, et al. (en prensa II) analizaron el contenido metálico de los sedimentos de la misma área, detectando la presencia de ilmenita, rutilo, monacita y magnetita como minerales de interés económico. Los valores más importantes de Fe y Ti se concentran en las fracciones de arena más finas.

III. AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en el Océano Pacífico, frente a las costas de Baja California Norte, en la región próxima a San Antonio del Mar. Se sitúa entre las coordenadas geográficas 30° 39' y 31° 20' de latitud Norte y 116° 06' y 116° 40' de longitud Oeste (Fig. 1)

El clima en la parte continental del área de estudio, según la clasificación de Köppen, modificada por García (1964), es templado semiseco o semiárido (Bs) en la porción norte y templado seco o árido (Bw) en la porción sur, con régimen de lluvias en invierno en ambas regiones.

En las sierras el clima es de tipo mediterráneo, templado húmedo (Cs). El clima es extremo, con variaciones de temperatura de 7° a 14°C. La precipitación anual promedio en la zona es de 160 mm, y la temperatura media anual es de 16.3°C.

El régimen de vientos es variable. Durante el día los vientos van del mar a tierra, mientras que por la noche el flujo se invierte y se tienen vientos de la tierra al mar de menor intensidad.

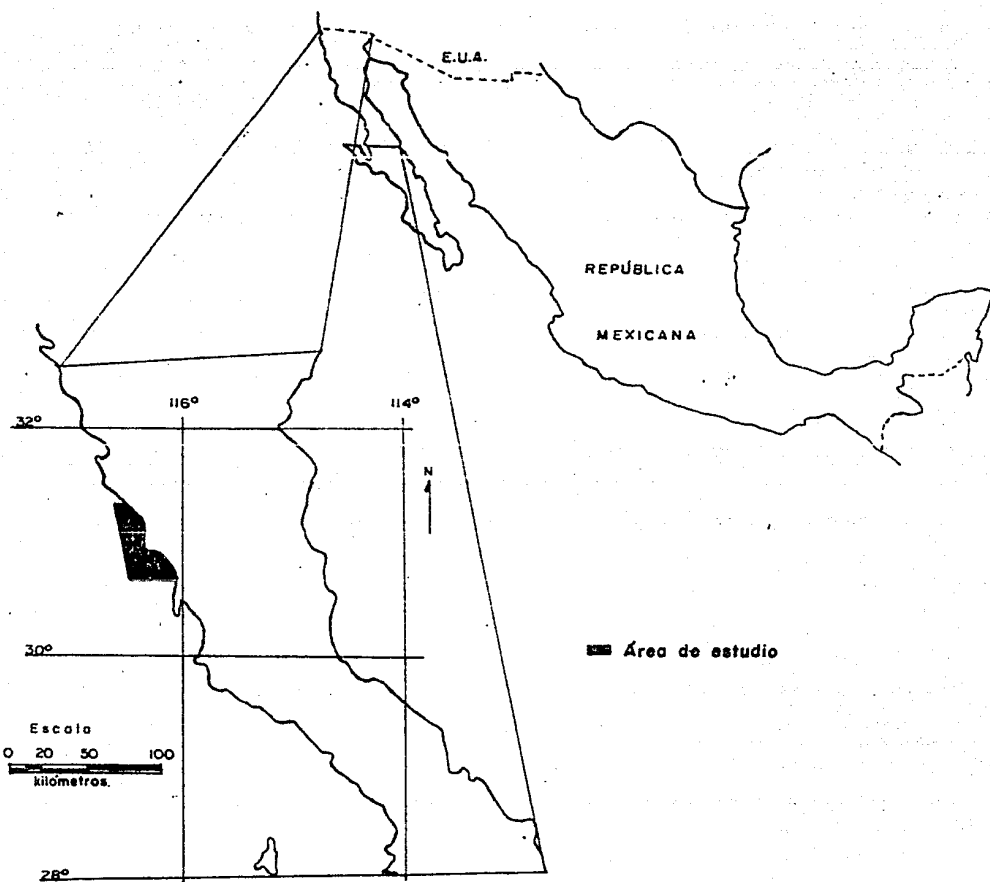


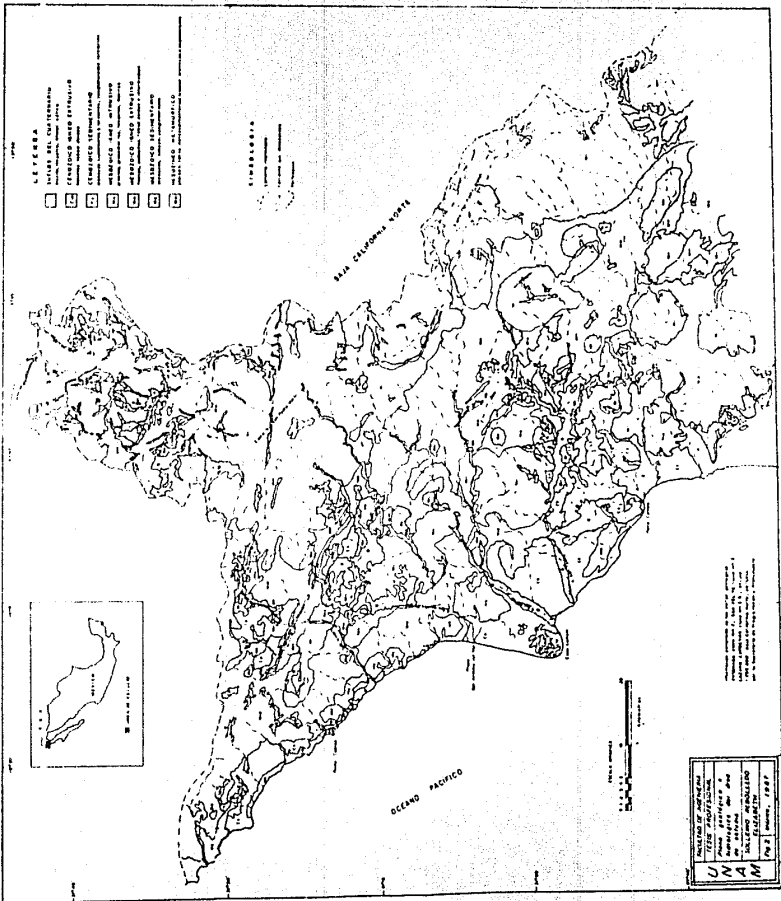
Fig. I LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La dirección predominante de los vientos es al NW con velocidades de 4 m/seg. Le siguen en importancia los vientos de dirección W-NW.

Algunos días de octubre a enero se producen fuertes vientos de dirección E provenientes de las zonas áridas continentales. Los vientos de dirección S y SE pueden terminar en fuertes tormentas (Secretaría de Marina, 1974).

La corriente marina principal es la corriente de California que fluye hacia el SE, paralela a las costas; posee una amplitud de 48 Km, localizándose hasta profundidades de 200 m. No se conoce el comportamiento de la corriente en las áreas adyacentes a la costa, pero se ha visto que durante abril y mayo la corriente de California se acerca más a ella, alejándose de la misma a fines del verano. Por otra parte, a profundidades mayores de 200 m se encuentra la contracorriente de California que circula en dirección NW. Esta corriente se manifiesta como una corriente superficial en la zona cercana a la costa, cuando la corriente de California se aleja (Secretaría de Marina, 1974).

La plataforma continental del área de San Antonio del Mar es una extensión de las tierras emergidas adyacentes. El aporte de sedimentos proviene precisamente de dicha región por lo que es necesario describir la geología asociada (Fig. 2).



Esta región pertenece a la provincia fisiográfica de Sierras de Baja California (Alvarez, 1962), la cual está formada por montañas complejas constituidas por rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Más específicamente, se sitúa dentro de la subprovincia de Sierras Cristalinas que se extiende desde la frontera con Estados Unidos hasta las Sierras San Lino y Pinati.

Está constituida por granitos, granodioritas, dioritas, monzonitas, esquistos y calizas metamorfozadas que conforman las Sierras de Juárez, San Pedro Mártir y Colombia entre otras.

La Sierra San Pedro Mártir de orientación NW-SE forma un bloque de pendiente suave al poniente y pendiente abrupta al oriente. Su máxima elevación se sitúa a los 2820 msnm. Se encuentra disectada por valles angostos de origen tectónico que han sido modelados por la erosión (SPP, 1982, carta Ensenada).

El área de estudio pertenece a la vertiente del Océano Pacífico, drenada por corrientes intermitentes. La red de drenaje es rectangular, dendrítica y localmente anular en la parte de la Sierra San Pedro Mártir.

Los principales ríos de la región son: San Antonio del Mar, San Telmo, San Rafael y San Vicente.

La zona costera puede ser incluida en una unidad morfotectónica. De acuerdo con Carranza - Edwards, et al. (1975) se ubica en la unidad morfotectónica V, que comprende el litoral Pacífico de la península de Baja California. Esta unidad se ve afectada por un deslizamiento gravitacional que se debe al fracturamiento de placas de material cortical, de tal manera que se desplazan hacia el NW.

De acuerdo con la clasificación tectónica de Imman y Nordstrom (1971, en Carranza-Edwards op. cit.) es una costa de colisión, subtipo continental, la cual se produce al chocar una placa continental gruesa con una oceánica delgada. En cuanto a su clasificación geomorfológica y genética, Carranza - Edwards (et al., op. cit.) señala que existen en esta unidad costas primarias por depositación subeólica por vientos (costas con dunas); costas secundarias, por erosión de oleaje, promontorios formados por olas; y, costas secundarias, por depositación marina (costas de barrera). Estas últimas no se aprecian en la zona de estudio.

Por otro lado, resulta necesario describir la geología de la zona continental, dado que de ella provienen los sedimentos que son aportados a la plataforma continental. Así pues, se ha delimitado la región continental por medio de la cuenca hidrológica, puesto que el transporte de sedimentos se lleva a cabo, principalmente por los ríos.

En Baja California Norte existen tres franjas de roca preterciarias de orientación NW-SE. Cada una posee características petrológicas, estructurales y estratigráficas propias, lo que hace posible diferenciarlas. Las tres franjas han sido cubiertas total o parcialmente por rocas volcánicas y depósitos sedimentarios cenozoicos (Morán, 1985).

La primera franja, la más occidental, está constituida por rocas marinas y continentales del Cretácico Superior, pertenecientes a la Formación Rosario.

La franja central, ubicada al oriente de la anterior y separada de la misma por la línea Santillán y Barrera (Gastil, et al. 1975), está formada por rocas volcánicas y piroclásticas de composición dacítico - andesítica pertenecientes a la Formación Alisitos. Estas rocas están afalladas e instrusionadas por cuerpos graníticos del Cretácico Superior.

La tercera franja, localizado hacia el borde oriental de la península de Baja California Norte, está compuesta de rocas intrusivas y metamórficas, formando un complejo batolítico y metasedimentario (Morán, op. cit.).

En la zona de trabajo, la primera franja se encuentra cubierta casi por completo por sedimentos y rocas cenozoicas, encontrándose

sólo pequeños afloramientos de areniscas, calizas y conglomerados del Cretácico (Fig. 2).

La franja batolítica y metasedimentaria ocupa la mayor parte del área considerada. Está formada por granitos, granodioritas, dioritas y tonalitas del Cretácico y por gneises, metacalizas, metareniscas, metaconglomerados, pizarras, esquistos y cuarcitas del Mesozoico (SFP, 1982).

Por su parte, la franja volcánica está constituida por rocas ígneas, ácidas e intermedias: riolitas, tobas riolíticas y andesíticas y andesitas, las cuales predominan. Su edad pertenece al Cretácico.

Durante el Cenozoico se han depositado grandes espesores de sedimentos, principalmente continentales, marinos y deltáicos (Castil, et al. 1975), producidos por variaciones de la línea de costa.

En el área de trabajo afloran conglomerados terciarios y areniscas terciarias y cuaternarias. Estas son rocas poco consolidadas. Las areniscas cuaternarias ocupan una buena parte de la costa occidental de la región, sobre todo al NE de Cabo Colonet.

Dentro de los eventos volcánicos cenozoicos se destacan los que dieron origen a las rocas piroclásticas de naturaleza ácida durante el Mioceno, así como los emplazamientos de basaltos del Terciario Superior.

Se han desarrollado depósitos aluviales, eólicos, lacustres y litorales durante el Cuaternario. En la región costera se localizan las acumulaciones eólicas, lacustres y litorales.

La historia tectónica de la zona debe explicarse en términos de evolución de la península de Baja California. Durante Paleozoico se tienen evidencias de que la península era una marg pasiva con estabilidad tectónica, condiciones que se mantuvieron hasta el Jurásico (Morán, 1985). A partir de esta época se desarrolla un dominio de arco insular que permite el emplazamiento de secuencias volcánicas, volcanoclásticas, batolíticas y sedimentarias, las cuales fueron metaformizadas y levantadas (Gastil, et al. 1981, en Morán, op. cit.).

En el Cretácico Superior la zona de subducción en la margen occidental de la península (límite entre las placas Farallón y Norteamericana), da origen a las secuencias piroclásticas miocénicas y basaltos del Terciario Superior (Morán, 1985). Hace aproximadamente 30 millones de años ocurre la colisión entre las placas Norteamericana y Pacífica, al tiempo que empieza un movimiento lateral derecho a lo largo de su límite de crecimiento. Tal movimiento es el que ha ocupado la franja del sistema San Andrés y Golfo de California (Atwater, 1970, en Morán, op. cit.).

La plataforma continental del Área de San Antonio del Mar es amplia de pendiente suave, la cual varía entre 0.23° y 0.40° . Se trata de una plataforma de relieve uniforme sin elevaciones o depresiones topográficas notables.

La zona de mayor pendiente se encuentra al W de Cabo Colonet, donde la plataforma posee una inclinación de 1.07° ; esta parte coincide con una costa formada por paredes acantiladas.

La zona de pendiente más suave se localiza al E-SE de Cabo Colonet, y al NW de Punta San Isidro, en donde se tiene una inclinación de 0.23° . Esta zona parece coincidir con una región de descarga de los ríos San Telmo y San Rafael.

La plataforma posee una amplitud de 25 Km, localizándose el cambio de pendiente a una profundidad de más de 100 m (SFP, 1981). El límite externo de la plataforma continental está marcado por el inicio del borderland, denominado así por Shepard y Emery (1941, en Moore, 1968).

El borderland se extiende desde Punta Arguello, California, E.U., hasta Punta San Antonio, Baja California, México. Sus límites son: al W y SW la provincia submarina de montes marinos de Baja California; al N la provincia de Sierras Transversas de California y al E la provincia de Sierras Peninsulares ocupada

por la península de Baja California (Moore, 1966)

La región se caracteriza por presentar una serie de depresiones (cuencas) y elevaciones (bloques) afectadas por un intenso tectonismo que se evidencia, por la presencia de grandes fallas, un intenso vulcanismo y un alto flujo térmico (Krause, 1965).

Los sistemas de fallas se caracterizan por contar con una falla principal y una serie de fallas normales menores asociadas, así como por una actividad sísmica continua. La localización epicentral es muy deficiente en la región, pero se ha observado que se encuentra alineada con los principales rasgos sísmicos. Se cree que en esta zona pueden generarse sismos de magnitud considerable, que dañen las ciudades costeras de California y Baja California (Wong, et al. 1987).

IV. METODO DE TRABAJO

En la elaboración de este estudio, se ha desarrollado un método de trabajo, el cual se ha dividido en 3 etapas: La primera, denominada de muestreo se realizó a bordo del buque oceanográfico (B/O) "El Puma". La segunda corresponde a la fase de laboratorio, donde se analizaron los sedimentos obtenidos en la etapa previa. El trabajo de gabinete constituye la tercera etapa; en ésta se hicieron configuraciones de los datos obtenidos, se preparó e integró todo el material y se realizó la interpretación de resultados.

Muestreo.

La recolección de los sedimentos se llevó a cabo a bordo del B/O "El Puma" del ICMYL de la UNAM. "El Puma" es un buque creado para desarrollar e impulsar las Ciencias del Mar, por lo que cuenta con diversos laboratorios e instrumentos útiles en la investigación oceanográfica.

La extracción de sedimentos a bordo del buque, se hizo con ayuda de una draga del tipo Smith-McIntyre, cuya principal característica es extraer al sedimento sin alterarlo. Para este estudio se tomó muestra del sedimento superficial únicamente.

Se hizo un recorrido en 9 transectos, teniéndose programadas 45

estaciones a profundidades de 10, 25, 50, 75 y 100 m. De las 45 estaciones sólo se obtuvo sedimento en 33 de ellas; en otras 6 la draga salió sin sedimento, sospechándose que en esa parte el fondo era rocoso; en 4 estaciones se recogieron fragmentos de roca y lascas de basalto, por último, 2 de las estaciones proyectadas hubieron de cancelarse por encontrarse muy cercanas a la costa (Fig. 3).

El posicionamiento de las estaciones se determinó por medio de satélite y radar, mientras que las profundidades se determinaron con ayuda de la ecosonda del puente de mando (tabla 1).

A bordo del buque se hizo un estudio preliminar de las muestras, observándose su color en húmedo y en seco (tabla 2) utilizando las tablas de color de Munsell (1975), y determinándose su proporción de grava, arena y lodo con un tamizado en húmedo. Los datos de profundidades, de color y porcentajes de grava, arena y lodo permitieron elaborar planos batimétricos (Fig. 4), de color en húmedo (Fig. 5), de color en seco (Fig. 6), de grava, arena y lodo. Estos últimos componentes se analizaron posteriormente en laboratorio, de modo que pudieron ser corregidos los errores causados por contaminación de muestras, por el movimiento del barco y los errores humanos.

Laboratorio.

En el laboratorio de sedimentología del ICMYL se realizó el análisis granulométrico de las muestras;

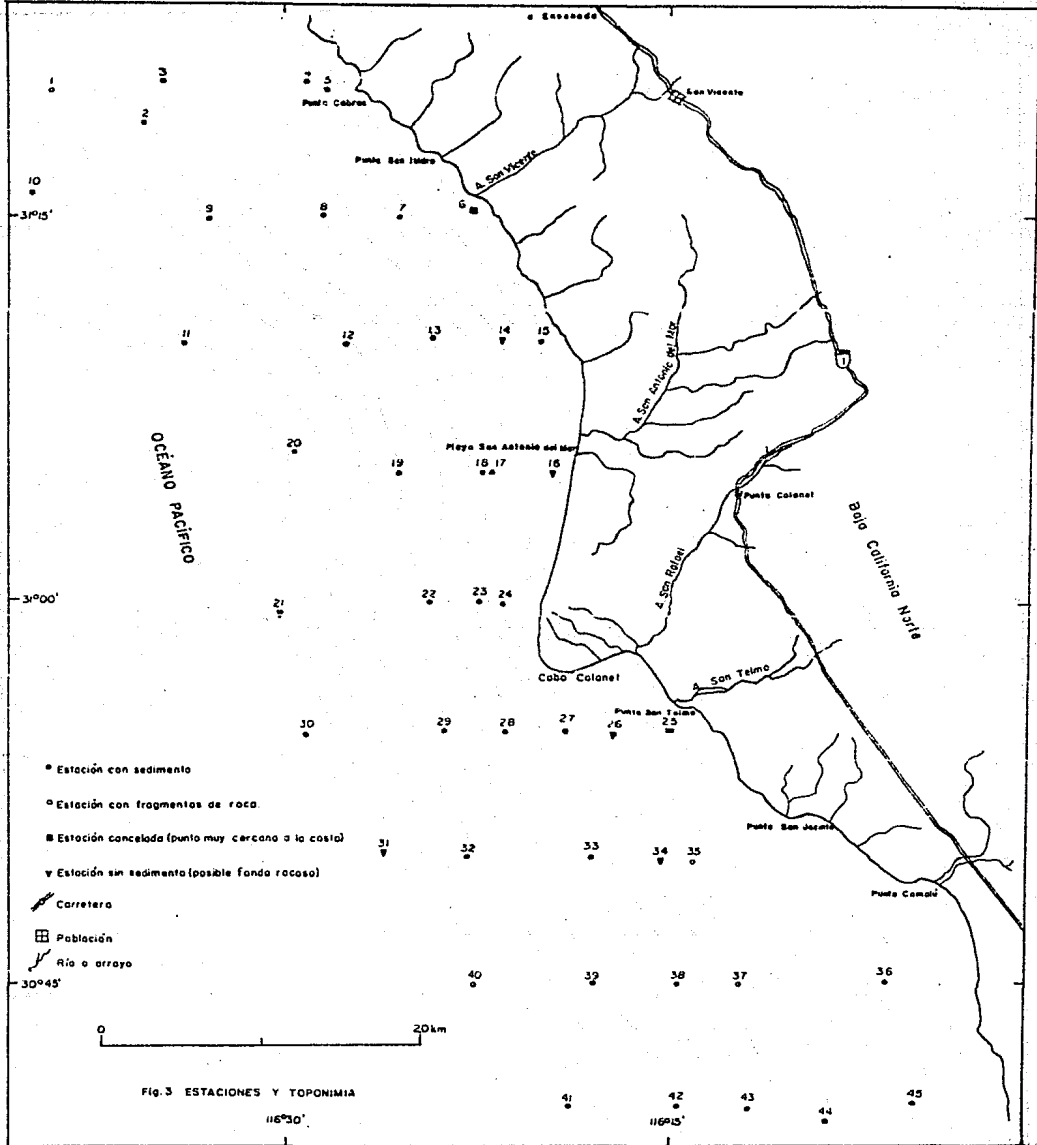
Tabla No. 1 DATOS GENERALES DE MUESTREO

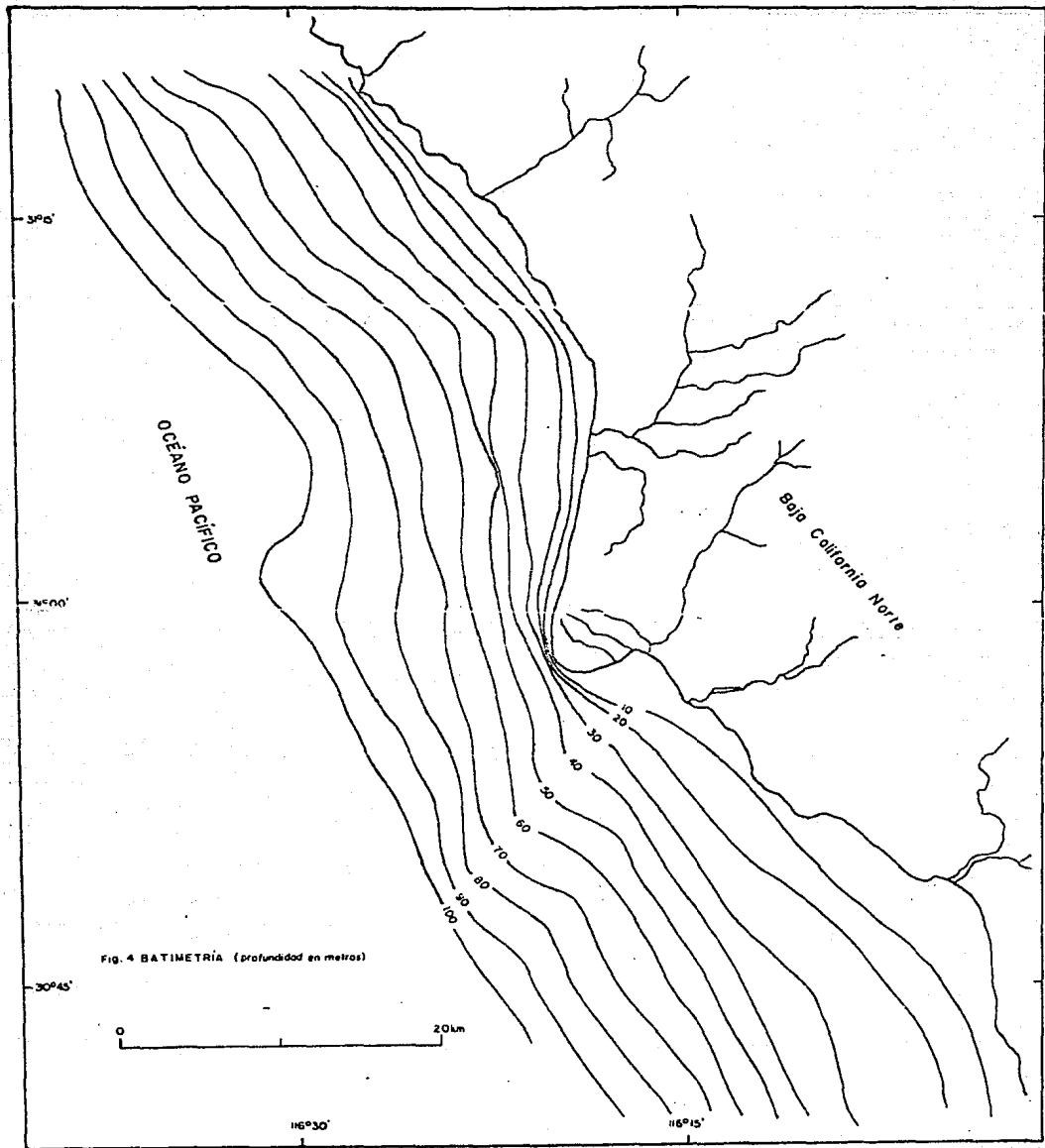
ESTACION	LATITUD grados-minutos	LONGITUD grados-minutos	PROFUNDIDAD (M)	OBSERVACIONES
1	31 19.8	116 39.0	100	Fragmento de roca
2	31 19.6	116 35.4	76	Con sedimento
3	31 20.1	116 34.7	56	Con sedimento
4	31 20.1	116 29.1	34	Con sedimento
5	31 19.9	116 28.3	31	Con sedimento
6		Cancelada por encontrarse cerca		de un bajo
7	31 14.8	116 25.5	33	Con sedimento
8	31 15.0	116 29.5	50	Con sedimento
9	31 14.9	116 32.8	76	Con sedimento
10	31 16.0	116 39.9	110	Con sedimento
11	31 10.0	116 33.4	103	Con sedimento
12	31 10.0	116 27.6	75	Con sedimento
13	31 10.2	116 24.3	55	Con sedimento
14	31 10.2	116 21.6	35	No se obtuvo sedimento Fondo rocoso
15	31 10.1	116 20.0	20	Con sedimento
16	31 05.0	116 19.7	19	Fondo rocoso - rocas
17	31 05.0	116 22.0	35	Con sedimento
18	31 05.0	116 22.2	52	Con sedimento
19	31 05.0	116 25.5	73	Con sedimento
20	31 05.9	116 29.6	101	Con sedimento
21	31 09.7	116 30.2	99	No se obtuvo sedimento
22	31 00.0	116 24.5	71	Con sedimento
23	31 00.0	116 22.5	52	Con sedimento
24	31 00.0	116 21.5	36	Con sedimento
25		Cancelada por estar muy cerca de		la costa
26	30 54.9	116 17.1	22	No se obtuvo sedimento
27	30 55.0	116 19.0	31	Con sedimento
28	30 55.0	116 21.4	54	Con sedimento
29	30 55.0	116 23.8	75	Con sedimento
30	30 54.9	116 29.2	109	Con sedimento
31	30 50.2	116 26.1	105	No se obtuvo sedimento
32	30 50.1	116 23.0	73	Con sedimento
33	30 50.0	116 18.0	50	Con sedimento
34	30 50.0	116 15.2	33	Fondo rocoso
35	30 49.9	116 14.0	26	Fondo rocoso, algunas rocas
36	30 45.0	116 06.5	18	Con sedimento
37	30 45.0	116 12.2	25	Se obtuvieron rocas
38	30 45.0	116 14.6	55	Con sedimento
39	30 45.0	116 17.9	70	Con sedimento
40	30 45.0	116 22.8	100	No se obtuvo sedimento Grava de lilitos
41	30 40.1	116 18.8	96	Con sedimento
42	30 40.1	116 14.6	73	Con sedimento
43	30 40.0	116 11.8	51	Con sedimento
44	30 39.5	116 08.9	31	Con sedimento
45	30 40.2	116 05.3	25	Con sedimento

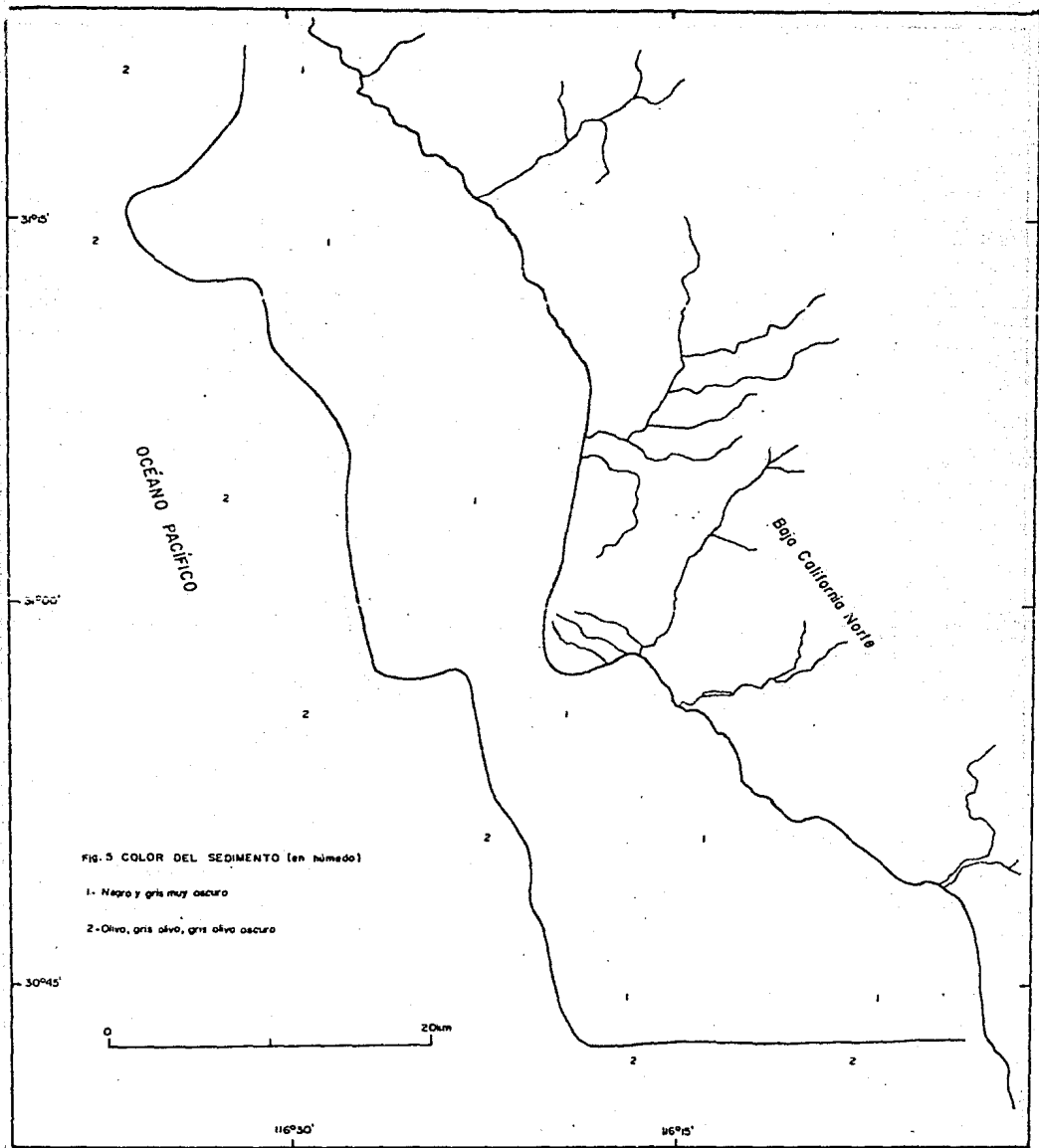
Tabla No. 2 COLOR DEL SEDIMENTO EN HUMEDO Y EN SECO

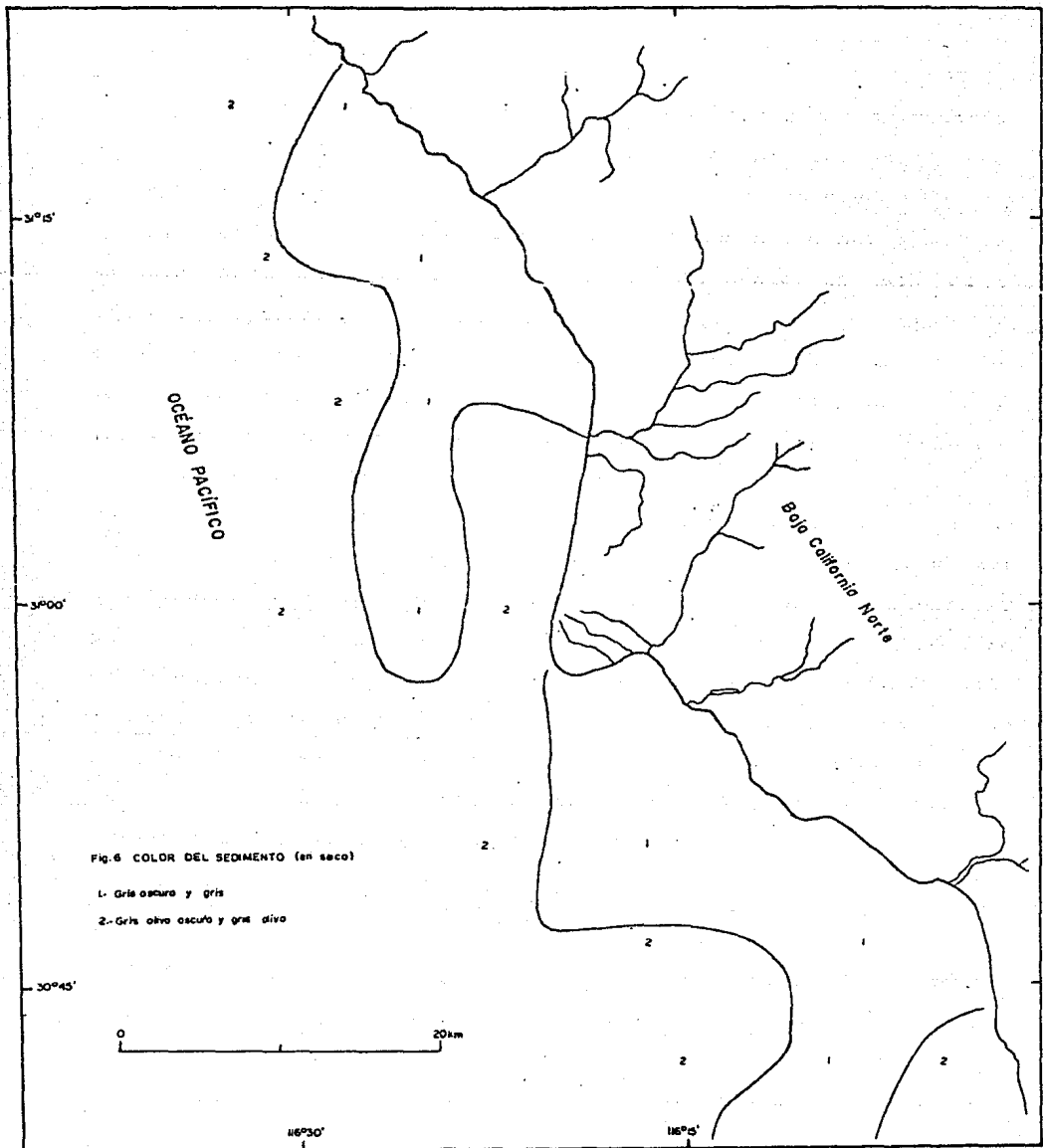
COLOR EN HUMEDO			COLOR EN SECO	
CLAVE		NOMBRE	CLAVE	NOMBRE
2	5Y 3 /2	gris olivo oscuro	5Y 5/2	gris olivo
3	5Y 3 /2	gris olivo oscuro	5Y 5/2	gris olivo
4	5Y 2.5/1	negro	5Y 5/2	gris olivo
5	5Y 2.5/1	negro	5Y 5/1	gris
7	5Y 2.5/2	negro	5Y 4/1	gris oscuro
8	5Y 2.5/2	negro	5Y 4/1	gris oscuro
9	5Y 2.5/2	negro	5Y 5/2	gris olivo
10	5Y 3 /2	gris olivo oscuro	5Y 3/2	gris olivo oscuro
11	5Y 3 /2	gris olivo oscuro	5Y 4/2	gris olivo
12	5Y 2.5/2	negro	5Y 5/2	gris olivo
13	5Y 2.5/1	negro	5Y 4/1	gris oscuro
15	5Y 2.5/1	negro	5Y 4/1	gris oscuro
17	5Y 2.5/2	negro	5Y 3/2	gris olivo
18	5Y 3 /2	gris olivo oscuro	5Y 5/2	gris olivo
19	5Y 2.5/2	negro	5Y 4/1	gris oscuro
20	5Y 3 /2	gris olivo oscuro	5Y 5/2	gris olivo
22	5Y 2.5/1	negro	5Y 4/1	gris oscuro
23	5Y 2.5/2	negro	5Y 5/2	gris olivo
27	5Y 2.5/1	negro	5Y 5/2	gris olivo
28	5Y 3 /1	gris muy oscuro	5Y 5/1	gris
29	5Y 3 /2	gris olivo oscuro	5Y 5/2	gris olivo
30	5Y 3 /2	gris olivo oscuro	5Y 5/2	gris olivo
32	5Y 3 /2	gris olivo oscuro	5Y 5/2	gris olivo
33	5Y 2.5/1	negro	5Y 5/1	gris
34	5Y 2.5/2	negro	5Y 5/1	gris
38	5Y 2.5/2	negro	5Y 5/2	gris olivo
39	5Y 2.5/2	negro	5Y 5/2	gris olivo
41	5Y 3 /2	gris olivo oscuro	5Y 5/2	gris olivo
42	5Y 3 /2	gris olivo oscuro	5Y 5/2	gris olivo
43	5Y 3 /2	gris olivo oscuro	5Y 4/1	gris olivo
44	5Y 4 /2	gris olivo	5Y 5/1	gris
45	5Y 4 /4	olivo	2.5Y 5/2	gris olivo

TESIS PROFESIONAL. FACULTAD DE INGENIERIA, UNAH. SOLLEIRO, 1987.









describen a continuación

Eliminación de materia orgánica. Es necesario que la materia orgánica se destruya porque origina que se formen agregados que no se dispersan fácilmente, sobre todo en la fracción lodosa. Si el sedimento es predominantemente arenoso se toma toda la muestra para el análisis, pero si el sedimento es más bien lodoso, entonces se toma una sola cucharada de muestra, previamente homogenizada. Considerando ésto, la submuestra o muestra total se coloca en un vaso de precipitado de 1 litro con 1/2 litro de agua oxigenada diluida a 11 volúmenes. Se deja en ella por lo menos 24 horas.

Posteriormente, la muestra con agua oxigenada se vacía en un recipiente, el cual se pone a calentar. La mezcla debe ser vigilada constantemente para evitar que se derrame o se queme y para agregar agua oxigenada conforme sea necesario. La materia orgánica produce una espuma verdosa de olor fétido, características que desaparecen cuando se ha eliminado del todo, permitiendo observar una espuma clara o blanca. Se deja de calentar y se coloca nuevamente en el vaso de precipitado limpio, cuidando no perder material en ninguna de las operaciones.

Tamizado en húmedo. Este procedimiento sirve para separar la arena y el lodo, para lo cual se requiere un tamiz US estándar 230 y agua destilada. Se toma la muestra a la que se ha eliminado la materia orgánica y se le agrega 1/2 litro de agua destilada; con un agitador de vidrio se mezcla vigorosamente; al dejar de

mover se dejan correr unos tres segundos permitiendo que la fracción arenosa se asiente, el agua lodosa se vacía sobre la malla 230, recibién dose el líquido en un recipiente. Esta operación se repite 3 ó 4 veces, cuidando que la arena no llegue al tamiz y éste se tape. El agua lodosa se coloca en un vaso de 2 litros, donde se deja, en un lugar tranquilo, durante 48 horas (o más), permitiendo la decantación del lodo.

La arena restante ya limpia se pone a secar. Una vez seca, si tiene grava se separa con un tamiz de abertura igual a 2 mm y se pesan cada una por separado.

Lavado del lodo. El lodo debe quedar perfectamente limpio, sin sales para evitar que se formen agregados, ya que éstas ayudan a la floculación de las arcillas, puesto que actúan como electrolitos, ocasionando que las láminas de arcilla se atraigan, impidiendo así, el análisis granulométrico (Folk, 1969) El agua lodosa obtenida en el tamizado en húmedo se deja decantar. Cuando se observe que ya no hay lodo en suspensión se procede a sacar el agua por medio de un sifón. El sifón hay que colocarlo en el centro del vaso para que no toque las paredes (donde se queda algo de material), ni el fondo, donde se ha acumulado el sedimento. Ya que se ha extraído el agua, se agrega 1 litro más de agua destilada dejándose en reposo dos o tres días hasta que el lodo se haya depositado. Entonces se repite la operación del sifón. Todo el procedimiento debe realizarse por lo menos 3 veces.

Tamizado de arena y grava. La arena y grava limpias, secas y

pesadas se tamizan a intervalos de $1/4$ de phi, usando una serie de tamices US estándar que van de -1 a 4 phi para las arenas y de -3.25 a -1 phi para las gravas. Cuando el contenido de grava es menor que 5% del total de la muestra, no se tamiza.

La muestra se coloca en la serie de tamices, si es arenosa en la serie de -1 a 4 phi y si contiene grava utilizando la serie de -3.25 a 4 phi. Para los tamaños de grava mayores que -3.25 , se utiliza un acrílico diseñado especialmente para ellos.

Los tamices se colocan en un rotap durante 15 min. tiempo que se considera que ya han pasado todos los tamaños. Pasado ese tiempo se retiran del rotap y se van limpiando, uno por uno, recuperando todo el material, el cual se coloca en una bolsita etiquetada, que servirá para análisis posteriores. El residuo mayor que 4 phi se incorpora al resto de lodo limpio que se va a pipetear.

Pipetando del lodo. Este procedimiento se basa en el principio de que la velocidad de sedimentación de las partículas en un líquido está en función de su tamaño, siguiendo la ley física de Stokes que relaciona la velocidad de sedimentación con el tamaño y redondez de las partículas.

Cuando el lodo ya ha quedado limpio, se pone a secar a temperatura ambiente para evitar que se queme o endurezca, pues ello origina que la estructura molecular de las arcillas se altere y entonces es imposible separar las partículas impidiendo el análisis. Una vez seco, el lodo se pesa en una balanza de precisión.

El análisis granulométrico de lodos es muy difícil de realizar, dado que no es posible obtener partículas individuales de arcilla, por lo que la distribución de tamaño que resulta corresponde a su grado de disgregación (Folk, 1969). La distribución, según este autor es confiable hasta diámetros de 6 - 7 phi (0.016 - 0.008 mm), pero en tamaños menores la velocidad de sedimentación es muy variable y depende en gran medida del tipo de arcilla que se trate.

Es necesario usar un dispersante, el cual evita la floculación de las arcillas y produce que la suspensión sea homogénea y de baja concentración. En este caso se usó el oxalato de sodio, 5 gr por cada litro de agua. Cada muestra requiere de 1 litro de agua con dispersante, pero debe prepararse un litro más por las pérdidas que pueda haber y para tomar 5 alíquotas de agua con dispersante que se ponen a secar y se pesan determinando su concentración exacta, tomando el promedio de las cinco.

El lodo que se va a pipetear se coloca en un cilindro graduado de vidrio de 1 litro . Se le agrega la solución dispersante. La muestra que se va a pipetear no debe pesar más de 20 gr ya que muestras mayores no se dispersan bien provocando muchos errores. El lodo y dispersante se agitan con un batidor mecánico, que mezcla homogéneamente el sedimento en cada nivel del cilindro, con un movimiento vertical vigoroso. Después, se deja reposar durante 24 horas, o el tiempo que sea necesario para que no existan agregados.

Una vez que el lodo se ha dispersado, se empieza el pipeteado a cada phi, se agita la mezcla con el batidor mecánico nuevamente, con un movimiento vertical y homogéneo, a partir de que se saca el batidor se empieza a contar el tiempo de depositación. Para cada fracción se extrae una alícuota de 20 ml que se coloca en un vaso limpio pesado.

Cada fracción de tamaño se toma a una cierta profundidad "h" y a un cierto tiempo "t", parámetros que ya han sido determinados para una temperatura ambiente de 20°C. En este estudio se utilizaron los siguientes tiempos y profundidades para cada fracción, basado en las experiencias del laboratorio de sedimentología del ICMYL (Sánchez - Lara, 1986).

Intervalo (phi)	diámetro (mm)	Tiempo para extracción de alicotas	Profundidad de extracción (cm)
4 - 5	0.341 - 0.085	20 seg.	20.0
5 - 6	0.085 - 0.021	1 min. 57.2 seg.	10.0
6 - 7	0.021 - 0.005	7 min. 48 seg.	10.0
7 - 8	0.005 - 0.001	31 min. 15.3 seg.	10.0
> 8	> 0.001	1 hr. 2 min. 30.6 seg.	5.0

Cada vaso con su correspondiente fracción se seca; el sedimento seco se coloca en una campana de vacío para extraer toda la humedad; hecho esto se pesa cada fracción. En el peso de la primera alicota (4 - 5 phi) se tienen todos los tamaños por lo que se debe restar el peso de la segunda alicota; a ésta se le resta el de la que sigue hasta llegar a la fracción > 8 phi. Al peso obtenido se le resta el peso promedio del dispersante.

El peso de la fracción se multiplica por 50, ya que se tomó 1/50 de un litro de la suspensión. De esta manera se obtiene el peso para cada fracción de lodo a intervalos de 1 phi.

El residuo de sedimento del cilindro se pasa por una malla de 30 micras operación que permite separar el limo grueso del lodo. Esta fracción se analiza composicionalmente por separado.

Análisis composicional. En el laboratorio de química marina del ICMYL, se hicieron análisis de absorción atómica para determinar el contenido de Si, Al, Fe, Ti, Mn, materia orgánica, Sn, Ba,

Sr, Ag, Zn, Cr, Ni, Cu, Co, Cd en el sedimento. Asimismo, se analizaron muestras para determinar el contenido de Al, Fe, Ti y Si en cada fracción de 1/4 de phi y en la fracción de 4 a 5 phi. Estas muestras fueron escogidas por su cercanía al área de la playa de San Antonio del Mar, aunque también se tomó una muestra de la porción sur para poder hacer comparaciones.

La fracción arcillosa del sedimento se estudió en el Instituto de Geología, por medio de un análisis de difracción de rayos X para detectar la presencia de minerales como montmorillonita, micas; anfíboles, caolinita, cuarzo, feldespatos, calcita y hematita. Este método es semicuantitativo, ya que proporciona la abundancia de un mineral con respecto a otro, por medio de una gráfica que marca diferentes "picos", dados por longitudes de onda distintas pertenecientes a cada mineral.

Además, el Consejo de Recursos Minerales hizo estudios de difracción y fluorescencia de rayos X en algunas muestras, para determinar el tipo de mineral existente en cada fracción del sedimento.

Algunas de la muestras se observaron al microscopio estereográfico y petrográfico lo que permitió conocer la composición mineralógica en cada fracción del sedimento arenoso y en la fracción de limo grueso.

Gabinete:

Con todos los datos obtenidos en la fase anterior se procedió a preparar e integrar los resultados.

Primero, se hicieron los cálculos para determinar los percentiles, los parámetros estadísticos y los porcentajes de arena, grava, limo y arcilla. Dichos cálculos fueron realizados por medio de un programa de computadora elaborado para tal fin.

Los resultados obtenidos se presentan en las tablas 3 y 4. El programa se alimentaba con los pesos de la muestra total, el peso de la primera alicota del pipeteado y la fracción en unidades phi con su correspondiente peso obtenido en el análisis granulométrico (se consideran las fracciones de grava, de arena y de lodo). El programa, además de proporcionar los porcentajes de grava, arena, limo, arcilla, percentiles y parámetros estadísticos, hace una compensación hacia lodos, por errores de tratamiento. Las fórmulas utilizadas para la determinación de los parámetros y los límites texturales de los mismos son los propuestos por Folk (1969) y se muestran en la tabla 5.

Los parámetros texturales, las proporciones de grava, arena, lodo y los contenidos de los diferentes elementos en el sedimento se han configurado en planos que han ayudado en la interpretación de resultados, que se discutirán en los capítulos correspondientes.

Tabla No. 3 PERCENTILES (unidades phi)

Muestra	PHI5	PHI16	PHI25	PHI50	PHI75	PHI84	PHI95
2	3.68	4.02	4.22	4.67	5.44	6.13	8.93
3	3.28	3.40	3.49	3.70	4.03	4.51	5.56
4	3.26	3.35	3.42	3.63	3.90	4.12	4.88
5	3.26	3.35	3.43	3.63	3.88	4.02	4.09
7	3.34	3.60	3.75	4.00	4.57	4.78	5.48
8	3.66	4.02	4.15	4.52	4.90	5.00	7.00
9	0.90	2.67	3.35	4.30	4.82	5.02	8.62
10	-1.55	2.00	3.02	3.92	4.72	5.06	8.05
11	-4.06	-3.95	-3.03	-1.08	3.24	3.97	6.68
12	3.20	3.48	3.66	4.11	4.72	4.93	7.29
13	3.47	3.85	4.06	4.46	4.86	50.3	7.30
15	3.15	3.36	3.47	3.72	4.13	4.50	4.95
17	2.91	3.11	3.22	3.40	3.63	3.78	4.57
18	3.06	3.31	3.40	3.69	4.26	4.64	5.86
19	-2.95	-2.48	-2.12	-1.07	2.84	3.94	6.53
20	1.30	2.44	3.11	3.71	4.36	4.79	8.67
22	-2.60	-1.92	-1.59	-0.06	2.69	4.32	7.04
23	3.17	3.39	3.51	3.88	4.55	4.83	5.99
27	3.02	3.23	3.32	3.53	3.87	4.18	4.99
28	3.13	3.38	3.50	3.82	4.59	4.99	6.45
29	-1.57	-1.03	-0.48	1.96	4.69	6.81	10.57
30	-3.07	-2.68	-2.40	-1.21	1.60	3.17	6.93
32	3.04	-1.75	-0.92	1.13	1.66	1.96	2.69
33	2.87	3.40	3.55	3.84	4.39	47.2	6.41
36	3.43	3.65	3.78	4.13	4.68	4.88	7.43
38	-2.30	1.35	3.58	3.63	4.18	4.54	4.97
39	2.90	3.47	3.62	3.96	4.56	4.79	6.01
41	-1.50	2.10	2.96	3.67	4.30	4.77	7.91
42	0.05	3.51	3.67	4.02	4.55	4.75	4.98
43	3.03	3.23	3.34	3.56	3.72	3.85	4.66
44	0.05	0.57	0.70	1.01	1.40	1.57	2.07
45	-0.50	-0.06	0.18	0.791	1.31	1.49	1.90

TESIS PROFESIONAL. FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM. SOLLEISO, 1937.

Tabla No. 4 PARAMETROS TEXTURALES Y PORCENTAJES DE GRAVA, ARENA,
LIMO Y ARCILLA

Muestra	Mz(phi)	OI(phi)	SKI	Kg	Grava(%)	Arena(%)	Limo(%)	Arcilla(%)
2	4.94	1.32	0.50	1.77	0.00	12.14	79.83	7.74
3	3.87	0.63	0.54	1.74	0.00	74.48	23.81	1.71
4	3.70	0.44	0.40	1.38	0.00	82.31	15.57	1.12
5	3.67	0.42	0.37	1.48	0.00	83.74	14.88	1.38
7	4.13	4.62	0.36	1.06	0.00	50.45	49.44	0.11
8	4.57	0.86	0.32	2.06	0.00	14.67	81.66	3.68
9	4.00	1.76	-0.14	2.16	0.00	35.16	59.32	5.53
10	3.66	2.34	-0.15	0.68	6.30	47.04	40.64	6.02
11	-0.35	3.60	0.82	0.70	51.15	33.40	11.99	3.47
12	4.18	0.98	0.34	1.60	0.00	45.24	50.74	4.02
13	4.45	0.88	0.23	1.96	0.00	21.22	74.73	4.05
15	3.86	0.56	0.37	1.13	0.00	71.95	26.46	1.59
17	3.43	0.42	0.29	1.66	0.00	91.51	7.46	1.03
18	3.88	0.76	0.49	1.33	0.00	68.64	28.81	2.54
19	0.13	3.04	0.58	0.78	51.23	33.59	12.01	3.17
20	3.64	1.71	0.13	2.41	0.00	67.43	26.72	5.85
22	0.58	3.02	0.60	0.92	43.59	38.20	14.44	3.77
23	4.03	0.79	0.41	1.12	0.00	57.37	40.07	2.56
27	3.65	0.54	0.42	1.47	0.00	81.57	17.14	1.29
28	4.06	0.91	0.52	1.25	0.00	61.72	36.04	2.24
29	-2.58	3.80	0.33	0.96	16.67	53.13	18.42	11.79
30	-0.24	2.98	0.56	1.02	52.53	36.83	7.81	2.84
32	0.45	1.90	-0.50	0.94	24.00	74.40	1.60	0.00
33	3.98	0.87	0.40	1.73	0.00	64.22	32.57	3.21
36	4.22	0.92	0.43	1.81	0.00	43.98	51.33	4.69
38	3.17	1.90	-0.53	1.85	9.80	60.56	27.87	1.77
39	4.07	0.80	0.28	1.36	0.00	52.83	43.80	3.37
41	3.51	2.08	-0.15	2.84	7.49	61.56	26.14	4.81
42	4.09	1.06	-0.21	0.30	4.55	44.75	48.63	2.07
43	3.55	0.40	0.14	1.76	0.00	88.79	10.114	1.09
44	0.90	0.56	0.09	1.19	0.00	99.66	0.34	0.00
45	0.74	0.75	-0.09	0.37	0.00	99.97	0.02	0.00

TESIS PROFESIONAL. FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM. SOLLEIRO, 1987.

Tabla No. 5 LÍMITES Y FORMULAS DE LOS PARÁMETROS TEXTURALES
(I) (Folk, 1969).

Tamaño gráfico promedio (Mz)

$$Mz = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

-1	0	phi arena muy gruesa
0	1	phi arena gruesa
1	2	phi arena mediana
2	3	phi arena fina
3	4	phi arena muy fina
4	5	phi limo grueso

Desviación estándar gráfica inclusiva (OI)

$$OI = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_{5}}{6.6}$$

<	- 0.35	phi	muy bien clasificado
0.35	- 0.50	phi	bien clasificado
0.50	- 0.71	phi	moderadamente bien clasificado
0.71	- 1.00	phi	moderadamente clasificado
1.00	- 2.00	phi	mal clasificado
2.00	- 4.00	phi	muy mal clasificado
4.00	- >	phi	extremadamente mal clasificado

Asimetría gráfica inclusiva (SKI)

$$SKI = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_{5} + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_{5})}$$

1.00	-	0.30	muy asimétrico hacia finos
0.30	-	0.10	asimétrico hacia finos
0.10	-	-0.10	casi simétrico
-0.10	-	-0.30	asimétrico hacia gruesos
-0.30	-	-1.00	muy asimétrico hacia gruesos

CONTINUA

Tabla No. 5 LÍMITES Y FORMULAS (CONTINUACION)

Curtosis gráfica (KG)

$$K_g = \frac{\phi_{h175} - \phi_{h15}}{2.44 (\phi_{h75} - \phi_{h25})}$$

<	-	0.67	muy platicártica
0.67	-	0.90	platicártica
0.90	-	1.11	mesocártica
1.11	-	1.50	leptocártica
1.50	-	3.00	muy leptocártica
3.00	-	>	extremadamente leptocártica

(I) Tomado de Folk (1969).

TESIS PROFESIONAL, FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM. SOLLEIRO, 1987

Asimismo, se prepararon figuras de variación de minerales con la profundidad en la fracción arcillosa y de variación de minerales con el tamaño de grano. Por último, se ha hecho la integración del trabajo, haciendo las discusiones con base a la bibliografía consultada.

V. DISTRIBUCION DE LOS SEDIMENTOS

Para comprender los procesos que actúan sobre la plataforma continental, es esencial determinar la naturaleza, la distribución y el origen de sus sedimentos.

Color del sedimento

El color del sedimento en húmedo es muy significativo, ya que permite delimitar claramente dos regiones: la primera donde predominan los colores negro y gris muy oscuro y que lleva una tendencia paralela a la línea de costa, en una franja de aproximadamente 15 Km de anchura. Esta distribución parece estar relacionada, tanto a las zonas de descarga de los ríos, como a los contenidos de materia orgánica. La otra región está caracterizada por presentar colores más claros que varían de olivo a gris olivo y gris olivo oscuro. Esta zona se localiza mar adentro, a profundidades mayores de 60m (Fig. 5).

El color en seco (Fig. 6) no tiene un patrón tan bien definido, pero se pueden marcar dos áreas de color gris oscuro y gris; una de ellas se encuentra al NW de la playa San Antonio del Mar y la otra al SSE de Cabo Colonet. Además, se tiene una zona de color gris olivo oscuro y gris olivo, situada en una franja que rodea a las dos anteriores.

El color es un índice útil de la composición mineralógica y del contenido de materia orgánica y está controlado básicamente por el ambiente químico. Los tonos grises a verdes se deben a ambientes reductores, donde el Fe (+2) ferroso adopta tales coloraciones. Asimismo, en un medio reductor se incrementan los contenidos de materia orgánica (Reineck y Singh, 1975).

Clasificación de los sedimentos

La clasificación se ha hecho de acuerdo al contenido de grava, arena, limo y arcilla, siguiendo la clasificación de Folk (1969) para sedimentos terrígenos.

Si el sedimento contiene grava, se clasifica en un triángulo cuyos vértices son grava, arena y lodo, indicando siempre la mediana de la grava y en algunos casos la mediana de la arena. Si el sedimento carece de grava se clasifica con un triángulo de vértices arena, limo, arcilla, determinando la mediana de la arena, si ésta es mayor que el 50%. Cuando el lodo contiene más de 67% de limo se le denomina limoso y si por el contrario, posee más del 67% de arcilla, se le llama arcilloso.

En cuanto a los parámetros texturales, se emplean los propuestos por Folk (1969): tamaño gráfico promedio (Mz) por ser el mejor estimador de tendencia central; desviación estándar gráfica inclusiva (Oi) que es la medida de la clasificación, es decir de la dispersión de la tendencia central, asimetría gráfica inclusiva (SKI) que determina el grado de asimetría en las colas, que es

donde se presentan las mayores diferencias en las muestras: curtosis gráfica (Kg) que es la medida del grado de clasificación entre las colas y la parte central. Si la mejor clasificación está en la parte central, la curva es muy puntiaguda (leptocúrtica) y si por el contrario, la mejor clasificación se encuentra en las colas, la curva es poco aguda, es decir platicúrtica.

En el área de estudio predominan las arenas muy finas y los limos arenosos. Los sedimentos van de bien clasificados a extremadamente mal clasificados, abundando los moderadamente clasificados y muy mal clasificados. Las muestras son principalmente, muy asimétricas hacia finos y asimétricas hacia finos. La mayor parte de los sedimentos son muy leptocúrticos. La tabla 6 muestra la nomenclatura de los sedimentos, basándose en su contenido de grava, arena, lodo y sus parámetros texturales.

Distribución de los sedimentos

La grava se distribuye sobre la plataforma, siguiendo un patrón aproximadamente paralelo a la línea de costa, a profundidades mayores de 50 m, notándose un incremento en los valores a profundidad (Fig. 7).

Esta distribución parece evidenciar una antigua línea de costa formada durante la regresión de los mares en el Pleistoceno, que provocó un descenso del nivel del mar de 100 m en el NW de la

Tabla No. 6 NOMENCLATURA DE LOS SEDIMENTOS

Muestra	Nombre
2	Limo arenoso, mal clasificado, muy asimétrico hacia finos, muy leptocártico.
3	Arena muy fina limosa, moderadamente bien clasificada, muy asimétrica hacia finos, muy leptocártica.
4	Arena muy fina limosa, bien clasificada, muy asimétrica hacia finos, leptocártica.
5	Arena muy fina limosa, bien clasificada, muy asimétrica hacia finos, leptocártica.
7	Arena muy fina limosa, extremadamente mal clasificada, muy asimétrica hacia finos, mesocártica.
8	Limo arenoso, moderadamente clasificado, asimétrico hacia finos, muy leptocártico.
9	Limo arenoso, mal clasificado, asimétrico hacia gruesos, muy leptocártico.
10	Arena muy fina con matatenas pequeñas limosa, muy mal clasificada, asimétrico hacia finos, platicártico.
11	Grava de matatenas pequeñas arenosa, con lodo, muy mal clasificada, muy asimétrica hacia finos, platicártica.
12	Limo arenoso, moderadamente clasificado, muy asimétrico hacia finos, muy leptocártica.
13	Limo arenoso, moderadamente clasificado, asimétrico hacia finos, muy leptocártica.
15	Arena muy fina limosa, moderadamente bien clasificada, muy asimétrica hacia finos, leptocártica.
17	Arena muy fina, bien clasificada, asimétrica hacia finos, muy leptocártica.
18	Arena muy fina limosa, moderadamente clasificada, muy asimétrica hacia finos, leptocártica.
19	Grava de matatenas pequeñas arenosa con lodo, muy mal clasificada, muy asimétrica hacia finos, platicártica.
20	Arena muy fina limosa, mal clasificada, asimétrica hacia finos, muy leptocártica.

CONTINUA.....

Tabla No. 6 (continuación)

Muestra	Nombre
22	Grava de gránulos arenosa con lodo, muy mal clasificada, muy asimétrica hacia finos, mesocártica.
23	Arena muy fina limosa, moderadamente clasificada, muy asimétrica hacia finos, leptocártica.
27	Arena muy fina limosa, moderadamente bien clasificada, muy asimétrica hacia finos, leptocártica.
28	Arena muy fina limosa, moderadamente clasificada, muy asimétrica hacia finos, leptocártica.
29	Arena mediana con gránulos limosa, muy mal clasificada, muy asimétrica hacia finos, mesocártica.
30	Grava de matatenas pequeñas arenosa con lodo, muy mal clasificada, muy asimétrica hacia finos, mesocártica.
32	Arena mediana con matatenas pequeñas, mal clasificada, muy asimétrica hacia gruesos, mesocártica.
33	Arena muy fina limosa, moderadamente clasificada, muy asimétrica hacia finos muy leptocártica.
36	Limo arenoso, moderadamente clasificada, muy asimétrico hacia finos, muy leptocártico.
38	Arena muy fina con matatenas pequeñas limosa, mal clasificada, muy asimétrica hacia gruesos, muy leptocártica.
39	Arena muy fina limosa, moderadamente clasificada, asimétrica hacia finos, leptocártica.
41	Arena muy fina con matatenas pequeñas limosa, muy mal clasificada, asimétrica hacia gruesos, muy leptocártico.
42	Limo con arena muy fina con algo de gránulos, mal clasificada, asimétrico hacia gruesos, muy platicártica.
43	Arena muy fina limosa, bien clasificada, asimétrica hacia finos, muy leptocártica.
44	Arena mediana, moderadamente bien clasificada, casi simétrica, leptocártica.
45	Arena gruesa, moderadamente clasificada, casi simétrica, platicártica.

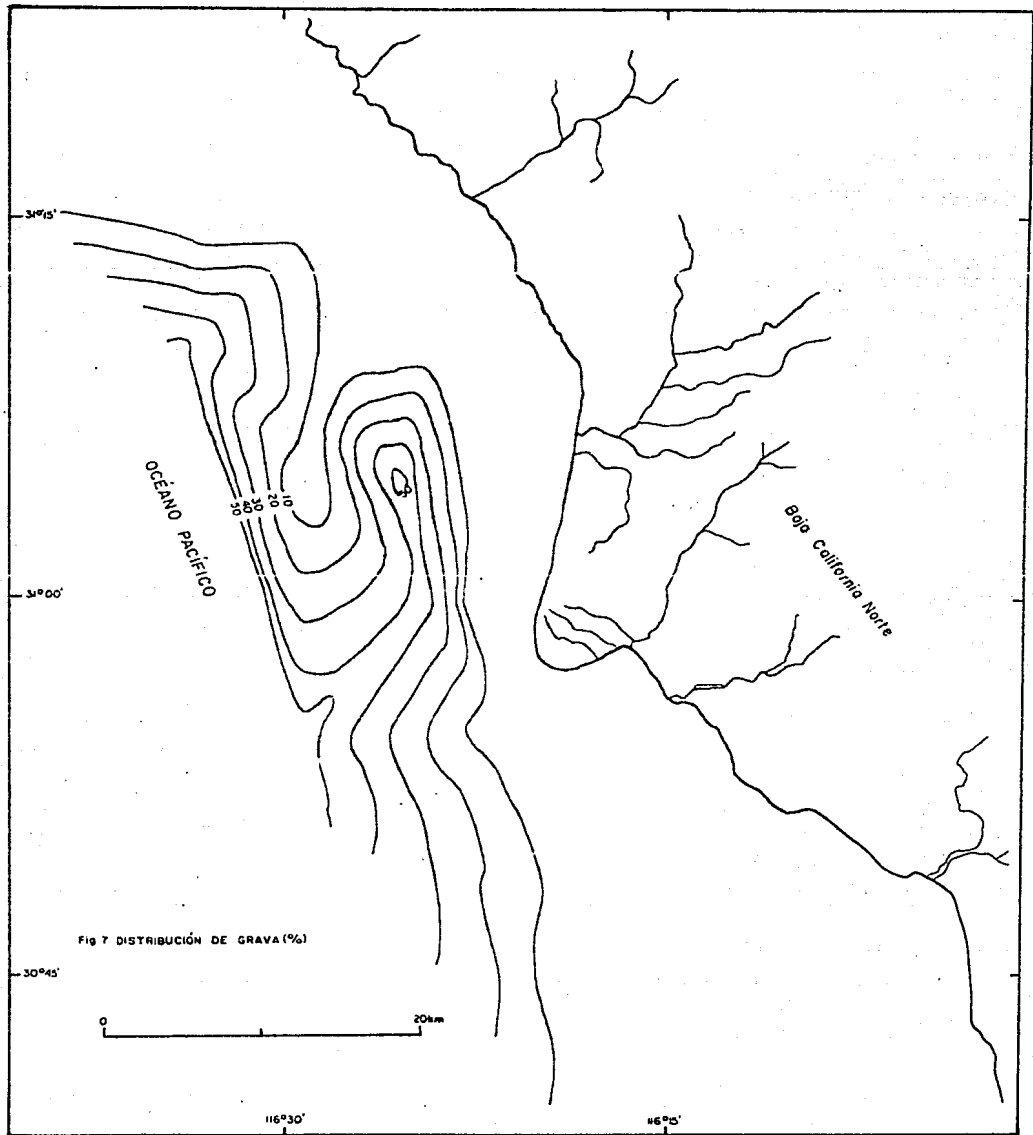


Fig 7 DISTRIBUCIÓN DE GRAVA (%)

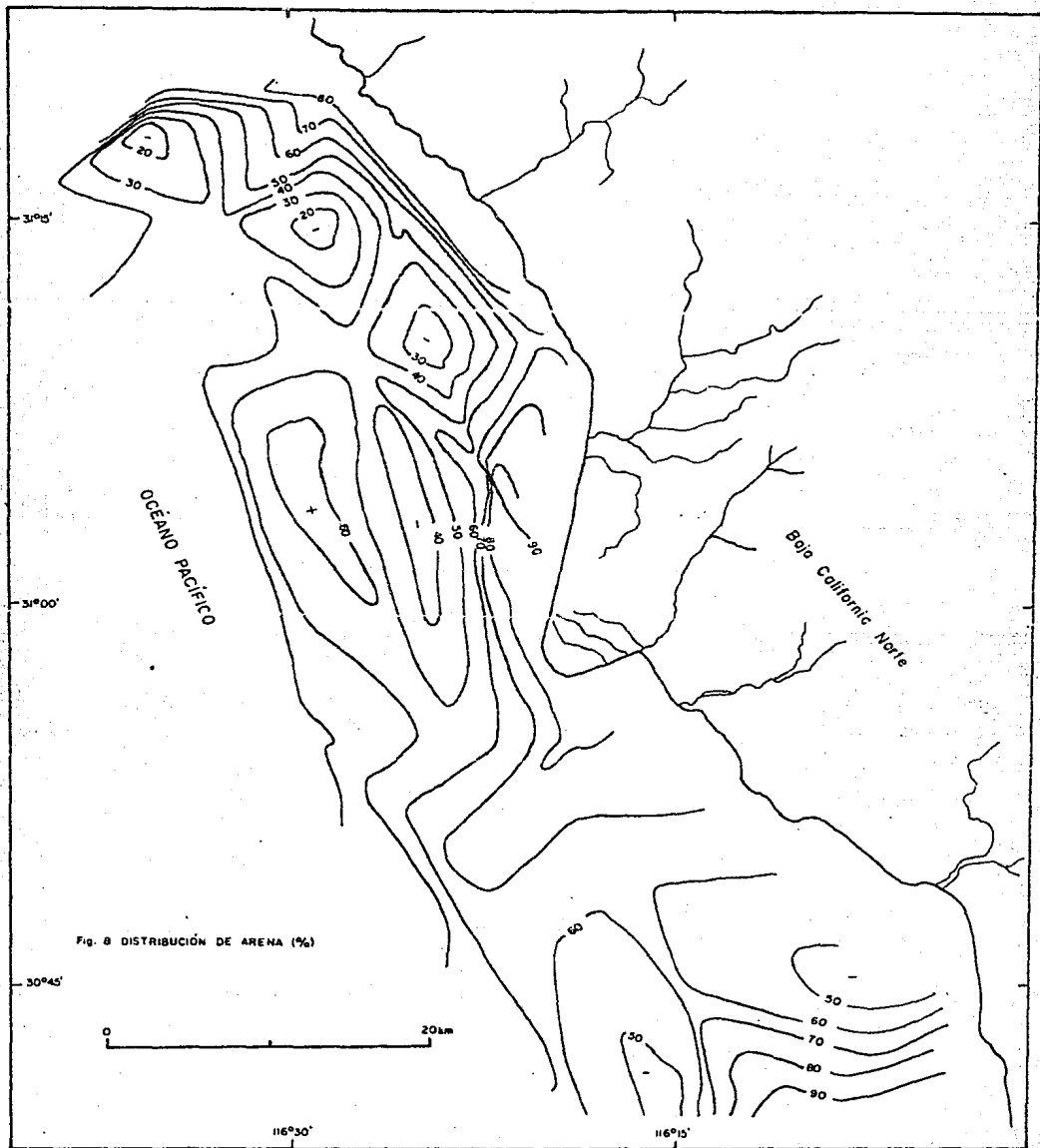
República Mexicana (Shepard, 1963). Siendo así, estos sedimentos pueden ser considerado como relictos y que según Emery (1968) cubren un 70% de las plataformas continentales actuales.

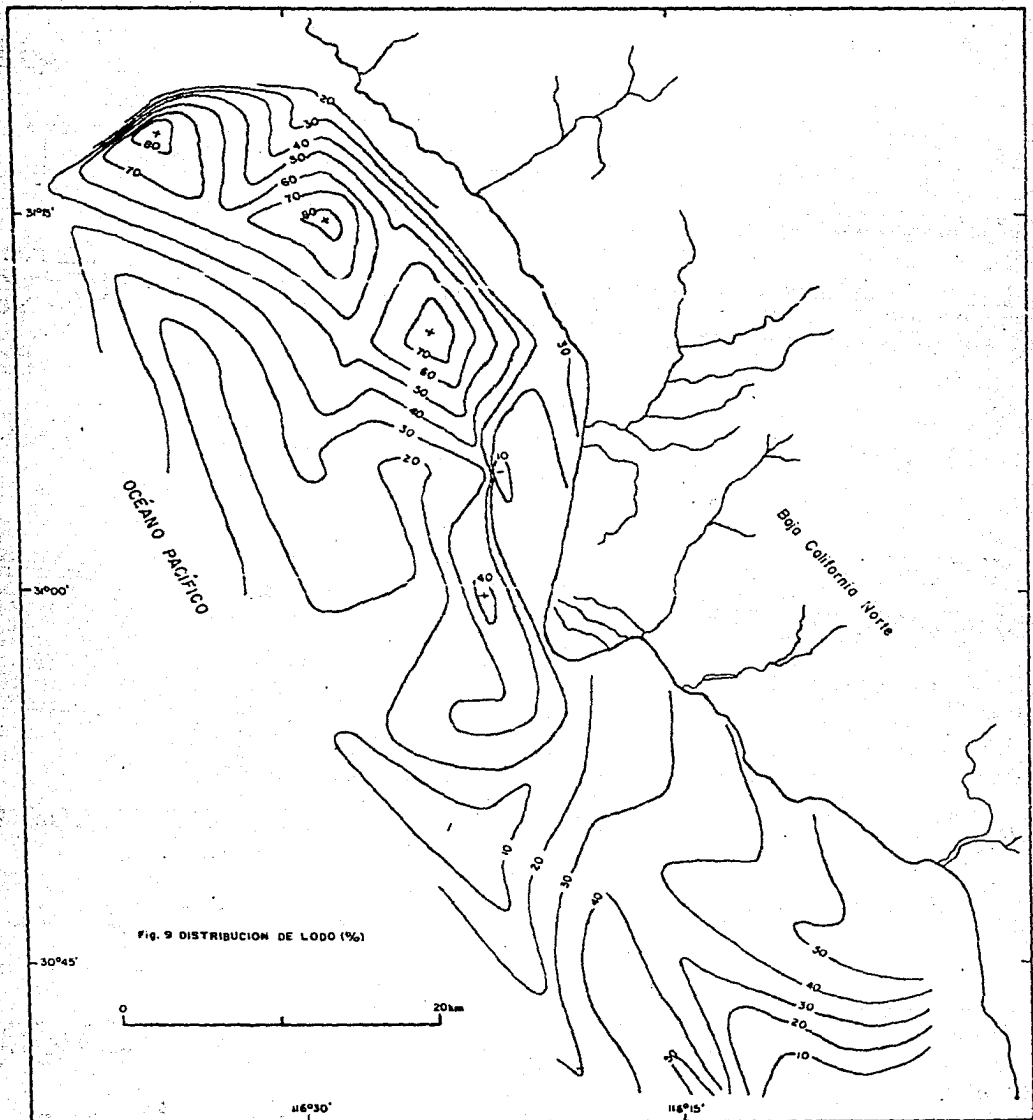
Las concentraciones más importantes de arena se encuentran distribuidas en una franja paralela a la costa, desde Punta Cabras hasta Punta San Jacinto, en aguas someras. Los valores más altos de arena (mayores que 90%) se presentan en el área de San Antonio del Mar y al SW de Punta Camalú (Fig. 8). Al S de Cabo Colonet se forma una lengüeta de arena con una orientación NE - SW, con valores de 70 y 80% de arena; esta distribución puede deberse a que hacia la zona costera el fondo es más bien rocoso, evidenciado porque no se obtuvo sedimento en las estaciones 26, 34 y 35.

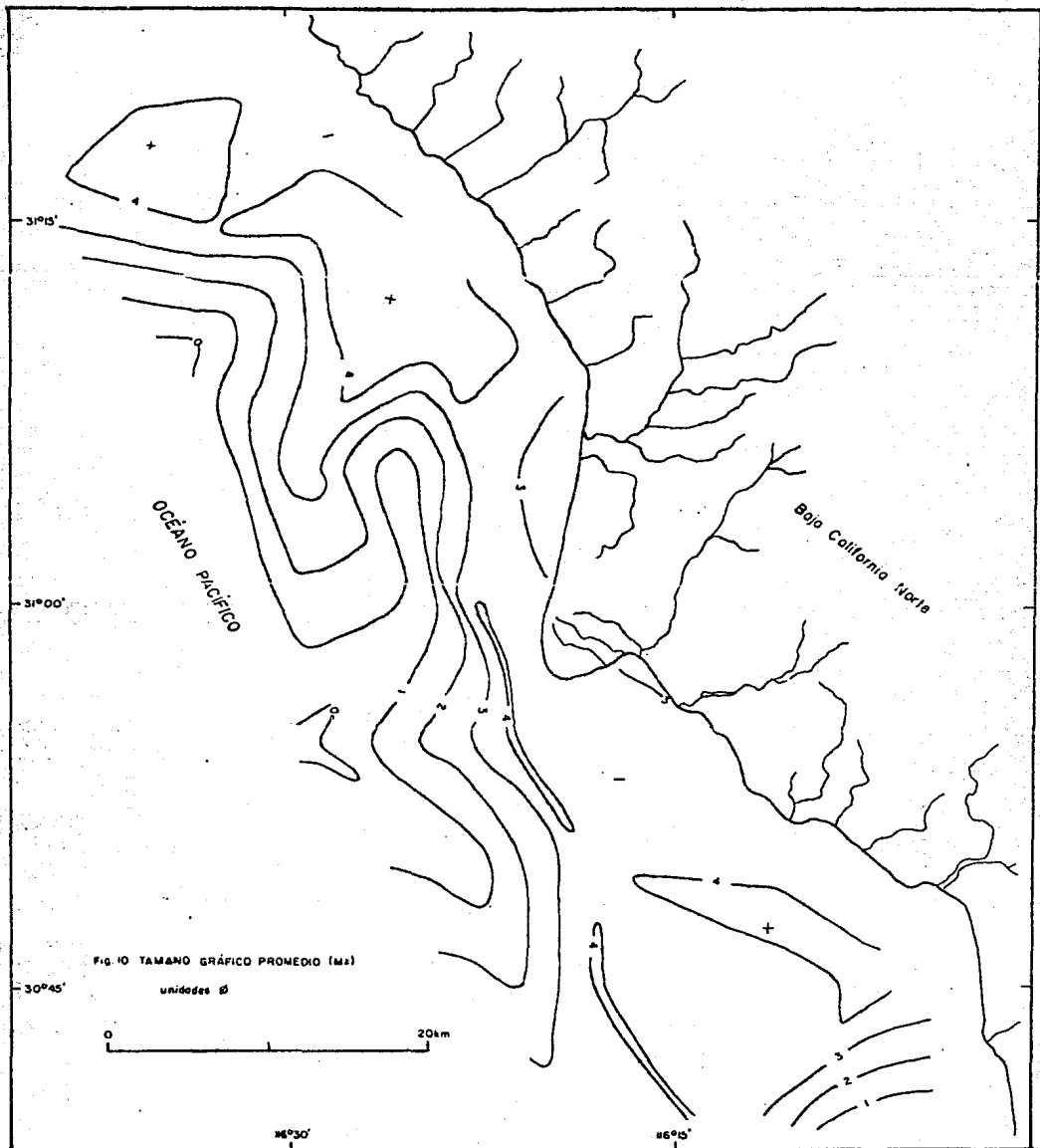
Por otra parte, el lodo se distribuye principalmente, al NW de la playa San Antonio del Mar, en una franja con orientación NW - SE, con valores de 70% y 80% de lodo (Fig. 9). Mar adentro las concentraciones de lodo disminuyen, pues estas áreas están ocupadas por sedimentos más gruesos que contienen grava.

Los sedimentos más finos se encuentran distribuidos en zonas cercanas a la costa, pudiéndose delimitar una franja de arena muy fina y limo grueso, desde Punta Cabras hasta el S de Punta Camalú; el limo grueso se concentra al centro de dicha franja (Fig. 10). En la playa San Antonio del Mar las muestras son de arena fina; mientras que mar adentro los sedimentos son más gruesos, variando en tal dirección de arena muy fina a arena gruesa.

Aproximadamente al SW de Punta Camalú los sedimentos también se



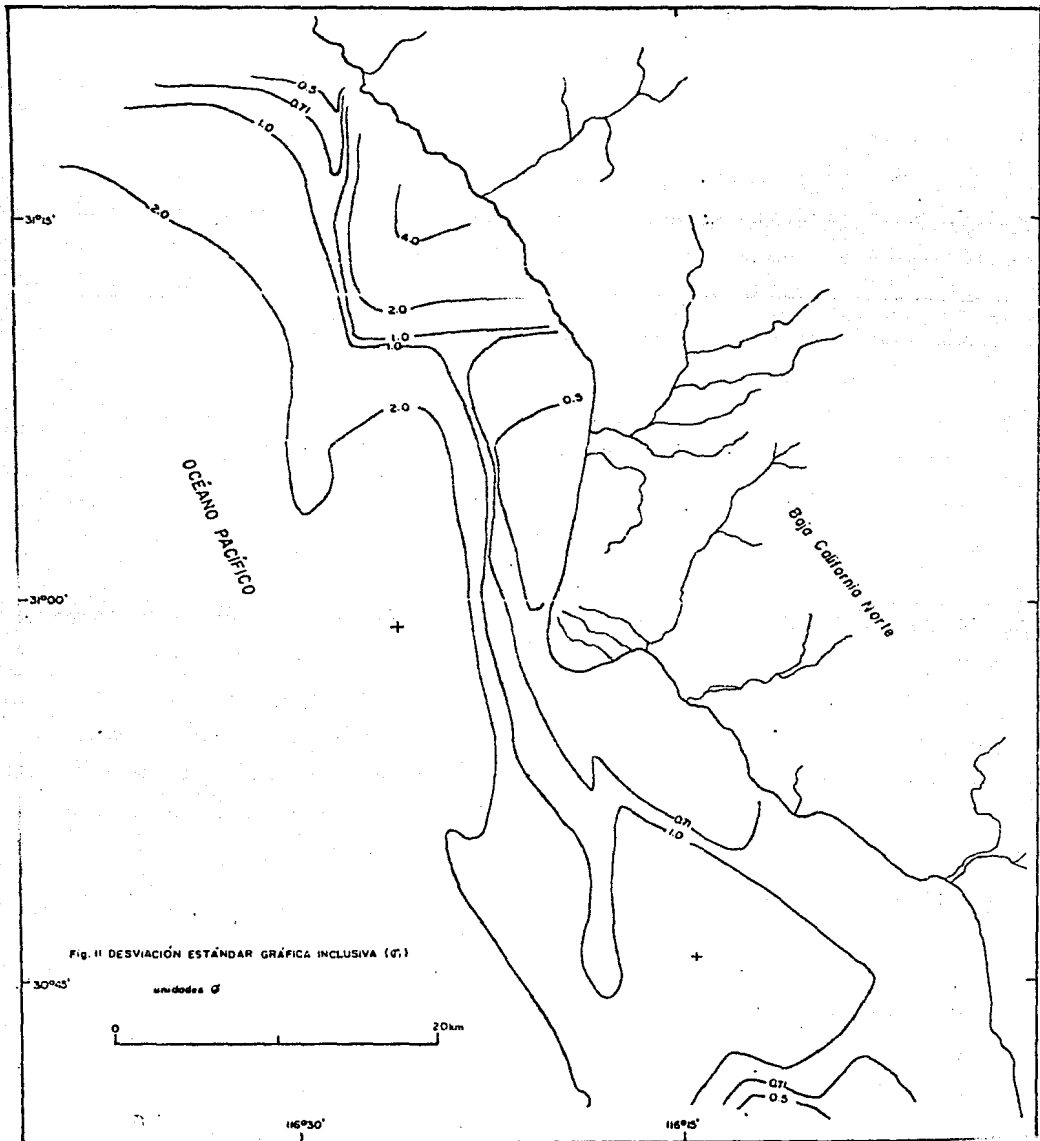




vuelven más gruesos, existiendo una gradación de limos gruesos a arenas medianas.

Esta disposición de tamaño es contraria a los patrones de sedimentación en las plataformas continentales, donde normalmente, el tamaño de grano disminuye hacia aguas más profundas (Emery, 1965). Sin embargo, la distribución de facies arena-lodo se cumple, ya que las facies arenosas se tienen en la porción adyacente a la costa, variando a facies lodosas mar adentro. Los sedimentos con grava representan un ambiente antiguo, ajeno a la sedimentación actual. Por esta misma razón el tamaño de grano se ve que aumenta a profundidad.

La clasificación de los sedimentos no sigue un patrón bien definido. Los sedimentos bien clasificados se tienen en el área cercana a la playa de San Antonio del Mar, variando mar adentro a sedimentos mal clasificados y muy mal clasificados. Estos últimos, forman una franja que sigue una tendencia más o menos paralela a la línea de costa, a profundidades mayores de 40m, donde se presentan ambientes de baja energía (Fig. 11). Al W de Punta Cabras existen sedimentos bien clasificados, que hacia el SW cambian a muy mal clasificados. Por otra parte, al W de Punta San Isidro se aprecian sedimentos que van de extremadamente mal clasificados a moderadamente clasificados, en una franja de orientación SW - NE. Al SSE de Cabo Colonet los sedimentos están moderadamente bien clasificados. La parte oeste de Punta Camalú tiene sedimentos moderadamente clasificados. La clasificación

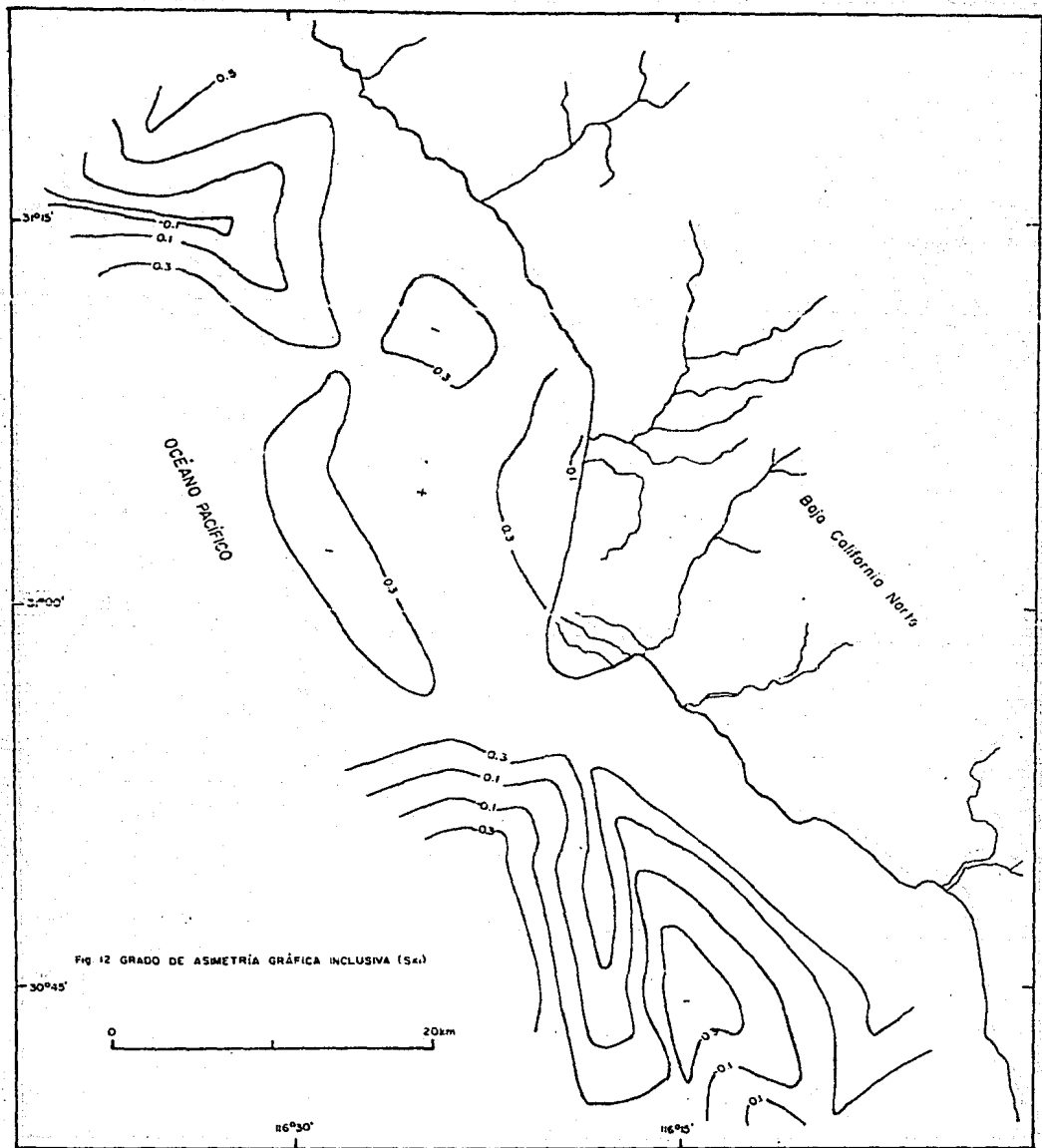


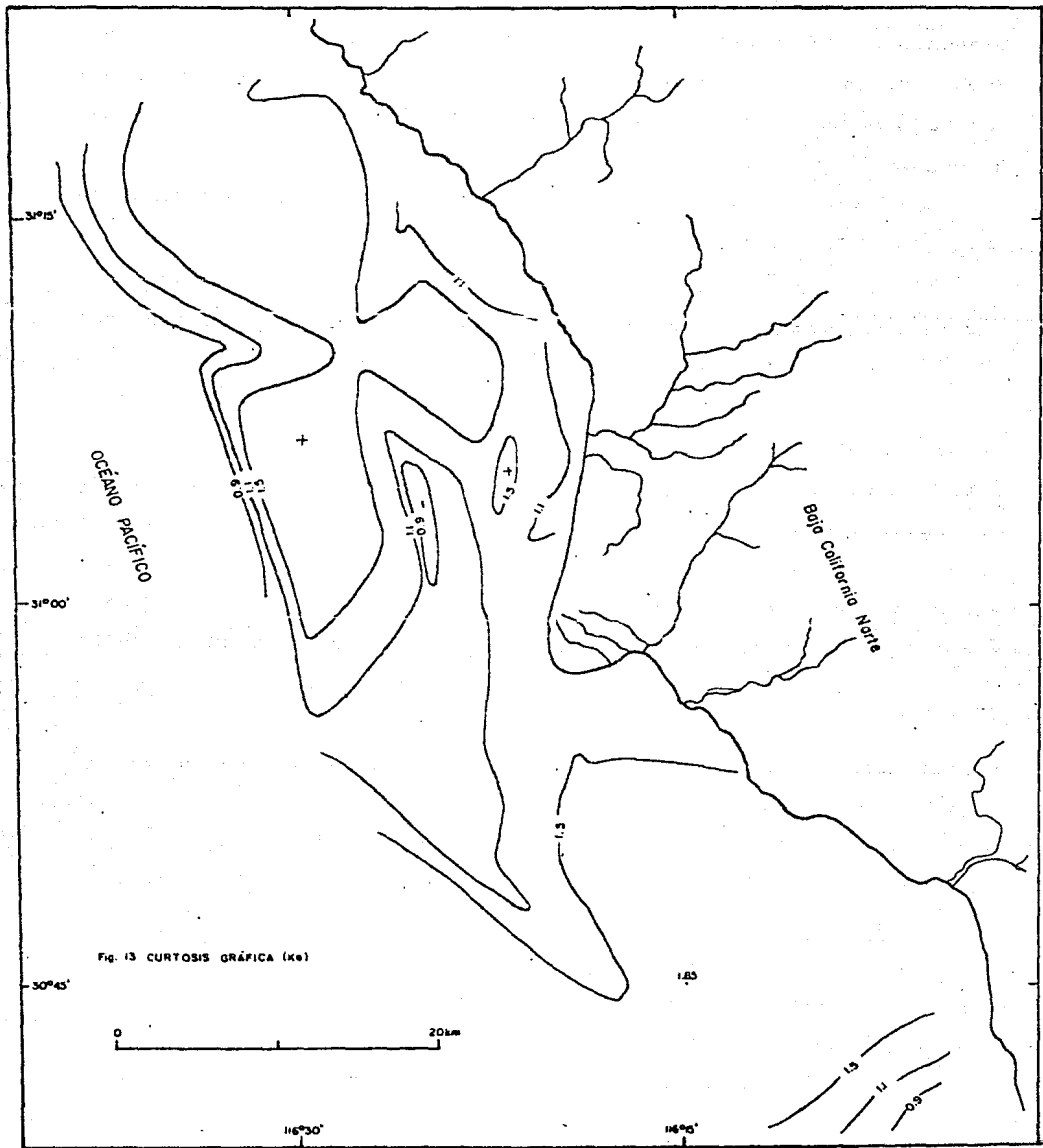
varía hacia el SSW, en donde los sedimentos van estando mejor clasificados, lo que indica una zona de mayor energía.

Por el patrón de clasificación, se denota que la zona adyacente a la costa está influenciada por la desembocadura de los ríos, cosa que corrobora el carácter detrítico de los sedimentos. A profundidades menores de 40 m el ambiente es de mayor energía, los sedimentos son retrabajados por la acción de las olas y corrientes. Sin embargo, el patrón cambia en la zona septentrional, teniéndose ambientes de mayor energía hasta 70 m de profundidad. Reineck y Singh (1975) mencionan que los sedimentos de la plataforma continental tienen una mala clasificación. En la zona adyacente a San Antonio del Mar, el patrón de clasificación evidencia un paleodelta sumergido (UNAM-Conacyt, 1987).

Los sedimentos muy asimétricos hacia finos, se presentan en una franja cercana a la costa (Fig. 12). Hacia la playa San Antonio del Mar los sedimentos son asimétricos hacia finos y casi simétricos. Al SW de Punta Cabras y al W de Punta San Isidro los sedimentos van de asimétricos hacia gruesos en la misma dirección. La misma tendencia se observa hacia la parte sur de Cabo Colonet, donde los sedimentos varían de muy asimétricos hacia finos a muy asimétricos hacia gruesos y éstos a su vez a sedimentos casi simétricos en dirección SE.

En cuanto a la curtosis, la figura 13 muestra el predominio de los sedimentos muy leptocárticos y leptocárticos, que ocupan la región adyacente a la costa. Los sedimentos muy leptocárticos se encuen-





tran en la parte central de esta región, rodeados de sedimentos leptocárticos. Cerca de la playa San Antonio del Mar, los sedimentos son más bien mesocárticos. Mar adentro los sedimentos varían de mesocárticos a platicárticos, al igual que en la zona S de Punta Camalá.

Como se ha podido observar, la arena se distribuye cerca de la zona costera (aunque no se restringe a esta área), con sedimentos mejor clasificados, que reflejan la influencia de los ríos.

Para la distribución del lodo, se piensa que a profundidades comprendidas entre 50 y 60 m existe una zona de calma, que no está afectada por corrientes u olas, permitiendo la deposición de los lodos. Emery (1967) señala que el 90% de las plataformas continentales se encuentran afectadas por el oleaje a profundidades de 20 m, lo que origina que exista turbulencia en el fondo y no se depositen materiales finos.

La arena es transportada por los ríos en saltación y rodamiento y las fracciones más finas, en suspensión. Los tamaños que viajan en rodamiento son los mayores que 0.25mm (2 phi), los que se transportan por saltación son los que quedan en el rango de 0.25 mm - 0.1 mm (0 phi a 3.25 phi) y en suspensión, viajan los materiales menores que 3.25 phi. Tales valores varían de acuerdo con las condiciones hidrodinámicas y ambientales (Reineck y Singh, 1975). El lodo sólo se transporta en suspensión, en corrientes densas, depositándose en ambientes tranquilos.

de la distribución de los sedimentos finos.

Asimismo, actúan corrientes de mareas y la acción de las olas es un factor importante en la sedimentación de la plataforma, pero sus efectos no han sido estudiados aún.

Las mayores tormentas se originan en los meses de octubre a enero, con fuertes vientos al O y SE, las cuales pueden tener influencia en la sedimentación. Reineck y Singh (1975) mencionan que las tormentas comunes no producen efectos significativos; sin embargo, las fuertes tormentas provocan cambios en la sedimentación. Es muy posible que los restos de roca encontrados en algunas estaciones hayan sido depositados en alguna tormenta (ver tabla 1).

Hacia la parte externa de la plataforma, los sedimentos finos son transportados por corrientes turbidíficas, provocando una progradación de la plataforma. Las corrientes de turbiedad en el área contribuyen de manera importante en la sedimentación del borderland continental (Moore, 1966). Los sedimentos provienen de la zona continental emergida adyacente, donde afloran rocas de diferentes tipos (ígneas, sedimentarias y metamórficas).

La tectónica es un elemento importante a considerar en cuanto a sedimentación se refiere; distintos autores han tratado este tema en diversos escritos (Dickinson, 1974, Folk, 1974, Pettijohn, 1975).

de la distribución de los sedimentos finos.

Asimismo, actúan corrientes de mareas y la acción de las olas es un factor importante en la sedimentación de la plataforma, pero sus efectos no han sido estudiados aún.

Las mayores tormentas se originan en los meses de octubre a enero, con fuertes vientos al O y OE, las cuales pueden tener influencia en la sedimentación. Reineck y Singh (1975) mencionan que las tormentas comunes no producen efectos significativos; sin embargo, las fuertes tormentas provocan cambios en la sedimentación. Es muy posible que los restos de roca encontrados en algunas estaciones hayan sido depositados en alguna tormenta (ver tabla 1).

Hacia la parte externa de la plataforma, los sedimentos finos son transportados por corrientes turbidíticas, provocando una progradación de la plataforma. Las corrientes de turbiedad en el área contribuyen de manera importante en la sedimentación del borderland continental (Moore, 1966). Los sedimentos provienen de la zona continental emergida adyacente, donde afloran rocas de diferentes tipos (ígneas, sedimentarias y metamórficas).

La tectónica es un elemento importante a considerar en cuanto a sedimentación se refiere; distintos autores han tratado este tema en diversos escritos (Dickinson, 1974, Folk, 1974, Pettijohn, 1975).

El tipo de depósito acumulado en un cierto ambiente, depende tanto de las características del medio como de la tectónica actuante.

La zona de estudio presenta sedimentos que van de submaduros a inmaduros texturalmente. Estos han sido depositados rápidamente, sin un transporte prolongado. Esta inmadurez refleja una inestabilidad tectónica del área de aporte. Además, hay zonas en la plataforma en donde, al parecer, no hay depósito de sedimentos lo que puede asociarse a zonas de intensa erosión submarina o escaso aporte. La zona de sedimentos gruesos constituida por sedimentos relictos, no ha sido cubierta por los sedimentos acarreados. Las condiciones climáticas influyen también, pues las corrientes son del tipo intermitente y es posible que no lleven una gran cantidad de sedimento.

VI. COMPOSICION DE LOS SEDIMENTOS

En la determinación de la composición de los sedimentos se emplearon diversos métodos, ya descritos en el capítulo IV. Los resultados y discusión de los análisis se dan a continuación.

La fracción arcillosa se analizó por difracción de rayos X, para determinar de manera semicuantitativa la proporción de minerales que contiene. En la tabla 7 se muestran los valores obtenidos para los siguientes minerales: montmorillonita, hidromica, anfíboles, caolinita, cuarzo, feldespatos, calcita y hematita.

Con el fin de observar las variaciones que presentan tales minerales con la profundidad, se elaboró una gráfica (Fig. 14); para ello, se agruparon las muestras que se encontraban en el mismo rango de profundidad, escogiéndose intervalos de 15 m. Así, se encontró que la montmorillonita no cambia con la profundidad y se encuentra en proporciones de 10% a 25%. La hidromica disminuye con la profundidad, aunque no de una manera muy notoria. Los anfíboles no muestran una tendencia en especial, a excepción del intervalo entre 90 - 105 m, donde disminuyen notablemente a valores del 2%. Por su parte, la caolinita disminuye poco a poco, pero a partir de los 90 m empieza a aumentar su contenido. El cuarzo no presenta variaciones con la profundidad. Los feldespatos llevan un patrón constante, aunque en el intervalo entre 75 y 90 m su contenido decrece. La calci-

Tabla No. 7 CONCENTRACION DE MINERALES (%) EN LA FRACCION MENOR QUE 2 MICRAS. (I)

	M	m	A	K	Q	F	C	H
2	19.70	31.30	7.90	9.40	20.80	-	6.60	4.30
3	17.80	25.40	5.70	11.30	21.50	13.70	-	4.60
4	12.50	27.40	8.60	11.70	20.00	15.90	-	3.90
5	23.10	22.40	6.40	16.70	20.80	11.20	-	-
7	18.40	27.90	5.30	18.10	18.10	20.70	-	3.20
8	17.30	29.60	5.70	11.30	11.30	25.00	-	-
9	13.40	22.30	2.50	8.90	8.90	28.10	14.20	4.60
10	15.21	20.70	5.49	8.73	18.45	9.98	21.45	-
11	18.55	21.04	-	13.76	30.18	10.66	5.81	-
12	17.15	24.65	5.36	13.72	22.51	9.00	7.61	-
13	25.29	27.30	3.45	15.80	20.98	7.18	-	-
15	20.87	29.22	8.00	15.13	17.91	8.87	-	-
17	18.75	29.15	6.73	15.90	19.08	10.40	-	-
18	22.95	26.46	3.28	12.88	22.48	6.56	5.39	-
19	13.30	23.92	4.34	12.20	23.82	7.29	10.14	-
20	24.90	19.28	6.33	10.28	12.25	6.11	20.24	-
22	21.54	22.38	6.65	9.37	20.98	9.37	9.51	-
23	19.54	23.84	4.47	12.91	25.83	13.41	-	-
27	11.31	29.48	-	19.19	29.49	7.68	-	2.83
28	10.14	29.43	3.79	22.41	27.09	3.34	3.79	-
30	17.79	20.91	3.61	17.19	33.17	7.53	-	-
32	22.30	20.95	-	10.14	17.57	11.49	10.30	7.26
33	17.37	23.46	4.39	10.99	19.15	11.28	13.36	-
38	17.55	21.23	3.58	11.13	22.08	13.11	11.32	-
39	21.57	19.54	3.66	9.23	20.90	8.82	16.28	-
41	13.43	18.22	-	9.95	25.35	7.70	25.35	-
42	17.09	25.40	4.39	12.12	24.71	6.93	9.35	-
43	14.80	22.40	5.26	12.27	23.95	15.19	6.13	-

M - montmorillonita
 m - hidromica
 A - anfiboles
 K - coaolinita

Q - cuarzo
 F - feldespatos
 C - calcita
 H - hematita

I. ANALISIS REALIZADOS EN EL INSTITUTO DE GEOLOGIA, UNAM.

TESIS PROFESIONAL. FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM. SOLLEIRO, 1987.

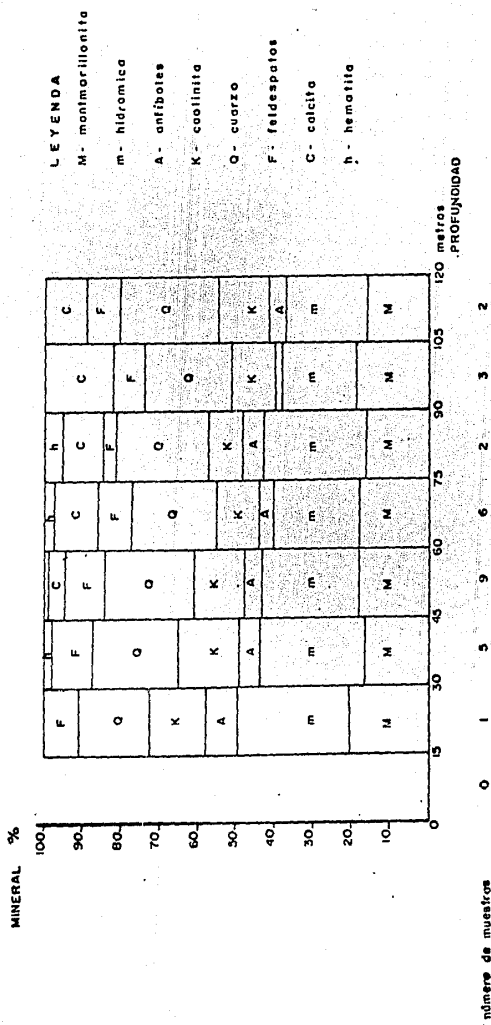


fig. 14 Composición de la fracción menor que 2 μ

ta se presenta a partir de los 45 m de profundidad, aumentando su contenido hasta los 105m donde éste decrece. La hematita se presenta en pequeñas cantidades y únicamente en el intervalo comprendido entre los 30 y 40m.

Con respecto a la composición de la fracción mayor que 30 micras, se encontró que los constituyentes son: cuarzo, micas, biógenos, anfíboles, fragmentos de roca y otros (ilmenita, magnetita, esfena y calcita), determinados con ayuda del microscopio.

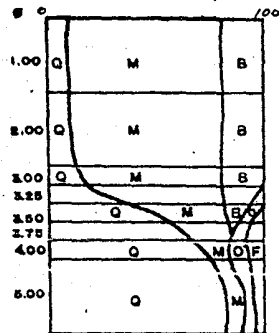
Con el fin de observar las variaciones mineralógicas con respecto al tamaño de grano, se analizaron 7 muestras distribuidas a lo largo de la plataforma, a diferentes profundidades. La figura 15 muestra las gráficas obtenidas de dichas variaciones.

La mayor parte de las muestras son sedimentos de tamaño menor que 1 phi (muestras 7,15,17,27,26). La muestra 19 posee tamaños a partir de -3 phi y la 38, de -2.25 phi. En ambos casos, las fracciones comprendidas entre -3 y 1 phi están constituidas por fragmentos de roca de diferente naturaleza.

Como se puede apreciar en la figura 15, el cuarzo aumenta a medida que el tamaño de grano disminuye, presentándose las mayores concentraciones (75-80%) en la fracción comprendida entre 4-5 phi, en las muestras 7,19,36,39; en la fracción 3.25 phi, con valores de 70-80% en las estaciones 15 y 27 y en la fracción 3.75 phi de la muestra 17, cuyo contenido es de 65%.

Temperatura

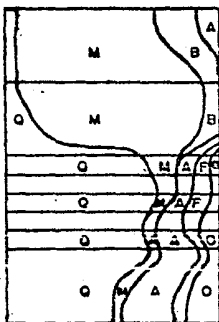
° C



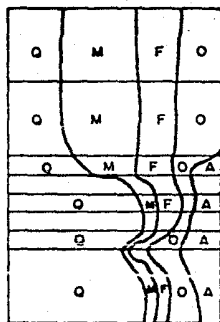
Muestra

7

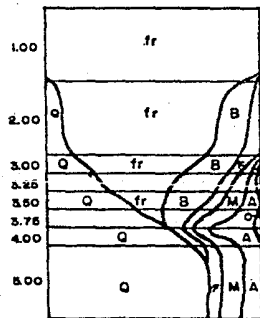
% Mineral



15

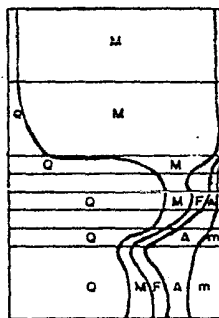


17

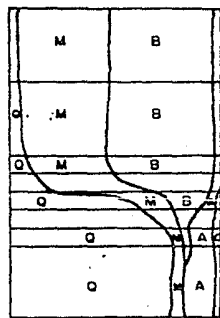


Muestra

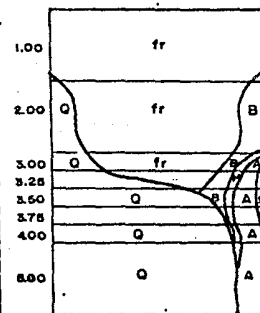
19



27



36



Muestra

38

LEYENDA

- Q Cuarzo
- M Micas
- B Biógenos
- A Anfiboles
- F Feldespatos
- fr Fragmentos de Roca
- m Magnetita
- O Otros (ilmenita, magnetita, esfena, calcita)

Fig. 15 Composición de la fracción mayor que 31 μ .

Las micas decrecen con el tamaño en las estaciones más someras (7,15,17,27). Sin embargo, en las más profundas (19 y 38) no aparecen en las fracciones más gruesas, si no que se concentran en los tamaños más finos, en pequeñas cantidades (5 - 10%).

Los biógenos se encuentran principalmente en las fracciones más gruesas, disminuyendo su contenido con el tamaño del grano. En dos muestras (17 y 27) de las 7 analizadas al microscopio no se detectó la presencia de biógenos. Los organismos se depositan principalmente en las fracciones gruesas, pues éstas al tener un depósito rápido ayudan a preservarlos. Los anfíboles se concentran en las fracciones más finas, en concentraciones del 15% en promedio. La concentración de feldespatos en los diferentes tamaños, no muestra una distribución preferencial, ya que en algunos casos aparecen en las fracciones finas (muestras 7, 15, 38) y en otros están en casi todos los tamaños. Sin embargo en la muestra 36 no se observaron.

Los fragmentos de roca se encuentran en las fracciones más gruesas, desapareciendo en los tamaños más pequeños. Los tamaños gruesos de las muestras que contienen grava, están formados por 100% de fragmentos de roca, los cuales están compuestos principalmente por fragmentos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias.

La ilmenita es el principal componente de los minerales denominados como otros, los cuales se encuentran en proporciones

de hasta el 15%. Por el contrario, la magnetita sólo se detectó en las muestras 7 y 27; en esta última se concentra hasta en un 15% en la fracción entre 4-5 phi.

En el Consejo de Recursos Minerales se realizaron estudios de difracción de rayos X en dos muestras. La tabla 8 presenta los resultados dando la composición mineralógica en diferentes fracciones de esas muestras.

Así, la fracción arcillosa presenta como principales constituyentes el cuarzo, la montmorillonita y la hidromica. En la fracción mayor que 30 micras, los principales constituyentes son el cuarzo, feldespato, micas y biógenos, y fragmentos de roca en algunas muestras.

El tipo de feldespato observado en algunas muestras, por medio de un análisis en el microscopio petrográfico, es la microclina y la plagioclasa sódica y el tipo de anfíbol es hornblenda.

Con respecto a la composición química de los sedimentos, en el laboratorio de Química Marina del ICMYL se hicieron análisis por absorción atómica, determinándose el contenido de ciertos elementos en las muestras.

Los resultados de dichos análisis se muestran en la tabla 9. En ella se puede observar que los elementos más abundantes son el Si y el Al que son constituyentes del cuarzo y feldespato, los cuales son comunes en las muestras. El Fe y el Ti les siguen en

Tabla No. 8 ANALISIS DE DIFRACCION DE RAYOS X (I).

Mta.	Fracción (phi)	Minerales
15	2.75-3.00	Feldespatos, cuarzo, mica, anfiboles, caolinita, calcita, esfena, montmorillonita, zeolita, cristobalita, ilmenita
15	3.25-3.50	Feldespatos, cuarzo, mica, zeolita, anfiboles, caolinita, montmorillonita, calcita, ilmenita
15	3.75-4.00	Feldespatos, cuarzo, anfiboles, zeolita, esfena, cristobalita, ilmenita, caolinita, mica, calcita
15	4.00-5.00	Feldespatos, cuarzo, anfiboles, zeolita, ilmenita, mica, montmorillonita, caolinita, calcita, cristobalita
17	2.75-3.00	Feldespatos, cuarzo, esfena, mica, caolinita, cristobalita, calcita, anfiboles, zeolita, montmorillonita, ilmenita
17	3.25-3.50	Feldespatos, cuarzo, anfiboles, calcita, cristobalita, esfena, caolinita, mica, zeolita, montmorillonita
17	3.75-4.00	Feldespatos, cuarzo, zeolita, esfena, ilmenita, cristobalita, calcita, mica, caolinita, anfiboles, montmorillonita
17	4.00-5.00	Feldespatos, cuarzo, cristobalita, zeolita, anfiboles, mica, calcita, ilmenita, esfena, caolinita.

(I) Analisis realizados en el laboratorio de fisico-química del CRM.

Tabla No. 9 CONCENTRACION DE MATERIA ORGANICA Y ELEMENTOS EN LOS SEDIMENTOS (I)

ANALISIS QUIMICOS

	M.O.* %	Si %	Al %	Fe %	Ti %	Mn %	Sn ppm	Ba ppm	Sr ppm	Ag ppm	Zn ppm	Cr ppm
2	0.06	24.88	4.95	2.85	0.94	0.10	2398	2673	335	54.46	52.76	24.62
3	0.05	25.78	6.92	2.81	1.10	0.12	2275	2761	360	46.06	54.60	29.60
4	0.02	26.78	6.33	1.98	1.07	0.10	2130	2650	335	69.05	58.10	--
5	0.02	22.40	6.92	3.25	1.10	0.15	2945	2740	530	54.45	--	20.05
7	0.03	26.00	6.50	1.90	1.15	0.12	2475	2643	345	73.75	--	8.15
8	0.04	24.42	1.94	2.93	1.04	0.10	2040	2538	435	39.25	--	29.35
9	0.05	12.70	5.15	2.06	0.88	0.09	2839	3025	425	16.99	--	15.30
10	0.06	21.21	5.05	2.10	0.85	0.09	2925	2918	425	36.65	--	24.05
11	0.05	20.39	3.72	7.16	0.85	0.06	2440	3097	455	75.30	--	36.89
12	0.05	31.36	5.93	2.10	0.95	0.10	2960	2874	420	46.10	49.84	3.20
13	0.05	30.86	4.90	2.26	0.89	0.12	2745	2467	485	12.67	51.30	--
15	0.02	29.08	4.70	5.25	1.30	0.16	2759	2528	530	35.70	59.26	--
17	0.01	23.40	5.39	2.68	0.89	0.10	2445	2807	535	64.90	--	1.00
18	0.03	29.68	6.53	2.18	0.94	0.09	2765	2695	510	69.10	--	5.77
19	0.05	24.96	5.39	7.53	0.89	0.07	2590	2941	285	46.10	61.77	22.41
20	0.05	22.41	3.91	2.18	0.78	0.07	2460	2784	445	75.35	--	--
22	0.05	24.27	3.76	7.02	0.77	0.07	2655	3119	325	54.30	50.70	16.43
27	0.03	26.64	4.13	3.86	1.37	0.18	2915	2894	370	74.10	59.95	--
28	0.05	31.36	7.07	2.77	1.00	0.10	2913	2857	375	44.01	--	20.07
30	0.05	26.44	4.60	2.46	0.95	0.05	2873	3251	410	33.57	76.95	64.20
32	0.02	24.67	4.70	2.77	0.69	0.05	2960	2985	520	18.95	--	--
33	0.04	27.62	4.70	2.37	1.10	0.10	3035	2985	480	21.05	--	51.10
36	0.01	23.69	4.01	1.18	0.70	0.05	2590	3030	420	21.10	--	--
39	0.03	29.00	5.10	2.89	1.17	0.10	3165	2963	495	21.05	--	3.40
41	0.06	28.90	5.15	3.37	0.82	0.07	3130	2561	495	16.90	--	58.30
42	0.04	30.28	5.74	2.10	1.06	0.09	2955	2717	470	56.70	--	--
43	0.03	29.24	5.05	0.95	0.92	0.05	3081	2736	509	54.39	--	3.39
44	0.00	30.28	5.79	1.78	1.18	0.11	3229	2627	495	43.98	--	30.78
45	0.01	35.98	4.65	1.26	1.11	0.08	2535	2712	415	33.60	--	--
PRO	0.04	26.33	5.20	3.10	0.98	0.09	2645	2874	443	45.03	19.84	16.41
MAX	0.09	35.98	7.07	7.53	1.37	0.18	3229	3119	645	75.10	76.95	58.30
MIN	0.00	12.70	1.94	0.95	0.69	0.05	2040	2467	285	16.88	49.84	1.00

*MATERIA ORGANICA

Nota: NO SE DETECTO Ni, Cu, Co, Cd

(I) DETERM. EFECTUADAS POR EL LAB. DE QUIMICA MARINA DEL ICHYL.

TESIS PROFESIONAL. FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM. SOLLEIRO, 1987.

orden de abundancia. El Mn se presenta en bajas concentraciones, al igual que la materia orgánica, cuyos valores varían de 0 a 0.09%. Las mayores concentraciones de materia orgánica se dan a mayores profundidades, pero no coinciden con el tamaño de grano más fino. El Sn, Ba, y Sr se presentan en bajas proporciones, por lo que no constituyen anomalías en la región. Los sedimentos poseen trazas de Ag, Zn y Cr.

En el laboratorio de fisicoquímica del Consejo de Recursos Minerales se realizaron análisis de fluorescencia de rayos X para determinar la abundancia relativa de los elementos en las diferentes fracciones. Así los resultados (tabla 10) coinciden al mencionar que los elementos más abundantes son el Si, Al y Ca. Además, la proporción de elementos se mantiene constante en todas las fracciones. Resulta interesante la presencia de itrio en las muestras, que puede deberse a la presencia de bodenbenderita (silicato y titanato de Al, Y, Mn) o de thalenita (Y₂, Si₂ O₇).

Distribución de los elementos en la plataforma continental.

La figura 16 muestra la distribución de silicio en los sedimentos de la plataforma continental de San Antonio del Mar. Como puede notarse, este elemento no presenta un patrón regular, dado que es el principal constituyente de muchos minerales que se encuentran en las muestras.

Aún así, se pueden situar cinco zonas de mayor concentración de Si: 1) al N y W de Punta Cabras con valores de hasta 25% de Si,

Tabla No. 10 ANALISIS DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X (I)

MUESTRA	FRACCION	ELEMENTOS	
15	2.75-3.00	Si, Ca, Al	XXXX
		Fe, K, Ti, Mg	XX
		Sr, Rb, Ni, Mn, Y	X
15	3.25-3.50	Si, Ca, Al	XXXX
		Fe, K, Ti, Mg	XX
		Sr, Rb, Y, Mn, Ni	X
15	3.75-4.00	Si, Ca, Al	XXXX
		Ta, Ni, Ti, Mg	XX
		Sr, Rb, Ni, Mn, Y	X
15	4.00-5.00	Si, Ca, Al	XXXX
		Fe, Ti, K, Mg	XX
		Sr, Rb, Y, Mn, Zn, Ni, Cu	X
17	2.75-3.00	Si, Ca, Al	XXX
		Fe, K, Ti, Mg	XX
		Sr, Rb, Y, Ni, Mn	X
17	3.25-3.50	Si, Ca, Al	XXXX
		Fe, K, Mg	XX
		Ti, Sr, Y, Mn, Ni	X
17	3.75-4.00	Si, Ca, Al	XXXX
		Fe, K, Ti, Mg	XX
		Sr, Y, Mn, Ni, Rb	X
17	4.00-5.00	Si, Ca, Al	XXXX
		Fe, K, Ti	XX
		Mg, Sr, Mn, Rb, Ni	X

XXXX - Abundante
 XX - Regular
 X - Escaso

(I) ANALISIS REALIZADO EN EL LABORATORIO DE FISICO-QUIMICA DEL CRM.

TESIS PROFESIONAL. FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM. SOL

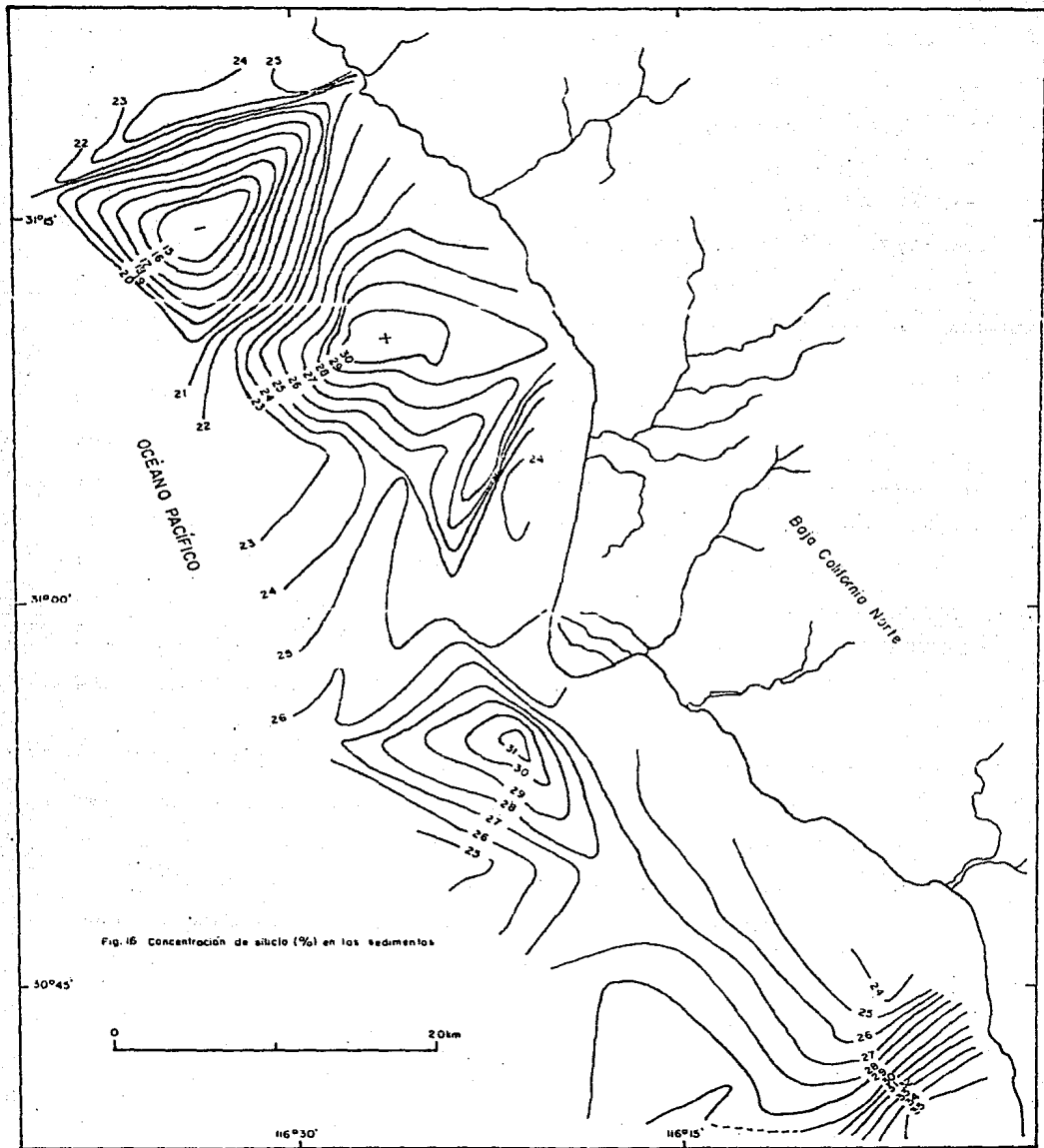


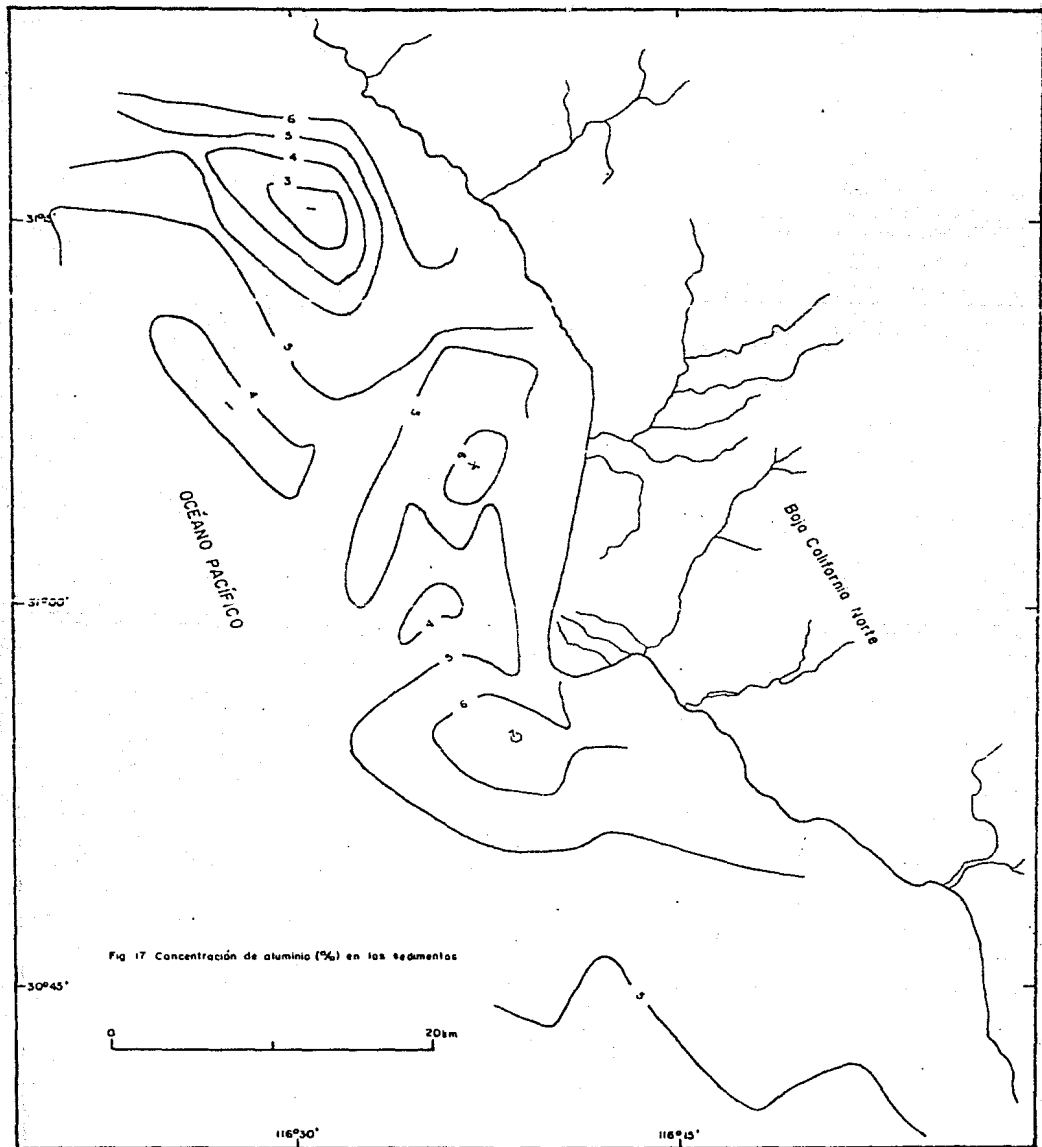
Fig. 16 Concentración de sílice (%) en los sedimentos

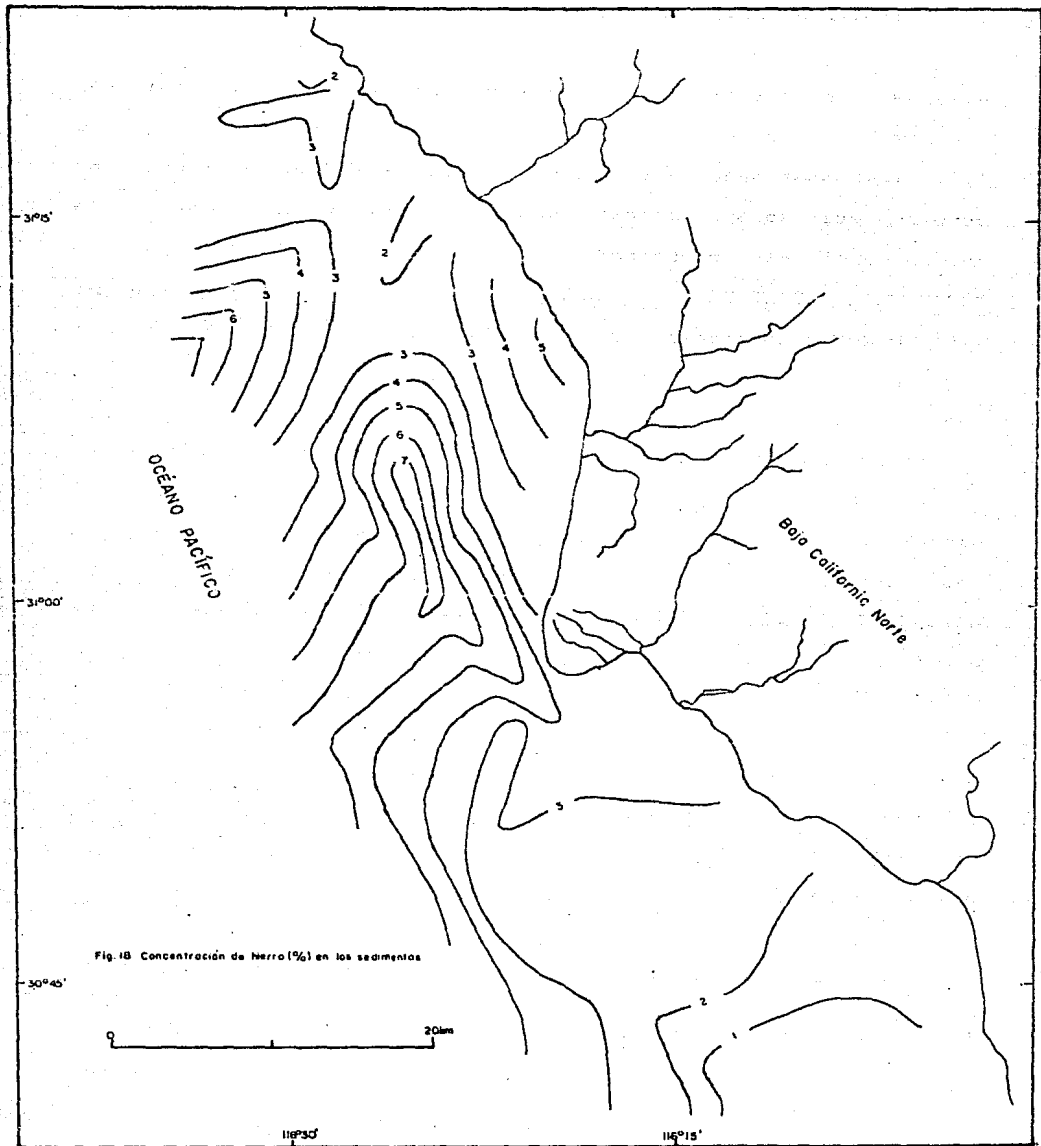
asociadas a la desembocadura del arroyo Cabras; 2) al SW de Punta San Isidro, en la zona de descarga de los arroyos San Vicente y San Antonio del Mar, con valores del 30% de Si; 3) al W de San Antonio del Mar, los sedimentos contienen un 24% de Si; 4) al SW de Cabo Colonet, en donde el Si llega a valores del 31%, asociados a la zona de descarga de los ríos San Rafael y San Telmo; 5) esta última zona, ubicada al S de Punta Camalu presenta las mayores concentraciones de Si, el cual alcanza valores del 35%.

La distribución de aluminio, al igual que el silicio, parece estar muy relacionada con la descarga de los ríos, pues los mayores valores (6 y 7%) se encuentran en las zonas de afluencia de los mismos. La figura 17 muestra las regiones de mayor concentración de Al, los cuales están al W de Punta San Isidro (en la desembocadura del río San Vicente); al W de la playa San Antonio del Mar, donde desemboca el río del mismo nombre; y al SSW de Cabo Colnett, por influencia del arroyo San Rafael.

El contenido de Fe y Ti tiene particular interés, por su importancia económica. El Fe, se concentra principalmente, en dos zonas. Una localizada al SW del arroyo San Vicente, donde el contenido de Fe varía de 2% a 7% en dirección SW. La segunda zona se encuentra al W de la playa San Antonio del Mar, donde la concentración varía de 3% a 7% de Fe (Fig. 18). Los valores más altos de Fe, se localizan a profundidades mayores de 70m.

Estos valores se concentran en arenas gruesas muy asimétricas hacia finos, en sedimentos platicárticos, muy mal clasificados.





El Fe, se encuentra en las fracciones finas, principalmente.

Con respecto a la distribución de titanio, la figura 19 muestra que parece estar controlada por los ríos, ya que los máximos valores se encuentran en zonas aledañas a su desembocadura. Tal es el caso de la zona S de Cabo Colonet, donde los valores máximos de 1.37% de Ti se encuentran asociados a la desembocadura del arroyo San Rafael. Asimismo, al NW de la playa San Antonio del Mar se tienen sedimentos con valores de 1.20% de Ti, que se asocian a la zona de descarga de varios ríos.

El Ti se concentra en sedimentos finos (arenas muy finas), muy asimétricas hacia finos que son leptocárticos y mesocárticos. El color del sedimento está asociado a la distribución de Ti, ya que los colores oscuros ocupan regiones ricas en Ti. La fuente del Ti es la ilmenita, de acuerdo con los análisis realizados por el Consejo de Recursos Minerales (tablas 8 y 10). El Fe no está asociado a magnetita, por lo que cabe pensar que se trata de una ilmenita ferrífera.

Las mayores concentraciones de manganeso (Fig. 20) se encuentran en zonas cercanas a la costa, sobre todo en el área aledaña a Cabo Colonet y la playa San Antonio del Mar. El patrón de distribución es paralelo a la línea de costa, desde Punta Cabras hasta Punta Camalá; los sedimentos en esta región presentan valores de 0.17% a 0.09% de Mn. Mar adentro los valores disminuyen; sin embargo, al S de Punta Camalá el patrón no está muy bien definido.

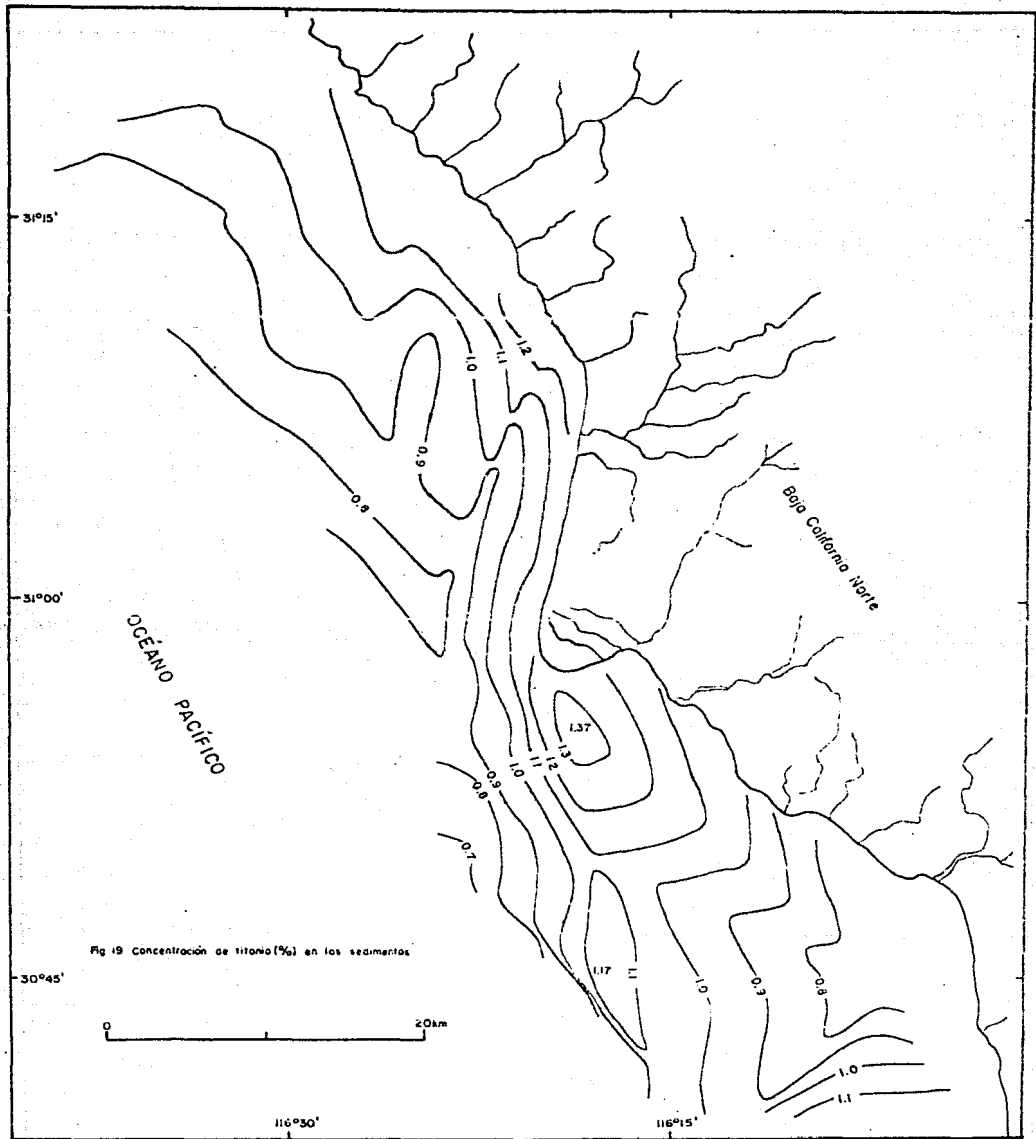
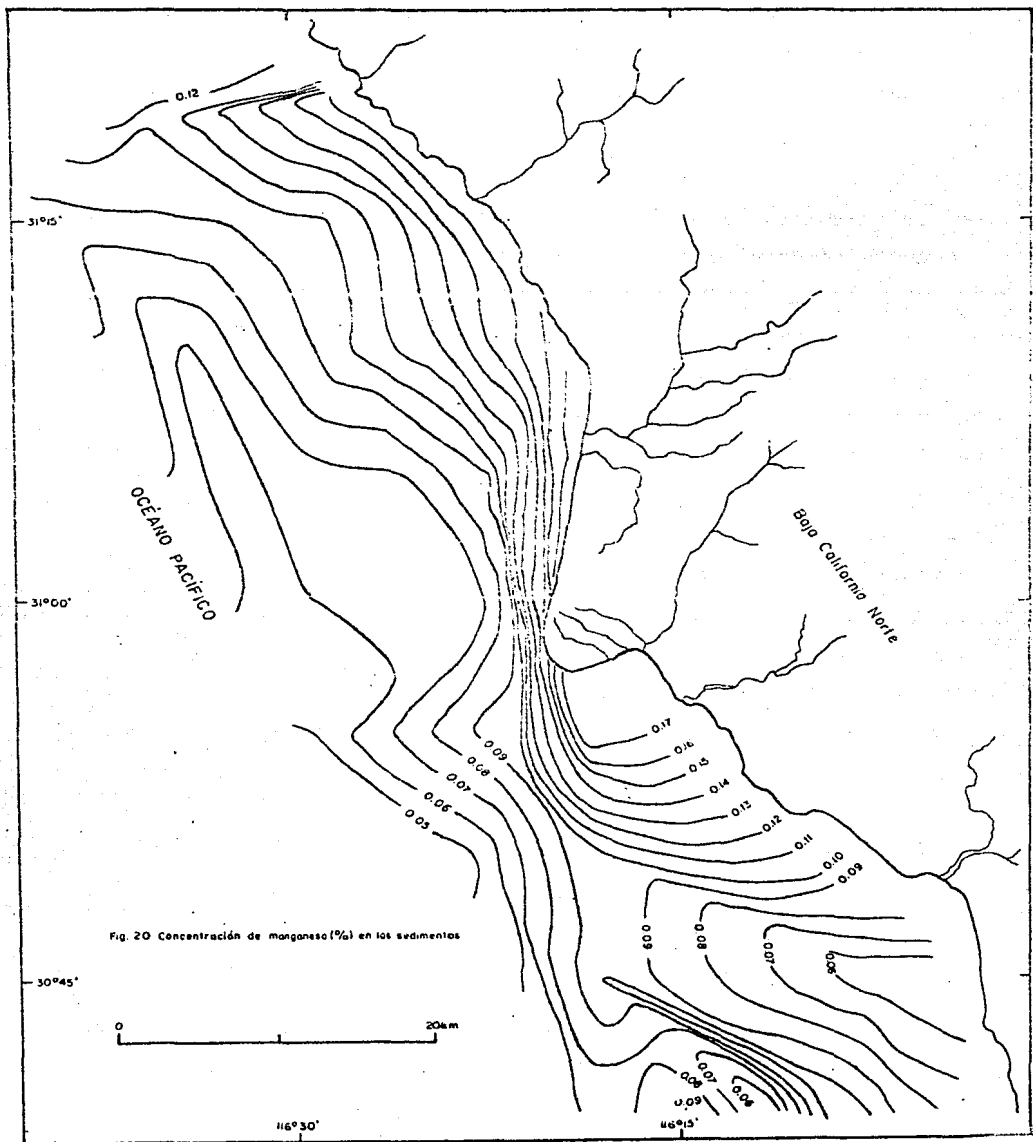


Fig 19 Concentración de titanio (%) en los sedimentos.



La concentración de Mn está muy relacionada con la batimetría, ya que las mayores acumulaciones ocurren en aguas muy someras, a profundidades menores de 50 m y se asocia a sedimentos de grano fino.

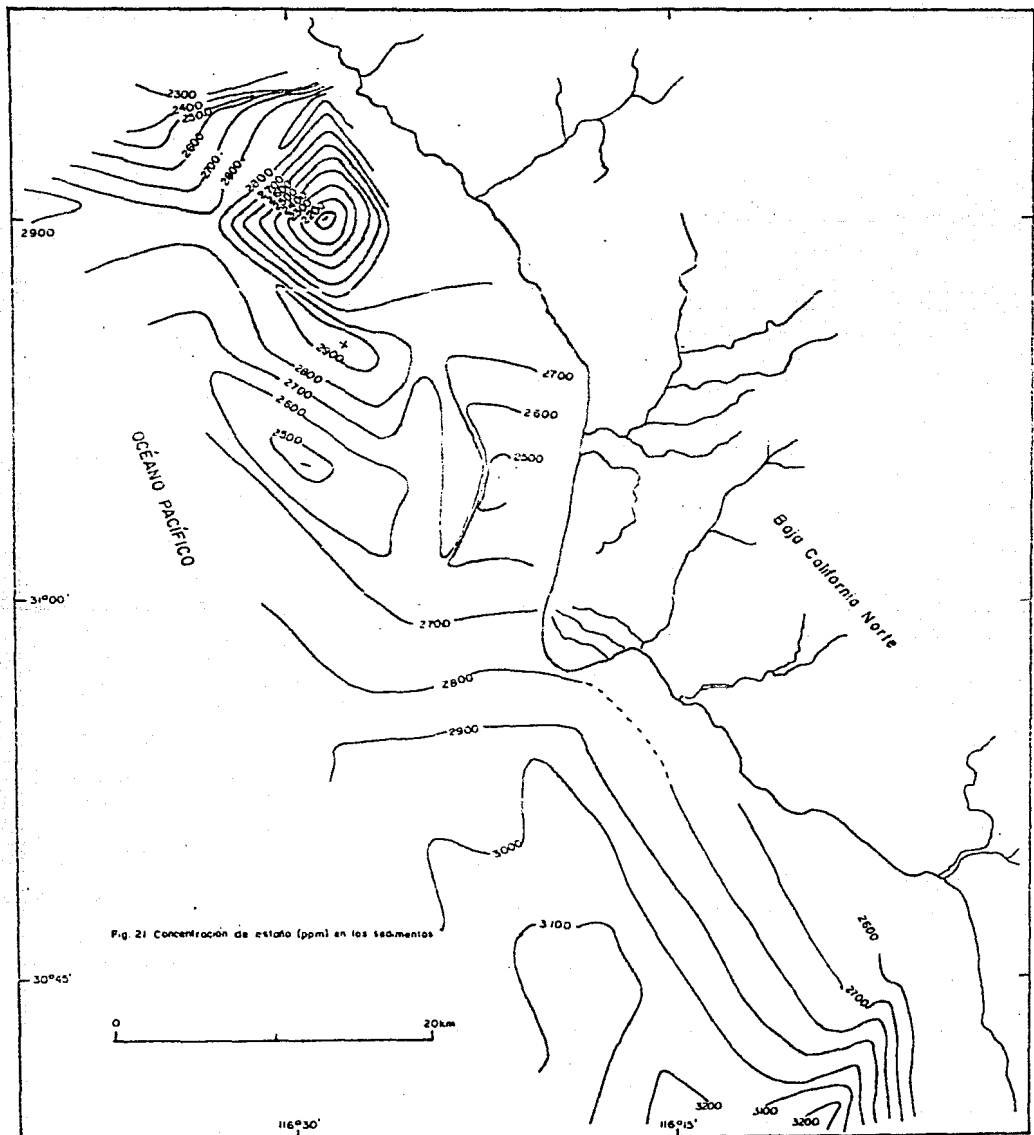
El estaño no tiene un patrón de distribución definido. Las mayores concentraciones se ubican al S de Cabo Colonet, donde hay áreas con valores de 3100 a 3200 ppm (Fig. 21).

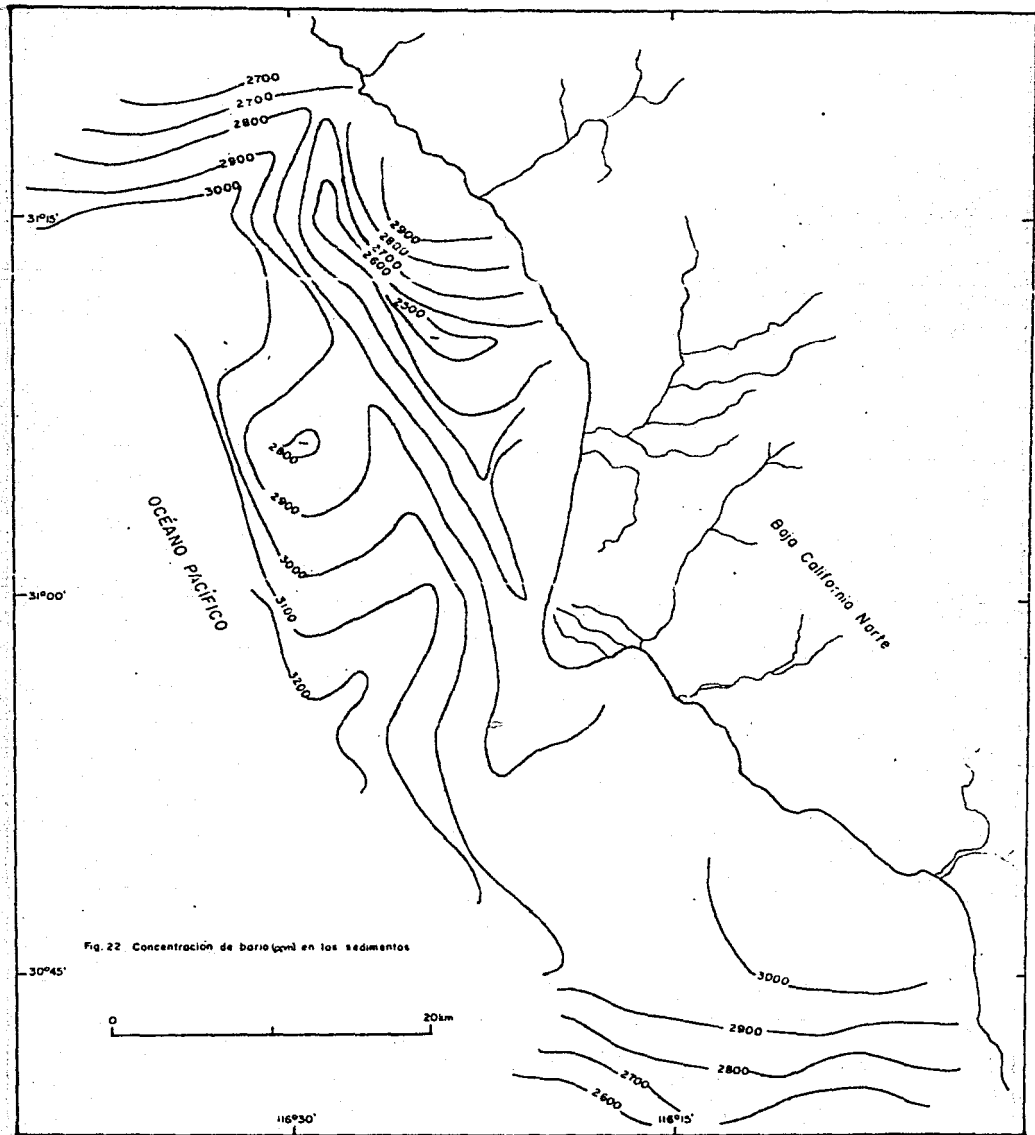
El bario se concentra preferentemente a profundidades mayores de 80 m, en las que alcanza valores de 3200 ppm. Siguiendo la isolínea de 3000 ppm se nota una cierta tendencia paralela a la línea de costa (Fig. 22). Los valores más altos de Ba se asocian a arenas gruesas, aunque al SW de Punta Camalú las concentraciones de 3000 ppm se encuentran en sedimentos muy finos.

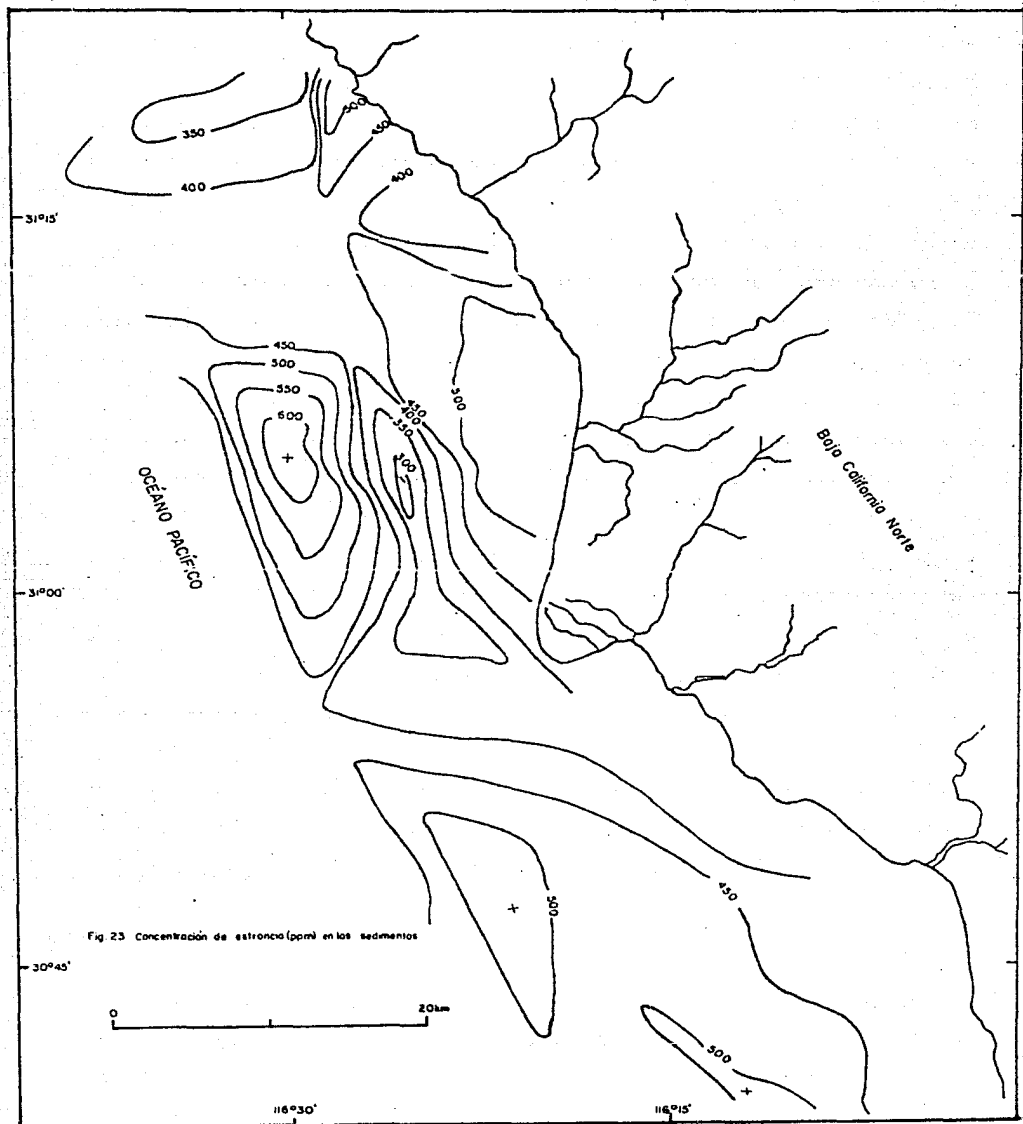
El patrón de distribución de Ba coincide con el plano de distribución de grava, por lo que es posible que tal elemento esté ligado al origen de los sedimentos con grava, los cuales pueden reflejar una antigua línea de costa.

El estroncio no presenta un patrón de distribución en especial. Las concentraciones mayores de 500 ppm se localizan cerca de la playa de San Antonio del Mar, incluso al W de la misma llegan hasta 600 ppm (Fig. 23).

De todo lo anterior, puede decirse que los sedimentos de la plataforma continental poseen como constituyentes principales el







cuarzo y feldespato, como indican los contenidos de Si y Al y los resultados de los análisis de difracción y fluorescencia de rayos X. En los estudios al microscopio se detectó como principal componente al cuarzo, sobre todo en las fracciones finas, sin embargo, los feldespatos no son tan comunes.

La tabla 11 muestra los minerales observados en el microscopio en cinco muestras de láminas delgadas. Las láminas pertenecen a diferentes fracciones de tamaño, escogidas a diferentes profundidades. A partir de dichas láminas se pudo determinar el tipo de feldespato, mica y anfíbol que contienen los sedimentos. El feldespato es microclina, que evidencia una fuente plutónica (Pettijohn, 1975), aunque también hay plagioclasas sódicas. Los feldespatos se presentan en cristales con superficies poco redondeadas (Lám. Ia). Entre las micas, la biotita es más abundante que la muscovita y se presentan en láminas poco redondeadas (Lám. Ib). Debido a su forma y a su peso específico de 2.0, las micas se concentran en arena fina y limos (Pettijohn, 1975), y provienen de rocas ígneas y metamórficas.

El anfíbol observado es hornblenda, el cual según Folk (1969) es un componente inestable. Los anfíboles se derivan de dioritas o rocas gneisicas que afloran en la península de Baja California (Lám. Ic).

El cuarzo es un mineral con gran estabilidad química y mecánica. Se ha estimado que el cuarzo pierde tan sólo una parte en 10,000

Tabla No. 11 CONCENTRACION DE MINERALES EN DIFERENTES
FRACCIONES DE TAMAÑO DE LOS SEDIMENTOS (I).

Muestra 17
fracción 3.0phi

Cuarzo	29%
plagioclasa sódica	25%
microclina	10%
micas (biotita muscovita)	15%
fragmentos de roca	10%
hornblenda	4%
esfena	2%
calcita	2%
opacos	3%

Muestra 18
fracción 2.75phi

micas	50%
cuarzo	20%
hornblenda	10%
feldespatos	10%
frag. de roca	5%
opacos	5%

Muestra 20
fracción 2.75phi

biógenos (radiolarios, diatomeas)	88%
micas	5%
cuarzo	5%
opacos	2%

Muestra 44
fracción 0.75phi

cuarzo	25%
micas	23%
plagioclasa sódica	20%
feldespatos potásico	10%
fragmentos de roca	15%
hornblenda	5%
esfena	2%

Muestra 45
fracción 0.00phi

cuarzo	30%
fragmentos de roca	30%
hornblenda	15%
plagioclasa	10%
microclina	5%
micas	10%

(I) ANALISIS EFECTUADOS EN MICROSCOPIO PETROGRAFICO.

TESIS PROFESIONAL, FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM. SOLLEIRO 1987

por cada Kilómetro que recorre (Pettijohn, 1975). Es por ello que se piensa que los ríos llevan en su carga principalmente fracciones finas de cuarzo; por lo mismo se observó que este mineral se concentra en las fracciones más pequeñas. Los granos de cuarzo son angulosos con superficies que presentan muestras de abrasión por efecto del transporte (Lám. Id). Los feldspatos son menos abundantes, porque tienden a disolverse con mayor rapidez, pues son más inestables químicamente.

Las fuentes del cuarzo son rocas ígneas graníticas y granodioríticas aunque también puede provenir de las rocas gneílicas.

Los fragmentos de roca se derivan de rocas ígneas intrusivas, granitos y granodioritas, aunque también abundan los fragmentos de gneises y en menor proporción hay fragmentos de areniscas.

Se identificaron algunos biógenos, destacándose los radiolarios y diatomeas a profundidades de 100 m (tabla 11).

En cuanto a los metales, se determinó su concentración en las diferentes fracciones de tamaño, en 4 muestras (tabla 12); se encontró que el titanio presenta las mayores concentraciones en la fracción comprendida entre 4 y 5 phi, con valores de 3.35% de Ti en la muestra 17, la cual contiene menos que 10% de material en esa fracción (Fig. 24).

El hierro también se encuentra principalmente en la fracción entre 4-5 phi con valores de hasta 6.37%. El aluminio se

Tabla No. 12 Concentración de elementos en diferentes fracciones de tamaño (I).

Muestra	Fracción (phi)	% Si	% Al	% Fe	% Ti
7	3.00	22.46	6.31	6.37	1.69
7	3.25	26.076	6.65	5.27	1.21
7	3.50	36.30	7.35	2.57	0.75
7	3.75	30.54	7.55	2.63	0.64
7	4.00	35.40	6.44	3.37	0.80
7	5.00	26.85	5.48	5.06	1.71
15	4.00	26.85	6.41	5.69	1.39
17	3.00	33.98	7.12	1.68	0.0
17	3.25	33.30	7.98	2.21	0.64
17	3.50	30.20	7.52	2.34	0.61
17	3.75	31.58	7.41	3.03	0.96
17	4.00	26.63	6.29	5.41	1.96
17	5.00	27.01	6.28	6.37	3.85
36	1.256-3.25	25.04	1.05	4.72	1.05
36	3.50	27.53	6.89	3.17	0.64
36	3.75	31.40	7.04	1.23	0.66
36	4.00	27.45	6.18	2.23	0.81
36	5.00	32.18	6.53	3.23	1.89

(I) Análisis efectuados en el laboratorio de Química Marina del ICMYL.

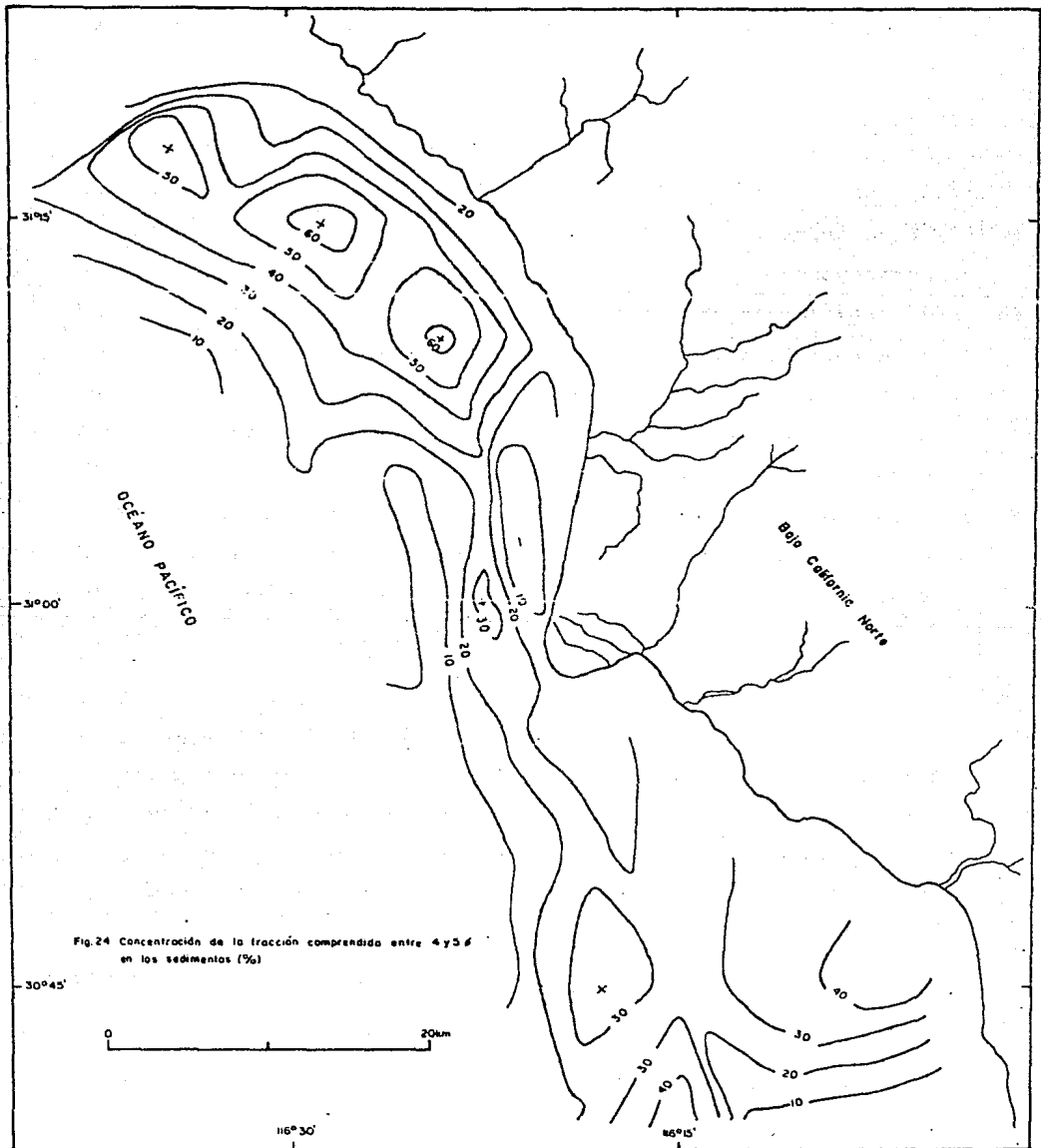


Fig.24 Concentración de la tracción comprendida entre 4 y 6 ϕ en los sedimentos (%)

concentra en fracciones más gruesas 3.25 phi a 3.75 phi con valores de hasta 7.98%.

Por su parte, el silicio no presenta un patrón preferencial de concentración para determinadas fracciones, aunque en la muestra 17, el contenido de Si disminuye con el tamaño de grano de 33.98% a 27.01%. Así, se concluye que el Fe y Ti, componentes de minerales pesados, se encuentran en las fracciones más finas, coincidiendo con el estudio de Rittenhouse (1943), quien menciona que los minerales pesados se concentran en los tamaños más pequeños y que por lo general a un incremento en la gravedad específica le acompaña una disminución en su tamaño. Asimismo, señala que el tipo de minerales que se depositan, depende de su disponibilidad y sus características fisicoquímicas, ya que de ellas depende su acumulación bajo ciertas condiciones hidráulicas.

El transporte de metales se realiza por medio de los ríos, su distribución en la plataforma evidencia su carácter detrítico. Los metales detectados provienen de rocas ígneas, principalmente granitos y granodioritas que son fuentes de Fe, Sn, Ag y dioritas que aportan Fe y Ti.

La ilmenita es un mineral accesorio muy común en rocas ígneas y metamórficas. Los sedimentos de la plataforma continental, muestran una inmadurez mineralógica evidenciada por la presencia de anfíboles, feldespatos y fragmentos de roca. Dicha inmadurez mineralógica coincide con su inmadurez textural, lo que implica que la zona es inestable tectónicamente.

VII. RECURSOS MINERALES DEL MAR

Desde la época primitiva, el hombre ha utilizado los materiales terrestres en su beneficio, inclusive a los distintas civilizaciones se les ha asignado una edad, asociándola al nombre del principal material que usaron: piedra, bronce, hierro.

Las necesidades actuales requieren conocer la distribución, carácter, ocurrencia y origen de los minerales, ya que éstos son la base principal de la industrialización.

En este siglo, la demanda de minerales se ha incrementado notablemente a causa de la explosión demográfica, las continuas guerras y al avance tecnológico. La creación de nuevos materiales (plásticos, aceros), de equipo científico, microcircuitos y los ahora famosos superconductores, obligan a la búsqueda incansable de recursos minerales.

En las tierras emergidas, los yacimientos se vuelven cada vez menos obvios y las reservas se van agotando paulatinamente. El mar proporciona una alternativa al contar con grandes recursos minerales que pueden ser aprovechables.

Antes de mencionar los recursos minerales del área de San Antonio del Mar, se hará una breve reseña de los principales recursos minerales marinos que se conocen, como son: nódulos de manganeso, depósitos de sedimentos metalíferos, minerales

autigénicos, fosforitas, recursos del subsuelo marino, depósitos marinos profundos y depósitos de placer.

Nódulos de manganeso. Los nódulos de manganeso ocurren a profundidades comprendidas entre 2500 y 6000 m. Deben su importancia a que contienen un gran número de metales estratégicos como son Mn, Fe, Ni, Co, Cu, Pb, Zn, Mo (Cronan, 1980).

Cuentan con un núcleo que está rodeado de óxidos ferromanganesianos. La fuente de aporte de los materiales que conforman los nódulos es diversa y aún no se ha establecido completamente. Se cree que derivan de actividad volcánica submarina, hidrotermal y diagenética (Cronan, op.cit.). Su formación se ve favorecida en lugares con velocidades de sedimentación pequeñas, menores que 1 mm por cada 1,000 años (UNAM-Conacyt, 1987).

Hay nódulos polimetálicos en el Océano Pacífico, Atlántico e Indico (Cronan, 1980). En el Océano Pacífico se tienen nódulos con leyes altas de Cu y Ni, localizados en una franja de orientación EW, entre los 6° y 20' de latitud N y 110° y 113° de longitud W, parte de la cual se encuentra dentro de la zona Económica Exclusiva de México. Entre los 16° 30' y 17° 30' de latitud N y 115° 30' y 117° de longitud W se han encontrado 10.027 kg/m² de nódulos a profundidades de 4,000 m (UNAM-Conacyt, 1987).

Sedimentos Metalíferos. Son depósitos ricos en Fe, Mn y otros metales, asociados a actividad volcánica marina. Tales depósitos se encuentran en la dorsal del Pacífico Oriental, donde hay valores de hasta 32.5% de Fe, en la dorsal del Atlántico, en el Golfo de Aden y en la parte oeste del Océano Índico. (Cronan, 1980)

Al Sur de la Península de Baja California. en la zona de coordenadas geográficas 20° 54' y 20° 49' de latitud N y 109° 01' y 109° 09' de longitud W, se han encontrado sulfuros metálicos dentro de la zona de extrusión de la dorsal del Pacífico Oriental a 2600 m de profundidad. Estos depósitos se caracterizan por contener elevadas concentraciones de Zn, Fe, Cu derivados de actividad hidrotermal. (Carranza - Edwards, et al. 1986)

Minerales Autigénicos. Se forman por alteración de fases pre-existentes en sedimentos subacuosos. Entre ellos se puede citar: zeolitas, barita, feldespatos (Cronan, 1980)

Fosforitas. Las fosforitas son depósitos sedimentarios compuestos por minerales fosfáticos, principalmente fluorapatita o francolita. Ocurren en aguas someras y pueden estar asociadas a depósitos de uranio, vanadio o flúor (Cronan, op.cit.)

La fosforita se usa en la elaboración de fertilizantes y ácido fosfórico. Su distribución es amplia, en las plataformas continentales de Perú, Chile, México, Argentina, Estados Unidos,

Sudáfrica, Japón y en porciones de islas sumergidas del Océano Indico. (Carranza - Edwards, 1987)

En México hay fosforitas marinas en la plataforma continental de Cabo San Lázaro - Estero San Juan, Baja California Sur, con valores de hasta 30% de pentóxido de fósforo. (UNAM-Conacyt, 1987)

Recursos del Subsuelo Marino. Los principales recursos del subsuelo marino lo constituyen los hidrocarburos, en especial el petróleo.

El carbón es uno de los recursos minerales que está siendo minado en la actualidad en la costa centro oriental de Inglaterra; los horizontes de carbón se extienden a la plataforma continental. (Carranza - Edwards, 1987)

Los minerales metálicos que ocurren en rocas que cubren las plataformas continentales son una extensión de las tierras emergidas.

Dentro de los recursos del subsuelo marino también se cuentan las evaporitas, los domos de sal, los depósitos de barita (Cronan, 1980).

Depósitos Marinos profundos. Este tipo de depósito ocurre en zonas de apertura oceánica, asociado a magmas basálticos y a erupciones volcánicas submarinas. Dentro de estos depósitos se tienen sulfuros, los cuales contienen Ni, Fe, Cu.

Depósitos de placer. Son depósitos formados por minerales metálicos de alta densidad, que se acumulan por concentración residual y mecánica. Los minerales que originan depósitos de placer son: oro, platino, diamante, ilmenita, rutilo, zircón, monacita, magnetita y cromita entre otros.

La distribución de los placeres en el mundo, según Cronan (1980), es la siguiente: en Africa, las principales concentraciones se encuentran al SW del continente y las forman los depósitos de diamantes; en el Sureste de Asia están algunos de los depósitos más importantes en el mundo; en Indonesia, Malasia y Tailandia existen placeres aluviales; en las playas de Sri Lanka hay acumulaciones de monacita e ilmenita; en Australia se tienen depósitos de playa de rutilo, zircón y monacita; en el Noroeste de Europa existen grandes depósitos de casiterita sobre el piso oceánico en el área de Cornwall. Norteamérica. En Alaska, en el océano Pacífico se han encontrado placeres de platino y oro. Existen concentraciones de minerales pesados en las costas de Florida y California.

En México, los depósitos de placer no han sido bien estudiados. En la costa del Pacífico se tienen estudios de arenas titaníferas en el área del Cayacal, en la costa del estado de Guerrero, encontrándose la presencia de ilmenita, magnetita y zircón (Martín-Barajas, 1982).

En el área de San Antonio del Mar, los metales de interés económico son el hierro y el titanio. El hierro se encuentra en proporciones de hasta 7.58% en la muestra 19 y hasta 6.37% en la fracción comprendida entre 4 - 5 phi de la muestra 17. El Fe es el cuarto elemento más abundante de la corteza terrestre; su valor promedio es de 5.6% (Pearl, 1956). El valor promedio de hierro en los sedimentos de San Antonio del Mar es de 3.10%, por lo que no representan anomalías considerables. El Fe es un metal que se utiliza en toda la industria.

El titanio es un elemento al que se le ha llamado metal de la era espacial. Por su alta resistencia y poca corrosión se le utiliza en la fabricación de aceros para aviones, herramientas, etc. Asimismo, se emplea para blanquear papeles, plásticos y otros materiales (Lynd y Lefond, 1983). Los minerales titaníferos de mena comerciales son el rutilo y la ilmenita con sus productos de alteración. El Ti es el noveno elemento más abundante en la litósfera, la cual posee un valor promedio de 0.64 a 1.07% de TiO_2 (Lynd y Lefond, 1983). En el área de San Antonio del Mar, los sedimentos contienen titanio en valores que varían de 0.69 a 1.37 % con un valor promedio de 0.98%.

Los mayores contenidos de Ti se encuentran en la fracción de limo grueso (4 a 5 phi), con valores de hasta 3.85%

Dado que tanto el Fe como el Ti se concentran preferentemente en la fracción de limo grueso, una exploración a mayor detalle, podría ubicarse en las zonas de mayor contenido de dicha frac-

ción. Tal es el caso de la franja que queda comprendida en la isolínea de 40% de limo grueso, al NW de la playa San Antonio del Mar (Fig. 24). Sin embargo, en la fracción de arena fina (3 - 4 phi) también se tienen contenidos importantes de hierro.

Otros recursos que pueden ser explotables a futuro son la arena y la grava. Los cuales se usan como agregados del cemento portland, el concreto y mezclas de asfalto.

La arena puede utilizarse, sobre todo por encontrarse en franjas cercanas a la costa, lo que reduce los costos de extracción. La grava, a pesar de estar en una franja bien delimitada, no sería tan costeable, pues los valores más altos (50% de grava) se localizan a profundidades mayores de 50 m.

El itrio, es un elemento que se utiliza en la elaboración de tubos fosforescentes y en aleaciones con cobalto para formar fuertes magnetos (Spencer, 1983).

En el área de estudio se detectó la presencia de itrio, pero en concentraciones tan bajas que difícilmente puede ser considerado de importancia económica.

La explotación de los recursos marinos requiere de una infraestructura costosa. Los placeres de aguas someras han sido minados, sobre todo en el Sureste de Asia, utilizando un equipo de perforación especial (Cronan, 1980).

La explotación de placeres es viable únicamente por periodos, dependiendo de los precios de los metales en el mercado. Quizá, en el futuro, se cuente con una tecnología económica que haga rentable el minado de los placeres en la plataforma continental, aunque éstos sean pequeños.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La plataforma continental del área de San Antonio del Mar, es una plataforma amplia de pendiente suave, de relieve uniforme, con una inclinación que varía de 0.23° a 0.40° . Las zonas de mayor pendiente coinciden con regiones de mayor erosión costera cerca de paredes acantiladas. Por el contrario, las regiones de pendiente más suave se asocian al área de descarga de los ríos.
2. El color del sedimento en húmedo es el más significativo. Se tienen dos grupos de colores: el primero con tonos que varían de negro a gris oscuro, pertenece a la zona adyacente a la costa, en una franja más o menos paralela a ella. El segundo grupo con colores olivo y gris oscuro se localiza en aguas más profundas y al parecer está ligado al contenido de materia orgánica, que en esta zona es mayor. El primer grupo de colores puede indicar la composición mineralógica del sedimento, ya que coincide con la presencia de ciertos metales como el Ti y Mn.

Los sedimentos que predominan son arenas muy finas limosas y limos arenosos. Los sedimentos van de bien clasificados a extremadamente mal clasificados, abundando los moderadamente clasificados y muy mal clasificados. Las muestras son muy asimétricas hacia finos y asimétricas hacia finos, predominando las leptocórticas y muy leptocórticas.

La distribución de la grava en la plataforma indica una antigua línea de costa a profundidades mayores que 50 m, formada durante las regresiones del Pleistoceno, por lo que estos sedimentos son posiblemente relictos.

La arena se concentra en el área adyacente a la costa, principalmente. El lodo se encuentra ubicado al NW de la playa San Antonio del Mar en una franja con orientación NW-SE, con valores de 70 y 80%.

Las arenas muy finas se localizan en la región adyacente a la costa, en una franja bien delimitada, en cuya porción central se concentra el limo grueso. Los sedimentos de grano grueso se ubican en zonas más profundas.

Los sedimentos mejor clasificados se tienen en el área cercana a la costa, que evidencian la influencia de los ríos en el depósito y confirman el carácter detrítico de los sedimentos. Por la configuración de la clasificación en la zona cercana a la playa de San Antonio del Mar, se ha identificado un paleodelta sumergido.

Los sedimentos platicórticos son propios de los sedimentos gruesos, los cuales poseen un carácter bimodal.

En algunas zonas no se recuperó sedimento, por lo que se piensa en la existencia de un fondo rocoso, donde hay una

erosión intensa y no depósito, aunque también puede deberse a errores en el funcionamiento de la draga.

3. Los sedimentos están compuestos por cuarzo, feldespatos, micas, biógenos, fragmentos de roca, anfíboles e ilmenita en la fracción mayor que 30 micras. La fracción arcillosa contiene minerales como montmorillonita, caolinita, además de cuarzo, hidromica, feldespatos, anfíboles, calcita, hematita. La fracción de grava se compone de fragmentos de roca, principalmente ígneas intrusivas, aunque también hay restos de rocas gnéissicas y areniscas.

Los minerales más abundantes son el cuarzo, feldespato, micas y anfíboles. Los feldespatos detectados son microclina y plagioclasa sódica, el anfíbol es hornblenda y dentro de las micas hay biotita y muscovita. La ilmenita que se presenta es ferrífera. En cuanto a la composición química, los elementos más abundantes son el Si y Al, siguiéndoles en abundancia el Fe y Ti. También se detectaron Ca, Mn, K, Mg, Sn, Ba, Sr y trazas de Ag, Zn, Cr, Ni, Rb, e Y. Los valores de materia orgánica son bastante bajos y varían de cero a 0.09%.

4. Los sedimentos son transportados por los ríos, en rodamiento, saltación y suspensión turbulenta. Los principales ríos del área son el San Antonio del Mar, San Vicente, San Telmo y San Rafael. Las arenas son distribuidas en la plataforma

por la Corriente de California, que es una corriente de fondo que fluye al SE. La distribución de los lodos está controlada por la contracorriente de California que se manifiesta como una corriente superficial de dirección NW cercana a la costa. La acción de las olas se manifiesta a profundidades menores de 40 m pues a tales profundidades el ambiente no permite el depósito de material muy fino. A profundidades entre 50 y 60 m se tienen zonas de quietud que permiten el depósito de los sedimentos lodosos.

Las tormentas fuertes que se originan en los meses de octubre a enero, influyen en la sedimentación de la plataforma, acarreando fragmentos de roca y material grueso. Hacia el borderland los sedimentos se transportan por corrientes de turbiedad que provocan una progradación de la plataforma.

La fuente de aporte de los sedimentos se sitúa en la península de Baja California, donde afloran rocas ígneas intrusivas, principalmente; el carácter cuarzo feldespático de los sedimentos muestra una fuente granítica, granodiorítica o gneisica. Los sedimentos son submaduros a inmaduros texturalmente e inmaduros mineralógicamente lo que refleja un ambiente de inestabilidad tectónica.

5. Tanto el Si como el Al no poseen un patrón de distribución muy uniforme dentro de la plataforma continental, ya que son los componentes de un gran número de minerales, sobre todo cuarzo y feldespatos, que son comunes en los sedimentos.

Sin embargo, su distribución evidencia el carácter detrítico de los sedimentos al estar asociada a la zona de descarga de los ríos.

El Fe se concentra principalmente en sedimentos gruesos, platicárticos, muy asimétricos hacia finos y se encuentra en las fracciones de arena muy fina y limo grueso.

El Ti se concentra en zonas adyacentes a la desembocadura de los ríos, en sedimentos muy finos, en las fracciones de limo grueso.

El Mn parece asociarse a zonas muy someras, ya que las mayores concentraciones se ubican a profundidades menores que 50 m.

Tanto el Sn como el Sr y Ba no presentan valores anómalos dentro de la plataforma.

Los metales de la plataforma continental tiene un origen detrítico y son transportados por los ríos. El Fe proviene de granitos y granodioritas, mientras que el Ti, en forma de ilmenita se deriva de rocas dioríticas y gneisicas.

Los minerales pesados se concentran en las fracciones finas. El cuarzo se encuentra distribuido principalmente en los tamaños comprendidos entre 3 y 5 phi. Los fragmentos de roca se encuentran en las fracciones gruesas, al igual que las micas, sólo que éstas se asocian preferentemente con

arenas finas y limos. Los biógenos son exclusivos de las fracciones gruesas. Analizando la fracción arcillosa, se nota que el cuarzo, la montmorillonita, la caolinita y la hidromica no varían con la profundidad. Los anfíboles disminuyen relativamente entre los 90 y 105 m de profundidad. La calcita sólo se presenta a partir de los 45 m y la hematita sólo se encuentra en el intervalo de 30 a 90 m de profundidad en pequeñas proporciones.

6. Entre los recursos minerales, el hierro y el titanio son los que poseen un mayor interés económico. Estos elementos se encuentran en mayor concentración en las fracciones finas, específicamente en la fracción de limo grueso. Así pues, una exploración a detalle podría ser factible en la zona NW de la playa San Antonio del Mar, en donde se hallan las concentraciones más importantes de limo grueso.

La arena también constituya un recurso marino a considerar, sobre todo por encontrarse en zonas cercanas a la costa, lo que reduciría los gastos de explotación. No es el caso de la grava, que a pesar de estar en una región bien delimitada, los costos de extracción se incrementan a profundidad, por lo que no resultaría costeable su explotación.

Recomendaciones.

Se recomienda hacer estudios batimétricos y sedimentológicos a profundidades mayores de 100 m, con el fin de conocer la morfología de la plataforma externa y la influencia de los sedimentos de plataforma en la sedimentación del borderland.

Es importante conocer la influencia del oleaje, mareas y corrientes marinas locales en la sedimentación de la plataforma, por lo que se requiere realizar estudios que proporcionen esos datos.

Es necesario realizar análisis petrográficos a detalle de los sedimentos, para determinar con precisión sus componentes minerales, sobre todo en las fracciones de arena muy fina y limo grueso.

Para conocer la evolución de la plataforma, es conveniente determinar el tipo de estructuras sedimentarias que se presentan por medio de núcleos de sedimento, en los cuales se puedan observar las variaciones sedimentológicas verticales. Con el objeto de determinar la presencia de un posible fondo rocoso, así como el espesor de la columna de sedimentos, se pueden hacer estudios geofísicos.

Un estudio de los sedimentos relictos proporcionarán información de las variaciones del nivel del mar sufridas durante el Pleistoceno lo que ayudará a conformar la historia geológica de la plataforma.

Por último, se recomienda una exploración minera más amplia, en la zona NW de la playa San Antonio del Mar enfocada a la fracción de limo grueso, donde se concentran principalmente los metales de importancia económica. Asimismo, sería de interés hacer un análisis de concentración de metales, destacando el Fe y Ti, en la fracción de limo grueso, sobre todo en las muestras de las áreas donde tales elementos se encuentran en mayores proporciones.

B I B L I O G R A F I A

- Alvarez Jr, M., 1962
 Provincias fisiográficas de la República Mexicana.
Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 24 (2) : 3-20.
- Boillot, G., 1984
 Geología de los márgenes continentales. Masson, s.a. 1a. edición 141 p.
- Carranza-Edwards, A., 1987
 ¿Que oculta el subsuelo marino?
Médico Moderno 25 (7): 111-125.
- Carranza-Edwards, A., Gutiérrez-Estrada, M., Rodríguez-Torres, R., 1975
 Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. UNAM 2 (1): 81 - 88.
- Carranza-Edwards, A., Rosales H.L., Villaseñor C.M.G., Ornelas O.Y., 1986
 Sulfuros metálicos submarinos al Sur de la Península de Baja California, México, An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM 13 (1): 287-296.
- Carranza-Edwards, A., Márquez-García, A., Morales de la Garza, E., 1987
 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) en prensa.
- Carranza-Edwards, A., Rosales-Hoz, L., Lozano-Santa Cruz R., (en prensa I)
 Estudio Sedimentológico de playas del estado de Oaxaca, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM en prensa.
- Carranza-Edwards, A., Rosales-Hoz, L., Lozano-Santa Cruz R., (en prensa II)
 Estudio de metales en arenas de playa de San Antonio del Mar, B.C.N., México An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM en prensa.
- Carranza-Edwards, A., Rosales-Hoz, L., Aguirre-Gómez, A., Galdán-Alcalá, A. (en prensa III)
 Estudio de metales en sedimentos litorales de Sonora, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM en prensa.

- Clifton, H.E., 1968
Gold distribution in surface sediments on the continental shelf off Southern Oregon. A preliminary report. Geol. Survey Circ. 587.
- Cronan, D. S., 1980
Underwater Minerals. Academic Press London 362 p.
- Dickinson, W.R., 1974
Tectonics and Sedimentation. Soc. of Econ. Paleontologists and Mineralogists. Special Publication No. 22 Tulsa, Oklahoma, USA.
- Dietrich, G., 1963
General Oceanography. An Introduction. John Wiley and Sons. New York 2nd. edition.
- Emery, K.O., 1965
Characteristics of continental shelves and slopes Vol. Am. Assoc. Petrol. Geol. 49 (9): 1379-1384.
- 1967
Estuaries and Lagoons in relation to continental shelves Woods Hole Oceanographic Institution Contribution 1493: 9 - 11.
- 1968
Relict sediments on continental shelves of world. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Vol. 52 (3): 445-464.
- 1970
Continental margins of the world The Geology of economic papers Symposium Cambridge Rept. 70/13: 7-29.
- Emery, K.O., Gorsline, D.S., Uchupi, E. and Terry, R.D., 1957
Sediments of three bays of Baja California: Sebastian Viscaíno, San Cristobal and Todos Santos. Jour. Sedim. Petrol. 27 (2) : 95 - 115.
- Folk, R.L., 1969
Petrología de las rocas sedimentarias. Traducido por Carmen F. de Schlaepfer y R. M. de Schmitter. Inst. Geología UNAM. 405 p.

García E., 1964

Carta de climas. Ensenada 11R II, Tijuana 11S-VII y Mexicali 11S-VII. Modificación a la clasificación de climas de Köppen para adecuarla a las condiciones de la República Mexicana. Inst. de Geografía, UNAM. Escala 1:1,000,000

Gastil, R. G., Phillips, R.P.
Allison, E.C., 1975

Reconnaissance Geology of the State of Baja California
Geol. Soc. of Amer.
Mem. 14, 170 p.

Jones H.A. and Davis, P.J., 1979

Preliminary studies of offshore placer deposits eastern Australia. Marine Geology 30:243-268.

Krause, D.C., 1965

Tectonics, bathymetry and Geomagnetism of Southern Continental Borderland West of Baja California; México. Geol. Soc. Amer. Bull. 76 : 617-650.

Kulm, L.D., Roush, R.C.,
Harlett, J.C., Newdeck,
R.H., Chambers, D.M. and
Runge, E.J., 1975

Oregon continental shelf sedimentation:
Interrelationships of facies distribution and sedimentary processes. Jour of Geol. 83 : 145-175.

Lugo, H.J., 1985

Las estructuras mayores del relieve terrestre Fac. de Ing. UNAM

Lynd, L.E., and Lefond, S.J.,
1983

Titanium minerals. Industrial Minerals and Rocks. Minin Engineers of the Amer. Inst. of Mining, Metallurgical and Petroleum engineers Inc., N.Y. Vol. 2 : 1303-1359, 5th. ed.

Márquez, G.A., Morales de
la G, E., 1984

Sedimentología de la plataforma continental del estado de Guerrero, UNAM. Fac. de Ingeniería. Tesis Profesional. 109 p.

Martín Barajas, J.A., 1980

Proyecto Minerales pesados. Informe anual. CRM. Diciembre, 1980.

- Martin Barajas, J.A., 1982
 Estudio Sedimentológico del depósito de arenas titanoferríferas de El Cayacal, Guerrero, UNAM. Facultad de Ingeniería. Tesis profesional.
- Moore, D.G., 1966
 Structure, Litho-orogenic units and postorogenic basin fill by reflection profiling: California Continental Borderland US Navy Electronics Laboratory, San Diego, Calif. 151p.
- Morán, Z.D., 1985
 Geología de la República Mexicana. SPP. Inst. Nal. Estad. Geogr. e Informática, UNAM, Fac. de Ingeniería. 2a. edición 88p.
- Munsell, 1975
 Soil Color Charts. Soiltest
- Ojeda, R.J., 1963
 Reconocimiento Geológico de la región que comprende los yacimientos de hierro de la Baja California. C.R.M. Archivo técnico.
- Park, Ch. F. Jr., and Mac Diarmid, R.A., 1975
 Ore deposits. W.H. Freeman and Company. San Francisco 3rd. edition 530p.
- Pearl, R.M., 1956
 Rocks and Minerals. Barnes and Noble. New York 275p.
- Pettijohn, F.J., 1975
 Sedimentary Rocks. Harper & Row Publishers 3rd. ed. 628p.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E., and Siever, R., 1972
 Sand and Sandstones. Springer Verlag, Berlin 618p.
- Reineck, H.E. and Singh, I.B., 1975
 Depositional Sedimentary Environments Springer-Verlag.
- Rittenhouse, G., 1943
 Transportation and deposition of heavy minerals. Bull. Geol. Soc. of Amer. 54 : 1725-1780.
- Sánchez-Lara, G., 1986
 Tablas de asentamiento para extracción de alíquotas en el análisis de pipeta, de acuerdo a la ley de Stokes, 6p. (Inédito).

Secretaría de Marina.
Dirección General de
Oceanografía y Señalamiento
marítimo, 1974

Selley, R.C., 1976

Shepard, F.D., 1963

Spencer, S.S.Jr., 1983

SPP, 1981

SSP, 1982

UNAM-Conacyt, 1987

Estudio geográfico de la región
de Ensenada, B.C., 465p.

Medios ambientes sedimentarios
antiguos. H. Blume Ediciones
Madrid, 1a. edición, 251p.

Submarine Geology. Harper and
Row New York 2nd. edition,
357p.

Rare Earths. Industrial
Minerals and Rocks. Soc. of
Mining Engineers of the Amer.
Inst. of Mining, Metallurgical
and Petroleum engineers. Inc.
N.Y. 5th. edition. vol. 2:
723-1446.

Carta batimétrica escala
1:1000 000 :Hoja Pacifico Norte
Dirección General de Geografía
del Territorio Nacional. Secre-
taría de Programación y Presu-
puesto.

Cartas geológicas escala
1:250,000. Hojas Ensenada,
San Felipe, Lázaro Cárdenas.
Dirección General de Geografía
del Territorio Nacional,
Secretaría de Programación y
Presupuesto.

Investigación sobre origen,
procesos y distribución de
minerales del piso oceánico del
Pacífico en la zona económica
exclusiva de México (clave
PCCBERNA - 022127) Informe
Técnico final. A. Carranza-
Edwards coordinador responsable
febrero, 1987. Inst. Cienc.
del Mar y Limnol. UNAM
(inédito).

Yancey, T.E. and Lee, J.W.,
1972

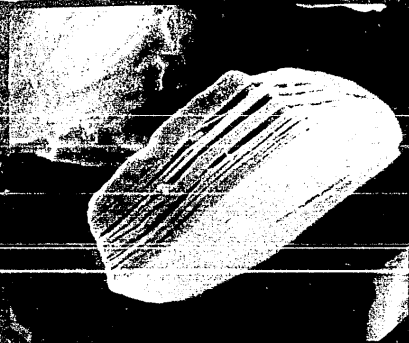
Major heavy minerals
assemblages and heavy mineral
provinces of the Central
California Coast Region. Geol.
Soc. Amer. Bull. 83 : 2099-
2104.

Wong, O.V., Legg, M., Suarez,
J.F., 1987

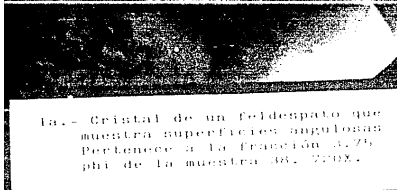
Sismicidad y Tectónica de la
margen continental del S de
California (USA) y Baja California
Norte (México).
Geofisica Internacional
26 (3): 459-478



1a.- Cristal de un feldspato que muestra superficies angulosas pertenecientes a la fracción 3.75 phi de la muestra 38, 270X.



1b.- Cristal de una mica, la cual posee superficies poco redondeadas. Muestra 27, fracción 3.75phi, 270X.



1c.- Cristal de biotita de la muestra 27, en la fracción 3.75phi, 540X.



1d.- Cristales de cuarzo que muestran una superficie abradida por efectos de transporte. Entre ellos se encuentra un palinomorfo, procedente de continente. MLa. 38, 3.75phi 400X.