



257
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO DE SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE PLATAFORMA
EN EL AREA CABO SAN LAZARO-ESTERO SAN JUAN,
BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO.**

T E S I S
Que para obtener el Título de
Ingeniero Geólogo
P R E S E N T A
Maria Elena Andrea Guzzy Arredondo



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	PAGINA
RESUMEN	1
I INTRODUCCION	3
II ANTECEDENTES	5
III AREA DE ESTUDIO	20
IV MATERIAL Y METODO DE TRABAJO	31
V ANALISIS GRANULOMETRICO	63
VI ANALISIS COMPOSICIONAL	68
VII ASPECTOS ECONOMICOS	93
VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
BIBLIOGRAFIA	106

I N D I C E D E F I G U R A S

PAGINA

Fig. 1	Modelo de circulación de corrientes marinas	14
Fig. 2	Ciclo de fósforo	15
Fig. 3	Plano de localización	21
Fig. 4	Perfiles batimétricos	23
Fig. 5	Curvas batimétricas	25
Fig. 6	Estaciones de muestreo	32
Fig. 7	Color del sedimento húmedo	36
Fig. 8	Color del sedimento seco	37
Fig. 9	Diagrama del procedimiento general para el análisis granulométrico del sedimento.	41
Fig. 10	Porcentaje de grava contenida en el sedimento	55
Fig. 11	Porcentaje de arena contenida en el sedimento	56
Fig. 12	Porcentaje de lodo contenido en el sedimento	57
Fig. 13	Tamaño gráfico promedio del sedimento	58
Fig. 14	Desviación estandar gráfica inclusiva del sedimento.	59
Fig. 15	Grado de asimetría gráfica inclusiva del sedimento.	60
Fig. 16	Curtosis del sedimento	61
Fig. 17	Relación de materiales Gruesos/Finos contra profundidad.	67
Fig. 18	Variación del porcentaje de minerales contra el tamaño de granos.	74
Fig. 19	Gráfica del porcentaje de minerales tamaño limo y arcilla contra profundidad.	77
Fig. 20	Porcentaje de Hierro contenido en el sedimento.	84
Fig. 21	Porcentaje de Titanio contenido en el sedimento	85
Fig. 22	Porcentaje de Sílice contenido en el sedimento	86
Fig. 23	Porcentaje de Bario contenido en el sedimento	87
Fig. 24	Concentración de Cromo en partes por millón	88
Fig. 25	Porcentaje de Estaño contenido en el sedimento	89
Fig. 26	Porcentaje de Materia Orgánica contenida en el sedimento.	90
Fig. 27	Porcentaje de Fosfato contenido en el sedimento	91
Fig. 28	Porcentaje de Calcio contenido en el sedimento.	92

I N D I C E D E T A B L A S

		PAGINA
Tabla 1	Color del sedimento	34
Tabla 2	Bitácora	39
Tabla 3	Escala de tamaños para los sedimentos	40
Tabla 4	Percentiles, parámetros estadísticos y porcentajes	52
Tabla 5	Porcentajes de minerales tamaño limo y arcilla.	75
Tabla 6	Análisis de minerales por difracción de rayos X y de elementos por fluorescencia de rayos X.	79
Tabla 7	Análisis químico de elementos mayores	80

A N E X O S

ANEXO 1	Listado del programa en BASIC para -- calcular porcentajes, percentiles y -- parámetros estadísticos.	102
ANEXO 2	Plano geológico e hidrográfico de la fuente de aporte de sedimentos. (en un sobre hasta atrás)	

L A M I N A

LAMINA 1	Fotomicrografías de minerales vistos al microscopio electrónico de barrido.	72
----------	---	----

R E S U M E N

El Instituto de Ciencias del Mar y Limnología dentro de un proyecto apoyado por CONACYT realiza una investigación sobre origen, procesos y distribución de minerales del piso oceánico en la Zona Económica Exclusiva de México.

La campaña oceanográfica MIMAR I forma parte de dicho proyecto y comprende tres áreas específicas de muestreo de sedimentos superficiales en la plataforma occidental de la Península de Baja California, una de las cuales, localizada entre Cabo San Lázaro y Estero San Juan a profundidades variables entre 15 y 100 metros, constituye el tema de estudio de esta tesis.

El muestreo de 86 estaciones se efectuó mediante la utilización de una draga tipo Smith Mc Intyre.

Se llevó a cabo el análisis granulométrico de los sedimentos por medio de tamizado y pipeteo, con lo que se obtuvieron los porcentajes de grava, arena, limo y arcilla, -- así como los parámetros estadísticos correspondientes.

Las diversas fracciones de sedimento se analizaron composicionalmente de acuerdo a su tamaño: Las gravas megascópicamente; las arenas al microscopio petrográfico y los limos y arcillas por difracción de rayos X. Se contó con el apoyo de -

análisis químicos y con tomas de fotografías al microscopio electrónico.

Los sedimentos que cubren la plataforma en estudio son en general arenas lodosas y lodos arenosos con bajos porcentajes de grava, formadas principalmente por fragmentos de roca, biógenos, cuarzo, feldespato, anfíboles, mica, ilmenita y montmorilonita, a excepción de algunas zonas que presentan un alto contenido de fosfato asociado con acumulaciones de grava y arena gruesa.

I. INTRODUCCION

Cada día las reservas minerales localizadas en los continentes son más limitadas, por lo que existe la preocupación de explorar los océanos y encontrar nuevas alternativas.

Dentro del proyecto UNAM-CONACYT, clave PCCBNA-022127, titulado "Investigación sobre origen procesos y distribución de minerales del piso oceánico del Pacífico en la Zona Económica Exclusiva de México", el Dr. Arturo Carranza Edwards dirigió la campaña oceanográfica MIMAR I en diciembre de 1985 en donde se colectaron, a bordo del buque oceanográfico "El Puma", las muestras de sedimento superficial de la plataforma continental en la Bahía de Santo Domingo, Baja California Sur.

Se eligió el área comprendida entre Cabo San Lázaro y Estero San Juan debido a que se ha reportado (D'Anglejan, 1965 y ROFOMEX, 1980) como zona rica en sedimentos fosfáticos, mismos que contribuyen al conocimiento de los recursos minerales marinos de México.

El objetivo de este estudio es evaluar posibles yacimientos y determinar los procesos que actúan recientemente sobre la plataforma. Para llevar a cabo dicho objetivo general, se deben de cumplir algunos objetivos particulares como: analizar la distribución granulométrica del sedimento; analizar

la composición del sedimento; analizar la fuente de aporte del sedimento; analizar la morfología de la plataforma; determinar si la fosforita es retrabajada o se está formando in situ actualmente y determinar en que fracción de tamaño el fosfato es más abundante.

ger" y "Blake", hace 100 años, se ha mencionado la presencia de fosforitas marinas (Murray, 1885 y Murray y Renard, 1891).

Emery, Dietz y Shepard (1942) mencionan la existencia de -
nódulos fosfáticos de tamaño de guijarros en los bancos so
meros de Baja California Sur y fosforita de grano fino en
la plataforma.

Dentro del área de estudio, Phleger y Ewing (1962) muestrea
ron las arenas de playa frente a las barras y lagunas lito
rales y reportaron la existencia de "pelotillas" ricas en
fluorapatita carbonatada.

D'Anglejan (1965) muestreó con nucleador de gravedad el - -
área comprendida entre Cabo San Lázaro y Punta Abrejos con
tres objetivos principales: 1) examinar la edad del depósi-
to; 2) reconocer los principales procesos físicos y quími-
cos que lo afectan y 3) buscar indicaciones sobre el desa-
rrollo del depósito. Concluyó que el medio ambiente es fa-
vorable para que la depositación del fosfato pueda ocurrir
en el presente, ya que se encuentran fuentes de aporte de
fosfato disuelto durante las surgencias oceánicas; transfe-
rencia y concentración biológica; bajos potenciales de oxi
geno y bajos rangos de sedimentación. También observó zo-
nas con evidencias de retrabajo debido a los cambios del -
nivel del mar durante la última glaciación.

D'Anglejan (1965) estimó la masa aproximada de fosforita para dicha área, en 1.6×10^9 toneladas métricas de P_2O_5 - equivalente, lo cual es una fracción considerable del total presente en los océanos de 3.2×10^{11} toneladas métricas (McKelvey, 1953). Además propone que el posible origen de la apatita no sea el resultado de precipitación directa del agua de mar, sino del reemplazamiento diagenético de material sólido rico en carbonato, y que el depósito ocurre sobre una discordancia erosional de rocas del Mioceno Medio en donde seguramente son erosionados los sedimentos ricos en fosforita de la Formación Monterey, pues debido al tamaño similar en la distribución de sedimentos fosfáticos y no fosfáticos se puede reconocer la naturaleza del retrabajo del depósito en algunas zonas.

En 1974 el Consejo de Recursos Minerales decidió que el yacimiento no era económicamente explotable debido a la baja ley del mineral (Rodríguez, 1980).

Para 1977 ROFOMEX empezó a investigar el yacimiento y a pesar de haber encontrado una ley de 4.6% de P_2O_5 se desarrolló el proyecto de Santo Domingo con una planta 100 metros tierra adentro con un lago artificial que es utilizado para separar hidráulicamente la fracción de interés entre 104 y 589 micras (Rodríguez, 1980).

La corteza terrestre contiene en promedio 0.2% de P_2O_5 . En

las rocas ígneas varía de 0.05 a 0.50%, mientras que en las rocas sedimentarias se tiene para una lutita promedio 0.17% y para una caliza promedio 0.04% (Clarke y Washington, -- 1924).

Cressman y Swanson (1964) consideran que para que una roca sea llamada "fosforita" estrictamente debe contener más -- del 19.5% de P_2O_5 (cerca de 50% de apatita) y que valores intermedios entre 19.5 y 7.8% de P_2O_5 (cerca de 20% de apatita) pueden ser definidos como roca fosfática. Sin embargo, otros autores consideran que un sedimentos es fosfático si su contenido en P_2O_5 es dos o tres veces mayor que el promedio normal, es decir, alrededor o mayor del 0.6%.

De acuerdo con Pettijohn (1975) los materiales ricos en P_2O_5 se pueden clasificar genéticamente de la siguiente manera:

restos orgánicos --- capas de huesos
 excremento --- guano
 fosfatos metasomáticos --- lutitas metasomáticas
 fosfatos residuales
 fosfatos resedimentados --- guijarros
 nódulos fosfáticos --- nódulos
 fosfatos estratificados --- fosforitas, rocas fosfatadas

Muchos de los fosfatos estratificados son negros, mientras que los formados por concentración secundaria de aguas metabólicas son blancos, amarillos y más raramente pardos. En

fosforitas estratificadas la mayoría del fosfato se encuentra en pelets y nódulos, representando sólo una pequeña - parte los huesos de pescado, braquiópodos y cemento intersticial (Pettijohn, 1975).

Los nódulos son estructuras generalmente de sección elíptica con el eje mayor paralelo a la estratificación. varían en tamaño de 0.05 milímetros a 30 centímetros de diámetro y normalmente están bien clasificados.

Los pelets son estructuras que presentan una laminación con céntrica.

A todo lo largo de la columna estratigráfica se encuentran distribuidas pequeñas concreciones fosfáticas, siendo más abundantes en discordancias (Krumbein y Sloss, 1969). Dietz, Emery y Shepard (1942) mencionan que también ocurren en el fondo marino actual, siendo típicamente de color negro, -- irregulares y con una superficie brillante.

Según Lamboy (1979) las estructuras fosfáticas pueden ser separadas en cuatro categorías según su forma: 1) galletas, de forma ovoide (por abrasión) con diámetros que van de 1 a 40 centímetros, de origen magmático o metasomático; 2) - nódulos, de forma ovalada, aplanados o globulares; c) corte zas, poseen sólo una cara de aspecto patinado con un espesor que varía de 0.5 a 3 centímetros y 4) moldes de conchas

de moluscos.

También se ha encontrado fosforita oolítica, constituida de diminutas esférulas que pueden o no, presentar estructura concéntrica.

Los componentes minerales de la fosforita son difíciles de estudiar por sus cristales submicroscópicos y sus impurezas. Han sido muchos los autores que han estudiado la compleja composición de la fosforita, como por ejemplo: Lacroix (1910); Schaller (1912); Rogers (1922); Hendricks, Jefferson y Mosely (1932); Bushinsky (1935) y McConnell (1950), entre otros.

Los minerales más comunes son los fosfatos de calcio, especialmente las variedades de apatita:

flour-apatita	$\text{Ca}_{10}\text{F}_2(\text{PO}_4)_6$
clor-apatita	$\text{Ca}_{10}\text{Cl}_2(\text{PO}_4)_6$
hidroxi-apatita	$\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$
oxi-apatita	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6$
carbonato-apatita	$\text{Ca}_{10}\text{CO}_3(\text{PO}_4)_6$

De la fórmula general de la apatita $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_6$ (F, Cl, OH) (fosfato tricálcico hidratado con cantidades variables de carbonato de calcio y flúor), el fluor puede ser sustituido por cloro o hidróxido y en menores cantidades por --

Mg, Mn, Sn, Pb, Na, U, Ce, Y, etc...; el calcio puede ser sustituido por tierras raras (McKelvey, 1978). Las impurezas están asociadas a granos de cuarzo, piritita y marcasita (Krumbein y Sloss, 1969).

La apatita (del griego aptein=burlar, porque se confundía con la esmeralda), presenta las siguientes características:

dureza = 5 en la escala de Mohs

densidad = 3-3.18 g/cm³

transparente a opaca

fractura concoidal

color = amarillo, azul, verde, pardo, violeta, etc...

El carbonato fluorapatito consiste de partículas microcristalinas con baja birrefringencia y extinción semejante a la del pedernal bajo el microscopio, presentando un color que varía de ambar a negro (Pettijohn, 1975). Cuando se trata de colofano, se observa de color pardo y presenta isotropía.

La geoquímica sedimentaria de los fosfatos es semejante a la de los carbonatos, es decir, son insolubles en soluciones neutras y alcalinas, mientras que en soluciones ácidas se disuelven

En los océanos pueden ser reconocidas cuatro capas de agua de mar con diferentes concentraciones de fosfato y nitratos (Kukal, 1971):

- 1) Capa superficial, con una baja concentración de nutrientes.
- 2) Capa subsuperficial, con un incremento en la concentración.
- 3) Capa de máxima concentración, entre 500 y 1000 metros - de profundidad con 80 mg/m^3 .
- 4) Capa abisal, con una concentración alta y constante.

Los organismos modifican apreciablemente la composición química del agua marina, por otro lado, la producción orgánica está influenciada por la presencia de ciertos compo-
nentes actuando como nutrientes, los cuales son necesarios para la actividad orgánica. Las concentraciones de nitróge-
no y fósforo son independientes de la salinidad, pero de-
penden de la producción orgánica, del sistema de corrien-
tes y de otros factores subsidiarios (Kukal, 1971).

El fósforo liberado por la descomposición de rocas en tie-
rra, es llevado en solución hacia el mar donde los organis-
mos lo extraen en pequeñas cantidades para formar estructu-
ras de sus cuerpos, ya que el fósforo es un constituyente
esencial del protoplasma, de huesos, dientes y muchas con-
chas de moluscos.

Al morir los organismos, son devorados por otros o descom-
puestos por bacterias para seguir el ciclo. Algunas veces
se rompe el ciclo y pasan a ser parte del sedimento (Emery,
Dietz y Shepard, 1942).

Pettijhon (1975) interpretó a las zonas ricas en fosfatos granulosos como el residuo de una superficie de corrosión o plano diastémico causado por solución submarina, encontrando probable que esta relación de discontinuidades con fosfatos y glauconita sólo exista en discordancias marinas, superficies de no depósito y no erosión. Además consideró que estos depósitos existen en todas las épocas, aún en el Precámbrico que se puede decir que los organismos no habían desarrollado huesos.

Los antiguos depósitos de fosforitas ocurren en extensas provincias fosfogénicas (Friedman y Sanders, 1978):

- a) Precámbrico Superior del sureste y centro de Asia.
- b) Cámbrico del sureste y centro de Asia y Australia Norte.
- c) Pérmico de Norteamérica.
- d) Jurásico y Cretácico Inferior del este de Europa.
- e) Cretácico Superior a Eoceno del Medio Oriente, Norte y oeste de África y noroeste de Sudamérica.
- f) Mioceno del oeste de Estados Unidos y noroeste de México.

Las fosforitas marinas ocurren tanto en márgenes continentales en asociación con sedimentos terrígenos, calcareos y silíceos, como en montañas submarinas asociadas con rocas calcáreas y volcánicas.

Se observa la distribución mundial de los depósitos marinos de fosforita se puede notar que la mayoría se localiza

lizan en los márgenes continentales occidentales. Esto puede explicarse siguiendo el modelo de circulación de corrientes marinas propuesto por McKelvey (1978), en donde se muestran las direcciones de las corrientes marinas polares que siguen la Ley de Coriolis, y la dirección de las corrientes ecuatoriales que van en sentido contrario, lo que provoca un choque de masas y favorece la precipitación de fosfatos en las costas occidentales de los continentes y a bajas latitudes (alrededor de 30°), como se muestra en la figura 1.

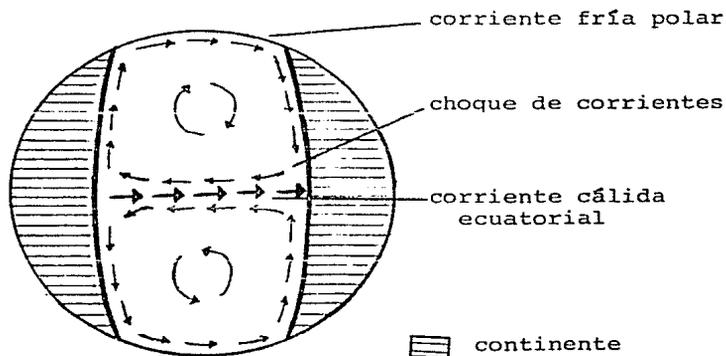


Fig. 1 Modelo de circulación de corrientes marinas
Modificado de McKelvey (1978)

El problema de la génesis del fosfato no es nuevo, son muchos los autores que después de Kasakov (1937) lo han abordado. Hoy en día se sabe que un depósito rico en fosfato se puede formar de diversas maneras, basta con mirar el ci

clo del fósforo (Fig. 2) que se origina con la desintegración de rocas ígneas y consecuentemente liberación de apatito y puede formar tanto depósitos inorgánicos como orgánicos; en medios tanto marinos como terrestres y bajo condiciones tanto aeróbicas como anaeróbicas.

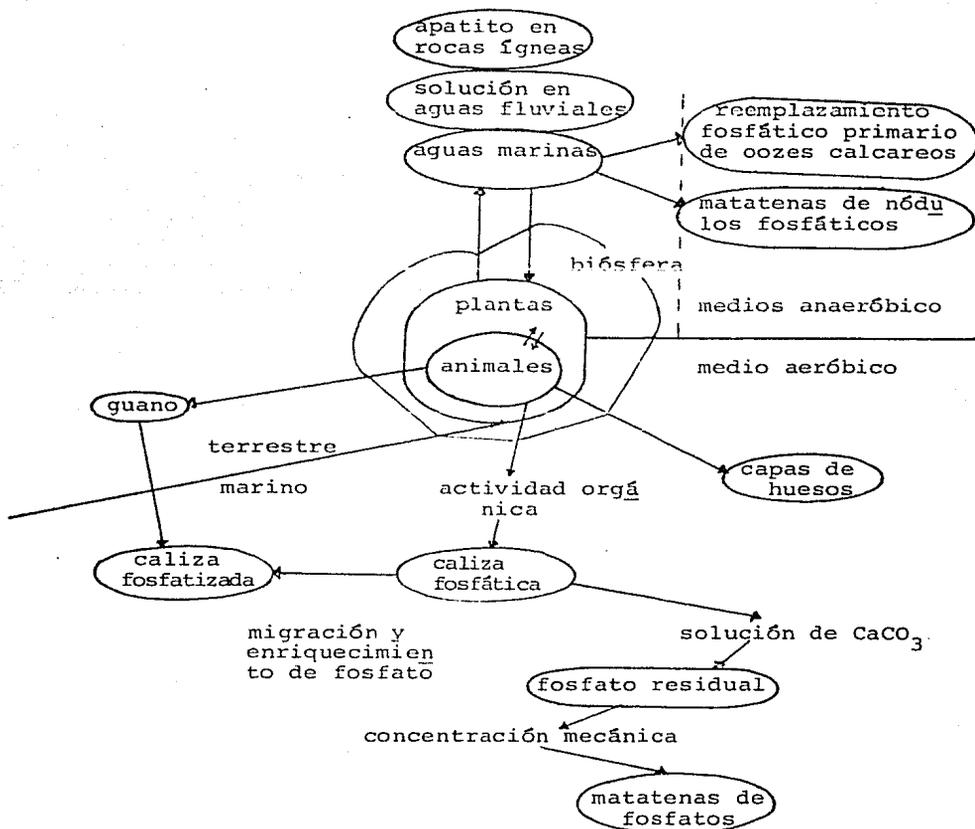


Fig. 2. Ciclo de fósforo
Modificado de Pettijohn (1975)

La hipótesis más aceptada en la actualidad para explicar la formación de los grandes depósitos marinos de fosforita es la del "upwelling" o surgencia oceánica, la cual ocurre cuando las corrientes profundas y frías provenientes de los polos chocan con corrientes cálidas ecuatoriales en las latitudes inferiores a los 30 grados, provocando que broten los nutrientes que se encuentran acumulados a grandes profundidades y se depositen en plataformas someras, en donde, bajo condiciones favorables, originan depósitos ricos en fosfatos . Kasakov (1937) fue el primero en estudiar este fenómeno y sugirió que al brotar dichas aguas ricas en nutrientes aumentaban su temperatura y su pH conforme se acercaban a la superficie y precipitaban fosfato disuelto a profundidades entre 50 y 200 metros, teniendo como límite superior la fotosíntesis y como límite inferior la presión parcial excesiva de CO_2 .

Blackwelder (1916) y Mansfield (1927) sugirieron que esta precipitación de fosfato podía darse en aguas pobres en oxígeno, lo que se reflejaría en un alto contenido de materia orgánica en los sedimentos.

Kramer (1964) considera que el agua de mar tiene fosfato disuelto, sin embargo, Degens (1965) duda que pueda precipitar del agua de mar directamente. Ames (1959) dice que es probable que la mayoría de las fosforitas se originan por la fosfatización de carbonato de calcio pre-existentes.

Parker (1975) encontró que los sedimentos de grano fino (como el limo) pueden ser más susceptibles a la penetración de líquidos ricos en fosfatos que grandes fragmentos de esqueletos (llamada limitante relativa), aunque dicha susceptibilidad también dependerá de la cantidad de calcio inicial - (limitante absoluta).

Irvine y Anderson (1891) hicieron un experimento para conoceer la velocidad de reemplazamiento del fosfato de calcio por el carbonato de calcio, sumergiendo durante seis meses una variedad de coral poroso en una solución de fosfato de amonio, encontrando un reemplazamiento del 60%. También ha sido reportado el reemplazamiento en rocas cubiertas por - guano (Clark, 1924).

Para la zona de estudio, Emery, Dietz y Shepard (1942), -- proponen dos situaciones en las cuales la fosforita pudo - haberse formado durante el Mioceno: 1) En altos topográficos submarinos, los cuales no tuvieron ni erosión ni depósito y 2) por concentración residual de rocas del Mioceno. Estas sugerencias están basadas en los foraminíferos del Mioceno Medio y tardío que se han encontrado entre los constituyentes de los nódulos, y, además, en la observación de que las zonas más abundantes en fosforita están asociadas a afloramientos miocénicos en continente.

D'Anglejan (1966) encontró que la distribución de fosfori-

tas en la plataforma de Santo Domingo está controlada por los mismos procesos de retrabajo que los componentes detríticos del sedimento, por lo que propone un intenso retrabajo durante la última transgresión. Además encontró concentraciones de $\text{PO}_4\text{-P}$ de 3.5 mg-at/1 en el agua de fondo y de acuerdo con Sillen (1960) el agua de mar a 25°C y con un pH de 7.6 tiene un promedio 2 mg-at/1 , por lo que no considera que sea muy grande el obtenido en el área de estudio. También estimó un aporte anual de fosfato disuelto de 7×10^{15} toneladas de P_2O_5 equivalente, para el área de estudio.

Las aguas oceánicas actualmente llevan 10 millones de toneladas de fósforo a las plataformas recientes con produc- -ción de fosforita, siendo mayor que el aportado por los --ríos (Baturín, 1979)

Las áreas donde la surgencia es activa ocupan menos del 1% de la superficie del océano pero proveen el 10% de la producción biológica primaria total. En estas áreas el fitoplancton produce 4 billones de toneladas de carbón orgánico (Koblentz, 1970) y consumen 100 millones de toneladas de fósforo disuelto anualmente.

En aguas litorales someras se observan cambios en la concentración de nutrientes debido a los cambios de temperatura estacionales. La concentración disminuye al mínimo du-

rante la producción intensa de fitoplancton y aumenta rápidamente en los meses de invierno (Kukal, 1971).

En este trabajo se considera que para el área de estudio -- existen desde el Terciario Temprano procesos de reemplazamiento de fosfato de calcio por carbonato de calcio debido a las altas concentraciones de fosfato disuelto en el agua de mar provenientes de corrientes de surgencias oceánicas, aunque, en los sedimentos superficiales presentes en la -- plataforma continental se observa principalmente el proceso de retrabajo de rocas más antiguas que afloran en el -- continente.

III. AREA DE ESTUDIO.

El área de estudio queda comprendida entre los paralelos 24°45' y 26°35' de Latitud Norte y los meridianos 112° y 113°30' de Longitud Oeste, en la porción occidental de la Península de Baja California, México. Su extensión es de 1,400 km² aproximadamente, siendo de forma alargada en dirección NW-SE paralelamente a la península y con profundidades variables entre 15 y 100 metros (Fig. 3).

De acuerdo con la clasificación de E. Raisz (1964) el área continental se encuentra ubicada dentro de la provincia fisiográfica de Baja California comprendiendo a las subprovincias de Sierra de la Giganta y Tierras Bajas. La provincia marina, de acuerdo con Lugo (1985), pertenece a la morfocstructura denominada Plataforma Continental.

El cordón montañoso de la Sierra de la Giganta, presenta una orientación NW-SE y está formada por las sierras: San Pedro, El Perdido, San Bernardo, Jacalón, El Buey y Agua Verde. La altitud máxima de la sierra es de 1710 metros -- sobre el nivel medio del mar. Su flanco occidental es de pendiente suave, forma mesas y pequeños cerros aislados en forma cónica, disectados por profundos cañones; mientras que, el flanco oriental se presenta en forma escalonada y con pendientes bruscas (Anexo 2).

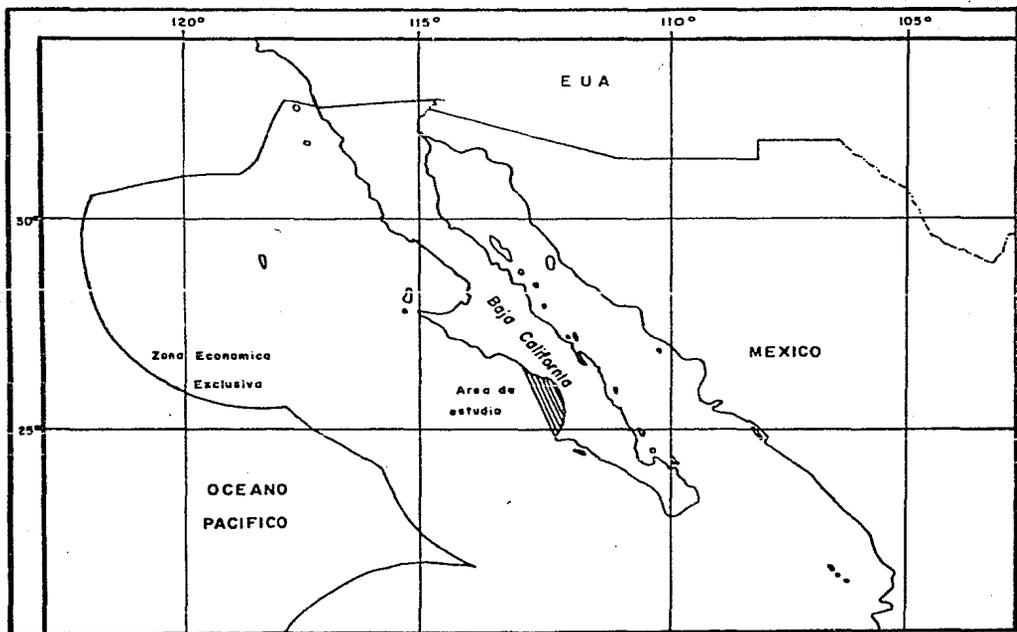


Fig. 3 Plano de Localización

La subprovincia de Tierras Bajas se caracteriza por una topografía de mesas y terrazas con altitudes variables entre 100 y 250 metros sobre el nivel medio del mar. En la franja costera se observan barras y dunas, que atestiguan una regresión marina; mientras que, hacia la porción norte, la planicie costera fue modificada por abrasión durante una transgresión.

La batimetría del área de estudio (DETENAL, 1984) muestra una pendiente de sólo nueve minutos en los primeros 200 kilómetros, por lo que se observa una plataforma continental amplia. Se continúa con unos bancos submarinos someros, de 50 a 250 metros bajo el nivel medio del mar, que se extienden por más de 100 kilómetros en dirección noroeste 30°. Se presenta una zona característica de "bardeland" con escarpes de falla. El talud continental tiene una pendiente muy pronunciada terminando en una depresión de cuatro mil o más metros de profundidad, de forma alargada y con la misma orientación que los bancos (Fig. 4).

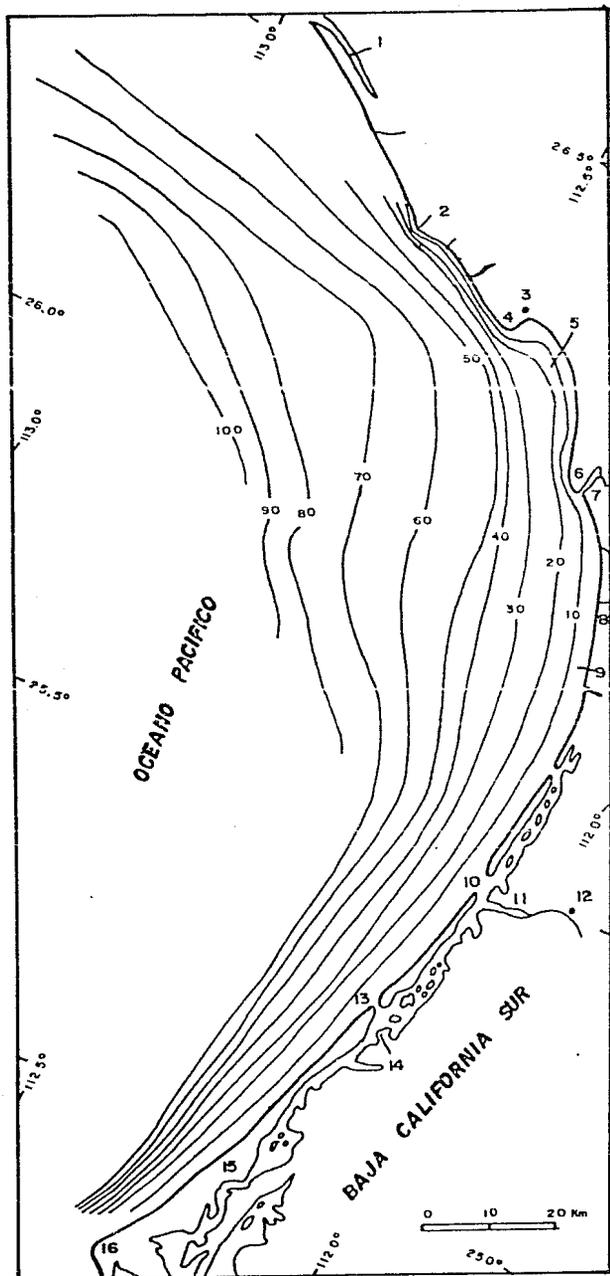
El paralelismo de dichas morfoestructuras conduce a interpretar que todas ellas son producto de las condiciones tectónicas. Antes de la apertura del Golfo de California (8 millones de años), dicha margen continental pertenecía a la Placa Norteamericana funcionando como una zona de subducción entre dicha placa y la Farallón. Cuando la dorsal oceánica colisionó con el continente el límite de placas

se volvió de transurrencia.

Entre 22 y 17 millones de años terminó la migración del magmatismo (Jurásico-Oligoceno) hacia el este y se regresó hacia el oeste, coincidiendo con la separación de la Provincia Sierras y Cuencas. Entre 16 y 8 millones de años -- ocurrieron emplazamientos ígneos tanto alcalinos como calcoalcalinos. A los 8 millones de años termina la subducción y comienza la apertura del Golfo. De 5 millones de años al presente sólo se han emplazado rocas ígneas de la serie alcalina (Gastil et al., 1975).

La batimetría obtenida en el área de muestreo (Fig. 5) -- muestra una pendiente más suave hacia la porción meridional y más fuerte hacia la porción septentrional. Por otro lado, se puede observar que hacia la porción sur existen barras y lagunas costeras mientras que en la porción norte no existen.

En la costa de Baja California, dentro del área de estudio, el clima es semiárido con isoyetas de 50 a 175 milímetros entre mayo y octubre. La temperatura máxima es de 34.5°C - y la mínima de 15°C. La rosa de los vientos dominantes es E-W y N-S teniéndose también NE-SW y NW-SE. El rango de ma rea oscila entre 1.5 y 2 metros (DETENAL, 1984).



EXPLICACION:

- 1 Estero San Juan
- 2 Punta Santo Domingo
- 3 San Juanico
- 4 Punta Pequeña
- 5 Bahía San Juanico
- 6 Punta San Juanico
- 7 Río Cadegoma
- 8 Arroyo San Benancio
- 9 Bahía Comondú
- 10 Boca Santo Domingo
- 11 Arroyo Santo Domingo
- 12 Santo Domingo
- 13 Boca La Soledad
- 14 Puerto López Mateos
- 15 Isla Magdalena
- 16 Cabo San Lázaro

Fig. 5 Curvas Batimétricas
(en metros)

La hidrografía de la cuenca de aporte está caracterizada -- por corrientes de régimen intermitente con un patrón de -- drenaje subparalelo a dendrítico. Los principales arroyos son, de norte a sur: San Pedro, San Juan, San Raymundo, -- San Martín, Mezquital, San Gregorio, la Purísima, San Anto nio, La Casita, Comondú, San Andrés, Santo Domingo y Etamo nas. Mucho del drenaje está controlado por fallas y fractu ras (Anexo 2).

Las rocas que afloran en el área de aporte comprenden un rango estratigráfico que va del Terciario Inferior al Re- ciente y son sedimentarias, predominantemente marinas, y - volcánicas. Las sedimentarias afloran en la franja coste- ra y en los bordes de cauces fluviales; mientras que las volcánicas están expuestas principalmente en la porción -- oriental.

A partir de la información de las cartas geológicas de DE TENAL escala 1:250 000 y de acuerdo a su edad, fueron aso ciadas tanto las rocas sedimentarias como las volcánicas de la siguiente manera (Plano anexo).

Rocas sedimentarias:

a) Asociación sedimentaria del Terciario Inferior. Secuen

cia limo-arenosa, en estratos delgados y medios, en -- ocasiones con estratificación cruzada, de color gris - amarillento. El depósito es marino, siendo la facies - arenosa de corriente costera y la arcilla de condición lagunar. Corresponde a la Formación Tepetate (Heim, -- 1922) correlacionable con la Formación Bateque de la - Cuenca de Vizcaino. La subyace en discordancia la Forma ción Valle del Cretácico Tardío y la sobreyace, por dis cordancia, a las Formaciones Monterey, San Isidro, Sala da y Grupo Comondú.

- b) Asociación sedimentaria del Mioceno. Secuencia clástica química y bioquímica, formada por caliza, lutita, - arenisca, fosforita, toba y yeso, de facies mixta, calcárea y clástica. Corresponde a la Formación Monterey (Heim, 1922) que cubre en discordancia angular a la -- Formación Tepetate y subyace en igual discordancia angular a la Formación San Isidro. Existen intercalaciones de arena volcanoclástica y conglomerado, en matriz areno-limosa, que constituyen el Grupo Comondú de ori gen continental. En algunas partes se observa una va riación tobacea.
- c) Asociación sedimentaria del Terciario Plioceno. Alternancia de arenisca, conglomerado, coquina y caliza cre

tosa de ambiente costero. Contiene fósiles de Pecten, Turritela y otros. Es considerada como Formación Salada -- (Heim, 1922), sobreyace a las Formaciones Tepetate y San Isidro y al Grupo Comondú; y subyace a terrazas marinas más jóvenes en forma concordante.

- d) Conglomerado Cuaternario. De origen continental, compuesto de fragmentos de rocas volcánicas de tamaño grava, en una matriz arenosa. Mal clasificado y mal compactado. De color gris, pardo y verde. Se presenta en forma masiva.
- e) Arenisca del Cuaternario. Depósito marino compuesto de arenas de grano fino bien clasificadas compuestas por lú ticos, cuarzo y feldespatos. Color gris amarillento y gris oscuro, contiene bivalvos.

Rocas Igneas:

- a) Basaltos y brechas volcánicas básicas del Terciario Tardío al Cuaternario. Los basaltos varían en composición - de alcalinos a telefticos, forman mesetas de derrames, - eyectados a través de fisuras, son de color gris claro. Las brechas son depósitos piroclásticos compuestos de es coria basáltica, aglutinados en una matriz tobácea. - Se observan algunas rocas intermedias sobre sedimentos

clásticos continentales y vulcanoclásticos de la Formación Comondú, cubiertos por gravas y depósitos eólicos recientes.

- b) Pórfidos andesítico. Intrusiona a las rocas vulcanoclásticas y a los derrames del Terciario Tardío, por lo que se le asignó una edad Post-Terciario Tardío. Son apófisis hipabisales de composición andesítica y color gris claro.

Suelos:

- a) Residual. Arcillas producto del intemperismo de rocas volcánicas básicas del Terciario y Cuaternario de color café rojizo.
- b) Lagunar. Arena de grano fino, color gris claro, con pequeños granos de sal y fragmentos de conchas.
- c) Eólico. Está constituido por fragmentos de cuarzo y ferromagnesianos. Forma lomeríos.
- d) Aluvial. Arenas de color gris y café claro, de grano fino formadas por fragmentos de cuarzo, líticos y ferromagnesianos. Se encuentran a lo largo de los cauces de corriente formando abanicos.
- e) Litoral. Arena acumulada en barras, compuestas por cuarzo

zo, feldespatos y fragmentos líticos y de conchas.

Las Formaciones San Raymundo y Monterey presentan plegamientos locales muy intensos mientras que en otros sitios permanecen horizontales, lo que induce a pensar que el plegamiento fue causado por tectónica gravitacional durante un levantamiento regional. En la secuencia correspondiente al Grupo Comondú se encuentran acúñamientos y lengüetas de los materiales volcánicos con los detritos derivados de ella misma (areniscas y conglomerados), que probablemente marcan los inicios de la separación del Bloque Californiano del resto de la masa continental. Los derrames basálticos posteriores están en posición horizontal, lo cual indica un periodo de manifestaciones volcánicas moderadas. Posteriormente ocurrió una subsidencia en la Cuenca de Purísima Iray, donde se depositaron durante el Plioceno Tardío los sedimentos de la Formación Salada. Durante el Cuaternario ocurrieron varios eventos volcánicos de carácter basáltico explosivo debidos a la continua deriva de la península. Las terrazas marinas plio-pleistocénicas, así como las lagunas y esteros, son testigos del periodo actual de continuos levantamientos con el consecuente retiro de los mares.

IV. MATERIAL Y METODO DE TRABAJO.

Las estaciones de muestreo se localizan a lo largo de 19 -- transectos distanciados entre sí cinco minutos de latitud (casi perpendiculares a la línea de costa) y con cuatro estaciones cada uno de ellos, que comprendieran profundidades aproximadas de 15, 35, 55 y 75 metros, aunque fueron añadidas 10 estaciones más en puntos estratégicos con el fin de obtener mejores interpolaciones (Fig. 6).

Las muestras fueron colectadas mediante una draga tipo - -- Smith McIntyre que obtiene un espesor aproximado de 25 centímetros de sedimento. Posteriormente se procedió a submuestrear tomando con una espátula todo el material disponible dentro de los dos centímetros más superficiales de sedimento, aproximadamente 50 gramos fueron apartados en recipientes previamente etiquetados para ser analizados durante la campaña y el resto del material fue guardado en bolsas de plástico y etiquetado para ser analizado posteriormente.

La finalidad de analizar las muestras durante la campaña fue la de obtener información inmediata acerca de algunas características como: color del sedimento húmedo (que con el tiempo puede variar) y porcentajes relativos de grava, arena y lodo, así como probar el material con molibdato de amonio y ácido clorhídrico disuelto para identificar la presencia de fosfatos.

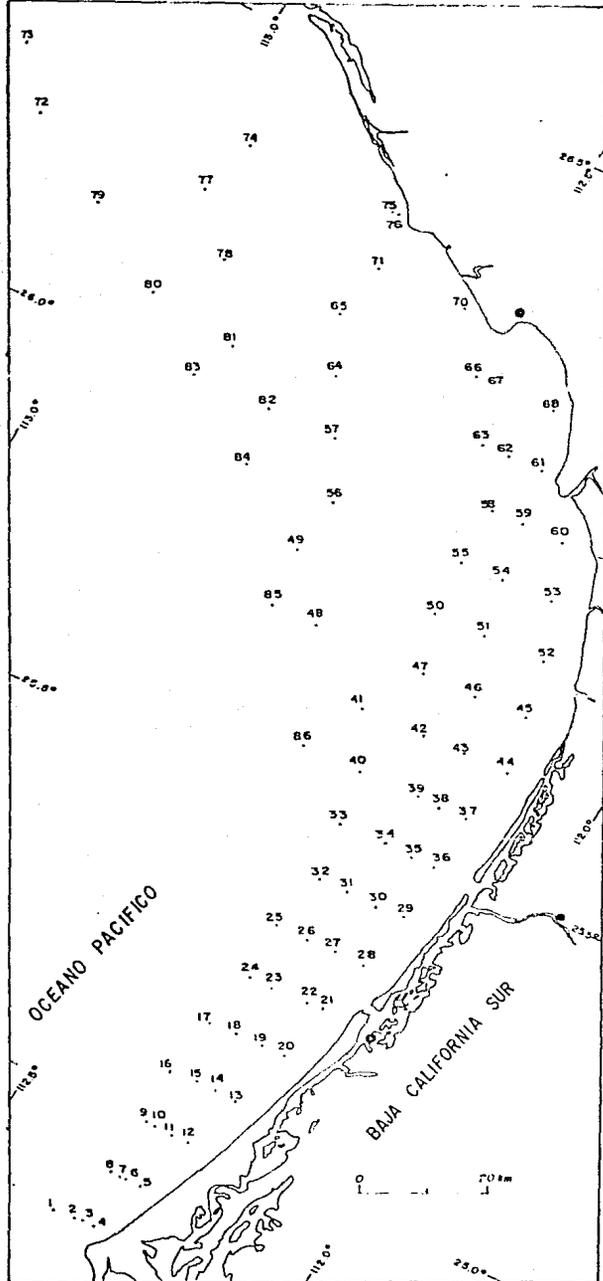


Fig. 6 Estaciones de Muestreo.

Para la determinación del color del sedimento (tanto en húmedo como en seco) se utilizó la carta de colores de Munsell (1975) haciendo comparaciones visuales y anotando la clave y el nombre (Tabla 1)

Posteriormente se procedió a elaborar los planos correspondientes para observar su distribución y relación (Fig. 7 y 8). Se puede notar que el color del sedimento en húmedo se presenta en tonos de negro y gris oscuro en una franja paralela a la costa, y que, conforme va siendo de mayor profundidad el sedimento, el color va cambiando a gris olivo oscuro, gris olivo y olivo; mientras que el color del sedimento en seco sólo presenta tres colores que van de la costa hacia mar adentro; gris olivo claro, gris olivo y olivo.

En general cuatro factores regulan el color del sedimento: 1) el efecto masivo total de los colores de los granos de mineral; 2) el color de la matriz de grano más fino; 3) el color de cualquier recubrimiento de los granos y 4) el grado de finura de los granos sedimentarios (Krumbein y Sloss, 1969), además, ese color olivo que se presenta es debido - al alto contenido de material orgánico, ya que, una vez lavado el material con agua oxigenada, pierde ese color olivo y queda gris.

Los porcentajes de grava, arena y lodo se obtuvieron mediante la separación por tamices, bajo el chorro de agua, de

Tabla 1. Color del sedimento. Utilizando la carta de colores de Munsell (1975).

Número de estación	Color del sedimento en húmedo	Color del sedimento en seco
1	5Y 4/4 olivo	5Y 5/2 gris olivo
2	5Y 4/2 gris olivo	5Y 6/2 gris olivo claro
3	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 6/2 gris olivo claro
4	5Y 3/1 gris muy oscuro	5Y 6/2 gris olivo claro
6	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
7	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
8	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
9	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
10	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
11	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 6/2 gris olivo claro
13	5Y 2.5/2 negro	5Y 5/2 gris olivo
14	5Y 4/2 gris olivo	5Y 5/2 gris olivo
15	5Y 4/2 gris olivo	5Y 5/2 gris olivo
16	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/3 olivo
17	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/3 olivo
18	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/3 olivo
19	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
20	5Y 3/1 gris muy oscuro	5Y 5/2 gris olivo
21	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
22	5Y 2.5/2 negro	5Y 5/2 gris olivo
23	5Y 2/3 gris olivo oscuro	5Y 5/3 olivo
24	5Y 4/4 olivo	5Y 5/2 gris olivo
25	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
26	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
27	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 6/2 gris olivo claro
28	5Y 2.5/1 negro	5Y 5/2 gris olivo
29	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
30	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
31	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
32	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 6/2 gris olivo claro
33	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/3 olivo
34	5Y 5/2 gris olivo oscuro	5Y 5/3 olivo
35	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
36	5Y 2.5/2 negro	5Y 5/2 gris olivo
37	5Y 2.5/1 negro	5Y 5/2 gris olivo
38	5Y 2.5/1 negro	5Y 5/2 gris olivo
39	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
40	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/3 olivo
41	5Y 4/4 olivo	5Y 5/3 olivo
42	5Y 4/2 gris olivo	5Y 5/2 gris olivo
43	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
44	5Y 3/1 gris muy oscuro	5Y 6/2 gris olivo claro
45	5Y 3/1 gris muy oscuro	5Y 5/2 gris olivo
46	5Y 2.5/2 negro	5Y 5/2 gris olivo
47	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
48	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
50	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/3 olivo
51	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
52	5Y 2.5/2 negro	5Y 5/2 gris olivo
53	5Y 3/1 gris muy oscuro	5Y 4/2 gris olivo

Número de estación	Color del sedimento en húmedo	Color del sedimento en seco
54	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
55	5Y 4/4 olivo	5Y 5/2 gris olivo
56	5Y 4/4 olivo	5Y 5/2 gris olivo
57	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
58	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
59	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
60	5Y 4/3 olivo	5Y 5/3 olivo
62	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
64	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
65	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
66	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/3 olivo
67	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/3 olivo
70	5Y 3/1 gris muy oscuro	5Y 5/2 gris olivo
71	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/3 olivo
72	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/3 olivo
73	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/3 olivo
75	5Y 2.5/2 negro	5Y 5/3 olivo
76	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
77	5Y 4/4 olivo	5Y 5/2 gris olivo
78	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/3 olivo
79	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
80	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
81	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo
82	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/3 olivo
83	5Y 4/2 gris olivo	5Y 5/2 gris olivo
84	5Y 4/2 gris olivo	5Y 5/2 gris olivo
85	5Y 4/4 olivo	5Y 5/2 gris olivo
86	5Y 3/2 gris olivo oscuro	5Y 5/2 gris olivo

Nota: Es las estaciones 5, 12, 49, 61, 68, 69 y 74 no se recuperó muestra.

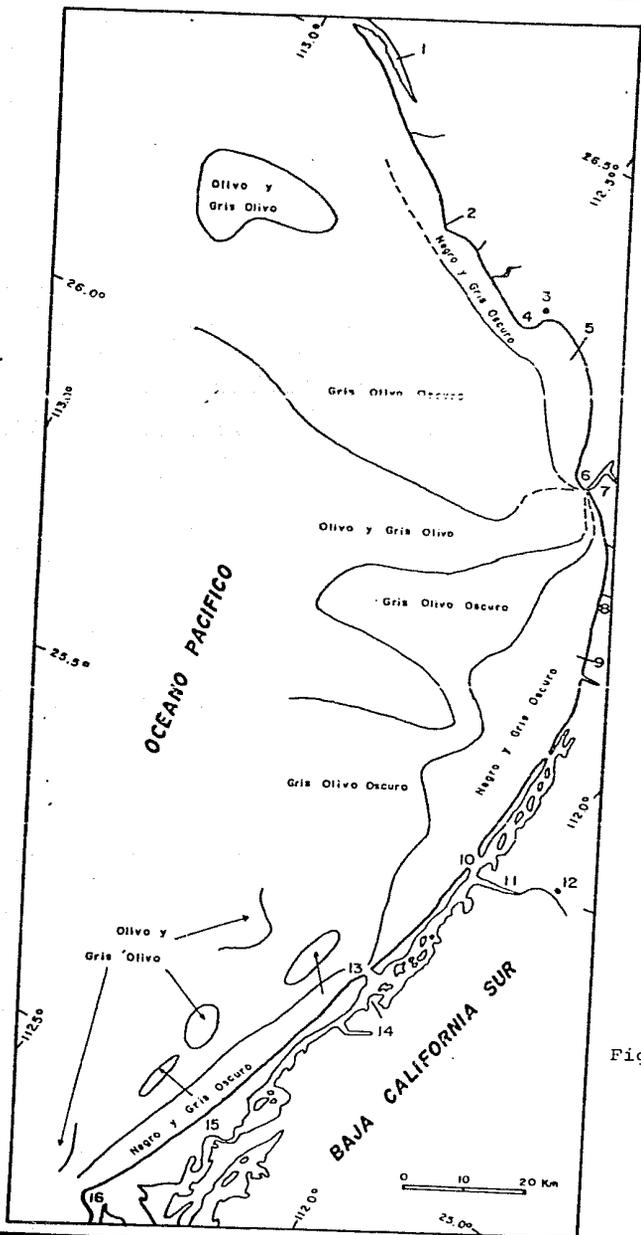


Fig. 7 Color del sedimento en húmedo

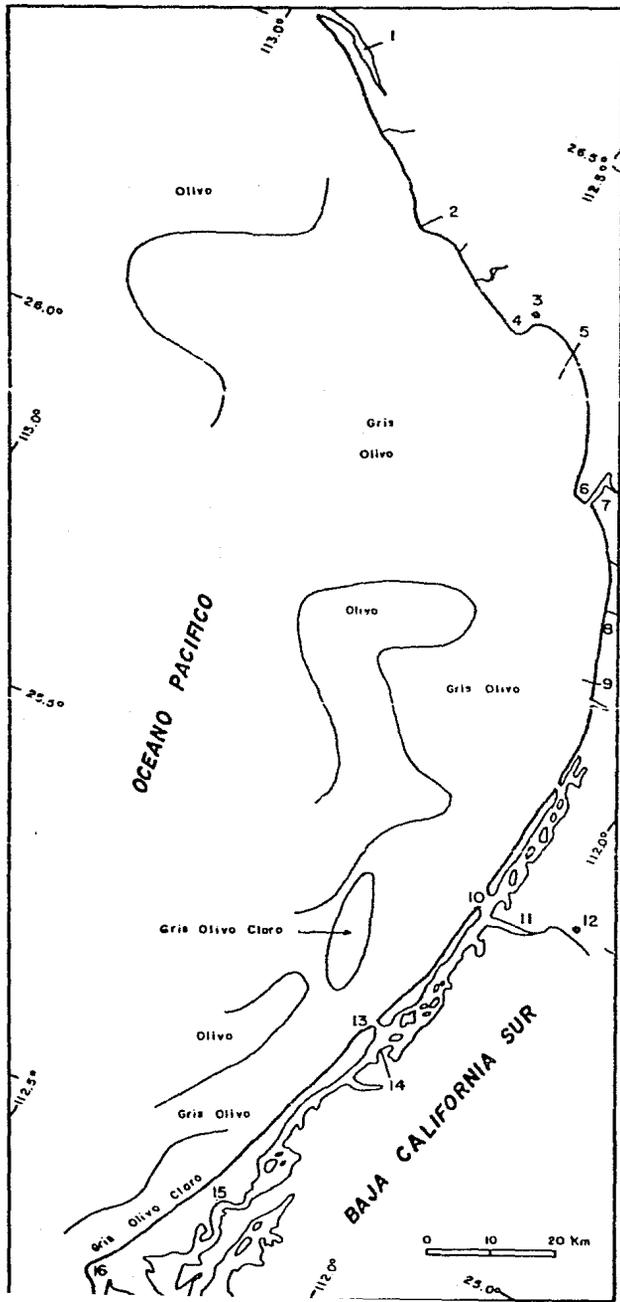


Fig. 8 Color del sedimento en seco.

las diversas fracciones, llevando control de: peso total - de la muestra seca; peso de grava y peso de arena, para obtener finalmente el peso de lodo y calcular porcentajes. - Estos datos fueron utilizados en la elaboración de planos de distribución que se usaron durante la campaña para tener una idea rápida del material colectado, pero posteriormente se llevó a cabo el análisis granulométrico en el Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

Con los datos proporcionados por el Sistema de Navegación Satélite y radar y la Ecosonda del puente de mando del Barco El Puma, se elaboró una bitácora (Tabla 2) con el posicionamiento de cada estación de muestreo, a fin de poder cartografiar cualquier aspecto de interés.

Para el análisis granulométrico se utilizaron los métodos de tamizado y pipeteo para separar los granos a cada phi, unidad de tamaño propuesta por Wentworth-Lane (1922), para estandarizar los términos y estudiar los datos en forma estadística (Tabla 3).

El procedimiento general seguido para el análisis granulométrico se encuentra resumido en la figura 9.

Tanto visual como manualmente, se ve si la muestra es are-

Tabla 2. Bitácora.

Estación			Estación				
Latitud	Longitud	prof. (m)	Latitud	Longitud	prof. (m)		
1	24 50.0	112 22.0	78.5	44	25 40.0	112 08.5	16.0
2	24 50.2	112 20.0	58.0	45	25 45.1	112 09.6	18.0
3	24 50.1	112 19.5	33.0	46	25 44.8	112 14.4	34.0
4	24 50.0	112 18.5	23.0	47	25 44.8	112 19.3	54.0
5	25 54.7	112 16.6	19.9	48	25 44.8	112 29.7	74.0
6	24 55.2	112 18.1	40.0	49	25 50.1	112 34.5	75.0
7	24 54.7	112 18.7	58.0	50	25 50.1	112 21.5	55.0
8	24 54.7	112 19.5	75.0	51	25 50.2	112 16.6	35.0
9	25 00.1	112 19.2	73.0	53	25 50.0	112 11.0	19.0
10	25 00.1	112 18.2	53.0	53	25 50.0	112 13.0	18.0
11	25 00.1	112 16.3	33.0	54	25 55.1	112 17.9	33.0
12	24 59.8	112 15.1	17.0	55	25 55.0	112 21.7	53.0
13	25 05.0	112 13.4	17.0	56	25 55.7	112 34.0	73.0
14	25 04.9	112 15.3	35.0	57	26 00.0	112 36.7	71.0
15	25 04.9	112 17.1	56.0	58	26 00.0	112.21.8	51.0
16	25 04.9	112 19.7	75.0	59	26 00.0	112 18.9	31.0
17	25 10.0	112 18.9	77.0	60	26 00.0	112 15.1	16.0
18	25 10.0	112 16.3	55.0	61	26 05.0	112 19.8	20.0
19	25 10.0	112 14.0	35.0	62	26 05.0	112 22.9	35.0
20	25 10.0	112 11.9	19.0	63	26 05.0	112 25.5	54.0
21	25 15.0	112 11.2	19.0	64	26 05.0	112 34.5	74.0
22	25 14.9	112 12.7	34.0	65	26 10.1	112 42.4	72.0
23	25 15.3	112 16.0	54.0	66	26 10.0	112 29.1	54.0
24	25 15.3	112 18.0	75.0	67	26 10.3	112 26.9	33.0
25	25 19.2	112 18.6	76.0	68	26 10.0	112 21.8	29.0
26	25 20.1	112 15.5	53.0	69	no se hizo		
27	25 20.4	112 12.8	34.0	70	26 15.0	112 33.2	33.0
28	25 19.9	112 09.9	19.0	71	26 15.2	112 41.4	54.0
29	25 25.1	112 09.3	19.0	72	26 15.5	113 13.5	73.0
30	25 25.0	112 11.8	33.0	73	26 20.4	113 18.0	64.0
31	25 24.9	112 14.8	54.0	74	26 20.1	112 56.5	52.0
32	25 24.5	112 17.5	73.0	75	26 20.0	112 42.9	35.0
33	25 30.0	112 18.6	73.0	76	26 19.6	112 42.4	29.0
34	25 30.1	112 14.4	53.0	77	26 15.1	112 58.0	67.0
35	25 30.1	112 11.5	34.0	78	26 10.0	112 53.1	80.0
36	25 30.7	112 09.4	21.0	79	26 10.0	113 05.1	99.0
37	25 35.2	112 09.3	20.0	80	26 04.9	112 57.1	98.0
38	25 34.9	112 11.9	34.0	81	26 03.8	112 48.4	83.0
39	25 35.0	112 13.9	57.0	82	26 00.0	112 43.0	81.0
40	25 34.9	112 19.4	74.0	83	26 00.0	112 50.0	100.0
41	25 39.9	112 22.1	73.0	84	25 54.9	112 42.1	96.0
42	25 40.0	112 16.3	51.0	85	25 45.1	112 33.9	91.0
43	25 40.2	112 12.4	31.0	86	25 35.1	112 25.1	84.0

Tabla 3. Escala de tamaños para los sedimentos.
Modificada por Polk (1969).

Número de Tamiz U.S. Standard	Abertura de malla en mm.	Unidad phi	Clase de tamaño de Wentworth
	128	-7	
retícula de alambre	64	-6	Guijarro pequeño
	32	-5	Matatena muy gruesa
	16	-4	Matatena gruesa
	8	-3	Matatena media
5	4	-2	Matatena pequeña
10	2	-1	Gránulo
18	1	0	Arena muy gruesa
35	1/2	1	Arena gruesa
60	1/4	2	Arena media
120	1/8	3	Arena fina
230	1/16	4	Arena muy fina
	1/32	5	Limo grueso
análisis de pipeta	1/64	6	Limo mediano
	1/128	7	Limo fino
	1/256	8	Limo muy fino
			Arcilla

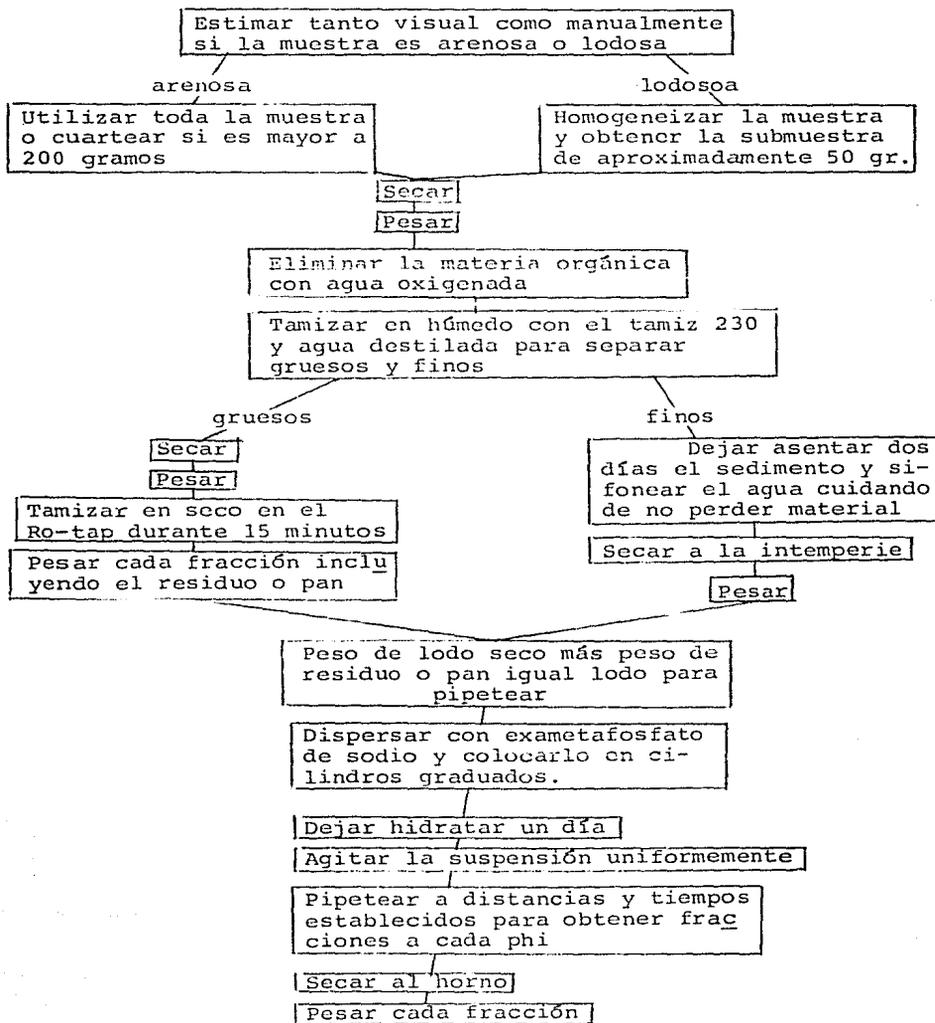


Fig.9. Diagrama que muestra el procedimiento general del análisis granulométrico efectuado sobre las muestras

nosa o lodosa. Esto es importante porque los manuales de sedimentología (Royse, 1970) recomiendan pipetear una cantidad de lodo entre 10 y 20 gramos, de modo que si una muestra es muy lodosa, pueden resultar hasta 4 ó 5 veces lo requerido y no se puede concluir satisfactoriamente el análisis, en cambio, si la muestra es muy arenosa quizás no se recuperen ni 10 gramos de lodo, pero es posible seguir el análisis. Por lo tanto, se sugiere un submuestreo para aquellas muestras muy lodosas, de modo que se espere obtener lo recomendado. Para ello se homogeneiza la muestra dentro de la bolsa que la contiene y se toman aproximadamente 50 gramos de sedimento.

La restricción de que la muestra contenga entre 10 y 20 gramos de lodo, se debe a que, por un lado, si la cantidad es menor pueden existir errores en el momento de pesar las -- alicuotas en las que se toman sólo 20 mililitros, de un volumen total de un litro con 5 gramos de dispersante. Por otro lado, si la cantidad de lodo es muy grande, causará -- problemas de floculación, en donde no es posible medir la velocidad de asentamiento de las partículas para los tiempos y profundidades establecidos en los manuales de sedimentología.

Por otro lado, si la muestra contiene algo de grava se recomienda usar por lo menos 2 kilogramos de sedimento para

que sea mas representativa la muestra. Por lo que, el analista debe estimar la cantidad de muestra a utilizar de--pendiendo de la distribución del sedimento. En algunas ocasiones es necesario utilizar toda la grava y todo el lodo de una muestra pero se tiene demasiada arena, por lo que - se puede cuartear la arena y al final calcular las proporciones relativas del sedimento.

Una vez decidida la cantidad de muestra que se va a analizar, se procede de la misma manera para todas las muestras. Se vacía la muestra en un pequeño refractario (previamente etiquetado) y se deja secar a la intemperie, no en hornos ni bajo lámparas porque el lodo forma pastas duras difíciles de disgregar. Se pesa la muestra para tener el control del peso total antes de que se pueda perder material durante la manipulación del mismo. Se coloca en un vaso de precipitado de un litro con agua oxigenada y se deja en reposo, observándose inmediatamente la reacción de la des- -trucción de la materia orgánica con burbujeo debido al escape de bióxido de carbono. La finalidad de eliminar la materia orgánica es que ésta aglutina los granos, los recubre y propicia la floculación del material, entorpeciendo el análisis. Es recomendable trabajar con 8 muestras a la vez para aprovechar el tiempo haciéndolo en serie. El proceso puede ser acelerado calentando y agitando la muestra cuidando que no se seque ni se pegue, agregando toda el - agua oxigenada que sea necesaria hasta que termine la reac

ción y la espuma se desvanezca; entonces la muestra está lista para separar las fracciones.

El tamizado en húmedo se hace para separar el material grueso (arena y grava) del fino (limo y arcilla). Para ello se utilizan los tamices números 10 y 230 en donde se coloca el material y se va bajando con una piseta que contenga agua destilada, recibiendo el material fino en un vaso de precipitado de dos litros. Aquí se debe de cuidar no usar demasiada agua, máximo los dos litros del vaso, ya que no se debe perder material. Las partes gruesas, retenidas en los tamices se dejan secar, se pesan y se guardan. La parte fina se deja en reposo dentro del vaso con agua, dos o tres días para que se asiente totalmente y sólo queden en solución sales que se desean eliminar. Se puede repetir dos o tres veces la operación con el fin de eliminar las sales, pero siempre utilizando agua destilada, dejando reposar y sifoneando con una pequeña manguera de plástico sin llegar al fondo para no jalar material. Se deja secar a la temperatura ambiente.

La grava que queda retenida en el tamiz número 10 puede ser separada por fracciones mediante el uso de retículas de alambre con aberturas adecuadas, o con un instrumento de precisión.

El tamizado en seco consiste de una serie de mallas o ta-

mices apilados uno sobre otro en donde el tamiz superior - tiene la abertura más grande y el inferior la más pequeña quedando de arriba hacia abajo con los números: 18, 35, 60, 120 y 230 respectivamente. Se colocan 50 gramos de material y se hacen vibrar durante 15 minutos en un Ro-tap, quedando retenidos los granos en el tamiz con la abertura menor al diámetro de la partícula. No se deben utilizar más de - 50 gramos de material ya que se puede tapar alguna de las mallas y no ser realizada adecuadamente la separación por fracciones. Se pesa cada una de las fracciones, cuidando no perder material, y se meten en bolsitas previamente etiquetadas con el número de muestra y fracción correspondiente.

El material de la charola, que pasa la malla 230 se une - con el lodo obtenido durante el tamizado en húmedo. Como no existen tamices para separar todas las fracciones finas, se debe utilizar otro método de separación.

El pipeteo consiste en preparar un tubo con agua destilada y dispersante y poner el material, dejarlo hidratar, homogeneizarlo con un agitador y en el momento en que se deja en reposo empieza a correr el tiempo en un cronómetro para tomar una lícuota en el tiempo y profundidad que se calcule que el tamaño de partícula irá viajando. Se basa en la ley de Stokes, que determina la velocidad de asentamiento de una partícula cualquiera con un diámetro y una

densidad conocidos, inmersa en un líquido con temperatura y viscosidad conocidas. Se debe de preparar con mucho cuidado todo el material a utilizar, ya que durante la ejecución del método se dispone de poco tiempo para arreglar -- cualquier contratiempo, por lo que, se revisan: el horno en el que se secan los vasitos que contienen las alícuotas; la balanza analítica en la que se pesan los mismos vasitos; un cilindro de vidrio graduado a 1 litro de capacidad y -- cinco vasos de precipitado de 50 mililitros para cada muestra; cronómetro; termómetro; pipeta de 20 mililitros con válvula; dispersante y suficiente agua destilada para llenar los cilindros. Se puede trabajar con 8 muestras en serie para aprovechar el tiempo. Se deja reposar el lodo 24 horas en un litro de agua destilada y cinco gramos de hexametáfosfato de sodio dentro del cilindro de vidrio tapado con papel aluminio para evitar que le caiga polvo ajeno. Durante este tiempo la muestra se hidrata y ya es posible realizar el análisis.

Se verifica que no se haya floculado el material, es decir, que no se hayan formado pequeñas pelotillas flotantes, ya que entorpecen el análisis. Si hay muestras floculadas se deben apartar para posteriormente se llevadas en suspensión y eliminar los coloides.

Se homogeneiza la muestra mediante un agitador tratando de

que el material se encuentra uniformemente distribuido a lo largo de toda la columna de agua. En el momento en que se deja de agitar empieza a correr el tiempo en el crónometro y se deben tomar las respectivas alícuotas a los tiempos y profundidades establecidos de acuerdo a la temperatura del agua en el laboratorio y a las tablas de velocidad de asentamiento de una partícula de un determinado diámetro a partir de una determinada temperatura. Se toman -- alícuotas de 20 mililitros y se colocan en el vasito respectivo para una fracción de la muestra analizada. La tabla que se siguió en este estudio fue la de Sánchez-Lara (1986) elaborada para el Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, que pasa una temperatura de 25°C se tiene:

Diámetro	Diámetro (mm)	Velocidad de asentamiento	Tiempo de asentamiento.	Profundidad de <u>extracción</u> (cm)	Tiempo de <u>extracción</u>		
					h	m	s
4 - 5	0.062500	0.393614	50.8	20	0	0	20.0
5 - 6	0.031250	0.098403	101.6	10	0	1	41.6
6 - 7	0.015625	0.024600	406.5	10	0	6	46.5
7 - 8	0.007813	0.006150	1626.0	10	0	27	6.0
mayor	0.003906	0.001537	3251.9	5	0	54	11.9

La toma de las alícuotas se hace lentamente mediante una válvula de vacío que al abrirla jala el fluido hasta llenar los 20 mililitros. Cuando se tomaron todas las alícuotas de todas las muestras, desafadas unos minutos entre sí, se meten al horno para ser secadas y al sacarlas del horno se deben de dejar enfriar en campanas desecadoras para que las muestras no absorban humedad y pesen más. Una vez frías se dejan reposar al medio ambiente del cuarto en el que se van a pesar y se pesan en la balanza analítica con bastante -- precisión.

La diferencia de los pesos obtenidos proporciona la relación en la que se va perdiendo el peso de un cierto tamaño de partículas puesto que se parte de una muestra -- homogénea en la que la velocidad de las partículas está en función de su diámetro, considerando que todas -- tienen la misma densidad y las mismas condiciones de -- experimento.

El cálculo del peso para cada fracción se hace como sigue: como cada alícuota de 20 mililitros representa 1/50 del -- volumen total de la muestra contenida en un litro, cada pe so debe ser multiplicado por 50, luego se le restan los 5 gramos de dispersante y se encuentran las diferencias, -- por ejemplo:

Fracción (phi)	peso de vaso + lodo	- peso del vaso =	x 50 =	- 5 g. =	diferencia
4 - 5	25.3628	0.4318	21.590	16.590	3.515
5 - 6	26.1771	0.3615	18.075	13.075	6.890
6 - 7	25.6323	0.2237	11.185	6.185	2.040
7 - 8	25.9120	0.1829	9.145	4.145	2.185
mayor	25.8716	0.1392	6.960	1.960	1.960

= Todos los pesos dados en gramos.

Una vez teniendo los pesos de todas las fracciones, tanto las obtenidas por tamizado como las obtenidas por pipetado, se procede a calcular el porcentaje que representan del total de la muestra, cada una de ellas, así como los porcentajes acumulativos, percentiles y parámetros estadísticos. Dicho cálculo se puede efectuar mediante un programa de computadora elaborado en BASIC para una HP-71, que se enlista en el Anexo 1.

Lo primero que hace el programa es una corrección por el peso de material perdido durante la manipulación de la muestra, es decir, al peso total de la muestra al iniciar el análisis es restada la sumatoria de los pesos de todas las fracciones y queda una cantidad que es igual al peso perdido. La corrección se hace sólo para las fracciones finas -

(limo y arcilla), ya que se considera que en ellas es más - fácil perder material que en las gruesas (grava y arena) -- que se ven a simple vista. Por lo tanto, el valor del peso perdido se hace igual a la sumatoria de las fracciones finas proporcionalmente. En seguida calcula el porcentaje que representa cada fracción del peso total de la muestra. A -- continuación calcula los porcentajes de grava, arena, limo y arcilla que existen en la muestra, así como los porcentajes acumulativos de todas las fracciones.

Para encontrar los percentiles se aplica la interpolación - lineal y finalmente, para encontrar los parámetros estadísticos correspondientes se aplican las fórmulas de Folk (1974) que se muestran a continuación:

1) Tamaño gráfico promedio

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

cuyos límites son:

grava	: menor de -1.0 (ϕ)
arena	: -1.0 a 4.0 (ϕ)
limo	: 4.0 a 8.0 (ϕ)
arcilla	: mayor de 8.0 (ϕ)

2) Desviación estándar gráfica inclusiva:

$$\text{Sigma I} = (((\phi)_{84} - (\phi)_{16}) / 4) + (((\phi)_{95} - (\phi)_{5}) / 6.6)$$

cuyos límites son:

muy bien clasificado	: menor de 0.35 (ϕ)
bien clasificado	: 0.35 a 0.50 (ϕ)
moderadamente bien clasificado	: 0.50 a 0.71 (ϕ)
moderadamente clasificado	: 0.71 a 1.00 (ϕ)
mal clasificado	: 1.00 a 2.00 (ϕ)
muy mal clasificado	: 2.00 a 4.00 (ϕ)
extramadamente mal clasificado	: mayor de 4.00 (ϕ)

3) Grado de asimetría gráfica inclusiva

$$Sk_I = \frac{((\phi)_{16}) + (\phi)_{84} - 2(\phi)_{50}}{2((\phi)_{84} - (\phi)_{16})} + \frac{((\phi)_{5}) + (\phi)_{95} - 2(\phi)_{50}}{2((\phi)_{95} - (\phi)_{5})}$$

cuyos límites son:

muy asimétrico hacia finos	: + 1.0 a + 0.3
asimétrico hacia finos	: + 0.3 a + 0.1
casi simétrico	: + 0.1 a - 0.1
asimétrico hacia gruesos	: - 0.1 a - 0.3
muy asimétrico hacia gruesos	: - 0.3 a - 1.0

4) Curtosis

$$K_g = \frac{(\phi)_{95} - (\phi)_{5}}{2.44} \left(\frac{(\phi)_{75} - (\phi)_{25}}{(\phi)_{95} - (\phi)_{5}} \right)$$

cuyos límites son:

muy platicúrtico	: menor de 0.67
platicúrtico	: 0.67 a 0.90
mesocúrtico	: 0.90 a 1.11
leptocúrtico	: 1.11 a 1.50
muy leptocúrtico	: 1.50 a 3.00
extremadamente leptocúrtico	: mayor de 3.00

A partir de la información obtenida durante el análisis -- granulométrico de las muestras, y una vez procesada median-

ESTACION.	PERCENTILES							PARAMETROS				PORCENTAJES			
	phi 5	phi 16	phi 25	phi 50	phi 75	phi 84	phi 95	Mz	SIGMA	Ski	Kg	Grava	Arena	Limo	Arcilla
1	2.10	3.01	3.15	3.55	3.95	4.48	7.17	3.68	1.36	0.34	2.59	1.01	77.04	17.75	4.10
2	2.79	3.12	3.24	3.55	3.86	3.97	5.31	3.55	0.59	0.20	1.66	0.32	86.12	11.03	2.58
3	2.45	3.07	3.17	3.47	3.77	3.86	4.29	3.47	0.48	-0.06	1.27	0.20	94.16	4.32	1.32
4	2.44	3.10	3.29	3.81	4.51	4.80	7.12	3.90	1.13	0.29	1.572	-	59.35	37.16	3.49
6	3.01	3.16	3.29	3.64	3.99	4.53	5.91	3.78	0.78	0.43	1.69	0.20	75.21	22.91	1.68
7	3.02	3.23	3.40	3.87	4.61	4.91	6.53	4.00	0.95	0.37	1.19	-	56.82	40.34	2.84
8	3.09	3.36	3.59	4.21	4.83	5.28	6.15	4.28	1.25	0.34	1.66	-	41.82	52.08	6.10
9	3.42	4.12	4.30	4.80	5.75	6.67	6.50	5.20	1.41	0.46	1.44	0.22	9.93	78.03	11.82
10	2.34	3.20	3.49	4.22	4.79	4.99	7.94	4.13	1.30	0.10	1.77	0.10	40.31	54.67	4.92
11	3.07	3.33	3.54	4.13	4.69	4.89	6.46	4.12	0.91	0.18	1.21	0.27	44.07	5.59	2.07
13	3.00	3.13	3.24	3.54	3.84	3.94	4.68	4.54	0.46	0.18	1.15	0.18	88.50	10.50	0.32
14	3.32	4.03	4.15	4.48	4.81	4.93	5.67	4.48	0.58	0.01	1.465	0.30	13.17	86.05	0.48
15	2.39	3.30	3.69	4.45	5.21	5.82	8.20	4.52	1.51	0.19	1.57	0.43	31.94	59.51	8.12
16	3.78	4.16	4.31	4.71	5.56	6.46	9.00	5.11	1.37	0.58	1.70	0.12	6.12	83.73	10.05
17	3.05	3.42	3.73	4.56	5.65	6.41	8.70	4.80	1.60	0.35	1.21	0.43	32.32	57.30	9.95
18	1.04	2.04	2.36	3.26	4.22	4.70	5.84	3.33	1.39	0.08	1.06	1.27	69.69	28.14	0.94
19	2.52	3.36	3.76	4.34	4.77	4.93	6.80	4.21	1.04	-0.05	1.736	0.17	30.21	65.50	4.12
20	3.01	3.15	3.26	3.58	3.90	4.06	4.75	3.60	0.50	0.20	1.19	0.10	82.91	16.85	0.14
21	2.37	3.04	3.16	3.50	3.83	3.95	3.71	3.50	0.89	0.02	1.42	0.04	87.41	11.36	1.19
22	3.00	3.37	3.67	4.27	4.72	4.88	5.84	4.17	0.81	0.01	1.11	0.09	34.74	62.26	2.91
23	0.73	2.01	2.45	3.46	4.46	4.92	7.60	3.47	1.77	0.11	1.40	0.63	65.52	29.31	4.54
24	3.06	3.41	3.70	4.50	5.59	6.35	8.40	4.75	1.54	0.36	1.16	0.18	11.18	58.67	6.97
25	3.37	4.12	4.37	5.12	6.55	8.20	10.30	5.81	2.07	0.50	1.30	0.05	11.74	72.21	16.00
26	1.26	2.18	2.59	3.83	4.83	5.48	8.20	3.83	1.88	0.13	1.27	0.23	52.96	41.23	5.58
27	3.15	3.66	4.03	4.46	4.89	5.32	8.10	4.48	1.17	0.25	2.35	0.08	23.28	70.84	5.80
28	2.69	3.12	3.25	3.60	3.94	4.29	4.96	3.67	0.64	8.20	1.34	0.08	79.12	19.01	1.78
29	2.13	2.43	2.68	3.22	3.63	3.79	4.57	3.15	0.71	-0.03	1.04	0.06	96.55	2.55	8.48
30	2.88	3.15	3.29	3.66	4.08	4.45	5.68	3.78	0.77	0.36	1.44	0.04	73.34	23.99	2.63
31	3.05	3.96	4.23	4.91	5.96	6.99	8.40	5.28	1.57	0.34	1.27	0.05	16.50	69.48	13.97
32	3.92	4.40	4.74	5.58	6.88	8.30	10.30	6.09	1.94	0.44	1.22	0.02	5.34	77.61	17.03
33	4.16	4.69	5.08	5.92	7.86	8.80	10.50	6.47	1.99	0.43	0.94	-	1.63	74.26	24.14
34	2.71	3.30	3.59	4.44	5.60	6.42	8.30	4.72	1.63	0.32	1.14	0.03	37.78	51.66	10.53
35	-0.92	1.56	2.10	2.91	3.81	4.42	6.33	2.96	1.81	-0.03	1.73	3.87	76.32	17.95	1.86
36	2.21	2.74	3.05	3.40	3.75	3.87	4.64	3.34	0.65	-0.07	1.43	0.11	92.92	6.07	0.91
37	2.28	3.00	3.12	3.43	3.75	3.86	4.16	3.43	0.50	-0.11	1.21	0.18	94.59	3.46	1.77

Tabla 4.- Percentiles, parámetros estadísticos y porcentajes.

ESTACION	PERCENTILES				PARAMETROS						PORCENTAJES				
	phi 5	phi 16	phi 25	phi 50	phi 75	phi 84	phi 95	Mz	SIGMA	Ski	Kq	Grava	Arena	Limo	Arcilla
38	2.06	2.94	3.13	3.54	3.95	4.37	5.47	4.62	0.88	0.14	1.71	1.62	76.43	19.49	2.46
39	2.53	3.15	3.36	3.93	5.43	6.37	8.40	4.48	1.70	0.52	1.16	0.06	53.26	36.09	10.59
40	4.33	5.10	5.36	6.12	7.69	8.40	9.70	6.54	1.64	0.36	0.94	-	1.32	76.16	22.52
41	3.02	4.02	4.44	5.50	6.89	8.30	9.50	5.94	2.05	0.27	1.08	-	15.57	66.74	17.79
42	2.75	3.16	3.37	3.35	4.64	5.42	7.57	4.11	1.30	0.53	1.50	0.02	64.59	32.48	2.91
43	1.39	2.22	2.48	3.14	3.64	3.83	4.53	3.06	0.88	0.13	1.10	0.54	92.08	7.24	0.14
44	1.31	2.04	2.16	2.49	2.83	2.95	4.28	2.49	0.68	0.10	1.83	0.23	98.14	1.26	0.37
45	1.51	2.10	2.22	2.55	2.89	3.04	4.40	2.57	0.68	0.16	1.77	0.44	97.41	1.66	0.49
46	2.05	2.70	3.06	3.41	3.76	3.89	4.49	3.33	0.67	0.15	1.42	1.19	90.72	7.36	0.74
47	2.29	3.21	3.47	3.24	5.28	6.11	8.30	4.52	1.63	0.32	1.37	0.71	42.51	47.57	9.21
48	3.02	3.19	3.32	3.70	4.29	4.83	8.10	3.91	1.81	0.56	2.14	0.82	69.84	24.58	5.32
50	2.14	2.67	3.07	3.80	5.01	5.84	8.20	4.11	1.71	0.37	1.28	0.58	56.10	35.01	8.31
51	1.05	2.19	2.47	3.14	3.62	3.79	4.60	3.04	0.93	-0.18	1.26	0.79	94.48	3.51	1.22
52	1.50	2.11	2.23	2.58	2.93	3.21	4.40	2.63	0.62	0.20	1.71	0.94	97.73	1.10	0.23
53	-0.93	1.48	1.98	2.41	2.82	2.97	4.37	2.29	1.17	-0.25	2.57	3.99	93.92	1.72	0.29
54	-1.20	1.06	2.02	2.75	3.44	3.68	4.57	2.50	1.53	-0.33	1.66	6.11	90.16	3.45	0.28
55	2.06	2.56	2.97	3.49	4.00	4.47	5.73	3.51	1.03	0.12	1.57	0.62	74.53	21.85	3.00
56	-0.87	2.37	2.82	3.50	4.31	5.16	8.10	3.68	2.06	0.11	2.46	3.11	68.19	22.25	6.46
57	-2.00	-1.20	-0.30	1.99	2.90	4.09	7.81	1.63	2.81	-0.01	1.26	19.32	64.28	11.74	4.66
58	2.29	3.04	3.21	3.67	4.45	5.05	8.20	3.92	1.60	0.46	1.96	0.50	67.48	24.89	7.14
59	-1.10	1.96	2.23	2.88	3.48	3.70	4.56	2.84	1.29	-0.23	1.85	5.64	91.00	2.60	0.76
60	0.77	1.40	1.75	2.32	2.75	2.90	4.23	2.41	0.90	-0.06	1.42	2.24	95.96	1.41	0.39
62	2.47	3.15	3.29	3.71	4.79	6.28	8.20	4.36	1.64	0.60	1.57	0.96	66.87	24.39	7.78
63	1.25	2.07	2.41	3.43	4.83	5.76	8.20	3.75	1.98	0.32	1.18	0.31	62.39	29.24	8.06
64	0.40	1.49	1.99	3.22	5.79	7.16	9.10	3.96	2.74	0.37	0.94	2.17	54.57	30.32	12.93
65	3.02	3.86	4.37	5.53	6.99	8.70	9.90	6.03	2.25	0.29	1.08	0.06	17.70	62.84	19.38
66	1.18	2.24	2.72	3.71	5.09	5.96	8.20	3.97	1.99	0.24	1.21	1.51	56.43	33.20	8.86
67	0.28	1.05	1.24	1.77	2.43	2.60	3.87	1.84	0.96	0.15	1.24	0.17	98.16	1.36	0.31
70	2.09	3.04	3.18	3.58	3.98	4.42	5.54	3.68	0.87	0.18	1.79	0.76	76.09	20.08	3.07
71	3.06	3.43	3.72	4.38	4.96	5.91	8.20	4.57	1.40	0.36	1.70	0.24	33.28	58.81	7.67
72	2.84	3.43	3.80	5.19	6.46	7.63	8.80	5.42	1.95	0.19	0.92	-	29.94	55.70	14.36
73	1.56	3.48	4.34	5.56	7.25	8.60	10.20	5.88	2.59	0.13	1.22	1.93	17.42	49.70	20.95
75	3.09	3.36	3.58	4.18	4.72	4.91	7.36	4.15	1.04	0.22	1.54	0.20	41.72	53.96	4.12
76	3.05	3.20	3.32	3.66	4.01	4.46	5.09	3.78	0.63	0.33	1.22	0.42	74.39	22.90	2.29
77	2.12	2.45	2.72	3.46	4.75	5.96	8.30	3.95	1.81	0.49	1.25	0.24	67.88	22.64	9.24

Continuación Tabla 4.

ESTACION	PERCENTILES								PARAMETROS				PORCENTAJES			
	P91.5	P91.0	P91.5	P91.0	P91.5	P91.0	P91.5	ML	SIGMA	SKI	Ky	Grava	Arena	Limo	Arcilla	
78	2.79	3.26	3.49	4.45	6.53	7.83	8.80	5.18	2.05	0.46	0.81	---	4.10	39.76	15.15	
79	1.73	2.29	2.56	3.37	4.90	6.34	8.30	3.99	2.00	2.48	1.15	0.31	66.82	23.12	9.76	
80	4.05	4.46	4.79	6.21	8.20	9.20	10.40	6.62	2.15	0.29	0.76	0.03	3.77	63.30	32.90	
81	1.23	2.11	2.34	2.99	3.94	5.31	8.30	3.47	1.87	0.48	1.82	0.26	76.32	13.79	9.63	
82	1.23	2.00	2.27	3.01	3.65	4.75	8.20	3.25	1.74	0.38	1.81	0.04	79.49	13.27	7.20	
83	1.36	2.42	2.86	3.56	4.52	5.39	8.20	3.79	1.78	8.30	1.68	1.04	66.46	23.95	8.55	
84	1.91	2.64	3.08	3.72	4.66	5.21	8.10	3.86	1.58	0.29	1.61	0.11	60.73	31.66	7.50	
85	2.03	2.63	3.07	3.85	4.83	5.84	8.20	4.11	1.74	0.33	1.43	0.03	54.87	35.39	9.71	
86	4.04	4.35	4.60	5.46	7.11	8.20	9.20	6.00	1.75	0.44	0.85	0.01	3.78	75.17	21.05	

Continuación Tabla 4.

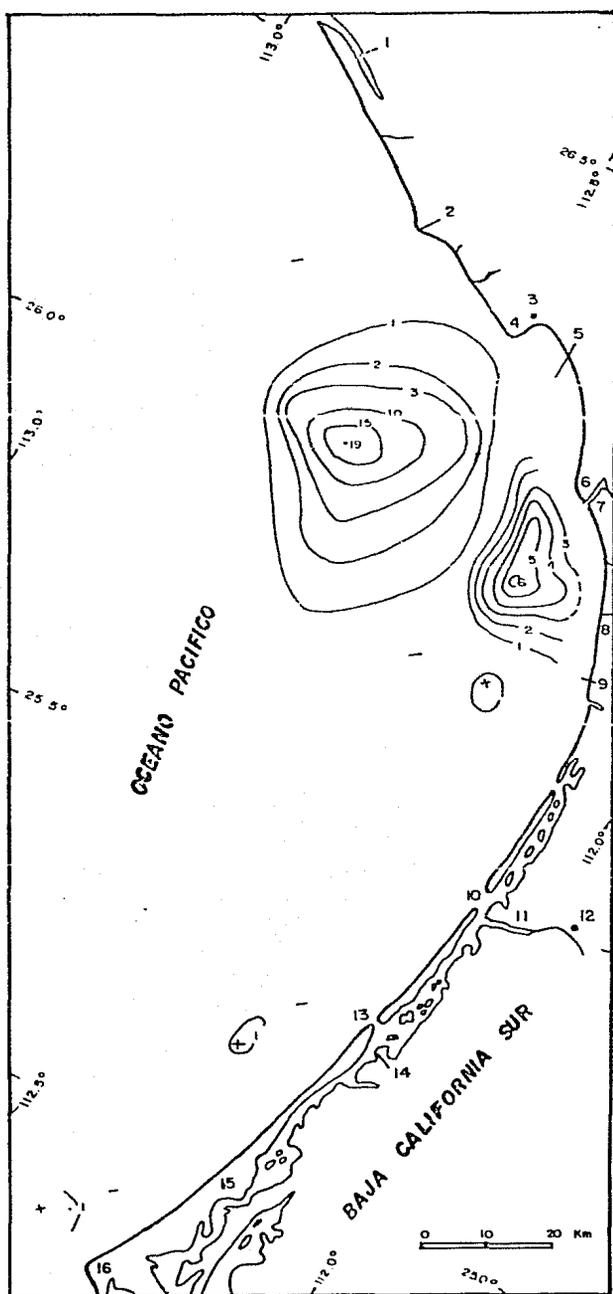


Fig. 10 Porcentaje de grava contenida en el sedimento.

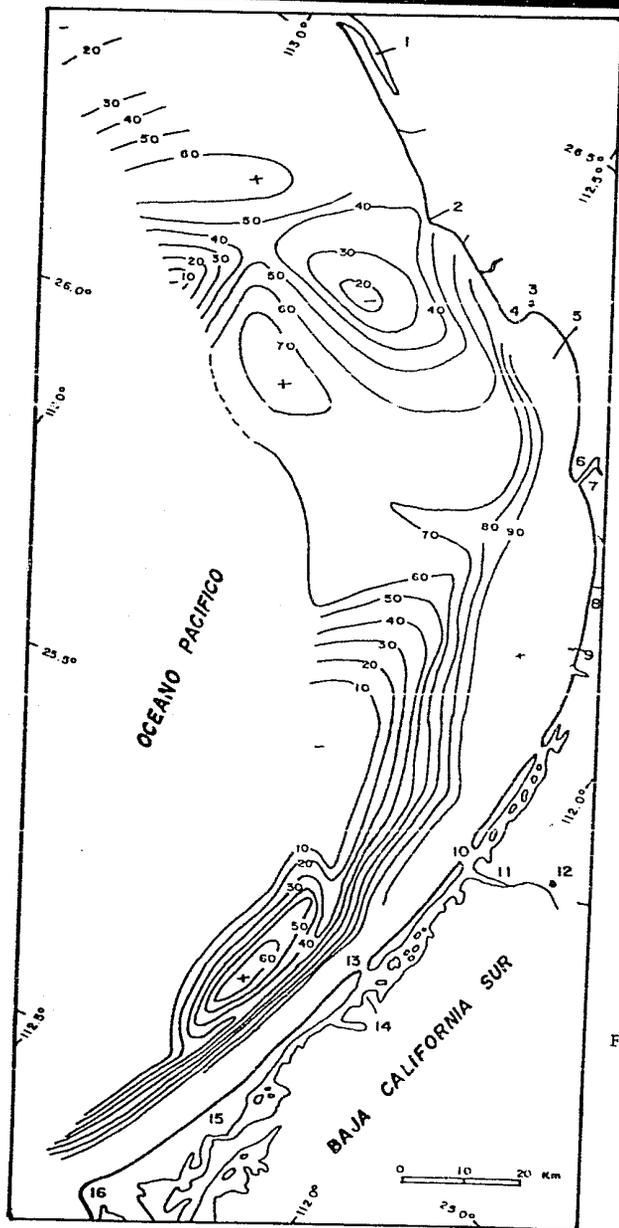


Fig. 11 Porcentaje de arena contenida en el sedimento.

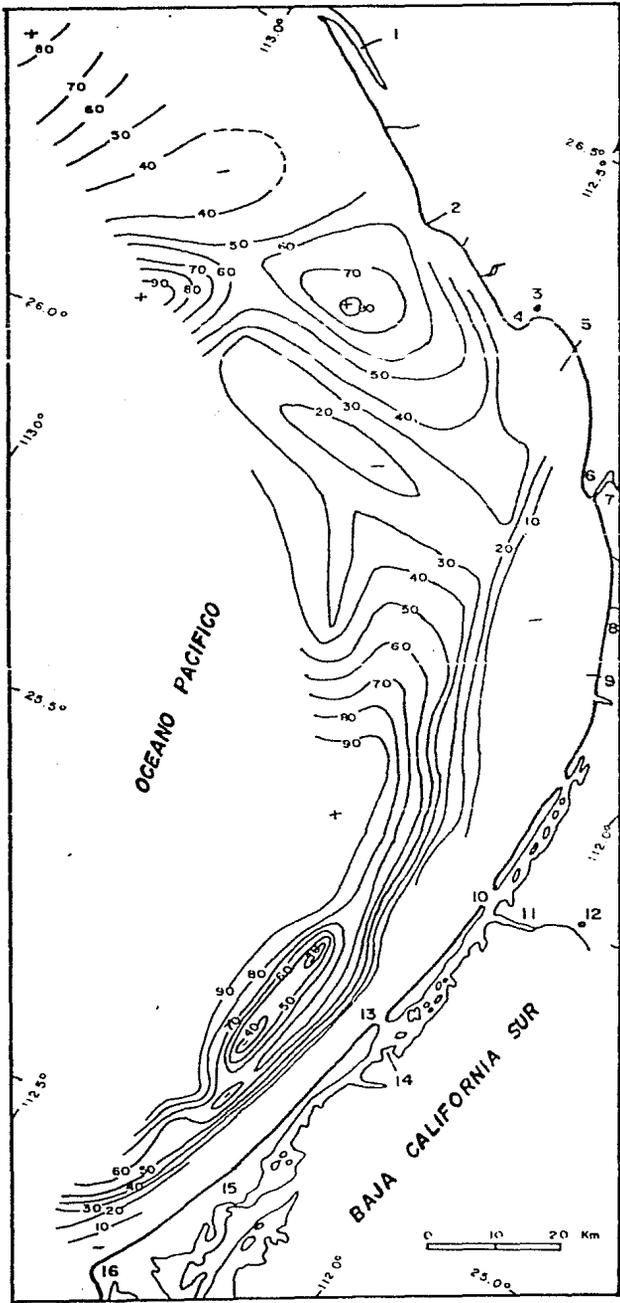


Fig. 12

Porcentaje de lodo contenido en el sedimento.

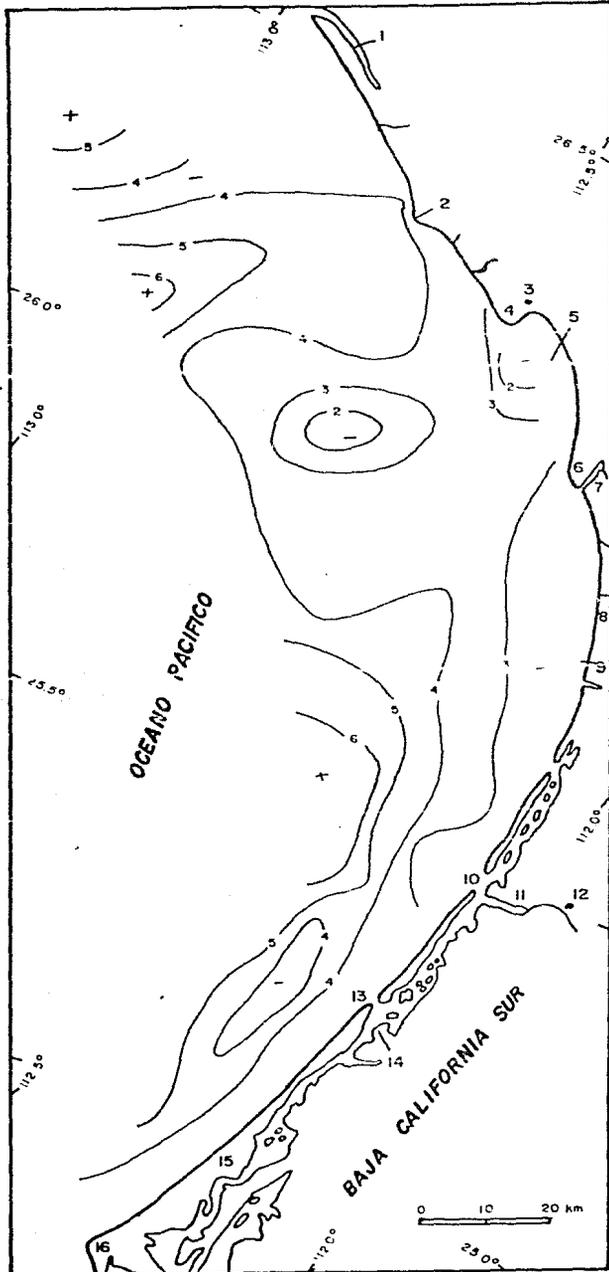


Fig. 13

Tamaño gráfico
promedio del se-
dimento.

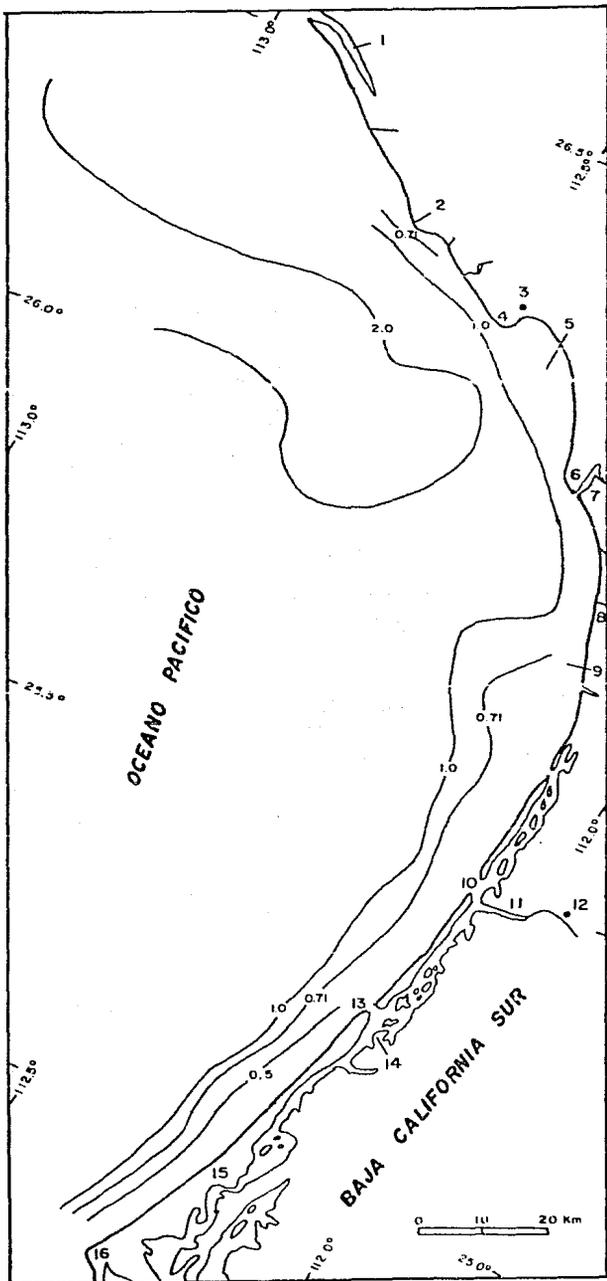


Fig. 14 Desviación estándar gráfica inclusiva del sedimento.

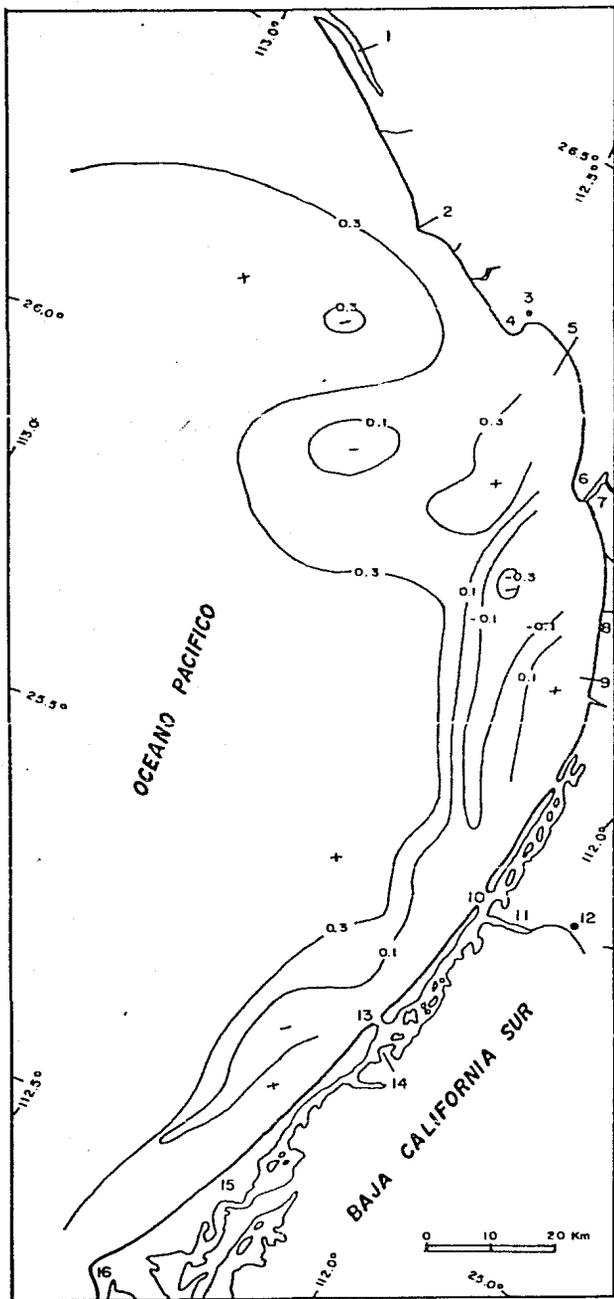


Fig. 15 Grado de asimetría gráfica inclusiva del sedimento.

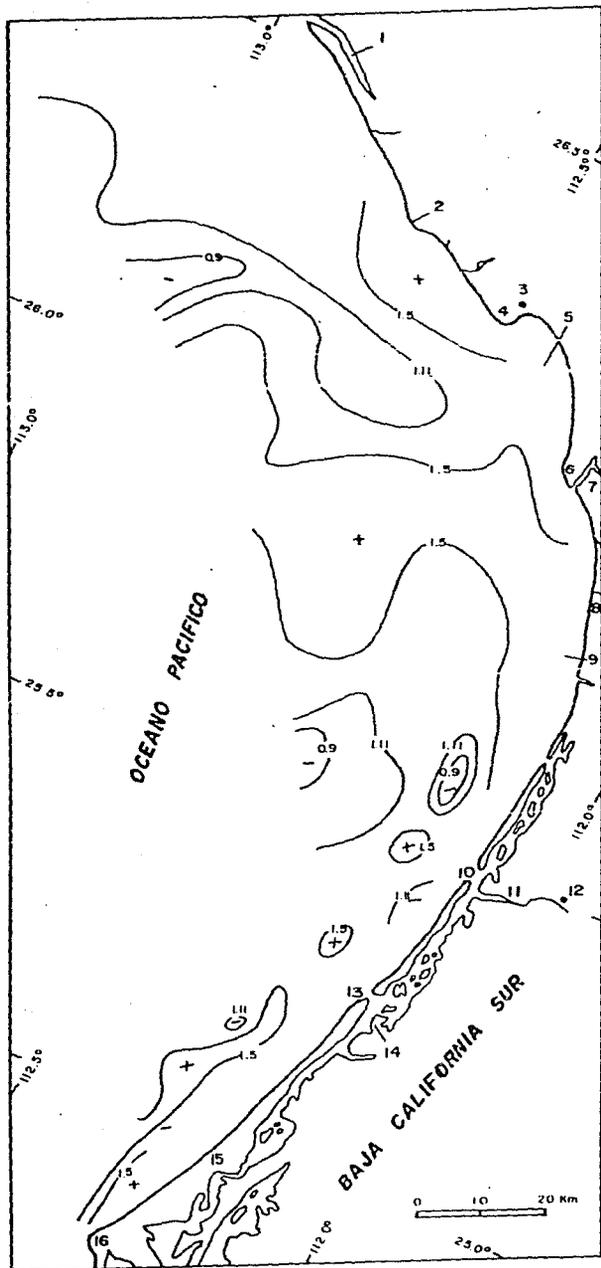


Fig. 16 Curtosis del sedimento.

te el programa de computadora, se elaboró la tabla 4.

Posteriormente se elaboraron los planos de porcentajes de grava de arena y de lodo, así como los de los parámetros estadísticos: tamaño gráfico promedio, desviación estándar gráfica inclusiva, grado de asimetría gráfica inclusiva y curtosis (Figs. 10 a 16).

Para la identificación composicional se analizaron las - - fracciones de acuerdo a su tamaño: Las gravas fueron observadas megascópicamente reconociendo fragmentos de roca e - identificando tanto conchas de moluscos cuaternarios como fósiles. Las arenas fueron vistas al microscopio petrográfico determinando constituyentes principales y porcentajes relativos de los mismos. El limo y la arcilla fueron analizados bajo difracción de rayos X. Se contó con el apoyo de análisis químicos y con tomas de fotografías al microscopio electrónico de barrido.

V. ANALISIS GRANULOMETRICO.

Observando y comparando las concentraciones de por ciento de grava, arena y lodo del sedimento (Fig. 10, 11 y 12), se nota que la grava en general se encuentra distribuida a lo largo de la plataforma con concentraciones de uno por ciento a excepción de dos zonas de alta concentración: una frente a la Bahía San Juanico y la otra frente a la desembocadura del Río Cadegoma. Esto puede explicarse porque en la porción norte del área de estudio la topografía es más abrupta y por lo tanto el material proveniente de dichos arroyos es más grueso, ahora bien, su distribución puede estar influenciada por corrientes litorales y por antiguas líneas de costa.

Las gravas, en general, presentan formas ovaloides aplana-
das aunque también se observan tabulares e irregulares. Es
tán bien redondeadas y algunas de ellas presentan ordacio-
nes biogénicas. Sus tamaños varían de -1ϕ a -6ϕ , al-
canzando un diámetro máximo de 10.7 centímetros y un peso
máximo de 660.8 gramos. Algunas de ellas constituidas por
fragmentos de roca están recubiertas por una delgada pelí-
cula fosfatada.

La arena principalmente se encuentra concentrada hacia la
playa y va disminuyendo hacia mar adentro conforme la can-
tidad de lodo va aumentando, aunque se observan las siguien-
tes excepciones:

- a) Frente a Punta Santo Domingo se ven dos mínimos de 10 y 20 por ciento de arena que coinciden con los máximos de lodo de 90 y 80 respectivamente.
- b) Frente a Bahía San Juanico y al Río Cadegoma se encuentra un máximo de 70 por ciento de arena que tiene una amplia distribución y coincide con los máximos de grava y mínimos de lodo.
- c) En la porción sur del área de estudio, frente a la Boca de La Soledad se encuentra otro máximo de arena que coincide con un mínimo de lodo, con una distribución paralela a la línea de costa, pudiendo representar una antigua barra, como las que existen hoy en día, para niveles más bajos del mar.

Observando el plano del tamaño gráfico promedio (Fig. 13), se nota que los valores varían desde 2 hasta 6 phi, siendo el más dominante el correspondiente a 4 phi. Este parámetro está en relación directa con la granulometría, por lo que los valores menores corresponden a sedimento más grueso y los valores mayores a sedimento más fino, coincidiendo con los máximos y mínimos mencionados anteriormente.

La desviación estándar gráfica inclusiva del sedimento -- (Fig. 14) es un parámetro que indica la dispersión de la distribución del sedimento alrededor del tamaño gráfico -- promedio. Se nota que en general, hacia la playa, están me

por clasificados los sedimentos ya que los procesos del oleaje seleccionan el material; mientras que, frente a Bahía San Juanico la clasificación del material es mala, qu zás debido a procesos más turbulentos.

El grado de asimetría gráfica inclusiva del sedimento (Fig. 15) indica si la distribución del sedimento es asimétrica hacia finos, con valores positivos, o si es asimétrica hacia gruesos, con valores negativos. Se relacionan los valores negativos con máximos de grava y los valores positivos con los máximos de lodo hacia mar adentro, por lo que nos indica el sentido de flujo de los sedimentos.

La curtosis del sedimento (Fig. 16) indica cuan larga o ancha es la distribución del sedimento. Se observa que las distribuciones son leptocúrticas hacia la playa, en donde la arena está bien seleccionada, mientras que las distri buciones son platicúrticas hacia las zonas ricas en lodo pero que siguen conteniendo, aunque en mínimas cantidades, grava y arena. Indica condiciones energéticas.

La moda de la distribución del sedimento cae en arenas -- muy finas, mal clasificadas, con asimetría hacia finos y leptocúrticas.

Utilizando el triángulo de nomenclatura granulométrica de Folk (1969) que lleva en sus vértices los porcentajes de grava, de arena y de lodo, se encontró que el 90 por ciento de las muestras caen dentro de las categorías "arena lodosa con algo de grava" (45%), "lodo arenoso con algo de grava" (26%) y "arena con algo de grava" (19%).

La figura 17 muestra el comportamiento de la relación de sedimentos gruesos entre sedimentos finos a profundidad. Se puede observar que para profundidades menores a 36 metros - la relación es muy variable y va convergiendo a profundidad. Esto significa que los procesos de aporte fluvial, de oleaje y de mareas, pierden su influencia a partir de los 36 - metros aproximadamente.

Por lo expuesto anteriormente se puede decir que, en general, la plataforma en estudio contiene sedimentos de grano fino hacia la porción sur, en donde las expresiones topográficas son mínimas hacia el continente; mientras que en la porción norte se observan acumulaciones de grava proveniente de terrenos más abruptos. La poca grava que se distribuye a lo largo de toda la plataforma con una concentración del 1 por ciento la constituyen esencialmente pequeñas conchas de moluscos que se depositaron in situ, es decir, que no fueron acarreadas por ninguna corriente.

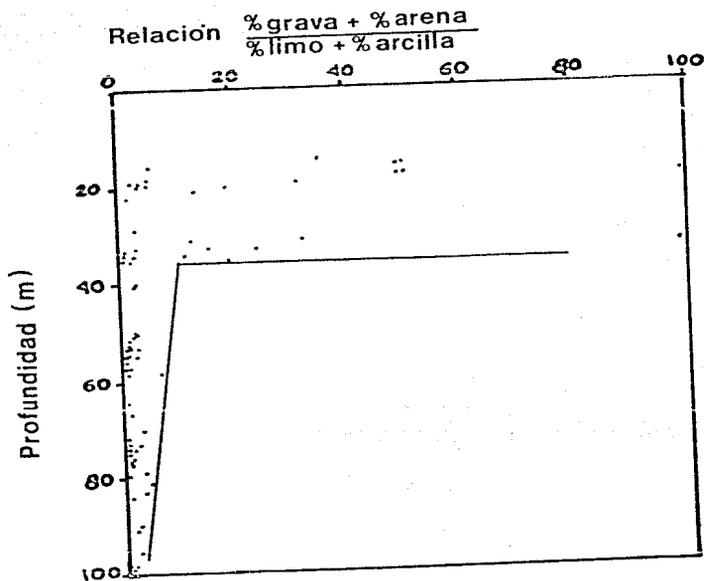


Fig. 17 Relación de materiales Gruesos/Finos contra profundidad.

VI. ANALISIS COMPOSICIONAL

Como se cuenta con material que varía de grava a arcilla es necesario analizar la composición del material dependiendo del tamaño de las partículas. La grava fue observada a simple vista y/o con una lupa; las arenas fueron observadas al microscopio petrográfico y algunas de ellas bajo el microscopio electrónico de barrido y el limo y la arcilla fueron identificados mediante difracción de rayos X. Todo ello apoyado por información de análisis químicos de absorción atómica y algunas muestras fueron analizadas por fluorescencia de rayos X.

Dentro de lo que constituye los sedimentos tamaño grava se pueden reconocer tres grupos de componentes: Fragmentos de roca, fósiles fosfatados y conchas de moluscos. Los fragmentos de roca son cantos rodados de basaltos, de lutitas y de areniscas, de forma ovaloide aplanada, bien redondeados y algunos de ellos presentan un recubrimiento de fosfato de calcio muy delgado; se concentran hacia la porción norte del área de estudio frente a la Bahía San Juanico. -- Los fósiles fosfatados son de color negro, con un lustre muy fuerte y bordes redondeados, algunos de ellos pudieron ser reconocidos e identificados pero otros de ellos sólo se presentaban como fragmentos irreconocibles; su distribución está asociada con las zonas ricas en grava de la desembocadura del Río Cadegoma y frente a la Bahía San Juanico. Las

conchas de moluscos se distribuyen a lo largo de toda la -
 plataforma, constituyendo el 1 por ciento de grava existen-
 te en el sedimento, a excepción de las zonas con alta con-
 centración de grava constituida principalmente por fragmen-
 tos de roca.

Los fósiles que pudieron ser identificados son:

Muestra	Fósil	Rango estratigráfico
Muestra 47:	<u>Pecten</u> <u>Ostrae</u> <u>Glycymeris</u>	Eoceno - Reciente Jurásico - Reciente Cretácico - Reciente
Muestra 56:	<u>Andara</u> <u>Chione</u> <u>Trachycardium</u>	Cretácico Tardío - Reciente Oligoceno - Reciente Oligoceno - Reciente
Muestra 60:	<u>Cardium</u>	Mioceno - Reciente
Muestra 64:	<u>Andara</u> <u>Chione</u> <u>Pecten</u> <u>Turritella</u> <u>Eucidaris thouarsii</u> <u>Dendraster</u>	Cretácico Tardío - Reciente Oligoceno - Reciente Eoceno - Reciente Terciario Plioceno Tardío Plioceno - Reciente
Muestra 66:	<u>Chione</u> <u>Cardium</u> <u>Glycymeris</u> <u>Olivella dama</u>	Oligoceno - Reciente Mioceno - Reciente Cretácico - Reciente Plioceno Tardío - Reciente
Muestra 73:	<u>Chione</u>	Oligoceno - Reciente

Muestra	Fósil	Rango estratigráfico
Muestra 74:	<u>Tellina</u> <u>Margelia</u> cf. <u>M.</u> <u>gracilior</u>	Terciario - Reciente Plioceno - Reciente
Muestra 83:	<u>Turritella</u>	Terciario.

Así como fragmentos no identificables en las estaciones: — 51, 53, 54, 57, 59, 65, 79, 80, 81 y 84.

De esta información se puede observar que la fauna proviene de rocas terciarias y/o cuaternarias que afloran en las cercanías del Río Cadogoma o incluso bajo la plataforma (Mina, 1957).

Las conchas de moluscos pudieron ser identificadas en familias como sigue:

Gasterópodos:

Cerithiidae	visto en 11 estaciones
Corambidae	7
Nassariidae	9
Olividae	7
Turritellidae	11

Pelecípodos:

Arcidae	9
Cardiidae	9
Luculanidae	20
Nuculanidae	11
Pectinidae	39
Tellinidae	21
Veneridae	28

Muestra	Fósil	Rango estratigráfico
Muestra 74:	<u>Tellina</u>	Terciario - Reciente
	<u>Mangelia</u> cf. <u>M.</u> <u>gracilior</u>	Plioceno - Reciente
Muestra 83:	<u>Turritella</u>	Terciario.

Así como fragmentos no identificables en las estaciones: --
51, 53, 54, 57, 59, 65, 79, 80, 81 y 84.

De esta información se puede observar que la fauna proviene de rocas terciarias y/o cuaternarias que afloran en las cercanías del Río Cadogoma o incluso bajo la plataforma (Mina, 1957).

Las conchas de moluscos pudieron ser identificadas en familias como sigue:

Gasterópodos:

Cerithiidae	visto en 11 estaciones
Corambidae	7
Nassariidae	9
Olividae	7
Turritellidae	11

Pelecípodos:

Arcidae	9
Cardiidae	9
Luculanidae	20
Nuculanidae	11
Pectinidae	39
Tellinidae	21
Veneridae	28

Se considera de interés clasificar a los fósiles y a las conchas de moluscos cuaternarios ya que se observa que aun que pertenecen a dos poblaciones de diferente edad, se presentan aproximadamente el mismo grupo de organismos; además se puede observar que no hay evidencia de que el reemplazamiento de fosfato de calcio por carbonato de calcio -- ocurra actualmente

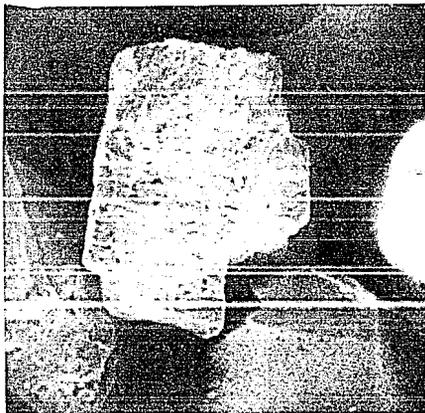
Las arenas fueron observadas al microscopio petrográfico, a través de todas sus fracciones, con el fin de ver la variación del porcentaje mineral con respecto al tamaño de partículas.

En la lámina 1 se muestran cuatro fotomicrográficas de minerales tamaño arena muy fina que fueron observados al microscopio electrónico de barrido siendo: A) Cuarzo, con su característica fractura concoidal; B) Feldespato bastante fresco; C) Calcita, dentro de un fragmento de concha y D) Apatito, con bordes redondeados.

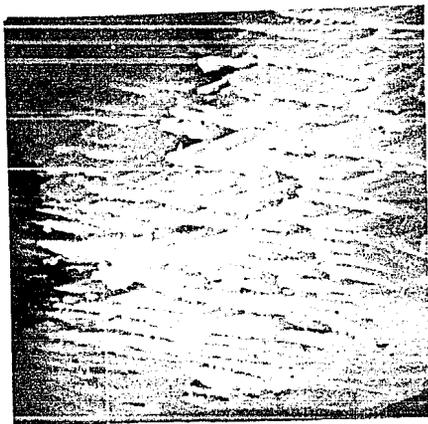
Las demás muestras fueron observadas también al microscopio petrográfico pero con los granos sueltos. Esto también es útil porque se puede mover la posición del grano. La figura 18 muestra la variación que presentan los porcentajes de los constituyentes de una muestra para cada tamaño de grano. Los fragmentos de roca de basaltos, areniscas y luti--



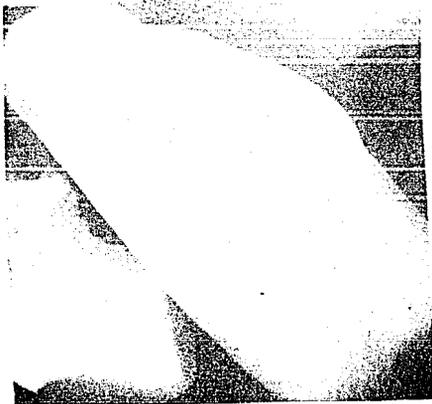
A
Cuarzo
Muestra 60, 400 aumentos



B
Feldespato
Muestra 47, 440 aumentos



C
Calcita
Muestra 60, 1000 aumentos

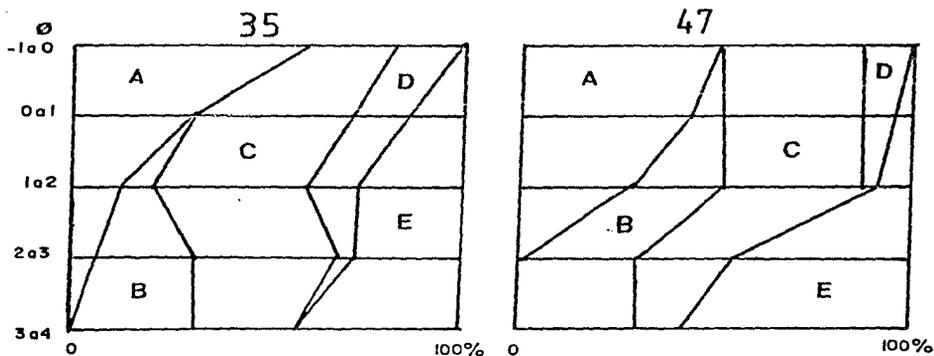
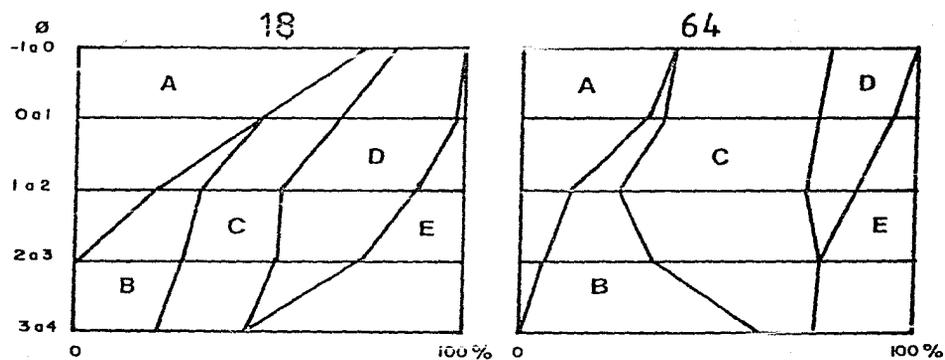
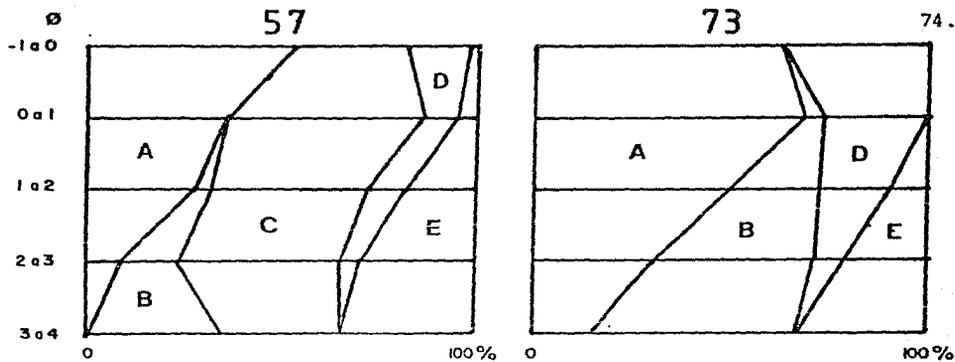


D
Apatito
Muestra 60, 440 aumento

Lámina 1. Fotomicrograffas de minerales vistos al microscopio electrónico de barrido.

tas fueron agrupados, así como los minerales; cuarzo, feldespato, anfíboles, etc. con el objeto de visualizar mejor los otros componentes y no manejar tantas variables. Se puede observar, en general, que conforme el tamaño de grano es más fino los fragmentos de conchas y de roca disminuyen, -- mientras que, los foraminíferos y los minerales se van incrementando y los granos de fosforita se mantienen o disminuyen levemente.

En el laboratorio de Rayos X del Instituto de Geología de la Universidad fueron analizadas las muestras de limo y arcilla mediante difracción de rayos X, obteniéndose la información de la Tabla 5, en donde se nota claramente que la montmorillonita es el mineral más abundante. Posteriormente se -- construyó una gráfica en la que se observa la variación en los porcentajes de los minerales para ciertas profundidades, es decir, que tanto van a aumentar o a disminuir los porcentajes de un mineral determinado conforme aumente o -- disminuya la profundidad (Fig. 19). La calcita se observa que aumenta a profundidad, quizás debido al incremento en esqueletos de foraminíferos; el feldespato disminuye a -- profundidad, así como los anfíboles y el cuarzo, mientras que la hematita y la hidromica se mantienen.



EXPLICACION:

A fragmentos de conchas; B Foraminíferos; C. Granos de fosforita, D Fragmentos de roca y E otros minerales.

Fig. 18. Variación del porcentaje de minerales contra el tamaño de grano.

Tabla 5. Porcentaje de minerales tamaño limo y arcilla.

ESTACION	CUARZO	CALCITA	ANFIBOLES	MONIMOR.	CAOLINITA	FELDESPATO	HIDROMICA	HEMATITA
1	45.48	23.90	3.94	2.32	1.86	17.63	1.62	3.25
2	22.12	44.94	3.76	3.76	4.00	15.06	2.35	4.00
3	13.82	11.47	6.76	6.47	6.76	48.53	2.35	3.82
4	40.04	16.35	2.73	2.52	2.10	31.03	1.68	3.56
6	8.71	13.51	12.01	43.84	8.71	4.80	4.80	3.60
7	8.39	9.03	2.26	53.23	7.10	9.68	6.45	3.87
8	7.69	11.72	11.72	43.22	10.99	5.49	5.49	3.66
10	6.91	14.29	3.23	53.00	12.90	5.99	3.69	- --
11	10.30	23.11	12.81	14.87	1.60	28.15	3.43	5.72
13	8.01	10.39	3.86	34.42	7.42	31.45	4.45	- --
14	10.99	25.07	12.68	19.15	6.20	18.87	3.94	3.10
15	6.11	15.28	13.10	39.30	5.68	12.66	7.86	- --
16	9.78	16.85	21.74	24.46	6.52	12.50	8.15	- --
17	6.75	14.35	13.09	43.06	6.33	8.02	8.02	0.38
18	5.92	24.74	12.37	29.53	8.07	5.65	3.50	0.24
19	6.60	12.58	15.72	39.94	9.43	7.86	5.35	2.52
20	7.14	3.57	15.18	54.46	7.14	10.71	1.79	- --
21	9.16	- --	27.75	14.40	4.45	35.60	6.28	2.36
22	7.92	10.38	12.30	42.90	9.02	7.10	6.83	3.55
23	8.22	29.18	9.28	31.03	6.10	6.90	4.77	4.51
24	6.02	24.56	6.27	42.86	8.52	4.51	4.51	2.76
25	5.43	18.12	11.59	40.94	6.16	9.06	5.07	3.62
26	8.25	13.40	20.62	29.21	5.15	13.75	6.19	3.44
27	8.45	15.73	10.56	39.67	8.92	10.56	4.23	1.88
28	9.13	- --	25.48	27.88	6.25	20.67	5.29	5.29
29	13.24	7.84	20.59	27.94	9.31	17.16	3.92	- --
30	9.86	- --	24.65	29.58	8.45	11.97	15.49	- --
31	10.59	17.06	24.12	22.35	10.59	11.76	3.53	- --
32	7.78	18.68	20.62	29.18	3.89	12.06	3.89	3.89
33	6.70	23.46	18.44	39.11	6.70	- --	5.59	- --
34	7.74	9.29	15.48	40.56	8.98	8.90	4.95	4.02
35	5.88	11.76	15.29	42.65	6.76	10.88	4.41	2.35
36	9.28	3.39	20.59	18.78	4.30	39.46	2.71	2.49
37	8.89	3.17	13.33	22.22	5.40	42.22	4.76	- --
38	7.54	12.70	17.86	34.52	6.35	14.68	6.35	- --
39	10.46	16.67	11.72	43.93	6.69	- --	7.53	- --
40	8.75	16.50	12.79	42.09	7.07	0.73	6.06	- --

Continuación Tabla 5.

ESTACION	CUARZO	CALCITA	ANFIBOLES	MCNTMOR.	CAOLINITA	FELDESPATO	HIDROMICA	HEMATITA
41	8.88	18.93	14.79	35.50	6.51	10.65	4.73	- --
42	9.63	12.30	18.72	33.16	6.95	9.63	9.63	- --
43	9.95	18.66	14.93	8.21	2.49	39.80	3.48	2.49
44	11.52	9.29	9.29	29.74	4.46	30.11	1.86	3.72
45	8.37	19.21	7.39	31.53	6.40	18.72	8.37	- --
46	8.86	19.94	10.44	30.38	6.01	19.99	5.38	- --
47	7.21	15.87	10.58	48.08	8.17	6.73	3.37	- --
48	8.65	24.04	9.62	35.26	8.97	8.01	5.45	- --
50	6.98	14.53	11.63	14.35	9.88	8.14	3.49	- --
51	7.96	23.45	11.50	24.34	5.31	11.06	9.76	6.64
52	0.53	6.14	9.21	41.67	7.89	13.16	6.14	5.26
53	11.05	12.63	11.05	26.32	8.95	14.74	7.37	7.89
54	7.53	23.43	6.69	17.57	6.69	18.83	5.02	14.23
55	8.50	23.81	10.02	39.08	6.12	5.10	3.06	3.40
56	7.33	19.05	8.79	43.96	6.59	7.33	3.30	3.66
57	12.67	46.08	5.76	4.61	3.00	20.74	1.38	5.76
58	8.60	17.20	8.96	48.39	6.09	5.38	5.38	- --
59	20.00	- --	5.00	9.28	35.63	23.75	6.25	- --
60	7.89	8.77	6.58	17.54	7.46	45.18	6.58	- --
62	14.63	9.59	3.84	44.36	10.79	3.60	9.11	4.08
63	10.53	27.86	10.84	35.60	8.67	4.64	1.86	- --
65	5.99	25.45	4.49	50.90	8.38	2.99	1.80	- --
66	15.65	22.61	17.39	30.43	8.70	- --	5.22	- --
70	11.26	18.24	7.88	33.33	9.68	6.76	3.86	9.01
71	9.23	20.62	11.69	40.00	9.85	4.00	4.62	- --
72	11.97	30.59	4.79	33.24	10.64	5.32	3.46	- --
75	10.38	7.96	9.00	46.71	13.84	5.19	6.92	- --
76	12.54	10.45	10.45	41.81	13.24	6.97	4.53	- --
77	5.92	26.63	8.88	38.46	9.76	5.92	4.44	- --
78	11.72	21.25	6.81	39.51	11.72	2.72	6.27	- --
79	6.37	30.57	15.92	24.20	6.37	6.37	3.82	6.37
80	5.79	26.69	4.18	40.84	8.04	11.25	3.22	- --
81	7.98	29.26	15.96	21.28	9.57	10.64	5.32	- --
82	8.47	32.49	5.65	33.9	8.47	2.82	4.80	3.39
83	7.04	39.59	6.45	24.34	7.04	5.87	4.40	5.28
84	7.85	34.13	10.24	29.01	8.53	5.12	5.12	- --
85	5.61	42.06	6.23	22.43	7.17	7.17	6.23	3.12
86	3.14	34.59	11.01	31.45	8.81	4.40	3.14	3.46

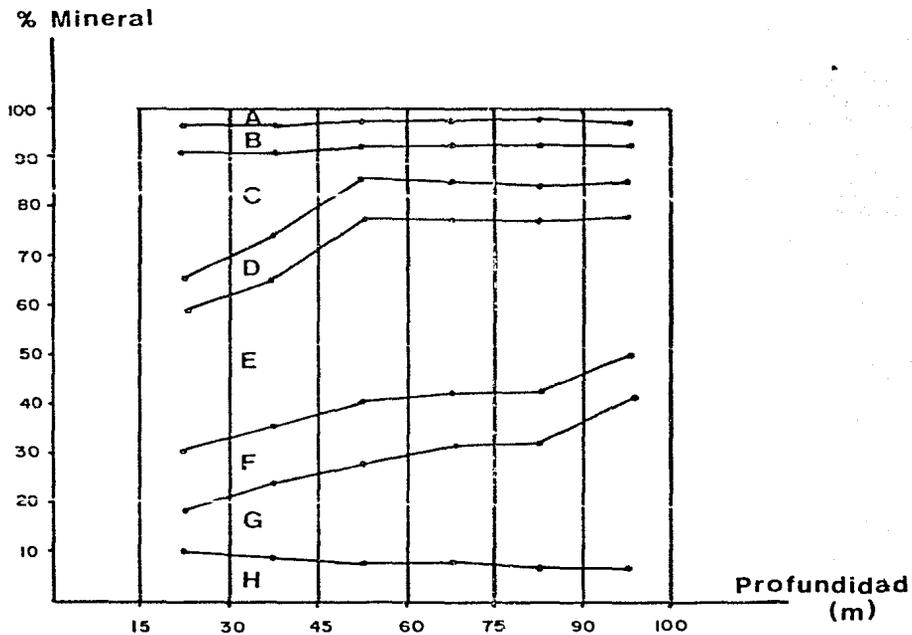


Fig. 19 Gráfica del porcentaje de minerales tamaño limo y arcilla contra profundidad.

- | | |
|---|-----------------|
| A | Hematita |
| B | Hidromica |
| C | Feldespato |
| D | Caolinita |
| E | Montmorillonita |
| F | Anfiboles |
| G | Calcita |
| H | Cuarzo |

En el Consejo de Recursos Minerales se analizaron tres muestras de arena separadas por fracciones a cada phi, con el fin de que fueran analizadas por difracción de rayos X para determinar minerales y por fluorescencia de rayos X para determinar elementos mayores. Los resultados se muestran en la Tabla 6, en donde se observa que el cuarzo y los feldespatos son los minerales más abundantes para las tres muestras y todas las fracciones, mientras que los demás minerales se presentan en diferente orden de abundancia para las diferentes muestras y fracciones, siendo los siguientes: - anfíboles, calcita, esfena, zeolita, mica, cristobalita, - caolinita, ilmenita y montmirillonita. Los elementos más abundantes son el sílice, el calcio y el aluminio; seguidos por el hierro, el titanio y el potasio y los más escasos son: estroncio, magnesio, manganeso, níquel, molibdeno, rubidio, bario y yodo.

La composición química de una arena es función de la composición de la roca madre (o rocas madres), así como de la naturaleza y madurez de los procesos de intemperismo. Por lo tanto, analizando los resultados de la Tabla 6, se puede decir que el sedimento proviene de un terreno volcánico y que los procesos de intemperismo no fueron suficientes para madurar el sedimento, ya que la presencia de feldespatos, minerales muy inestables, indica un clima seco y poca distancia de transporte, así como poca energía en las corrientes de transporte.

Tabla 6.- Análisis de minerales por difracción de rayos X
y de elementos por fluorescencia de rayos X.

Muestra	Fracción (phi)	Minerales	Elementos
18	1 a 2	Cuarzo, feldespatos, anfíboles, calcita, zeolita, mica, cristobalita, caolinita, ilmenita, esfena.	Si, Ca, Al xxx Fe, K xx
18	2 a 3	Cuarzo, feldespatos, calcita, esfena, cristobalita, caolinita, zeolita, anfíboles, ilmenita, montmorillonita, mica.	Si, Ca, Al xxx K xx Fe, Ti, Mg, Sr, Mn, R, Y x
18	3 a 4	Feldespatos, cuarzo, esfena, calcita, zeolita, mica, anfíboles, montmorillonita, cristobalita, ilmenita, caolinita.	Si, Ca, Al xxx Fe, Ti, K xx Ni, Mg, Sr, Mn, Rb, Y, Mo, Cu x
42	1 a 2	Cuarzo, feldespatos, calcita, anfíboles, caolinita, zeolita, ilmenita, mica, esfena, cristobalita	Si, Ca, Al xxx Fe, Ti, K xx Ni, Mg, Mn, Sr, Rb, Y, Mo x
42	2 a 3	Feldespatos, cuarzo, esfena, calcita, cristobalita, anfíboles, zeolita, caolinita, mica, ilmenita.	Si, Ca, Al xxx K xx Fe, Ti, Mg, Mn, Ba, Sr, Rb, Y x
42	3 a 4	Feldespatos, cuarzo, anfíboles, zeolita, caolinita, mica, calcita, cristobalita, ilmenita, montmorillonita.	Si, Ca, Al xxx Fe, K xx Ti, Sr, Rb, Y, Ni, Mn x
57	1 a 2	Feldespatos, cuarzo, ilmenita, calcita anfíboles, caolinita, mica, montmorillonita, esfena, cristobalita.	Si, Ca, Al xxx K xx Fe, Sr, Ti, Rb, Y, Mn, Ni x
57	2 a 3	Feldespatos, cuarzo, calcita, ilmenita, caolinita, zeolita, montmorillonita, cristobalita, esfena, mica.	Si, Ca, Al xxx Fe, K xx Ti, Sr, Mn, Ni, Y, Rb x
57	3 a 4	Cuarzo, feldespatos, calcita, esfena, caolinita, zeolita, montmorillonita, mica, ilmenita, cristobalita	Si, Ca, Al xxx K xx Fe, Ti, Sr, Rb, Y, Mo, Ni, Mn, Ba.

XXX Abundante
XX Regular
X Escaso

Tabla 7. Análisis químicos de elementos mayores.

ESTA CION	Fe (%)	Ti (%)	Si (%)	Ba (ppm)	Cr (ppm)	Sn (ppm)	M.O. (%)	P ₂ O ₅ (%)	COs Ū (%)
1	0.82	0.69	3.16	3164	22.45	2075	0.050	1.12	5.74
2	0.67	0.57	33.03	2806	- --	2155	0.040	0.66	2.30
3	0.82	0.69	36.28	3164	- --	2155	0.020	0.77	2.89
4	0.60	0.55	33.52	3343	47.55	2215	0.040	0.71	2.04
6	0.97	0.73	26.64	3164	17.60	2790	0.043	0.66	10.33
7	0.93	0.70	28.50	3343	- --	2800	0.067	0.75	3.24
8	1.06	0.73	27.78	3295	- --	3000	0.100	0.61	4.08
9	1.11	0.82	24.94	2902	18.75	2778	0.100	0.61	5.26
10	1.16	0.92	25.60	3119	19.30	2850	0.062	1.41	5.59
11	1.02	0.84	28.31	3164	79.45	2885	0.050	0.71	3.62
13	1.64	1.835	25.85	3432	165.50	3055	0.018	1.58	4.28
14	1.05	0.86	25.25	3375	47.38	2895	0.037	0.75	3.49
15	0.95	0.77	26.63	3374	73.52	2884	0.115	1.22	5.79
16	0.99	0.75	25.46	3119	73.52	3025	0.110	0.51	5.46
17	0.95	0.85	26.83	3387	146.50	2965	0.110	1.31	6.44
18	1.00	0.73	27.91	2940	129.50	2770	0.056	3.77	9.54
19	1.05	0.99	25.97	3298	161.50	2860	0.048	1.21	4.28
20	1.48	1.74	28.11	3030	57.20	3155	0.020	1.31	2.96
22	1.10	1.05	29.88	3367	44.55	3035	0.039	0.80	3.09
23	1.32	0.72	16.52	3117	79.75	3205	0.040	2.21	10.40
24	1.37	0.83	27.72	3298	- --	2855	0.111	0.71	6.12
25	1.89	0.79	29.68	3298	135.50	2745	0.153	0.56	5.92
26	1.50	0.78	27.91	3477	153.50	2730	0.068	2.07	6.58
27	1.21	0.81	22.80	2717	27.25	2175	0.049	0.56	3.36
28	1.53	1.03	26.34	3030	- --	2885	0.025	1.02	2.30
29	1.35	0.94	29.09	3164	125.00	3080	0.026	1.26	2.37
30	1.35	0.98	29.19	3209	100.00	2735	0.027	1.02	2.37
31	0.73	0.91	27.52	3387	28.45	2915	0.110	0.75	5.54
32	1.55	0.82	24.18	3253	3.40	2915	0.180	0.61	7.44
33	1.31	0.79	22.44	3344	23.50	3215	0.211	0.61	8.55
34	1.39	0.82	23.15	3249	36.80	3200	0.086	1.21	5.07
35	1.42	0.90	26.16	3088	48.75	3120	0.028	2.82	7.57
36	1.36	1.20	29.88	3432	128.50	2690	0.006	1.46	3.49
37	1.20	1.87	30.65	3432	64.30	3150	0.014	1.41	3.16

Continuación tabla 7.

ESTACION	Fe (%)	Ti (%)	Si (%)	Ba (ppm)	Cr (ppm)	Sn (ppm)	M.O. (%)	P ₂ O ₅ (%)	CO ₂ C (%)
38	1.10	1.17	28.70	3477	80.95	2845	0.029	1.46	4.74
39	0.90	0.82	29.00	3298	65.45	2585	0.082	1.12	4.47
40	1.20	0.83	24.47	3432	5.80	2975	0.230	0.56	4.74
41	1.26	0.72	22.80	3030	27.25	3245	0.180	1.21	9.28
42	0.98	0.95	28.80	3387	55.90	3060	0.064	1.17	3.75
43	1.34	1.13	30.96	3253	20.10	3085	0.020	3.02	6.26
44	0.46	0.54	29.19	3521	80.95	2900	- --	2.17	4.61
45	1.58	0.95	24.96	3611	59.45	2860	0.003	2.36	5.53
46	1.38	1.21	27.20	3559	34.45	2762	0.012	1.92	5.79
47	1.26	0.81	21.81	3378	- --	2946	0.080	3.02	8.23
48	0.78	0.80	19.85	3432	78.50	4575	0.043	1.12	4.54
50	0.93	0.72	17.34	3755	50.35	5000	0.060	2.41	7.17
51	1.11	0.83	18.18	2896	55.29	4740	0.005	3.31	9.80
52	1.38	1.11	24.37	3343	105.95	4750	0.001	3.31	5.59
53	0.98	0.69	27.62	3432	29.65	4850	0.003	1.92	8.49
54	1.26	0.71	17.98	3253	78.55	5035	0.010	4.21	14.34
55	1.33	0.71	27.03	3253	15.30	5015	0.040	4.17	10.79
56	0.79	0.63	24.08	3566	- --	5110	0.070	3.17	12.44
57	0.58	0.45	11.00	2940	88.15	4595	0.050	13.54	28.23
58	1.26	0.79	24.67	3655	58.30	4460	0.050	1.26	4.38
59	1.16	0.79	22.11	3343	65.45	4670	0.006	2.07	8.62
60	0.71	0.53	26.73	3655	79.90	4405	0.013	1.72	5.29
62	1.19	0.55	25.46	3611	12.90	4270	0.017	1.51	4.80
63	1.31	0.71	22.50	3611	84.55	4590	0.166	2.87	7.17
64	0.86	0.43	23.19	2940	77.40	4330	0.166	9.74	21.32
65	1.26	0.67	25.85	3387	69.05	4385	0.200	1.46	8.42
66	1.15	0.76	26.64	3164	121.50	3350	0.100	1.63	7.11
67	1.20	0.74	30.87	3209	23.70	2580	0.045	2.12	12.96
70	1.26	0.90	33.42	2806	1.00	2370	0.071	0.77	6.64
71	1.10	0.81	29.68	3298	- --	2515	0.110	0.51	4.01
72	1.31	0.82	28.80	3477	11.75	3700	0.170	0.56	6.32
73	1.22	0.73	16.70	3432	96.25	2300	0.210	0.56	11.19
75	1.03	0.80	24.67	2353	22.5	2705	0.034	0.51	1.78
76	1.34	0.93	29.00	3432	65.45	2450	0.030	0.21	1.71

Continuación tabla 7.

ESTACION	Fe (%)	Ti (%)	Si (%)	Ba (ppm)	Cr (ppm)	Sn (ppm)	M.O. (%)	P ₂ O ₅ (%)	Cos O (%)
77	0.94	0.70	28.31	3745	33.25	2660	0.080	0.21	1.71
78	1.21	0.73	23.00	3790	42.75	2995	0.196	1.31	6.64
79	0.76	0.64	29.19	3790	10.50	2795	0.120	3.07	8.42
80	0.76	0.71	21.50	3611	16.50	2620	0.130	2.79	9.21
81	0.70	0.53	29.19	3611	45.15	1476	0.110	3.77	9.15
82	0.44	0.46	15.62	2538	44.00	1915	0.110	13.49	23.23
83	0.74	0.59	26.83	3119	- --	3340	0.105	2.63	8.29
84	0.85	0.63	25.85	3298	3.40	3730	0.092	3.63	9.73
85	0.86	0.65	23.98	3432	1.00	4165	0.120	4.53	11.98
86	0.98	0.67	30.47	3790	- --	3905	0.83	2.94	8.42

Tabla 7. Análisis químicos de elementos mayores.

En el laboratorio de Química Marina del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología fueron analizadas químicamente - por adsorción atómica los elementos cationicos mayores de las muestras con lo que obtuvo la Tabla 7, de la cual se - puede apreciar que el sílice es el elemento más abundante, seguido por calcio, fierro y fosfato.

A partir de la información de la Tabla 7 se elaboraron los planos de distribución correspondientes a las figuras 20 a 28, en donde se pueden relacionar los máximos y los mínimos de los elementos entre sí y/o con los planos granulométricos encontrando lo siguiente:

- 1) El fierro y el titanio se comportan de manera semejante.
- 2) La sílice tiene valores muy altos, aunque disminuye levemente en la zona de grava.
- 3) Los valores de bario, cromo y estaño son bajos y no presentan relaciones importantes.
- 4) La materia orgánica aumenta hacia mar adentro y disminuye hacia la playa.
- 5) El fosfato y el calcio tienen sus valores máximos en la porción norte del área de estudio, coincidiendo con la acumulación de grava frente a Bahía San Juanico.

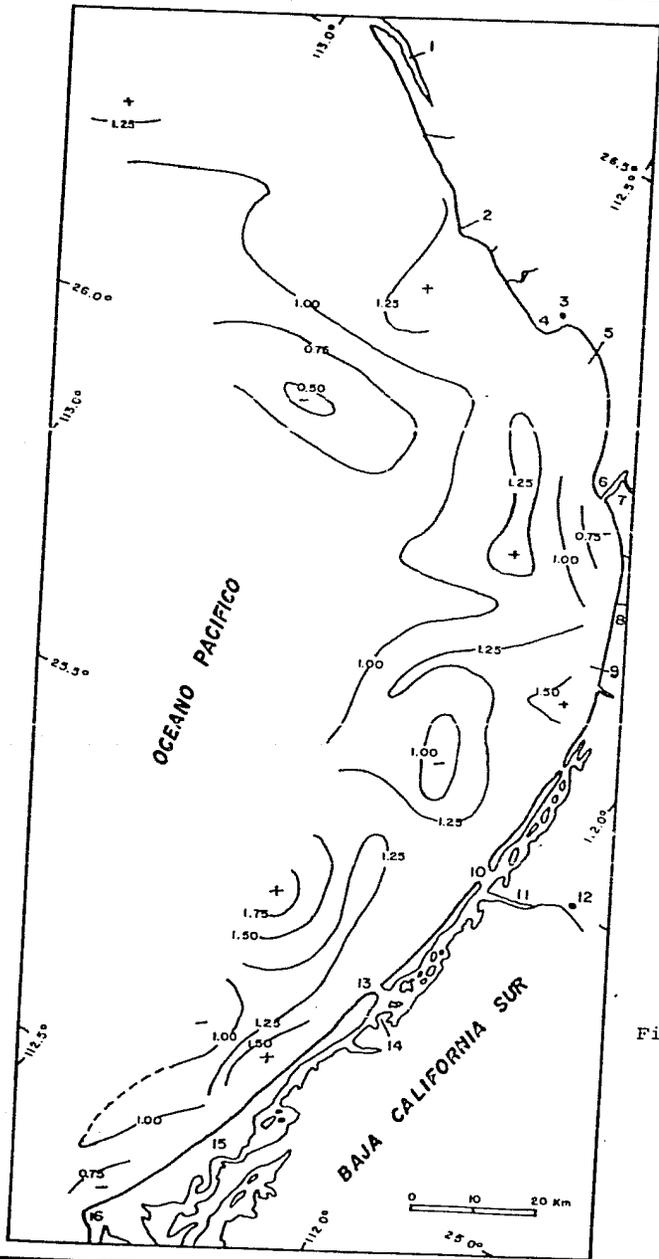


Fig. 20 Porcentaje de Fierro contenido en el sedimento

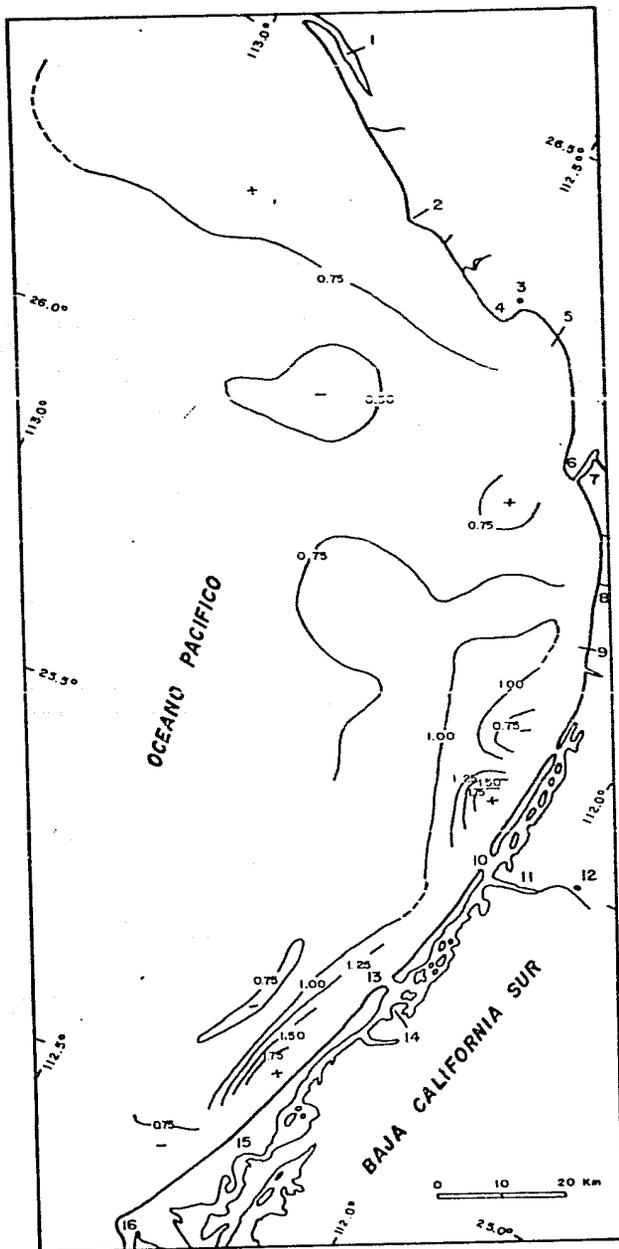


Fig. 21 Porcentaje de Titanio contenido en el sedimento.

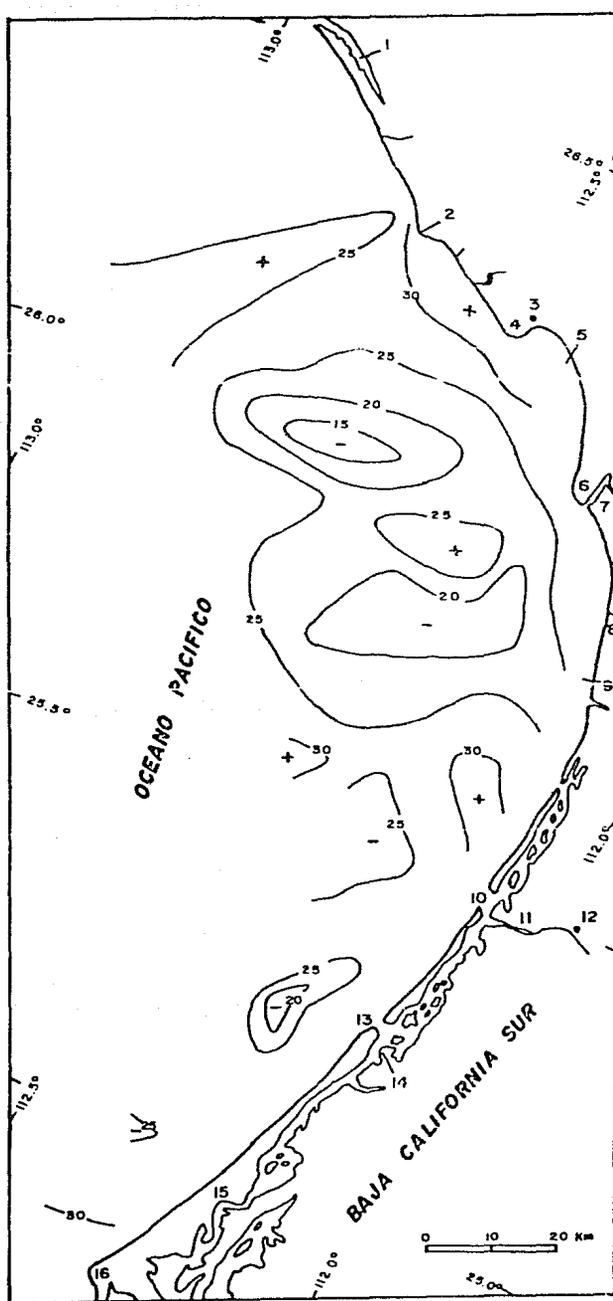


Fig. 22 Porcentaje de Sílice contenido en el sedimento

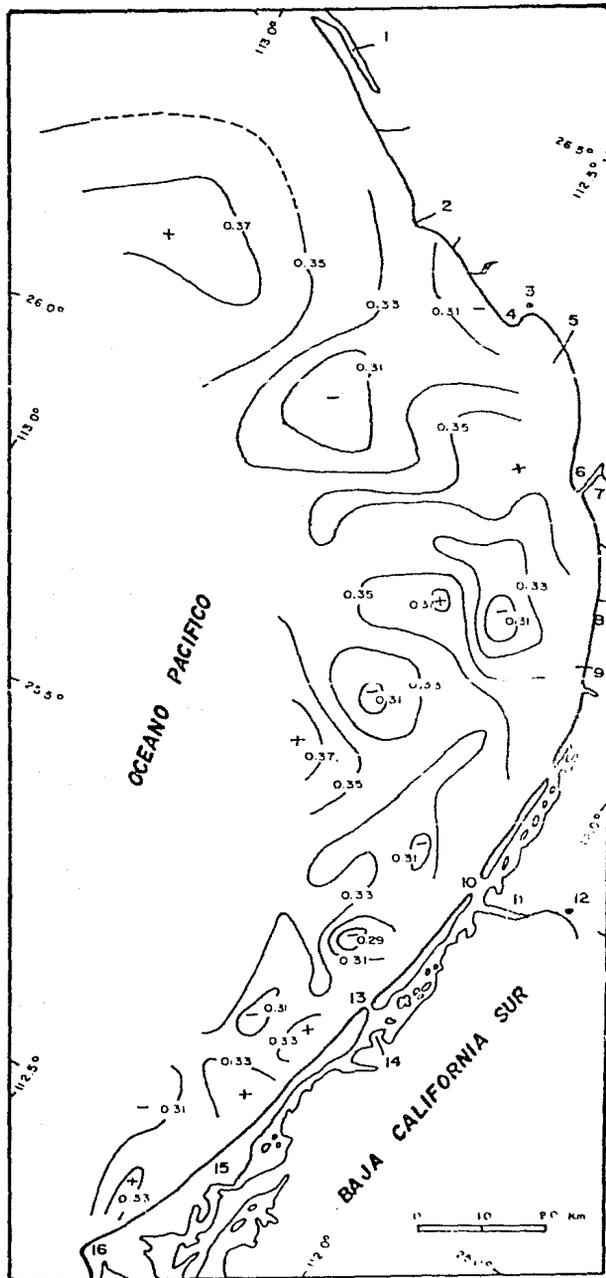


Fig. 23 Porcentaje de Bario contenido en el sedimento.

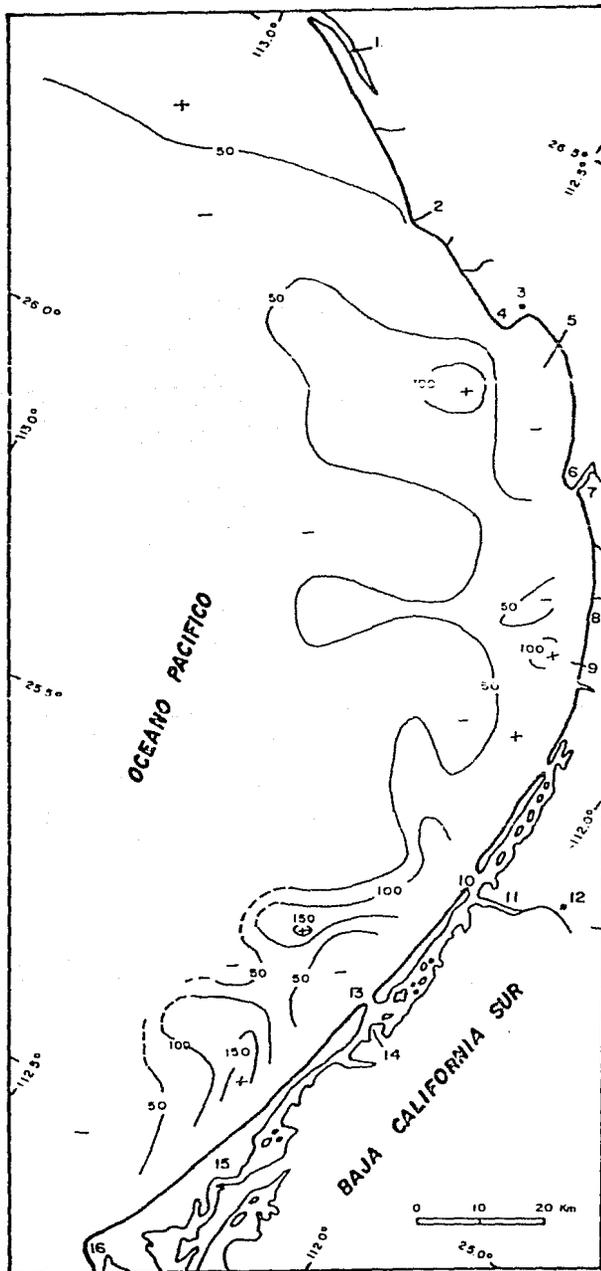


Fig. 24 Concentración de Cromo en partes por millón

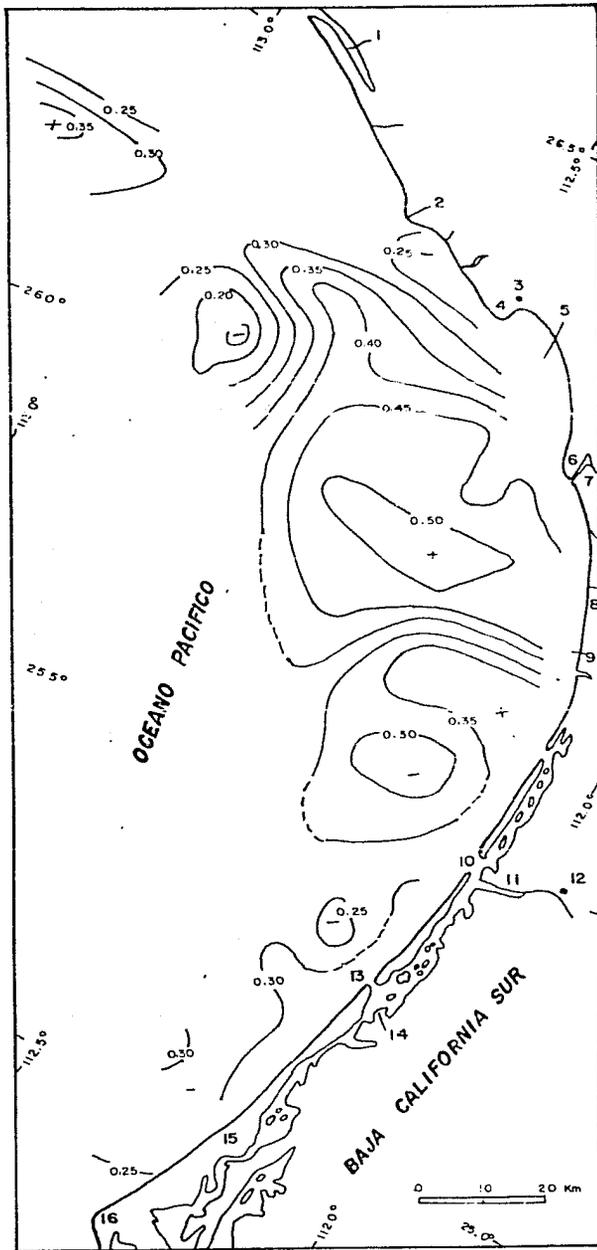


Fig. 25

Porcentaje de Estano
contenido en el sedi-
mento.

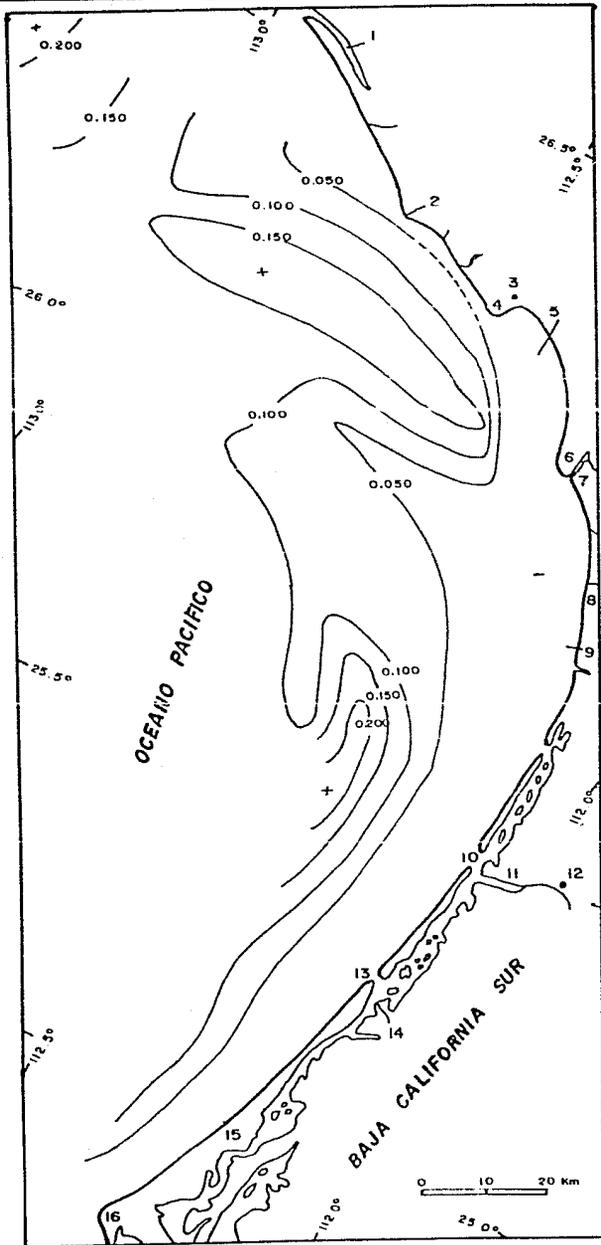


Fig. 26

Porcentaje de Ma-
teria Orgánica --
Contenida en el
sedimento.

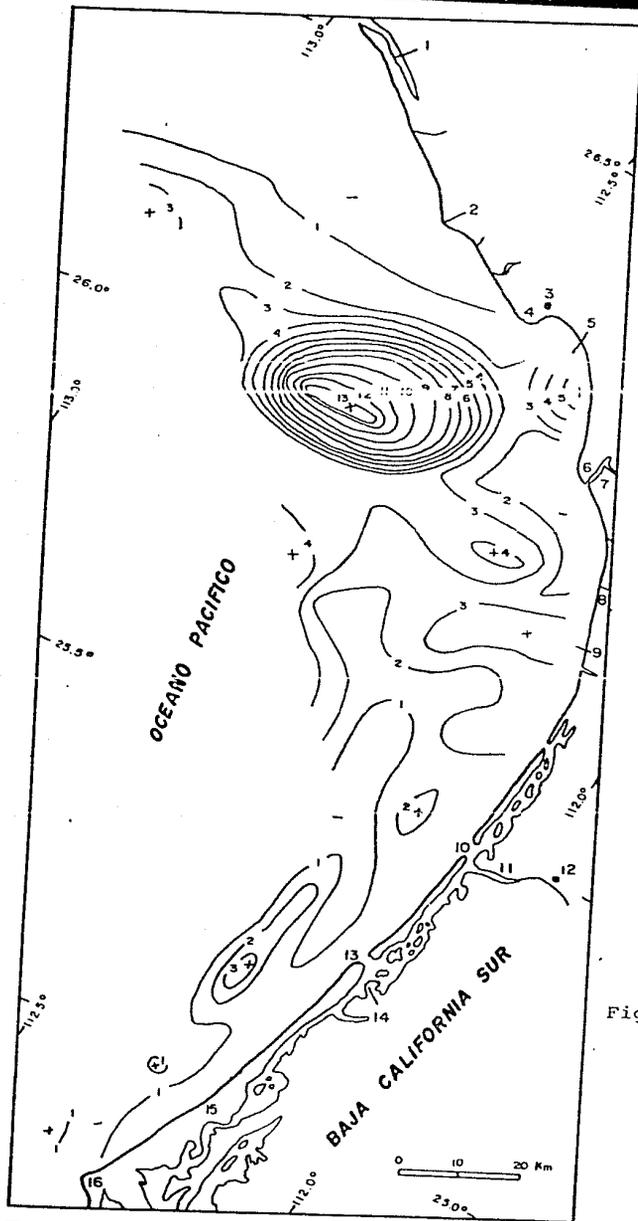


Fig. 27 Porcentaje de Fosfato contenido en el sedimento.

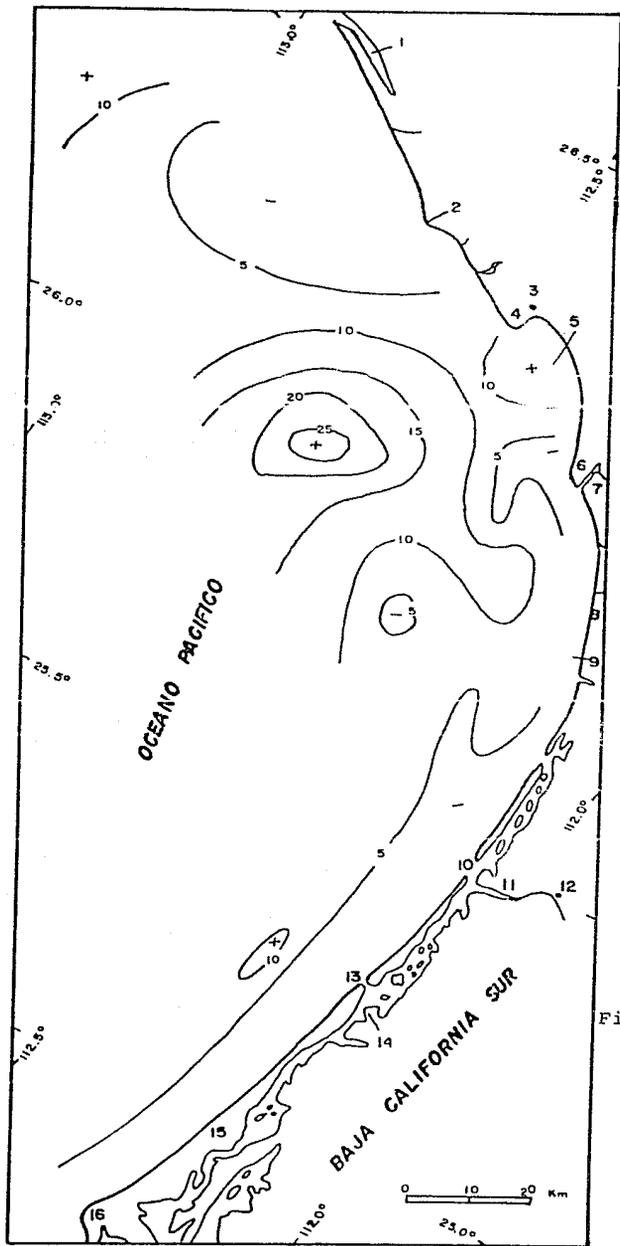


Fig. 28 Porcentaje de Calcio contenido en el sedimento.

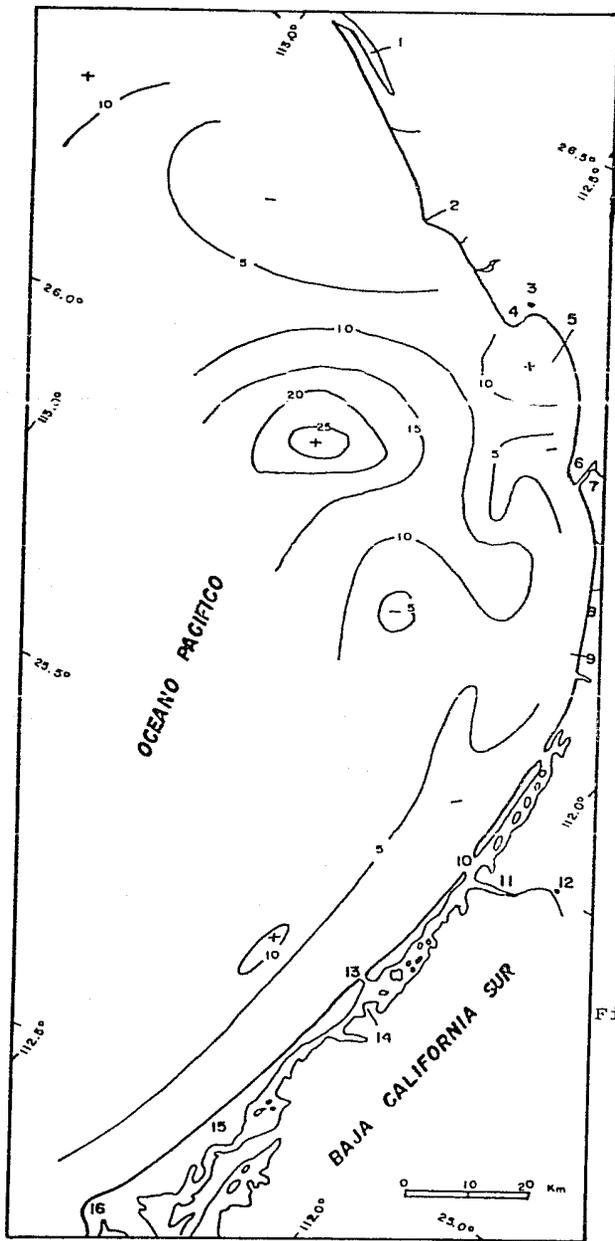


Fig. 28 Porcentaje de Calcio contenido en el sedimento.

VII. ASPECTOS ECONOMICOS.

Los objetivos de este trabajo son principalmente científicos, pero todo estudio de naturaleza científica puede y debe aportar algunos datos que permitan el mejor aprovechamiento de los recursos de una región.

El mineral más interesante, desde el punto de vista de su abundancia en los sedimentos en la plataforma en estudio es el carbonato-fluorapatito o apatito variedad francolita.

En el año de 1985 México exportó fosforita a Estados Unidos y Japón por 353,360 kilogramos e importó fosforita de Estados Unidos, Japón, Marruecos y Togo, por 1 038 424 066 kilogramos. Por lo que se importó mucho más de lo que exportó, cuestión que pone en evidencia la necesidad de explorar más el territorio nacional en busca de yacimientos ricos en dicho mineral.

La cotización de una tonalada de fosforita para 1985 varió entre 16 y 28 dólares, dependiendo del contenido de B.P.L. que oscila entre 66 y 75% (Anuario Estadístico de la Minería, 1986).

La producción mundial de fosforita para 1985 fue:

Pais	miles de toneladas métricas
Total	158 600
Estados Unidos	51 000
U.R.S.S.	33 000
Marruecos	23 000
Rep. Pop. China	13 000
Jordania	7 000
Tuñez	6 000
Isrrael	3 000
Rep. de Sudáfrica	2 700
Togo	2 700
Senegal	2 000
Otros	14 000

(Anuario Estadístico de la Minería, 1986).

Para que un depósito marino de fosforita sea de interés -- económico debe poseer entre el 22 y 97% de P_2O_5 .

Roca Fosfórica Mexicana, S.A. de C.V. tiene dentro de su - proyecto de Santo Domingo una ley de 4.6% de P_2O_5 (que re - presenta el 12% de mineral) que es considerada baja pero - costeable.

Para el área de estudio se tiene, frente a la Bahía de San Juanico, una zona de acumulación de grava con concentracio - nes de P_2O_5 de 13%, que se encuentra a una profundidad de 70 metros bajo el nivel medio del mar. Sin embargo, para - decidir si es una zona económica se debe conocer la geome-

1. The first part of the document is a list of names and addresses. The names are written in a cursive hand, and the addresses are in a more formal, printed style. The list is organized into columns, with names in the first column and addresses in the second.

2. The second part of the document is a list of names and addresses, similar to the first part. The names are written in a cursive hand, and the addresses are in a more formal, printed style. The list is organized into columns, with names in the first column and addresses in the second.

3. The third part of the document is a list of names and addresses, similar to the first two parts. The names are written in a cursive hand, and the addresses are in a more formal, printed style. The list is organized into columns, with names in the first column and addresses in the second.

4. The fourth part of the document is a list of names and addresses, similar to the first three parts. The names are written in a cursive hand, and the addresses are in a more formal, printed style. The list is organized into columns, with names in the first column and addresses in the second.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los sedimentos que cubren la plataforma continental en estudio son en general arenas lodosas y lodos arenosos con bajos porcentajes de grava siendo una excepción la zona que se encuentra frente a Bahía San Juanico y a la desembocadura del Río Cadegoma que presenta una gran acumulación de grava debido a que la topografía del continente es más abrupta y los arroyos tienen mayor energía que en el resto del área.

Hacia la playa se encuentran predominantemente arenas muy finas bien clasificadas debido a que los procesos de oleaje y mareas son bastante constantes y han seleccionado el material. En cambio, aproximadamente a los 36 metros de profundidad y hacia mar adentro, los sedimentos presentan mala clasificación debido a que actualmente se está depositando material muy fino porque la energía es muy baja pero en otras épocas en donde el nivel del mar era más bajo operaban el oleaje, las mareas y las corrientes litorales redistribuyendo material más grueso. Frente a la Boca de la Soledad se observa una concentración de arena con forma alargada paralelamente a la costa que quizás represente una antigua barra como las que existen actualmente pero para una época con el nivel del mar más bajo.

El color del sedimento, es en promedio, gris olivo oscuro en húmedo y gris olivo claro en seco. El tono olivo es debido al contenido de materia orgánica, pues al ser elimina da ésta, el sedimento tiene un color gris claro dado por el contraste de constituyentes blancos y constituyentes os curos.

La escasa grava (1% o menos) distribuida a todo lo largo - de la plataforma continental en estudio la constituyen pequeñas conchas de moluscos que viven in situ; mientras que la grava que se encuentra en las acumulaciones frente a Ba hía San Juanico está compuesta de cantos rodados (hasta de 10 centímetros de diámetro) de basaltos, areniscas y lutitas, así como de fragmentos redondeados de fósiles fosfati zados, provenientes de la erosión de rocas que afloran a lo largo del Rfo Cadegoma y sus arroyos tributarios.

La arena esta compuesta por: cuarzo, feldespatos, anfíboles, micas, ilmenita, esfena, zeolita, cristobalita, foraminífe ros, fragmentos de roca, fragmentos de fosforita y fragmen tos de conchas de moluscos; mientras el lodo está formado principalmente por: montmorillonita, calcita, feldespatos, cuarzo, anfíboles, hematita e hidromica: denotando que pro vienen de terrenos sedimentarios y volcánicos. El sedimen to contiene arcilla terrígena, granos de arena subangula res y feldespatos sin alterar, por lo tanto textural y mine ralógicamente el sedimento se encuentra en una fase inmadu

ra lo cual nos indica un clima árido y condiciones de penneplana durante el transporte de los mismos.

El mineral más interesante desde el punto de vista de su abundancia en la plataforma continental en estudio es el apatito variedad francolita, que alcanza sus máximos valores (13%) frente a la Bahía San Juanico, coincidiendo con la gran acumulación de grava ahí presente.

El fosfato se encuentra en dos formas: 1) como fósiles terciarios y cuaternarios, en donde ocurrió un reemplazamiento de fosfato de calcio por carbonato de calcio y 2) como una película fosfatada sobre fragmentos de roca redondeados. Por lo tanto, el fosfato de yacimiento puede provenir por lo menos de dos fuentes de suministro:

- Formaciones terciarias y cuaternarias con horizontes de fosforita que afloran tanto en continente (Darton, 1922) como en la Plataforma (Mina, 1957).
- Depósitos recientes debido a las corrientes de surgencia que aportan fosfato disuelto de 70×10^{15} toneladas de P_2O_5 por año (D'Anglejan, 1965).

La naturaleza retrabajada del depósito se reconoce por la presencia de fósiles fosfatados que son de edades terciarias y cuaternarias y presentan bordes redondeados, además

distribución granulométrica es similar a la del material no fosfatado. Por otro lado, la película de fosfato que se encuentra sobre las gravas redondeadas, denota formación - relativamente reciente. Por lo tanto, el depósito presenta tanto fosfato residual o retrabajado como directo o in situ.

El material fosfatizado es más abundante en la fracción tamaño grava con 50 a 80% del total del sedimento en la fracción tamaño arena se mantiene aproximadamente constante -- con un 20 a 30% del total de material y en la fracción tamaño lodo disminuye bruscamente y desaparece.

Como la mayoría del drenaje del área fuente consiste de arroyos intermitentes que funcionan durante la época de escasas lluvias (que va de junio a septiembre), el aporte de material terrígeno es bajo y consiste de material fino debido a la baja topografía existente. Sólo para la porción norte del área se cuenta con el Río Cadegoma que proviene de terrenos más altos y acarrea materiales más gruesos. Dichos sedimentos terrígenos provenientes del continente y depositados en el mar son redistribuidos por el oleaje, -- las mareas y corrientes litorales. La presencia de los bancos submarinos someros que limitan la plataforma continental ocasiona una circulación restringida de las corrientes oceánicas y por lo tanto da las condiciones necesarias para que proliferen una gran cantidad de organismos provocan

do altas concentraciones de materia orgánica en el sedimen
to.

La amplia plataforma continental; los bancos submarinos -
alargados; la fuerte pendiente del talud y la depresión -
alargada conducen a interpretar que dichas morfoestructuras
son producto de las condiciones tectónicas que ha sufrido
la margen occidental de la Península de Baja California. -
Primero funcionó como una zona de subducción entre las pla-
cas Norteamericanas y Farallón, siendo parte de la Norteame-
ricana. Cuando colisionó la dorsal con el continente el lí-
mite se convirtió en transurrente entre las placas Norte-
americana y Pacífica y cuando empezó la apertura del Golfo
de California pasó a ser parte de la Placa Pacífica y ac-
tualmente no existe límite de placas en dicha margen, por
lo que es pasiva.

El depósito de material fosfatizado de naturaleza retraba-
jada que se encuentra frente a Bahía San Juanico en tamaño
arena y grava tiene una concentración de 4 a 13% o más de
 P_2O_5 en el mineral apatito variedad francolita. Se encuen-
tra entre los 55 y los 100 metros de profundidad que com-
prende una superficie de 1250 km^2 aproximadamente.

Como México importa actualmente mucha más fosforita de la
que exporta, es recomendable que se exploren más los yaci-
mientos de fosforitas mineras de la Península de Baja Cali

fornia tanto en continente como en la plataforma continental, para explotar los más adecuados y por lo menos cubrir la demanda del país.

Para la zona en estudio se recomienda que se perforen pozos para recuperar núcleos y obtener la geometría y el volumen del depósito para determinar el posible tonelaje - existente.

Los estudios de recursos minerales marinos se deben de apoyar más, ya que cada día se ve más la necesidad de aprovechar de la mejor forma posible los recursos naturales y -- aunque por ahora la explotación de minerales marinos pareca demasiado cara, quizás a largo plazo sea necesaria y -- costeable. Por lo tanto se debe ir explorando y evaluando para tener el conocimiento de las reservas nacionales.

ANEXO 1. Listado del programa en BASIC que calcula percentiles y parámetros estadísticos. Elaborado - por el Ing. José Luis Fong Aguilar para esta tesis.

```
10 DIM G(20), F(20), B(20), C(20), D(20), Q(20), E(20),  
Z(20).  
20 PRINT "peso total de la muestra T";  
30 INUP T  
40 PRINT "peso de la primera pipeteada P";  
50 INUP P  
60 PRINT "número de fracciones gruesas N";  
70 INUP N  
80 PRINT "número de fracciones finas M";  
90 INUPT M  
100 G1 = 0  
110 FOR I=1 TO N  
120 PRINT "peso de la fracción gruesa"; I;  
130 INUP G(I)  
140 G1 = G1 + G (I)  
150 NEXT I  
160 F1 = T - G1  
170 FOR I=1 TO M  
180 PRINT "peso de la fracción fina"; I;  
190 INUPT F(I)  
200 B(I) = (F(I)*F1)/P  
210 NEXT I  
220 FOR I=1 TO N
```

```
230 C(I) = G(I)
240 NEXT I
250 FOR I=1 TO M
260 C(N+I) = B(I)
270 NEXT I
280 FOR I=1 TO N+M
290 C(I) = C(I)*100/T
300 NEXT I
310 A = 0
320 FOR I=2 TO N
330 A=A+C (I)
340 NEXT I
350 L = 0
360 FOR I=N+1 TO N+M-1
370 L=L+C (I)
380 NEXT I
390 A1=C (N+M)
400 H=0
410 FOR I=1 TO N+M
420 H=H+C (I)
430 WAIT 5
440 PRINT "porciento acumulativo"; H
450 D(I) = H
460 NEXT I
470 WAIT 5
480 PRINT "porciento de grava ="; C(1)
490 WAIT 5
```

```
500 PRINT "porciento de arena="; A
510 WAIT 5
520 PRINT "porciento de limo="; L
530 WAIT 5
540 PRINT "porciento de arcilla ="; A1
550 FOR I=1 TO N+M
560 PRINT "valor de clase en forma ascendente"; I;
570 INPUT Q(I)
580 NEXT I
590 FOR I=1 TO 7
600 READ E(I)
610 DATA 5, 16, 25, 50, 75, 84, 95
620 NEXT I
630 IF E(1) < D(1) OR E(7) > D(N+M-1) THEN 900
640 FOR J=1 TO 7
650 FOR I=1 TO N+M
660 IF D(I) < E(J) THEN 680
670 GO TO 690
680 NEXT I
690 X2=D(I)
700 X1=D(I-1)
710 Y2=Q(I)
720 Y1=Q(I-1)
730 Z(J)=Y1+(E(J)-X1)*(Y2-Y1)/(X2-X1)
740 WAIT 5
750 PRINT "valor del percentil"; E(J); "="; Z(J)
760 NEXT J
```

```
770 R=(Z(2)+Z(4)+Z(6))/3
780 O=(Z(6)-Z(2))/4+(Z(7)-Z(1))/6.6
790 S=(Z(2)+Z(6)-2*Z(4))/(2*(Z(6)-Z(2)))+
      (Z(1)+Z(7)-2*Z(4))/(2*(Z(7)-Z(1)))
800 W=(Z(7)-Z(1))/(2.44*(Z(5)-Z(3)))
810 WAIT 5
820 PRINT "valor de la media=";R
830 WAIT 5
840 PRINT "valor de la desviación estandar =" ;0
850 WAIT 5
860 PRINT "valor de la asimetría =" ;S
870 WAIT 5
880 PRINT "valor de la curtosis =" ;W
890 GO TO 910
900 PRINT "NOTA: NO SE PUEDE HACER LA INTERPRETACION YA
      QUE EL INTERVALO QUEDA ABIERTO"
910 END
```

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

- Ames, L.L. Jr. (1959). The genesis of carbonate apatites. *Econ. Geol.* v. 54, n. 6, pp. 829-840.
- Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 1985. Del Consejo de Recursos Minerales, publicada en Octubre de 1986.
- Baturin, G.N. y P.L. Bezrukov 1979. Phosphorites on the sea floor and their origin. *Marine. Geol.*, v. 21, pp. 317-332.
- Blackwelder, E. 1916. The Geologic Role of phosphorus. -- *Amer. Jour. Sci.*, ser. 4, v.42, p. 293.
- Bromley, R.G. 1967. Marine phosphorites as depth indicators. *Marine. Geol.*, v.5, pp. 503-509.
- Carranza, E.A. 1980. Ambientes sedimentarios recientes de la llanura costera sur del Istmo de Tehuantepec. *An C.C.M.L. UNAM* 7 (2): 13-66.
- Clarke, F.W. y H.S. Washington. 1924. The composition of the earth's crust. *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper* 127, 117 p.
- Congreso Geológico Internacional. 1956. Excursión A-7. -- *Geología General de la parte sur de la Península de Baja California.*
- Crossman, F.R. y R.W. Swanson 1964. Stratigraphy and petrology of the permian rocks of Southwestern Montana. *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper* 313-C, pp.275-569.
- Cromwell, T. y J.L. Reid. 1956. A study of oceanic fronts. *Tellus*, v.8, n.1, pp. 94-101.
- D'Anglejan, B.F. 1965. The marine phosphorite deposits of Baja California, México. Tesis de Doctorado para la Universidad de California, 149 p.
- D'Anglejan, B.F. 1966. Origin of marine phosphorites of Baja California, México. *Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California . Marine Geol.*, v.5, pp. 15-44.
- Degens, E.T. 1965. Geochemistry of sediments. *Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall*, 342, p.

- Dietz, R.S., K.O. Emery y F.P. Shepard 1942. Phosphorite deposits on the sea floor of Southern California. - Bull. Geol. Soc. Am., v. 53, pp.815-848.
- Douglas, W.W. 1982. Phosphate-rich sedimentary rocks: Significance for organic facies and petroleum exploration. Jour. Geoch. Explor. v. 16, pp. 135-160.
- Espinosa, L.L. (sin fecha). Origen de minerales fosfáticos. Información interna de la Dirección General de ROFOMEX.
- Ernst, W.G. 1975 . Summary of the geotectonic development of California. pp. 601-613.
- Friedman, G.M. y J.E. Sanders 1978. Principles of sedimentology. Library of Congress Cataloging in Publication Data. John Wiley and Sons, inc. Estados Unidos.
- Gastil, G., G. Morgan y D. Krummenacher 1975. The tectonic history of peninsular California and adjacent México, pp. 284-306.
- Heim, A. 1922. Notes on the tertiary of Southern Lower California, Geol. Mag., v. 59, pp. 529-547.
- Kasakov, A.V. 1937. The phosphorite facies and the genesis of phosphorites. Trans. Sci. Inst. Fertilizers and Insecto-Fungicides, n. 142, publicado por el 17avo Congreso Geológico Internacional, Leningrado, pp. 95-113.
- Krumbein, W.C. y L.L. Sloss 1969. Estratigrafía y sedimentación. Editorial Uteha. Primera edición en español pp. 215-216 y 143-144.
- Kukal, Z. 1971. Geology of recent sediments. Academic - - Press, Praga.
- Lamboy, M. y J. Lucas 1979. Les phosphorites de la marge nord de L'Espagne. Etude géologique et pétrographique. Oceanologica Acta, v.2, n.3, pp. 325-337.
- Lozano R.F., 1975. Evaluación petrolera de la península de Baja California, México. Bol. Asoc. Mex. Geol. Petr. v. 27, n-4-6.
- Lucas, J.L. Prévot y M. Lamboy 1978. Les phosphorites de la marge nord de L'Espagne. Chimie, minéralogie, - genése. Oceanologica Acta, v.1, n.1, pp.52-72.
- Lugo H. J. 1985. Morfoestructuras del Fondo Oceánico Mexicano. Bol. Inst. Geogr. n. 15. p.9 - 39

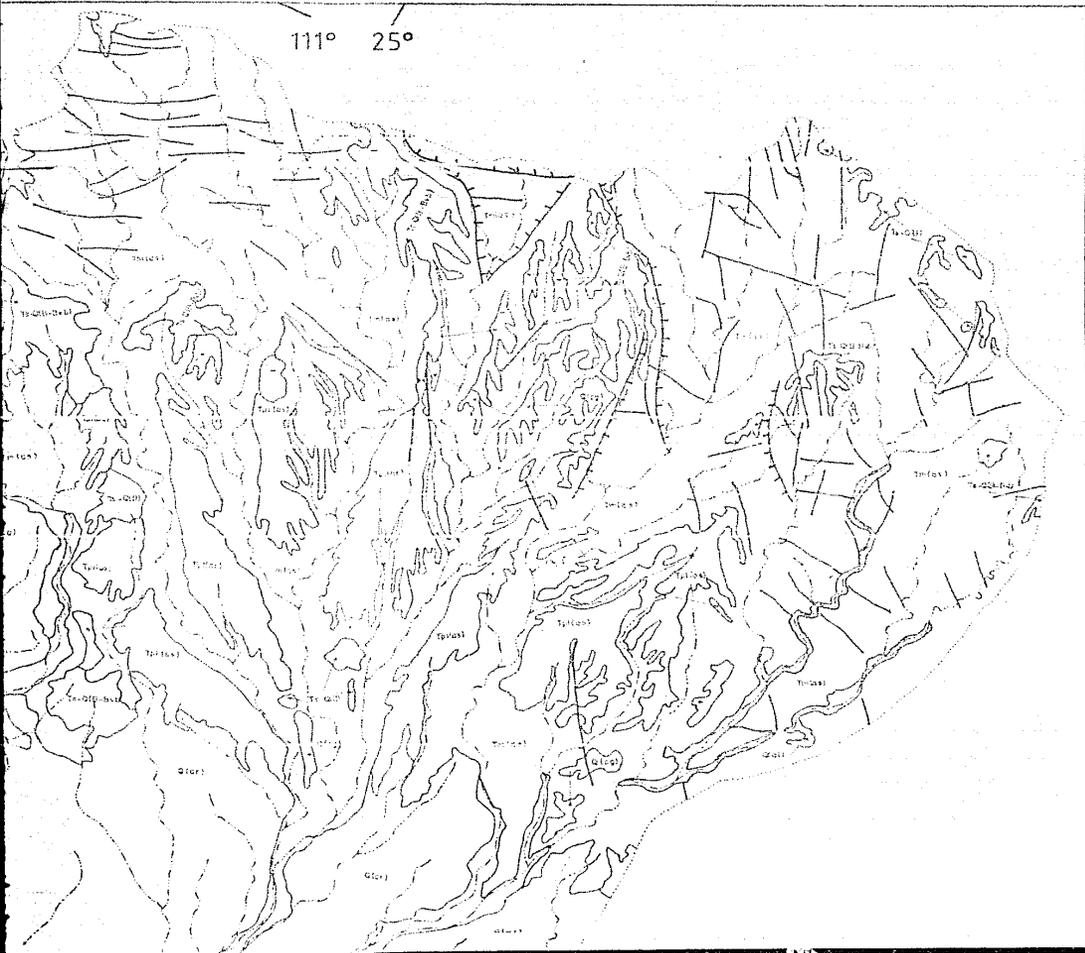
- Mansfield, G.R. 1927. Geography, Geology and Mineral Resources of part of Southeastern Idaho. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 152, pp. 75-78.
- Mayoral, M.L. 1981 Geología y Yacimientos Minerales de -- fosforita del área San Juan de la Costa, Municipio de la Paz, B.C.S., Tesis profesional U.N.A.M.
- McConnell, D. 1952. Structural substitutions Involving -- CO₃ and OH, part 4 of "The problem of the carbonate apatites. Soc. Franc. de Miner. et. Crist., v.75, - pp. 428-445.
- McKelvey, V.E., R.W. Swanson y R.P. Sheldon 1953, The per mian phosphorites of Western Unites States. 19 - - Cong. Geol. Inrern. Algeria Comptes Rendus 11, pp. 45-64.
- McKelvey, V.E. 1978. Phosphate in sediments. "Encyclopedia of sedimentology" v.VI pp. 574-578. Dowden, Hotchinson and Ross, Inc. Editado por Rhodes W. Fairbridge and Joanne Bourgeois.
- Mina, F. 1957. Bosquejo geológico del Territorio Sur de - la Baja California. Bol. Asoc. Mex. de Geol. Petrol. v.9, n.3 y 4, pp.139-270.
- Mullins, H.T. y R.F. Rasch (1985). Sea-floor phosphorites along the Central California Continental Margin. Econ. Geol., v.80, n.3, pp.696-715.
- Murray, J. y A.F. Renard, 1881. Scientific Results, H.M. Challenger, Deep Sea Deposits, pp. 391-400.
- Murray, J. 1885. Report on the specimens of bottm deposi- ts. Bull. Mus. Comp. Zool. Cambridge, v.12, pp.37-61.
- Ordoñez, G. y S. Ulloa 1956. Notas sobre la geología del Estado de Sonora y la Península de Baja California. Congreso geológico Internacional. México.
- Parker, R. 1975. The petrologu and origin of some glauco- nitic and glauco-conglomeratic phosphorites from the South African continental margin. J. Sed. Pe- trol., v.45, n.1, pp.230-242.
- Pettijohn, E.J. 1975. Sedimentary rocks. Harper Interna- tional Edition. Estados Unidos. pp.427-434.
- Phleger, F.B. y G.C. Ewing 1962. Sedimentology and oceano- graphy of coastel lagoons in Baja California, Méxi- co. G.S.A. Bull., v.73, pp.145-182.

- Rodríguez, L.A. 1980. Génesis del Yacimiento de arenas -- fosfóricas del Valle de Santo Domingo, Baja California Sur. Tesis Profesional, U.N.A.M.
- Rogers, A.F. 1944. Pellets of Phosphorite from Carmel Valley, Monterrey, California. Calif. Jour. Mines and Geology, v.40 pp. 411-421.
- Royse C.F. 1970. An introduction to sediment analysis Arizona States University, 180 p.
- Sánchez Lara, G. 1986. Tablas de asentamiento para extracción de alícuotas en pipeta, de acuerdo a las leyes de Stokes, 9 p. (inédito).
- Sillen, L.G. 1960. The physical Chemistry of sea water in oceanography. Inter. Oceanogr. Congr. Am. Assoc. -- Adv. Sci., Pub. 67, 654 pp.
- Sheldon, R.P. 1982. Phosphate rocks. Scientific American, v. 246, n.6, pp.31-37.
- Cartas Geológicas del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática de la Secretaría de Programación y Presupuesto, escala 1:250 000, 1984
- | | |
|---------------------|-----------|
| San Isidro | G12-4 |
| Loreto | G12-5 |
| Villa Constitución. | G12-7-8 |
| La Paz | G12-10-11 |



Anexo 2. Plano Geológico e Hidrográfico de la fuente de -
aporte de sedimentos.

111° 25°

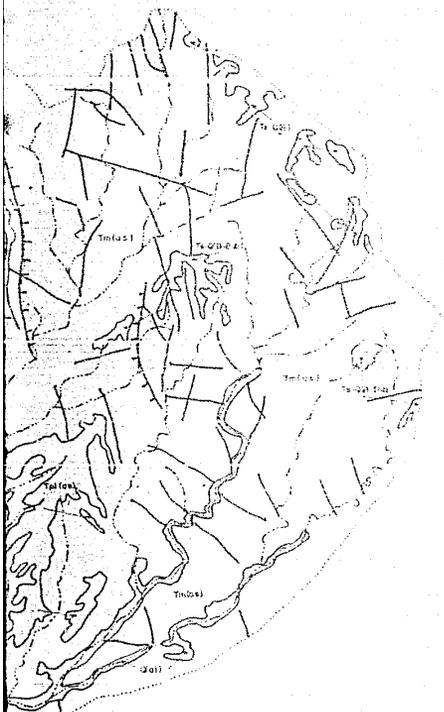


COL

			LIT
			CRONOESTRATIGRAFIA
CENOZÓICO	CUATERNARIO		
	TERCIARIO (T)		
	INFERIOR (T ₁)	SUPERIOR (T ₂)	

- SUELOS: re, of

Modificad
cartas g
G12-7-8 y



COLUMNA GEOLOGICA

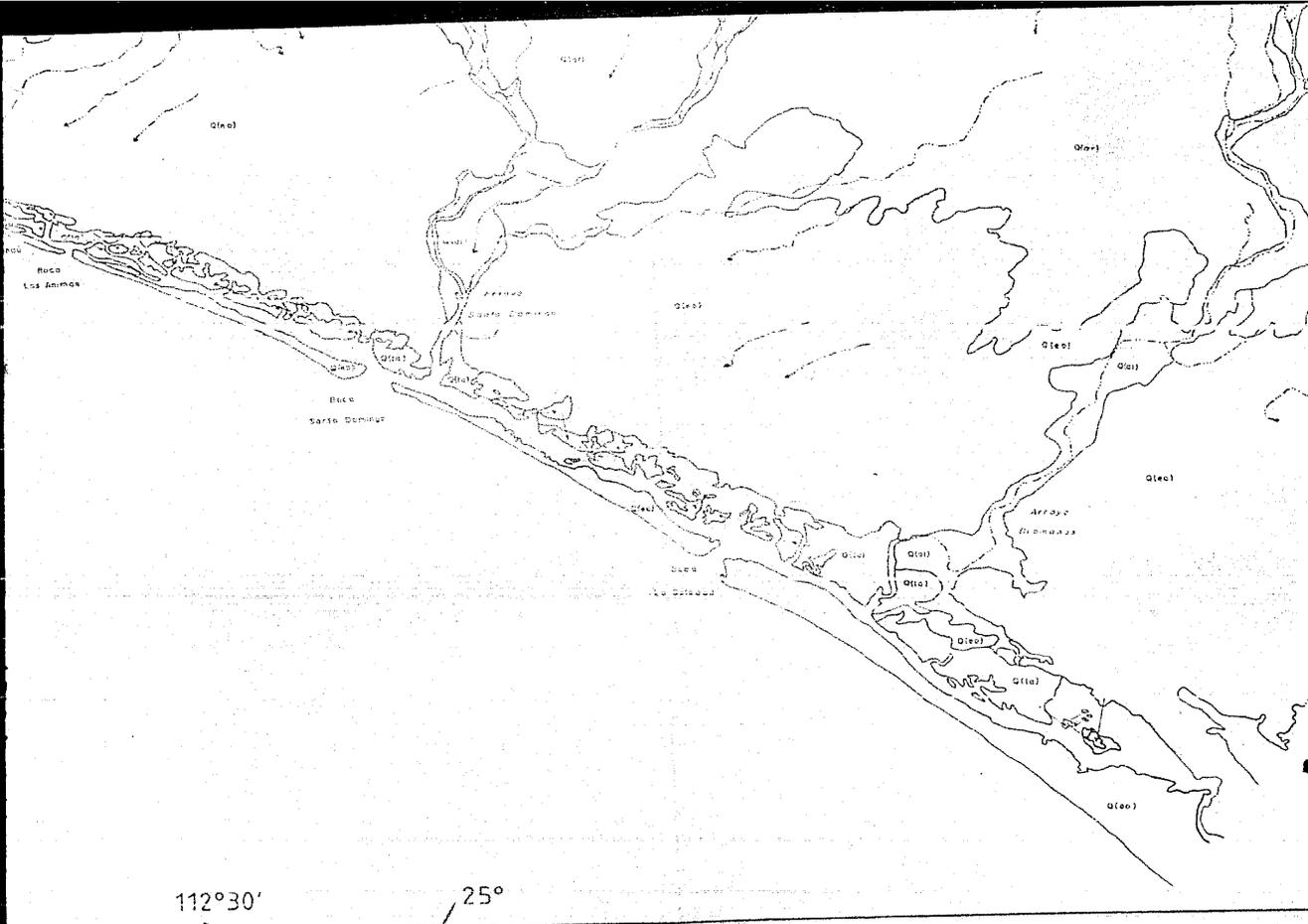
CRONOESTRATIGRAFIA		LITOLOGIA		ROCAS SEDIMENTARIAS		ROCAS IGNEAS	
						EXTRUSIVAS	INTRUSIVAS
CENOZOICO	CUATERNARIO (Q)		SUELOS *		B - Bvb	X	
	TERCIARIO (T)	SUPERIOR (Ts)	PLIOCENO (Tpt)		Ab	X	
			MIOCENO (Tm)		Ab	X	
	INFERIOR (Ti)	OLIGOCENO (To)		A1		X	
		EOCENO (Te)				X	
		PALEOCENO (Tpe)				X	

* SUELOS: ra, al, la, li, eo

Modificado de DETENAL (1984)
cartas geológicas G12-4, G12-5,
G12-7-8 y G12-10-11.

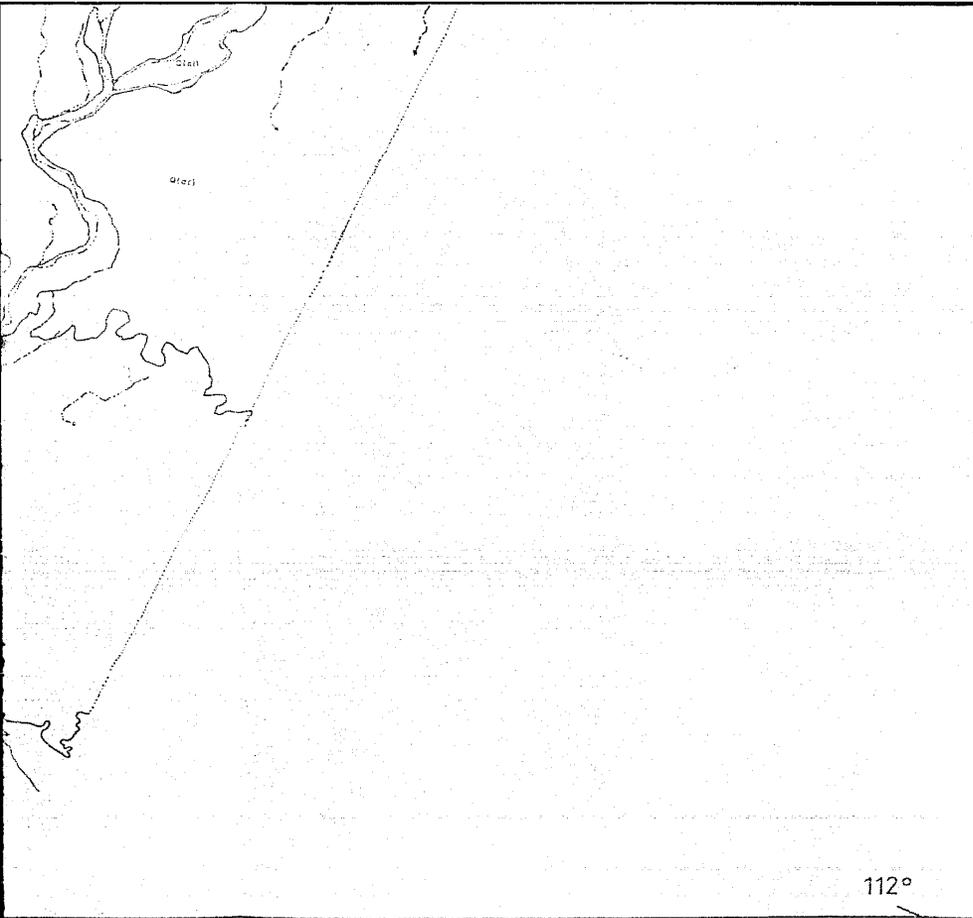
SIMBOLOGIA:

- CONTACTO GEOLOGICO
- MISMA LITOLOGIA
- FRACTURA
- - - FRACTURA INFERIDA



112°30'

25°



- FALLA
- PARTEA
- CORRIEN
- CORRIEN

ESCALA G



ESCALA I

UNAM	FACULTAD
------	----------

PLANO G
E HIDRO

TESIS PROFESIONAL

112°

FALLA NORMAL
PARTEAGUAS PRINCIPAL
CORRIENTE INTERMITENTE
CORRIENTE QUE SE INFILTRA

ESCALA GRAFICA



ESCALA 1:250.000

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

PLANO GEOLOGICO

E HIDROGRAFICO

112°

TESIS PROFESIONAL

E. GUZZY A

1987