

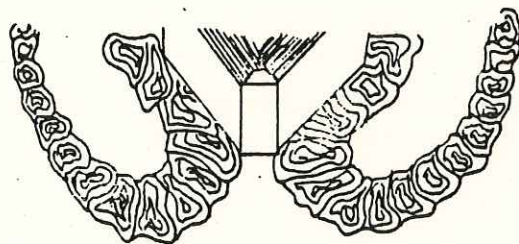
1981
no. 7
9.3

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

Escuela Superior de Ciencias Marinas



PROCEDENCIA DE MINERALES PESADOS EN LA
BAHIA DE TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA.



T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
OCEANOLOGO

PRESENTA

CARLOS

BACA

CHACON

ENSENADA, B. C.

1981

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ii

CIENCIAS MARINAS

DEPENDENCIA: La Dirección

Ensenada, B.C. a 10 de Febrero de 1977.

P.O. CARLOS BACA CHACON
P R E S E N T E .-

Por medio de la presente me permito informarle en mi calidad de Presidente de la H. Comisión Permanente de Tesis, que el tema:

PROCEDENCIA DE MINERALES PESADOS EN LA BAHIA DE
TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA

ha sido aprobado por esta H. Comisión de Tesis, el día 9 de Febrero de 1977, en esta Escuela Superior de Ciencias Marinas.

Sin otro particular por el momento y deseándole éxito en su Exámen Profesional, quedo de Ud. atentamente.

UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE BAJA CALIFORNIA

A t e n t a m e n t e ,

POR LA REALIZACION PLENA DEL HOMBEE



ESCUELA SUPERIOR
DE CIENCIAS MARINAS

OCEAN. FRANCISCO AGUILAR RUIZ ESPACHAU

copias: expds respectivos. UCM.

FAR/pat*

UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE BAJA CALIFORNIA

ESPACHAU

FEB 10 1977

ESPACHAU
ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS
ENSENADA, B.C.

DEDICATORIA.

A mi esposa Angelica.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanas, y a todos aquellos que de algún modo contribuyeron en el desarrollo de este estudio.

INDICE

I	INTRODUCCION -----	1
	1) Antecedentes -----	1
	2) Objetivo -----	3
II	GENERALIDADES -----	4
	1) Descripción del área de estudio -----	4
	2) Clima -----	12
	3) Corrientes -----	13
III	MATERIALES Y METODOS -----	14
IV	RESULTADOS -----	21
V	DISCUSIONES -----	38
VI	CONCLUSIONES -----	42
VII	RECOMENDACIONES -----	45
VIII	BIBLIOGRAFIA -----	47

I. INTRODUCCION

Desde varias décadas anteriores a 1940 el estudio de los minerales pesados ha sido un campo importante de trabajo y esfuerzo para el petrólogo especializado en sedimentos.

El análisis de tales minerales es capaz de aportar información de suma importancia con respecto a la localización y carácter de áreas fuente, distribución de patrones de sedimentación y resolver problemas geológicos en estratigrafía regional e investigaciones paleogeográficas (Van Andel, 1959).

1). Antecedentes.

En las rocas ígneas los minerales pesados no-micaceos son generalmente menos del 15% del total; en muchas rocas metamórficas son el constituyente principal de la roca; pero en areniscas o lutitas los minerales pesados sólo aparecen en cantidades triviales, siendo así posible observar que esos minerales tienen su origen en las rocas ígneas y metamórficas (Carver, 1971). Las playas con minerales pesados pueden tener depósitos de ellos económicamente aprovechables (Bateman, 1952).

En el área en que se realiza el presente estudio, los minerales representan aproximadamente el 5% del total de los sedimentos que se hallan en la playa de la parte norte de la bahía, y aparecen en el siguiente orden de abundancia: horblenda, epidota, granate y zircón: encontrándose también biotita y topacio (Emery, 1957).

Los siguientes factores pueden modificar la composición de minerales pesados y limitar la interpretación de su asociación en términos de condiciones del área fuente: 1). Intemperismo, 2). abrasión, 3). sorteo selectivo, y 4). solución post-depositacional (Van Andel, 1959).

En cuencas oceánicas con una baja tasa de abastecimiento de sedimento, bajo condiciones de intenso intemperismo se puede modificar fuertemente la composición de la asociación de los minerales pesados. Las cuencas oceánicas de rápida depositación derivan sus sedimentos en general de áreas fuentes con erosión activa. Por lo tanto, la influencia de todos los factores es despreciable y la asociación de los minerales pesados refleja directamente la petrografía del área fuente (Van Andel, 1960, 1973).

2).- Objetivo.

Determinar las fuentes de procedencia de minerales pesados en las playas de la Bahía de Todos Santos.

Partiendo de las siguientes suposiciones:

- A.- Que los procesos que actúan ahora en los arroyos y playas son los mismos que han actuado en el pasado (Teoría del Uniformismo de Hutton, 1785; difundida por Lyell, 1830).
- B.- Que los minerales pesados en los arroyos se incorporan al material de playa.
- C.- Que no hay aporte de minerales pesados de mar profundo que entren a la bahía y se depositen a lo largo de la zona de estudio.

II. GENERALIDADES

1). Descripcion del Area.

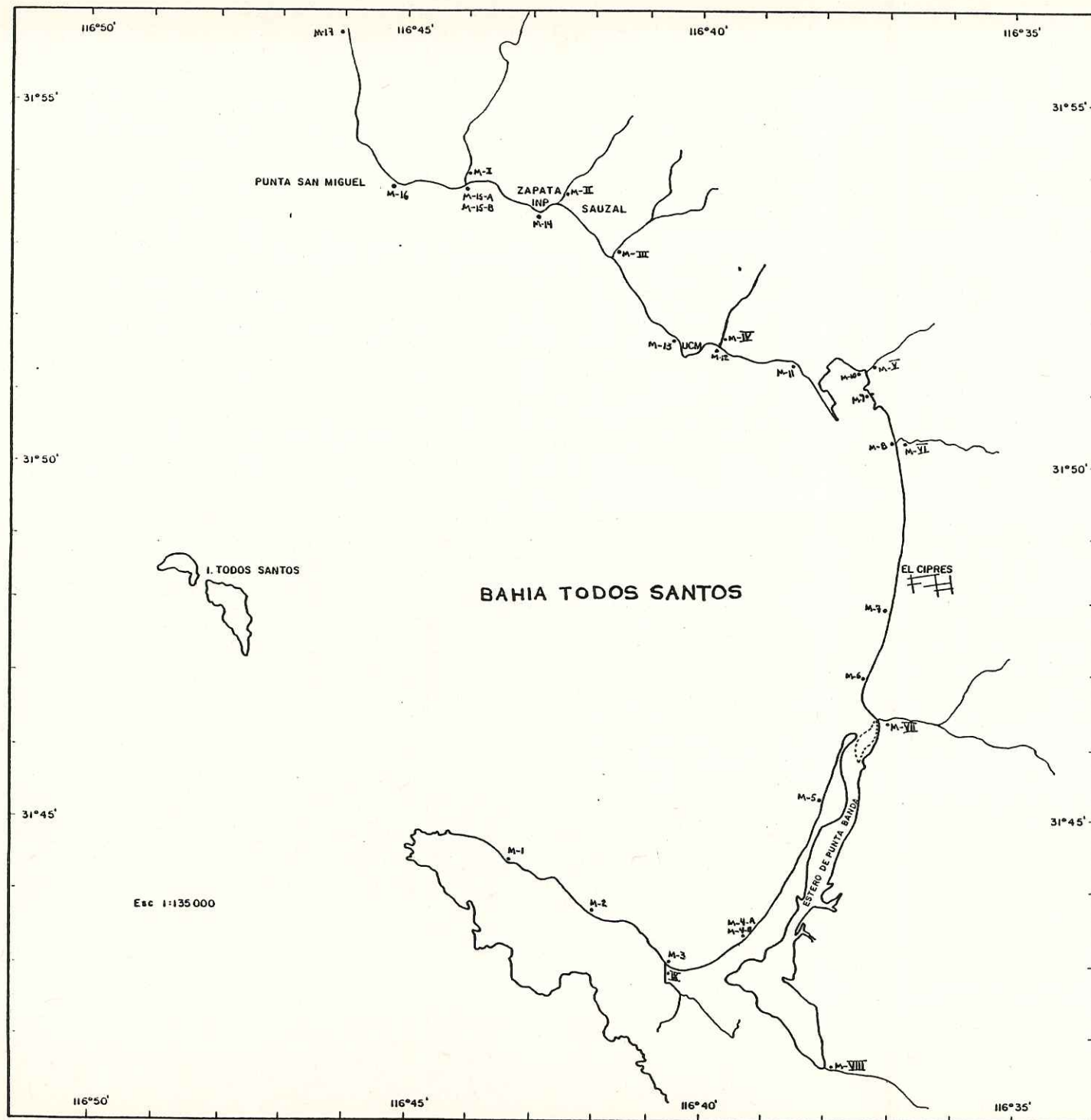
La Bahía Todos Santos, esta situada entre las latitudes $31^{\circ} 40' N$ y $31^{\circ} 56' N$ y Longitud $116^{\circ} 36' W$ a $116^{\circ} 50' W$; delimitada por dos costas pronunciadamente rocosas: una situada al Norte y la otra al Sur; la primera es la Punta San Miguel, la segunda es la Península de Punta Banda; su origen tectónico es debido a la doble fractura conocida como Falla de Agua Blanca (Allen, 1960), Fig. No. 1

Punta San Miguel, es una costa baja con rocas volcánicas post-batolíticas constituídas por basaltos del Mioceno (Timb) y basalto andesítico (Gastil, 1971), (Fig. No. 2)

Desde el poblado de San Miguel hasta las cercanías del Sauzal, (aprox. 4 Km.) la costa esta constituída por rocas sedimentarias post-batolíticas del Cuaternario formadas por dunas y aluviones, (al, Qd).

Del Sauzal a Punta Morro, (aprox. 5 Km.) la costa está formada por terrazas de origen marino que están constituídas por rocas sedimentarias post-batolíticas del Cuaternario (Qm).

FIGURA No 1.- LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN PLAYAS,
ARROYOS Y RIOS EN EL AREA DE ESTUDIO.



Lista de Playas (para las graficas posteriores).

- 1.- M-1, Playa Punta Banda(Renta de Caballos)
- 2.- M-2, Playa Tres Hermanas
- 3.- M-3, Playa Rincon de la Ballena
- 4.- M-4-APlaya Vertice 55 (la Joya)
- 5.- M-4-B Playa Vertice 55 (la Joya)
- 6.- M-5, Playa Vertice 42 (barra estero)
- 7.- M-6, Playa Vertice 35 (Campo Nueva Espana)
- 8.- M-7, Playa Vertice 28 (Campo Aereo)
- 9.- M-8, Playa Desague Municipal
10. M-9, Playa Espigon Cementos California
11. M-10,Playa Cuartel Infanteria de Marina
12. M-11,Playa Curva El Vigia
13. M-12,Playa Las Playitas
14. M-13,Playa Granada Cove
15. M-14,Playa Inst. Nal. de la Pesca
16. M-15-A Playa San Miguel
17. M-15-B Playa San Miguel
18. M-16, Playa Punta San Miguel
19. M-17, Playa Barco Hundido

Lista de Arroyos (para las graficas posteriores).

- 1.- M-I, Arroyo San Miguel
- 2.- M-II, Arroyo Sauzal I (Pesquera Pacifico)
- 3.- M-III, Arroyo Sauzal II (Campo California)
- 4.- M-IV, Arroyo Playitas
- 5.- M-V, Arroyo Ensenada
- 6.- M-VI, Arroyo El Gallo
- 7.- M-VII, Arroyo Maneadero
- 8.- M-VIII, Arroyo Santa Clara
- 9.- M-IX, Arroyo Punta Banda

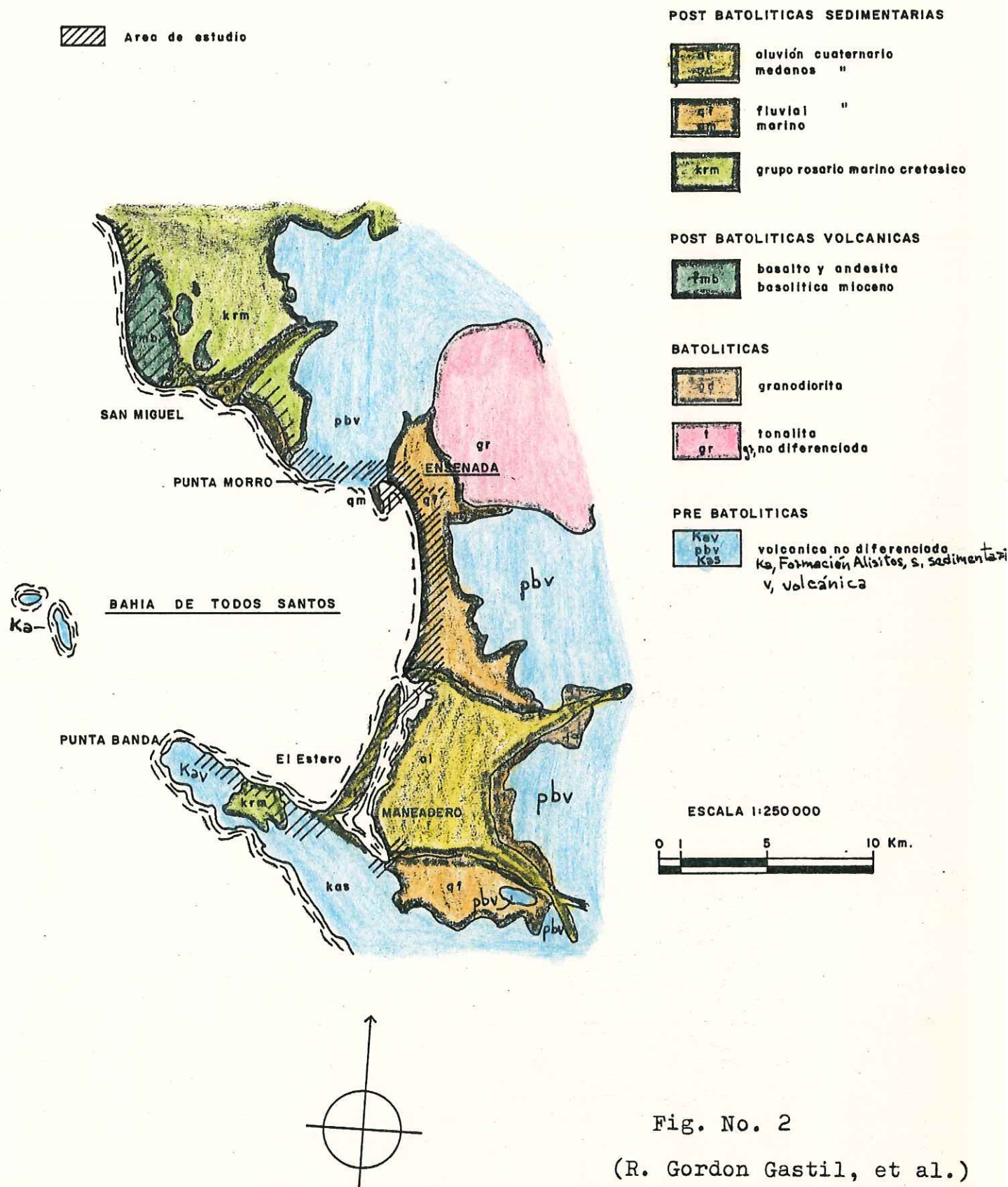


Fig. No. 2

(R. Gordon Gastil, et al.)

1971

De Punta San Miguel a Punta Morro, (aprox. 9 Km.) la costa ya descrita en los tres párrafos anteriores se encuentran rodeadas en su parte inmediata hacia tierra, por terrazas de rocas sedimentarias postbatolíticas del Cretácico Superior del Grupo Rosario (Krm).

De punta Morro a El Vigia, (aprox. 4 Km.) existe costa rocosa constituida por rocas pre-batolíticas volcánicas no diferenciadas (Pbv) de la formacion Alisitos.

Desde la desembocadura del arroyo Ensenada hasta la boca del Estero de Punta Banda, la costa es arenosa y su post-playa está delimitada por dunas con escasa vegetación terrestre; presentando también, bajas terrazas fluviales constituidas por rocas sedimentarias post-batolíticas del Cuaternario (Qf).

En la parte SE del área de estudio, se localiza el Estero de Punta Banda que es una pequeña laguna costera en forma de "L" , tiene una longitud aproximadamente de 8 Km. y anchura promedio de 250 mts. la barra arenosa que separa al estero del resto de la bahía tiene una longitud aproximada de 7 Km. (Walton, 1955).

La boca del estero tiene una amplitud que varía con respecto al aumento o disminución de sedimentos depositados por efecto del oleaje. En verano la anchura de la boca del estero es aproximadamente 200 m. y en el invierno es ligeramente más ancha (Benson, 1959).

En esta zona las corrientes son principalmente de marea alcanzando velocidades de 120.0 cm/seg (De la Paz Vela 1978).

Desde la boca del estero hasta su entronque con la base de la Península de Punta Banda, la costa está formada por una barrera arenosa y dunas en su post-playa. La barra mide 7 Km. de largo, por un Km. de ancho aproximadamente, y esta constituida por sedimentos retrabajados de aluvión del Cuaternario (al), formadas por la acción conjunta de las corrientes a lo largo de la playa, las corrientes de marea y la descarga, en la época de lluvias, de los arroyos que desembocan dentro del estero. La costa del estero colindante con el Valle de Maneadero, también está constituida por rocas sedimentarias post-batolíticas de aluvión del Cuaternario (al).

La Península de Punta Banda, está formada por una costa bastante alta y rocosa (el cerro Punta Banda es su punto más alto con una elevación de 324 m.) formada por rocas pre-batolíticas volcánicas (Kav) de la formación Alisitos; existe

aquí un área pequeña cuya extensión va del Rincón de la Ballena hasta el lugar conocido como Tres Hermanas, con una costa formada por terrazas marinas bastante altas constituidas por rocas sedimentarias pos-batolíticas del Cretácico Superior del Grupo Rosario (Krm).

Las Islas Todos Santos, cierran el anillo de la Bahía en su extremo W, se encuentran localizadas a 5 Km. al NW de Punta Banda. La isla Sur es la mayor, presenta grandes acantilados y está formada por rocas volcánicas pre-batolíticas de la Formacion Alisitos (Kav); mientras que, la isla Norte esta compuesta por areniscas y conglomerados pobremente estratificados (Lindel, 1888), y están ligeramente inclinados hacia el NW; pudiendo esta isla, representar el extremo distal de un abanico aluvial por su posición estructural y por la presencia de fracturas de lodo (Walton, 1955).

Existe entre las dos islas un canal angosto de aproximadamente 300 m, con una profundidad máxima de 3 m.

2).- Clima

La Bahía de Todos Santos tiene un clima semiseco, templado, con temperatura media anual de 16°C ; los veranos son secos y el régimen de lluvia es invernal. La bahía está situada dentro de la zona templada mediterránea del Hemisferio Norte y bajo la influencia del anticiclón del Pacífico Septentrional, por lo que está sometida a la acción de los vientos del Oeste de las latitudes medias. El viento dominante tiene una dirección NO, con intensidad máxima de 8 nudos (4m/seg) (Sría. Marina, 1974).

El Máximo de lluvia se registra durante el invierno, ya que el porcentaje de precipitación invernal es superior al 36% de la precipitación anual; lo que indica un régimen de lluvias de invierno ligeras o moderadas continuas. El promedio anual de lluvias es de 150 mm. siendo los meses que registran mayor cantidad de lluvia los de Diciembre y Enero, teniendo un promedio de 35.0 mm respectivamente (Sría. Marina, 1974).

3).- Corrientes.

Alvarez Sánchez (1971), efectuó estudios de corrientes en la Bahía de Todos Santos, obteniendo que la dirección dominante de la corriente dentro de la bahía es E-W, el ángulo de la dirección media 209.3 y una intensidad media de 1.76 cm/seg.

Emery (1957). encontró que los efectos de las corrientes de marea y las surgencias juegan un papel de poca importancia en la distribución de los sedimentos a lo largo del área de estudio. La razón es que una velocidad de 1.76 cm/seg. No puede mover partículas de 0.65 mm. Hjulstrom (1939), y equivale a una Arena Mediana según Wentworth(1922).

III. Materiales y Métodos.

Se presentan los resultados obtenidos por los métodos de evaluación del análisis de tamaño de grano, separación y análisis de minerales pesados, y la determinación de las fuentes de procedencia de estos minerales, aplicados a 38 muestras colectadas en la terraza de marea baja en la playa de la Bahía Todos Santos, que está comprendida desde la Península de Punta Banda hasta Punta San Miguel.

El muestre se realizó en verano (Agosto, 1976) e invierno (Febrero, 1977) y, respectivamente equivalen a los períodos de depositación y la erosión anual; que a su vez, se ilustra y comparan con los datos registrados de 9 muestras colectadas (Julio, 1977) en los arroyos principales que de semboan en la Bahía incorporando material a la playa en la época de lluvias, que se verifican en invierno.

Se presentan también, dos muestras testigos en el vértice No. 35 del señalamiento de la Secretaría de Marina (ver Fig. No 1), para verificar si es posible que por efecto del oleaje haya transporte de sedimentos desde este lugar y sean depositados en el área de estudio.

Las técnicas usadas en el presente estudio son las si guientes:

Se tomaron como punto de referencia los vértices de po ligonal de la Secretaría de Marina situados a lo largo de la Bahía, y se midió por cadenamiento la distancia entre el vértice y el punto de colecta para cada muestra. Para evitar posible contaminación por animales o el medio ambiente se limpió la superficie en cada estación de colecta; con una pala se abrió un canal en la "nueva" superficie y con un machete se hizo un "corte de pastel" de donde se extrajo una muestra parcial que luego se homogeneizaba con otras dos muestras parciales, tomadas a 2 m. de distancia de cada lado del punto de colecta, para así obtener una muestra representativa que luego se almacenó dentro de una bolsa de plástico debidamente identificada para los análisis que se le practicaron en el laboratorio, y que se describen más a delante.

Las muestras de los 9 arroyos principales que desembo can dentro de la Bahía, a lo largo del área de estudio, se colectaron en la zona que está fuera del alcance de la influencia de las mareas, siguiendo la técnica para las mues tras de playa.

En el laboratorio se aplicaron las tecnicas siguientes (Royse, 1971):

a).- Análisis por tamices, para determinar la distribución de tamaño de grano de los sedimentos.

El uso de tamices de alambre (Tyler ó U. S. Standard), es la técnica más común y ampliamente aceptada para separar materiales finos y gruesos en clases de acuerdo a su diámetro, que puede medirse en mm. o en unidades phi. El procedimiento es relativamente simple pero las consideraciones teóricas son sofisticadas (Folk, 1966 ; Stewart, 1956). se tomaron 100 gr. de peso seco de material por muestra (ya libre de materia organica y sales solubles en agua destilada), y se tamizaron durante 15 minutos en un agitador mecánico del tipo "Ro-Tap" ; luego se pesó el material retenido en cada tamiz, se anotó su peso y se calculó el peso acumulativo en % y se graficaron esos datos (Fig.3 - 8)

b).- Determinación descriptiva de la distribución de tamaño de grano por análisis estadístico (Media, Mediana, Desviación estandar. Asimetría, Kurtosis) de acuerdo con los parámetros estadísticos de Folk y Ward (1957).

c).- Separación y análisis de minerales pesados usando el mecanismo de Fessenden (1959).

Después de varios cuarteos, se tomó una porción representativa de cada fracción retenida en los tamices con intervalo de una unidad phi, se pesó un gramo aproximandolo al miligramo más cercano para posteriormente separar todos los minerales magnéticos con un imán de mano cubierto con papel encerado, se pesaron con aproximación al miligramo y se registró este peso.

El resto de la porción, representada por minerales ligeros y pesados, se depositó en un tubo de centrífuga y se le añadieron aproximadamente 10 ml de bromoformo (CHBr_3), se mezclaron sedimento y líquido con un agitador para humedecer hasta saturación total de todos los granos y dispersar las burbujas de aire. Se balancearon los tubos y se colocaron en la centrífuga durante 10 minutos a 3600 r.p.m.; luego se retiraron los tubos de la centrífuga y se sumergió la parte inferior de los tubos en un baño de hielo salado hasta que el bromoformo se congeló.

Se retiró el tubo del baño de hielo y se decantó la fracción ligera en un embudo con papel filtro rotulado; después de recuperar el bromoformo, se colocó el papel filtro en otro embudo y se enjuagó el tubo y los granos con acetona.

Después de que el bromoformo se descongeló, se virtió la fracción pesada en un embudo que tenía un papel filtro rotulado; luego en un segundo embudo se enjuagó el tubo y los granos con acetona.

Se secaron los granos a baja temperatura en una placa caliente, y a continuación se pesó la fracción ligera y pesada aproximando al miligramo más próximo y se calculó el porcentaje en peso de las tres fracciones.

La identificación de minerales en sedimentos de grano grueso es similar a métodos usados en la petrografía de rocas Igneas: características morfológicas y físicas, índice de refracción, birrefringencia, ángulo optico, son determinados con un microscópio polarizante.

Métodos para determinar el índice de refracción

La determinación del índice de refracción de un sólo grano es llevado a cabo indirectamente embebiendo los granos en líquidos de índice de refracción conocido y usando la línea de Becke.

El índice de refracción de minerales usando la línea D puede ser determinada de los colores de la línea de Becke con una aproximación mejor que ± 0.002 cuando se usa el método descrito por Emmons & Gates (1948).

Fijación Permanente de Granos

La fijación de granos es hecha esparciendo los granos en un porta-objetos cubierto con líquido o bálsamo de Canadá y cubierto con un cubre-objetos.

IV RESULTADOS

Cuarenta y siete muestras de sedimentos de 100 gr. c/u fueron analizadas para obtener las curvas de distribución de tamaño de grano. Los parametros de Folk y Ward(1957) y fueron calculados y graficados con una computadora Hewlett-Packard 9866A cuyos resultados están graficados en la figura 3 a la 8.

En las muestras de playa se encontró: que(M-1,M-2,M-3,M-16, M-17) registran la concentración de minerales pesados en los diametros 1 y 2 phi. En el resto de las muestras la concentración aparece en los diametros 3 y 4 phi.

La Mediana promedio es 2.5 phi.

La Media promedio es 2.5 phi.

Las veintinueve muestras de playa que registran una desviación estandar moderadamente sorteados, de acuerdo con Folk (1971) equivale a un transporte selectivo, y es debido a una corriente moderada y constante.

Las muestras de invierno(Feb, 77) tienen ligeramente un mayor porcentaje de minerales pesados que las muestras de verano (Ago, 76), (Figuras 9 a la 12).

Muestras de Arroyos:

Dos arroyos (M-IV;M-IX) registran la mayor concentración de minerales pesados en los diámetros de 1 y 2 phi. Los arroyos (M-I, M-II,M-VI,M-VII,M-VIII) registran su mayor concentración de minerales pesados en los diámetros de 2 y 3 phi.; y los arroyos (M-III, M-V) registran su mayor concentración en los diámetros 3 y 4 phi.

La Mediana promedio es 1.13 phi.

La Media promedio es 1.09 phi.

Las ocho muestras de arroyo que registran una desviación estandar mal sorteados, de acuerdo con Folk(1971) se debe a una corriente ineficiente e inconstante.

Puede verse en las figuras 3 y 4 que las muestras obtenidas en invierno registran un porcentaje de peso acumulativo mayor que el registrado por las muestras obtenidas en el verano, y esto se debe a que la corriente existente en los arroyos provocada por las lluvias de invierno es la que transporta los minerales pesados a las playas y los deposita en ellas, figuras 9 a la 14.

Se encontró que las concentraciones de minerales pesados es tán mejor representadas en los tamaños de grano de diámetro equivalente a 3 y 4 phi. También se encontró que varios retenidos

parciales de las muestras obtenidas (desde -2 a 4 phi.) de estos minerales, registraron pesos menores a un gramo equivaliendo al 46% de la suma total de los retenidos parciales de las muestras obtenidas en verano; en el invierno es el 48%. Y son equivalentes sólo a el 4% en el verano y el 7% en el invierno de la muestra total. Por su parte los arroyos registran 21% para pesos menores de un gramo, y el 21% para retenidos parciales que no registraron peso de minerales pesados, y estos porcentos son equivalentes a un 4% de la muestra total.

Los minerales pesados y ligeros fueron separados en las fracciones de tamaño de 3 y 4 phi. A los minerales ligeros se les dió poca atención y se les reservó para trabajos posteriores. Aunque el cuarzo es el mineral predominante, los feldespatos con frecuencia constituyen una parte substancial (del 40 al 45 %)de la parte de los minerales ligeros de las fracciones 3 y 4 phi.

El porcentaje de los minerales pesados para las fracciones de tamaño de 3 y 4 phi varía ampliamente (de menos del 1% a más del 47%) de la suma total de los retenidos parciales de las muestras. No se encontró ninguna tendencia significativa en las arenas de playa.

En general, los tipos de minerales pesados identificados en las muestras examinadas en este estudio van de acuerdo con los resultados de estudios anteriores. Los minerales más significativos encontrados fueron: Anfibola en forma de Horblenda de 15% a 20%, Granate de 15% a 18% y la Ilmenita de 15% a 17%. La Epidota comprende un 10% de la fracción de los minerales pesados. El Topacio está presente en cantidades moderadas, el Zircón aparece en cantidades menores pero significativas a través del área de estudio. La Biotita generalmente aparece como el resultado del intemperismo y la alteración de otro mineral. La Turmalina, el Rutilo y la Apatita son raros y no aparecen en todas las muestras.

Los datos de minerales pesados para las fracciones de tamaño de 3 y 4 phi de arenas de playa y arroyos están resumidos en las gráficas representadas en las figuras 9,10,11,12,13 y 14.

El porcentaje de minerales pesados en los arroyos para las fracciones de tamaño de 3 y 4 phi tiene tendencias significativas por lo que se recomienda tomar muestras arroyo arriba en trabajos posteriores.

Muchos de los ríos y arroyos a lo largo de la costa de Baja California tienen bloqueada su desembocadura con una barra de arena que sólo es franqueable durante cortos periodos de fuertes

avenidas en la estación de lluvias. Durante estos períodos de inundación es traído a las playas un nuevo abastecimiento de sedimentos. Asi pues, los ríos y los arroyos no poseen una gran influencia de aporte mineralógico en las playas adyacentes a través de todo el año sino sólo durante la estación de lluvias. Una conclusión similar fué propuesta por Gorsline(1968) quien encontró una intrusión de minerales pesados de playa adentro de la desembocadura de varios arroyos del sur de california durante el verano.

FIGURA N.º 3.- VARIACION A LO LARGO DE LA COSTA DE LA MEDIA •• Y DESVIACION ESTANDAR DE CLASTOS DE AREIA DE LA ZONA DE DERRAME EN LAS PLAYAS DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C.

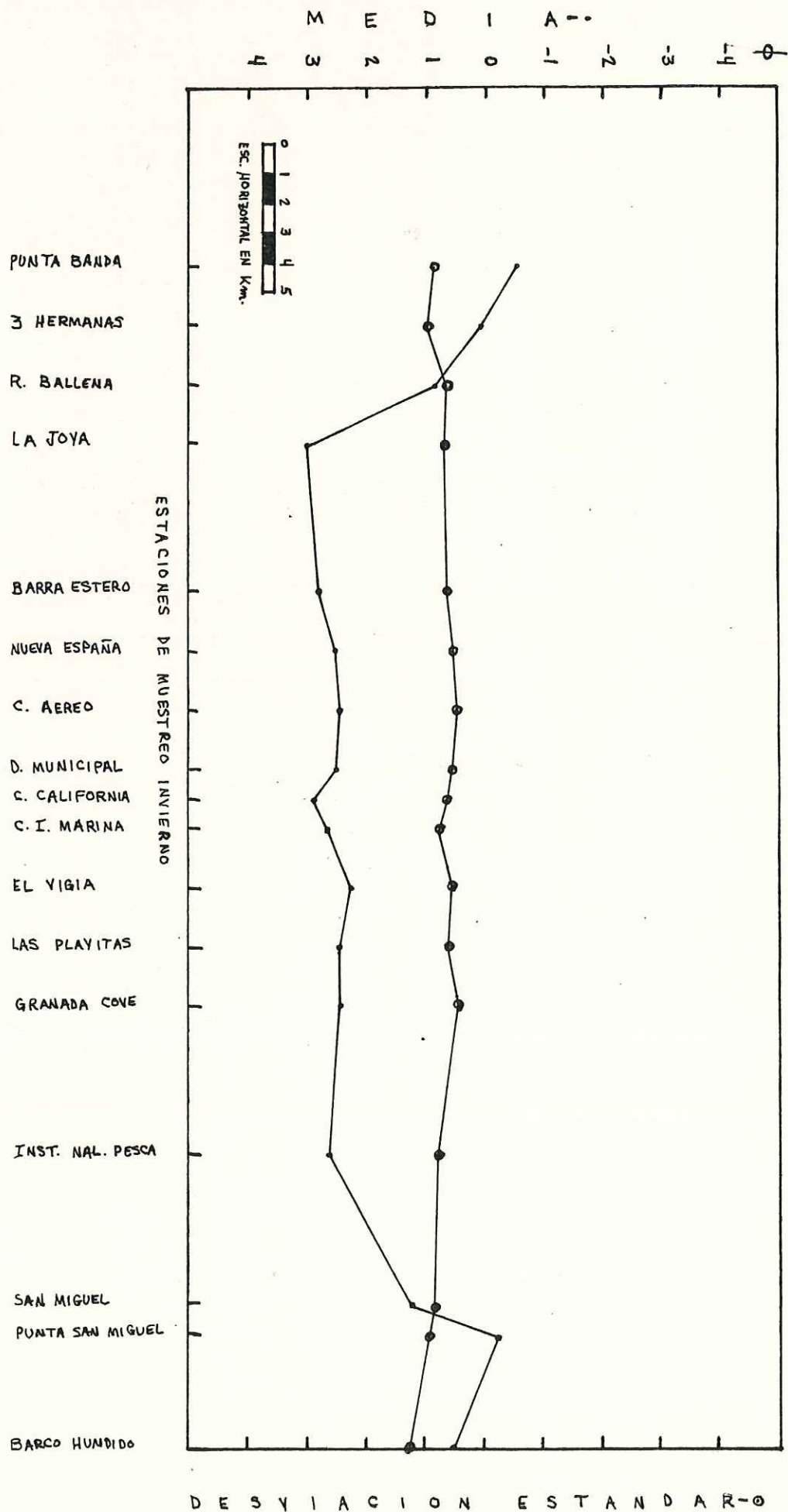


FIGURA 4.- VARIACION A LO LARGO DE LA COSTA DE LA ASIMETRÍA Y LA CURTOSIS-DE CLASTOS DE ARENIA DE LA ZONA DE DESEMPE EN LAS PLAYAS DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C.

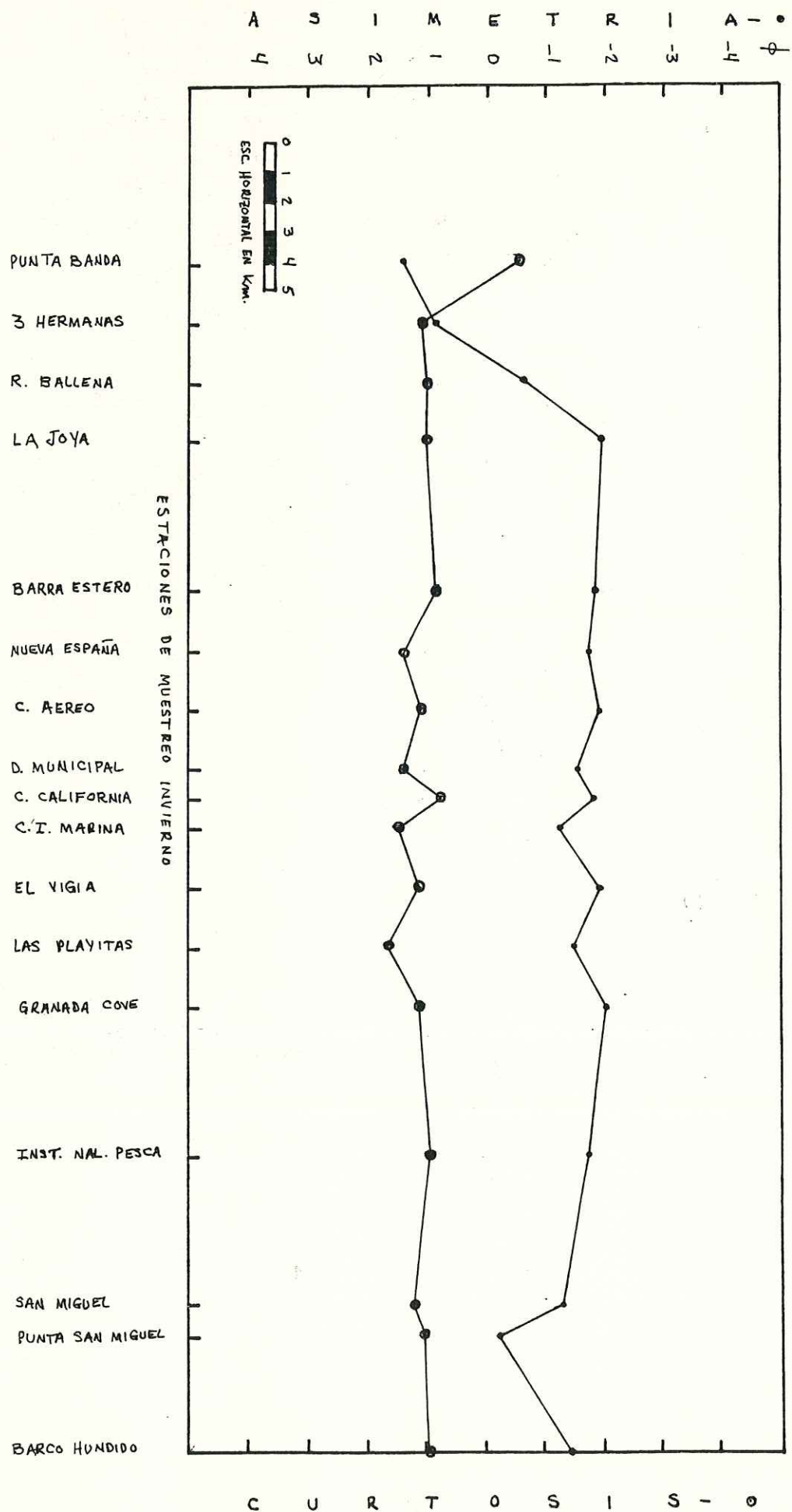


FIGURA 5.- VARIACION A LO LARGO DE LA COSTA DE LA MENA - • Y DESVIACION ESTADISTICA - O DE CUASTOS DE ARENA DE LA ZONA DE DEGRADACION EN LAS PLAYAS DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C.

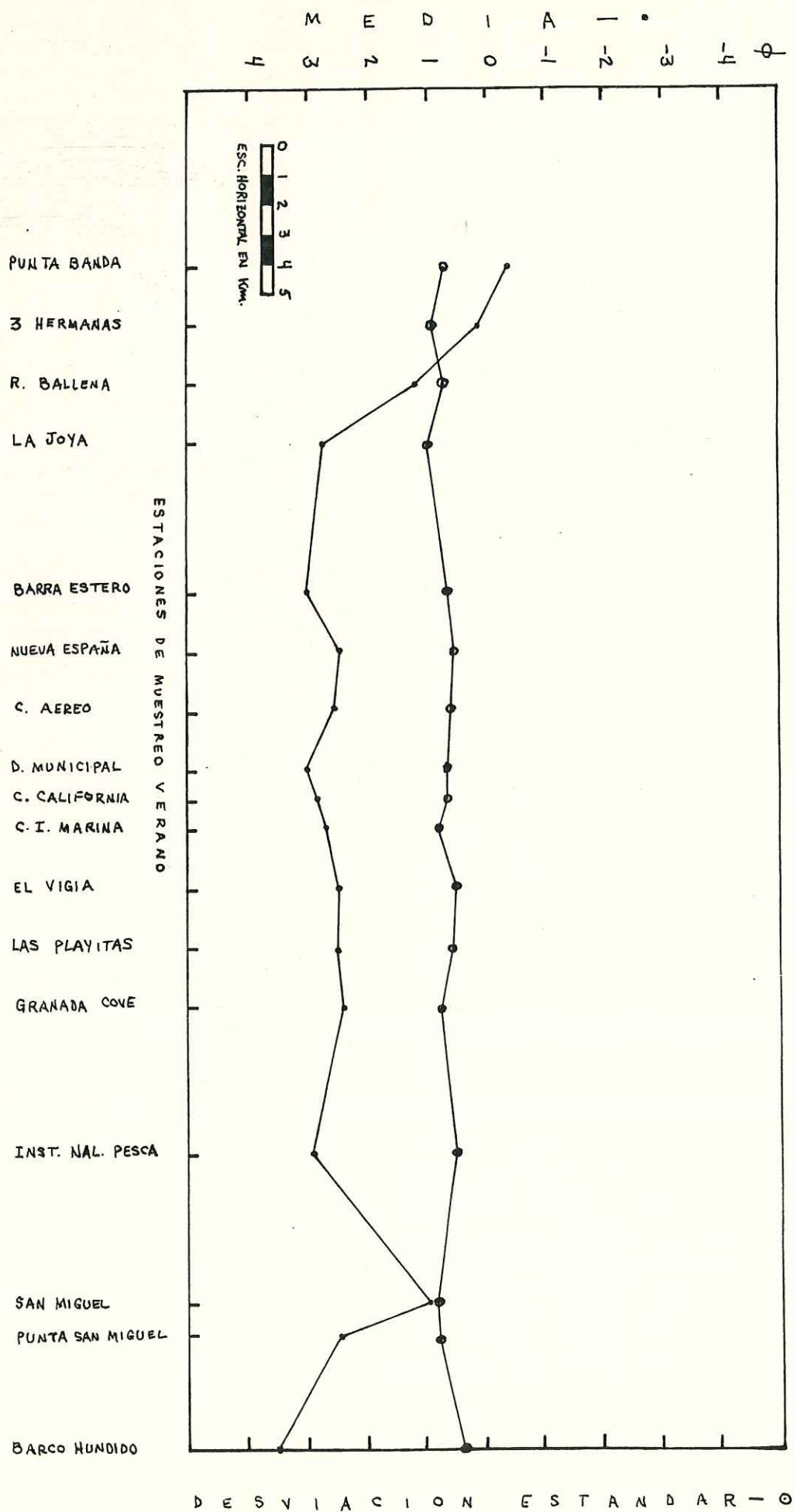


FIGURA 6.- VARIACION A LO LARGO DE LA COSTA DE LA ASIMETRÍA — • Y LA CURTOSIS — ○ DE CLASTOS DE ARENA DE LA ZONA DE DERRAME EN LAS PLAYAS DE LA BAHÍA DE TODOS SANTOS, B.C.

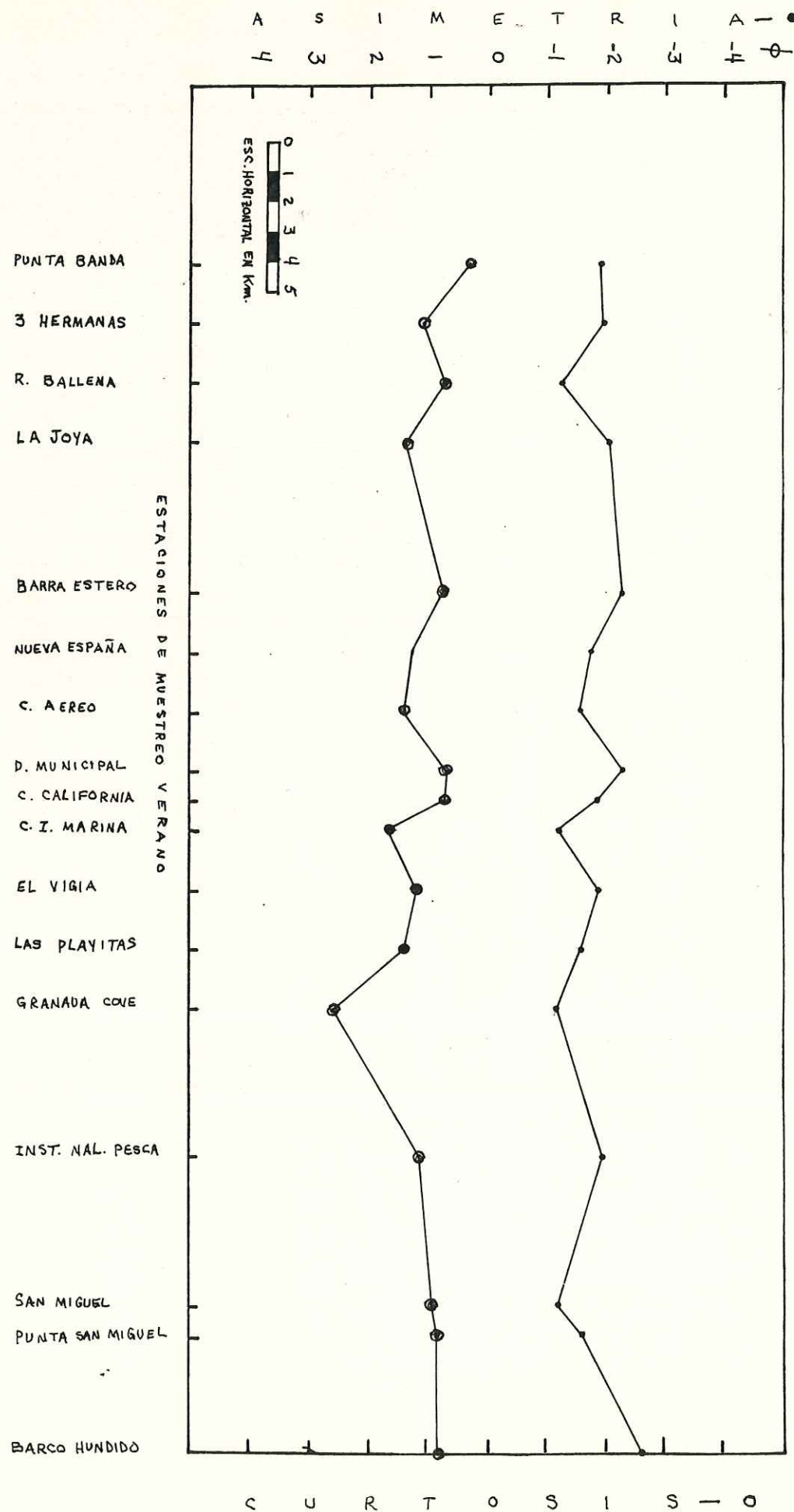


FIGURA 7. — VARIACION DE LA MEDIA —●— Y LA DESVIACION ESTANDAR —○— DE LOS CLASTOS DE ARENA DE LOS ARROYOS Y RIOS QUE VIERTEN SUS AGUAS Y ARRETRAN SEDIMENTOS EN LAS PLAYAS DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C.

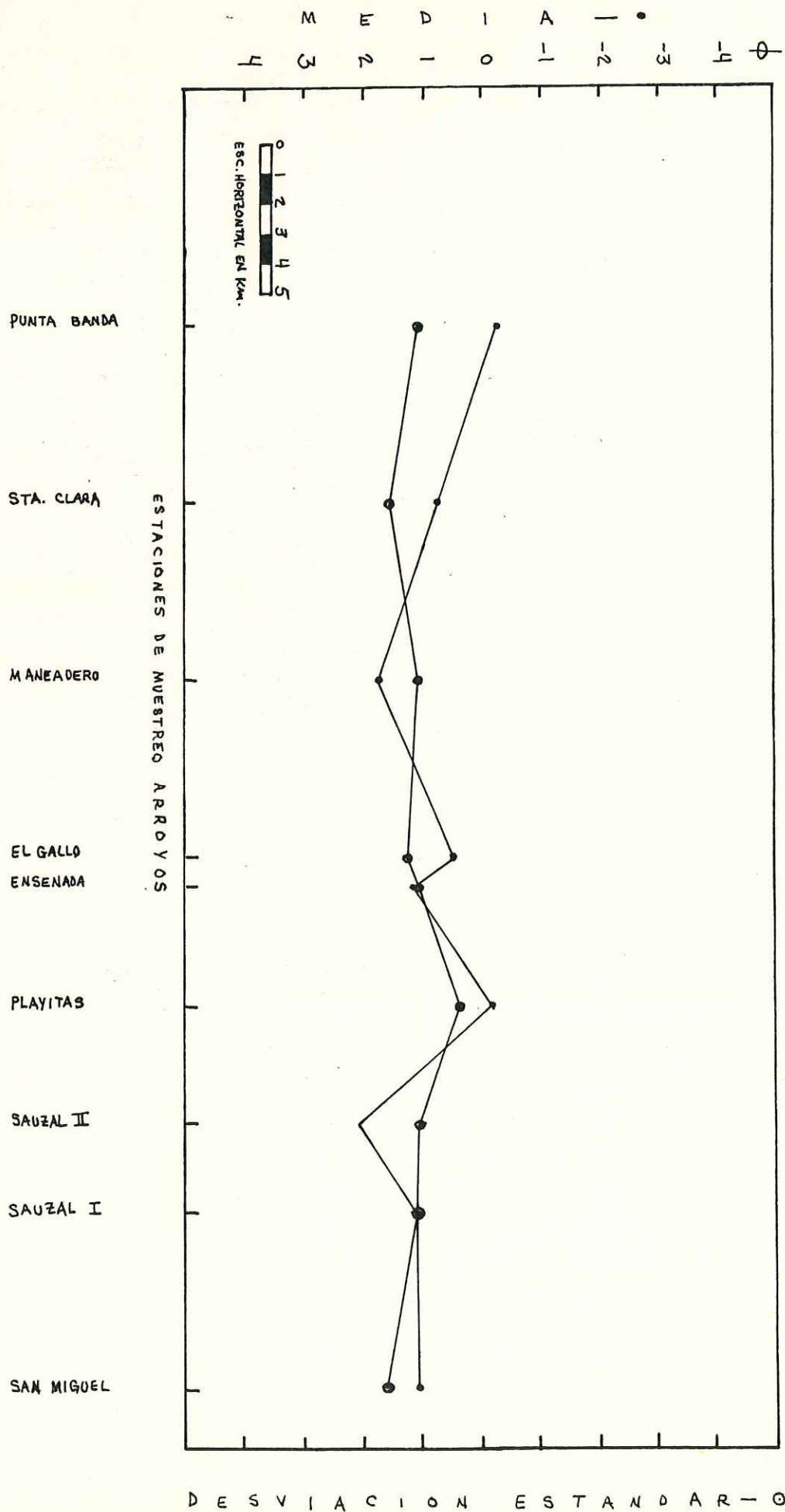


FIGURA 8.- VARIACION DE LA ASIMETRIA—• Y LA CURTOSIS—• DE LOS CLUSTOS DE ARENA DE LOS ARROYOS Y RIOS QUE VIERTEN SUS AGUAS Y APORTAN SEDIMENTOS EN LAS PLAYAS DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C.

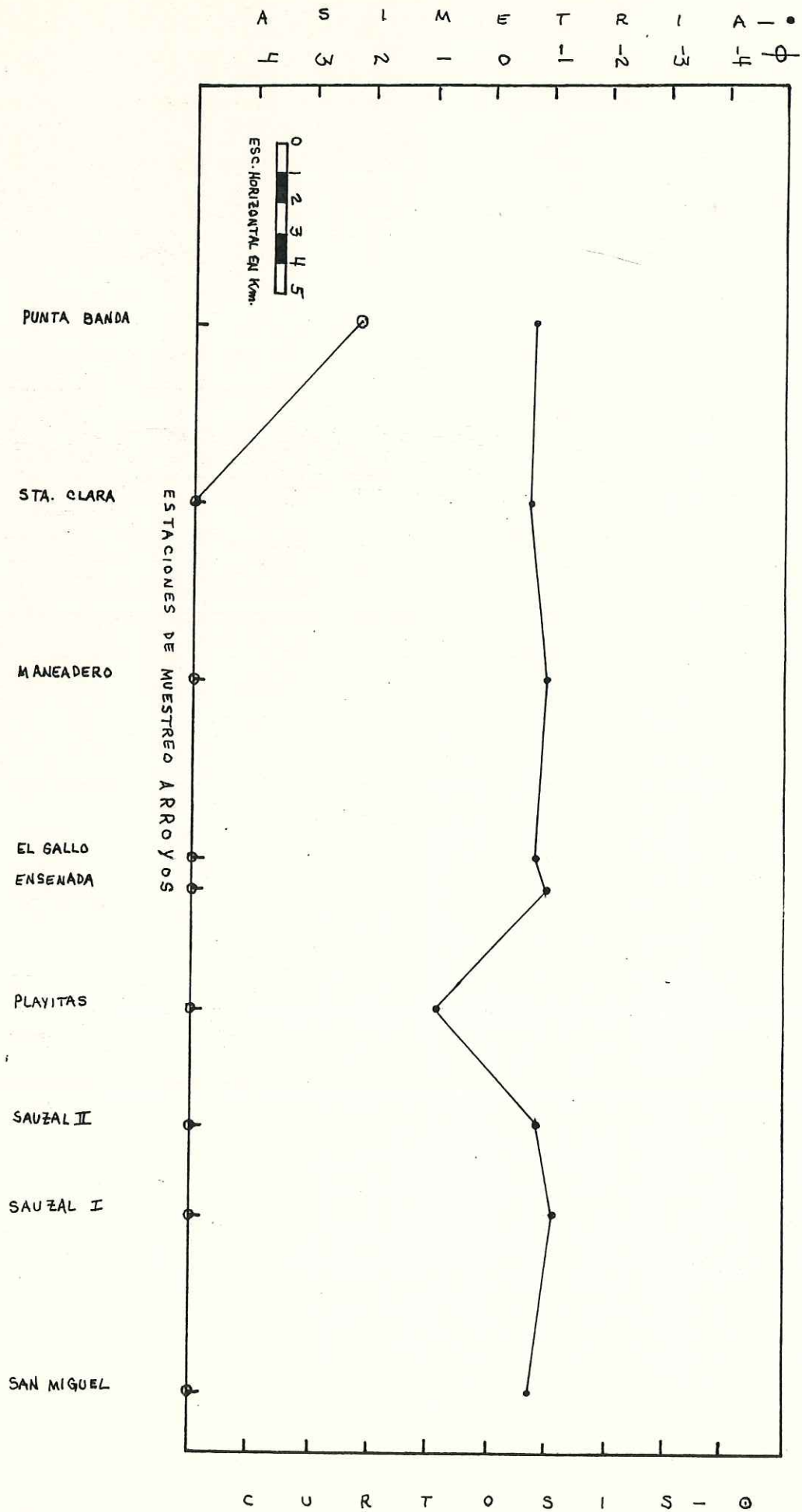


FIGURA.— 9 —DISTRIBUCION EN PORCIENTO DE MINERALES PESADOS EN LAS MUESTRAS DE LAS PLAYAS DE LA BAHIA TODOS SANTOS, TAMAÑO DE GRANO +3 phi.

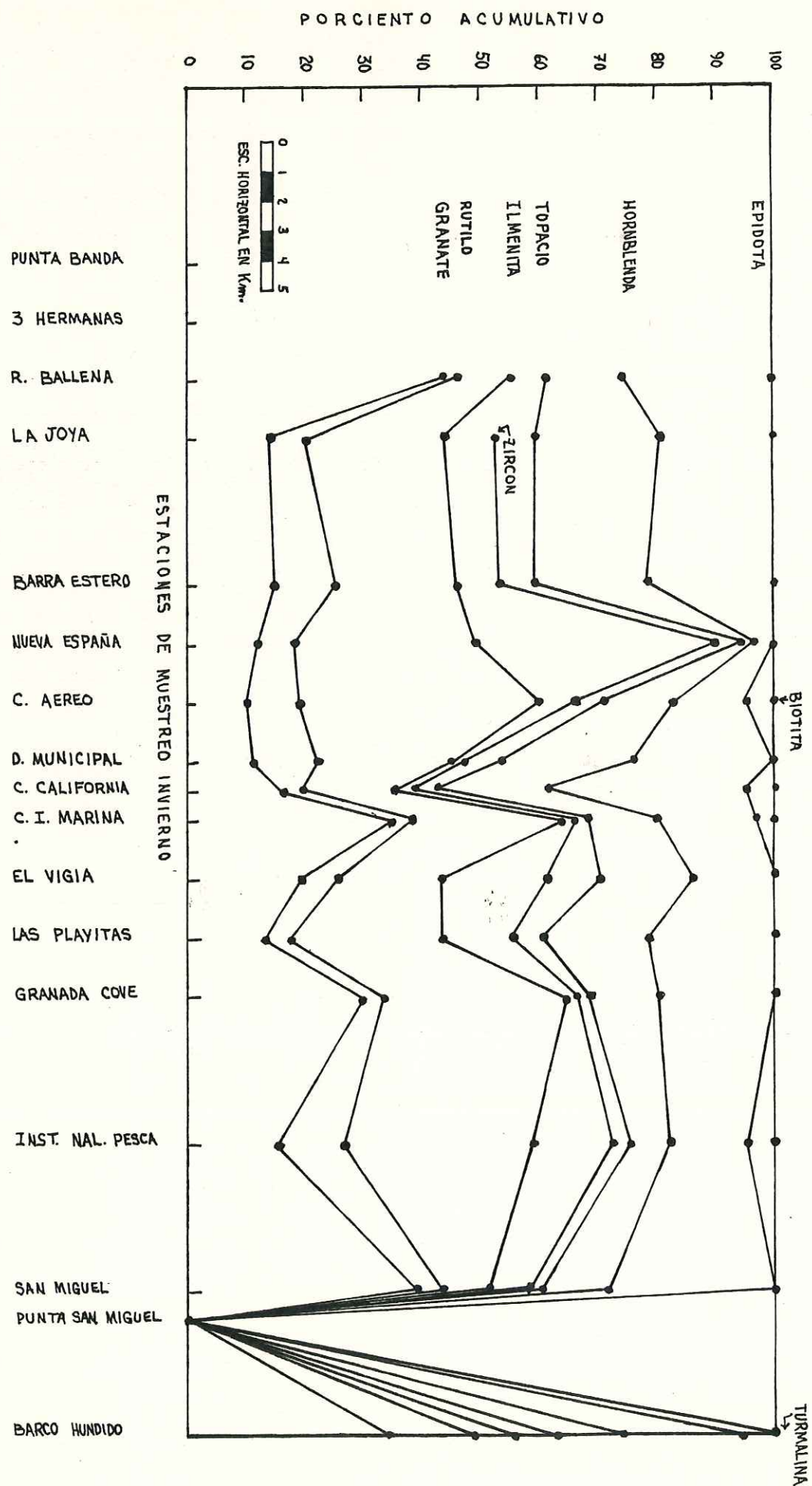


FIGURA 10 - DISTRIBUCION EN PORCIENTO DE MINERALES PESADOS EN LAS MUESTRAS DE LAS PLAYAS DE LA BAHIA TODOS SANTOS, TAMAÑO DE GRANO +3 phi.

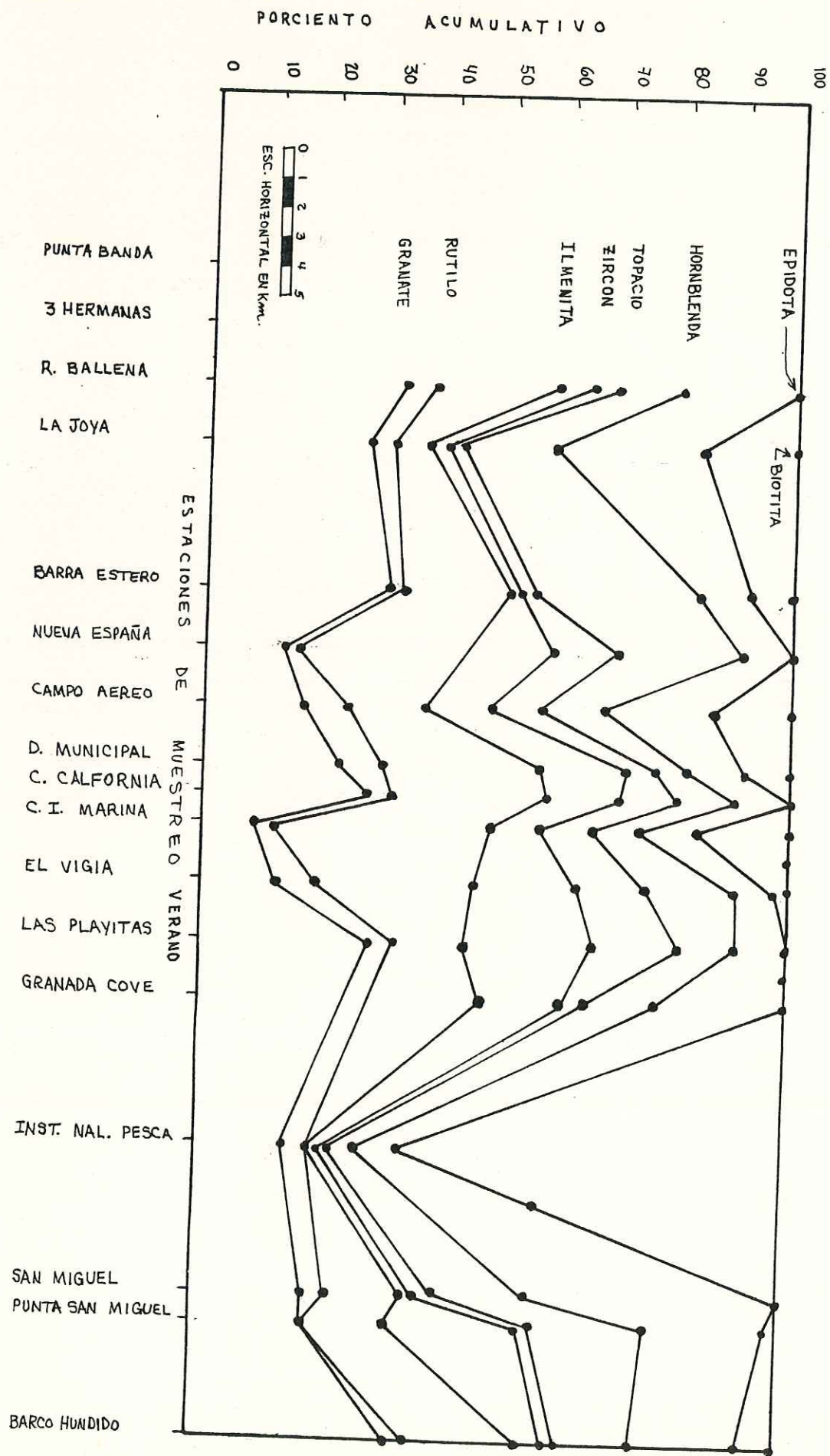


FIGURA 11. — DISTRIBUCION EN PORCIENTO DE MINERALES PESADOS EN LAS MUESTRAS DE LAS PLAYAS DE LA BAHIA TODOS SANTOS, TAMAÑO DE GRANO 4 ϕ i.

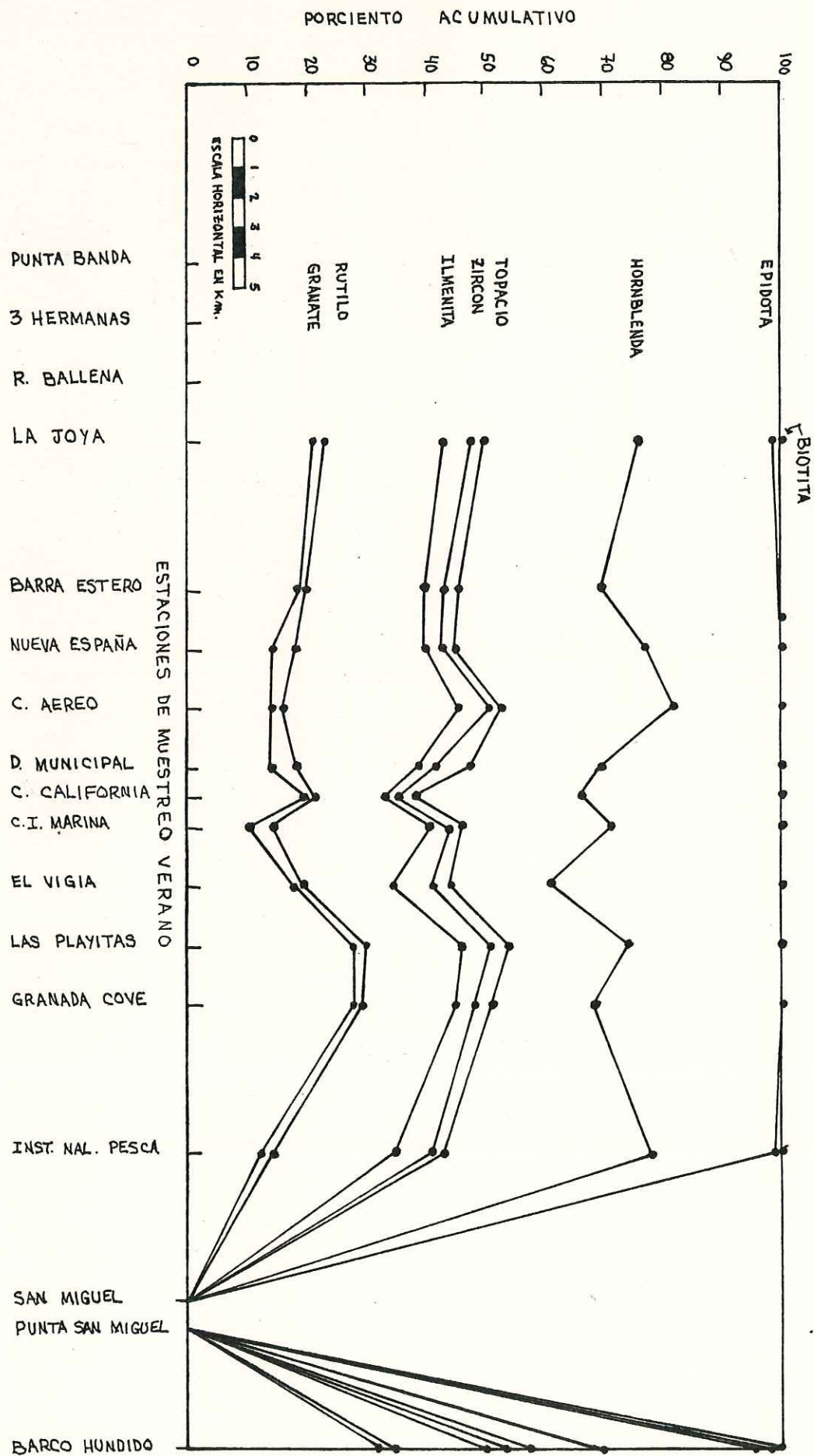


FIGURA 12. DISTRIBUCION EN PORCIENTO DE MINERALES PESADOS EN LAS MUESTRAS DE LAS PLAYAS DE LA BAHIA TODOS SANTOS, TAMAÑO DE GRANO 4 phi.

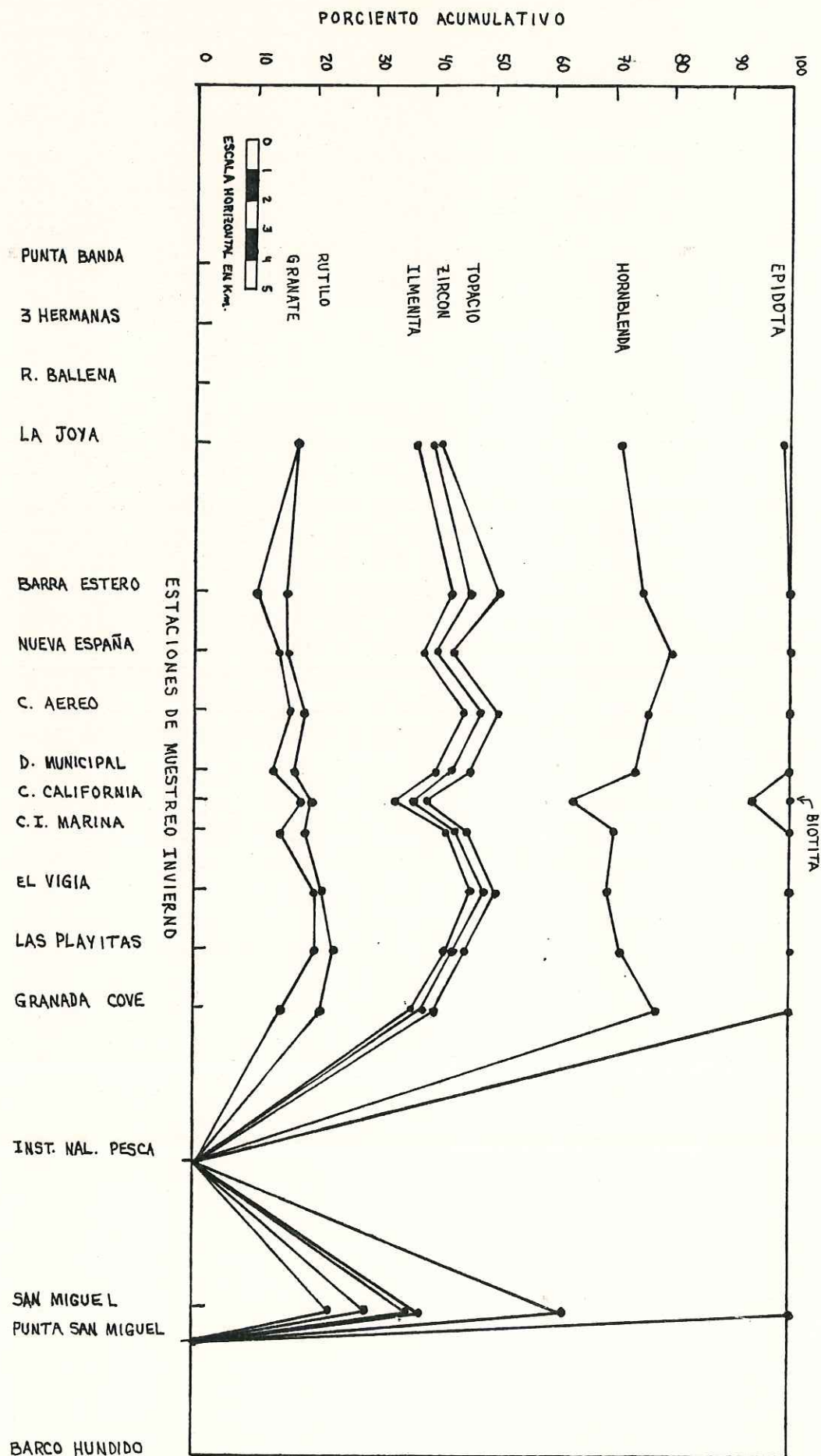


FIGURA 13.- DISTRIBUCION EN PORCIENTO DE MINERALES PESADOS EN LAS MUESTRAS DE LOS ARROYOS DE LA BAHIA TODOS SANTOS, TAMAÑO DE GRANO 3 phi.

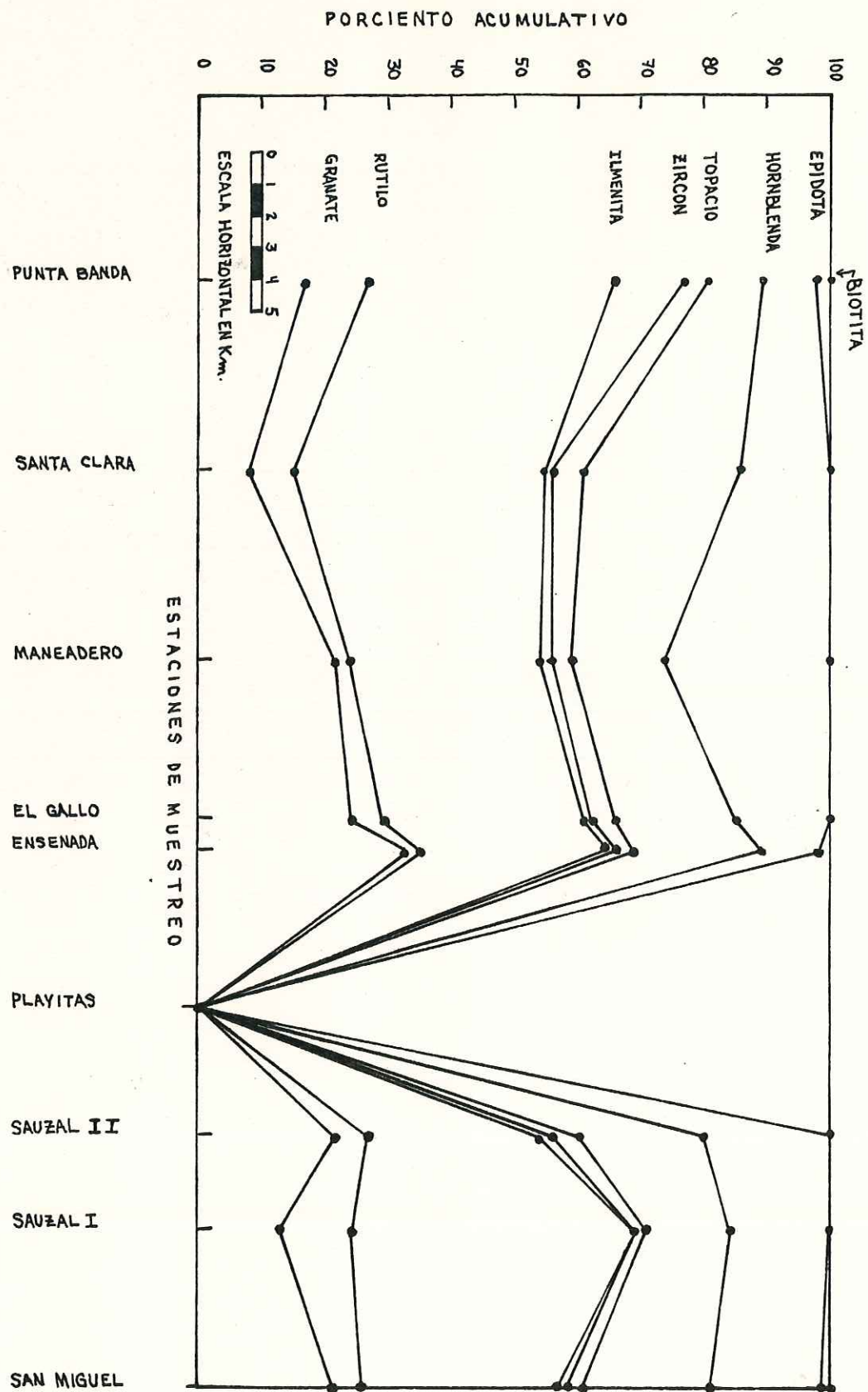
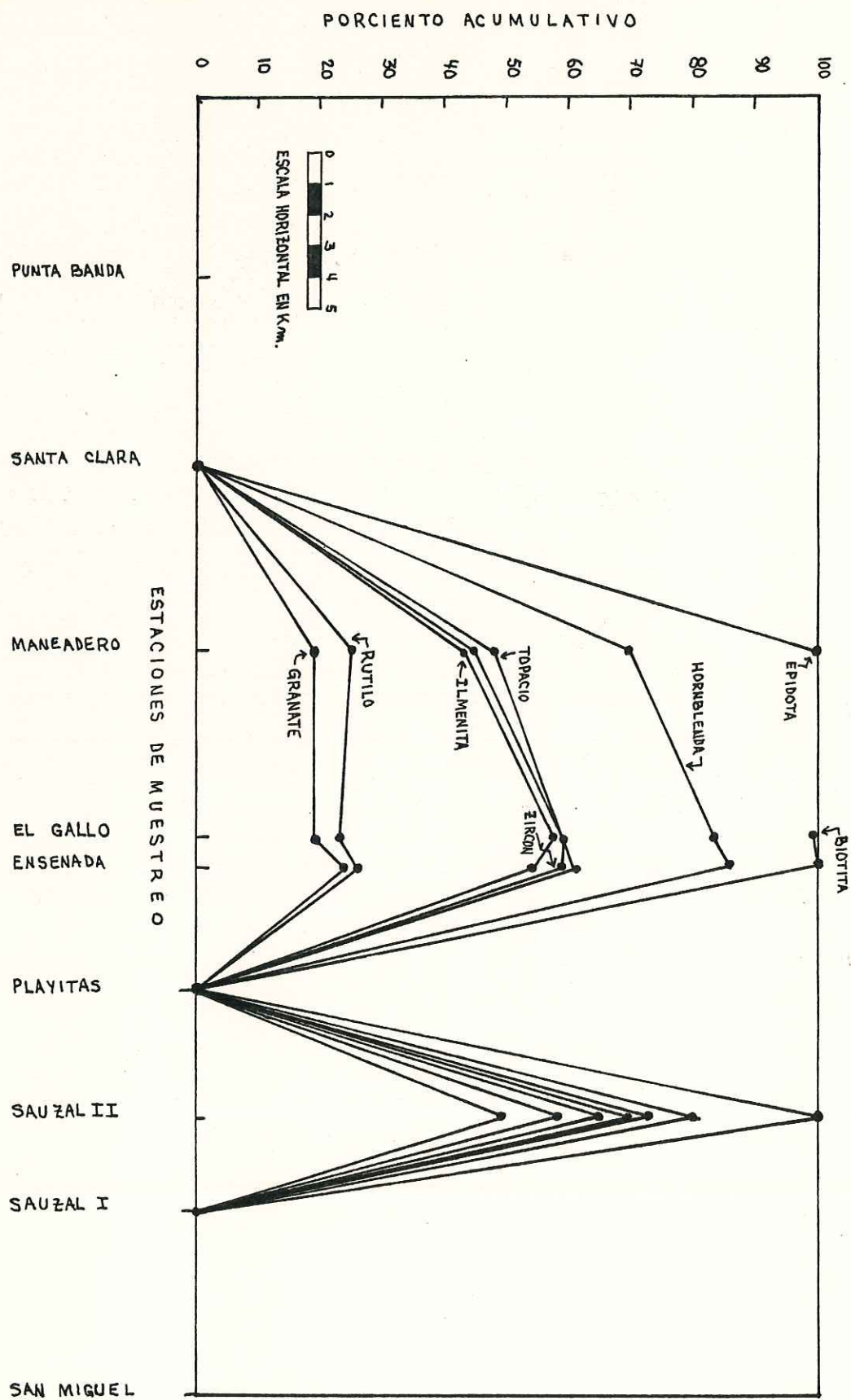


FIGURA 14 - DISTRIBUCION EN PORCIENTO DE MINERALES PESADOS EN LAS MUESTRAS DE LOS ARROYOS DE LA BAHIA TODOS SANTOS, TAMAÑO DE GRANO 4 phi.



V DISCUSIONES

La bahía recibe la mayoría de los sedimentos por medio del aporte de los ríos y los arroyos que desembocan en ella y son depositados en sus playas fig. No. 1, posteriormente son removidos y transportados por las olas, marejadas y por sus respectivas corrientes a lo largo de la costa; finalmente después de haber sido retrabajadas, sorteadas y clasificadas Figs. 3,4,5, y 6, los clastos constituidos por arenas finas, medias y gruesas son transportados de nuevo hacia la playa por las corrientes de marea, y los limos y las arcillas removidos hacia las zonas más profundas lejos de las playas. Estos datos indican que la arena es transportada a la costa por medio de las corrientes fluviales y marinas, y que el resultado natural será el relleno de las playas con sedimento. (Figs. 7 y 8).

Este estudio demuestra que el transporte neto de arena es aportado por los ríos y arroyos que nacen en las montañas y promotorios de las cercanías de la bahía. La palabra neto es la clave, sin tratar de implicar que no exista transporte de sedimentos hacia el mar a partir de esta localidad. Sin embargo, se desea implicar que la mayoría de los sedimentos son movidos dentro de la bahía que hacia mar abierto.

De acuerdo con Emery(1957), la Bahía de Todos Santos está muy protegida de la influencia de mar abierto por medio de las dos islas que llevan el mismo nombre; por consiguiente, sus sedimentos muestran un decrecimiento del tamaño de grano partiendo de la playa rumbo a aguas profundas.

Las figuras 3,5 y 7 muestran la variación de la media y la desviación estandar de clastos de arena. Las dos primeras correspondientes a playas, y la última a arroyos y ríos; todas éllas en unidades phi.

Por lo general las arenas se van haciendo más finas en dirección cuesta abajo de la corriente de la deriva litoral, y el grado de clasificación puede llegar a ser más alto en la di del transporte.

Los dos extremos de la Bahía presentan costas rocosas, el del SurOeste (Punta Banda) presenta una gradación selectiva de tamaño de granos, distribuyendose en el sentido de la corriente hacia el Norte de la bahía, distribuyendo los sedimentos más gruesos en Punta Banda y depositando los más finos preferentemente en el área no protegida de la barra del estero.,(Fig. 3,4,5 y 6). El extremo NOROESTE (Punta San Miguel) presenta una gradación selectiva de tamaño de los granos en el sentido de la corriente hacía el SUR de la bahía, distribuyendo los sedimentos más gruesos

en San Miguel y los más finos preferentemente en los alrededores de la costa de la Pesquera Zapata y de la Pesquera Pacífico, Figuras 3,4,5 y 6.

La desviación estandar calculada en los clastos de playa da valores en que predominan los sedimentos bien clasificados. En la gráfica de verano la desviación estandar registra valores de clastos con mejor grado de clasificación sobre todo en las costas rocosas de los extremos de la bahía, en toda el área de Punta Banda en el extremo Suroeste y desde el vigía al barco hundido en el extremo Noroeste, lo cual es de esperarse como normal en el verano después de haber sido retrabajados los clastos durante el invierno.

Los clastos de los arroyos registran valores equivalentes a moderadamente clasificados en la mayoría de sus clastos, y unos cuantos pobremente sorteados, siendo ambos valores normales para arroyos ya que estos dan un sorteo menos selectivo a sus clastos por no tener corrientes constantes y consecutivas como las playas.

Las Figuras 4,6 y 8 muestran la variación de la asimetría y la Curtosis. Los valores para asimetría está cargada hacia los clastos gruesos lo que significa que están muy negativamente sesgados en la mayoría de las muestras obtenidas en las playas y los arroyos.

Los valores para la Curtosis son equivalente a leptocurticos la mayoría y unos cuantos mesocurticos en las muestras obtenidas de las playas en el invierno y el verano lo que significa que sus valores de distribución de frecuencia están cercanos a los normalmente encontrados.

Las muestras obtenidas de los arroyos son superleptocurticos en su totalidad, significando asi que sus valores de distribucion de frecuencia estan demasiado altos de los valores normales.

VI CONCLUSIONES

Las fuentes de abastecimiento dentro del área de estudio provienen de los ríos y arroyos y del transporte a lo largo de la costa. La mayoría de los ríos y arroyos están bloqueados por barras de arena que tapan su desembocadura durante la mayor parte del año y contribuyen con apreciables cantidades de sedimento sólo durante períodos de fuertes avenidas. Esto resulta en una correlación general entre conjuntos de minerales pesados de los arroyos y de los sedimentos de playa dentro de un conjunto dado, pero no relación distinta entre los sedimentos de ríos y aquellos de las playas inmediatamente adyacentes.

La dirección predominante del transporte litoral es hacia el sur; sin embargo, sucede también lo contrario. En playa Hermosa y playa Municipal el movimiento neto del transporte es hacia el sur. Por otra parte, sedimentos del área de Punta Banda (tres Hermanas) son encontrados en la barra del Estero lo cual indica un movimiento neto de transporte hacia el norte para esta parte del área de estudio.

La distribución de sedimentos muestra que la bahía está actuando como una trampa de sedimento, recibiendo sedimentos por los ríos y arroyos y por la erosión de los acantilados.

La mayoría de los minerales pesados identificados en las playas del área de estudio están también presentes en los ríos y arroyos que desembocan en esta área.

De acuerdo con los puntos de vista anteriores, se concluye que los arroyos que drenan la cuenca de drenaje de Ensenada y alrededores, son los portadores de minerales pesados que se encuentran en las playas, quedando satisfechas y confirmadas las suposiciones que se tuvieron presentes en la realización del estudio:

- A.- Que los procesos que actúan ahora en los arroyos y playas son los mismos que han actuado en el pasado (Teoría del Uniformismo de Hutton (1785; difundida por Lyell, 1830).
- B.- Que los minerales pesados en los arroyos se incorporan al material de playa.
- C.- Que no hay aporte de minerales pesados de mar profundo que entren a la bahía y se depositen a lo largo de la zona de estudio.

Los arroyos realmente son los aportadores de los minerales pesados que se encuentran incorporados en el material de playa, porque así lo confirman los resultados registrados por las gráficas de las figuras 9, 10, 11, 12, 13 y 14.

En los resultados se vio que en las muestras de playa obtenidas en invierno y verano, tanto en las muestras cercanas como en las más lejanas a los arroyos, registran un mayor peso acumulativo(%) que las muestras de arroyos en los diámetros correspondientes a 3 y 4 phi. De lo anterior se puede concluir que en las playas de la bahía existe un transporte y una depositación muy selectivos.

Los agentes principales de erosión son las olas y las corrientes a lo largo de la costa, las surgencias presentan poca influencia dentro de la bahía ya que se llevan acabo fuera de sus limites en areas más profundas. Por otra parte, las corrientes oceánicas tienen poca influencia dentro de la bahía porque presenta dentro de élla areas poco profundas (Emery, 1957). Por eso se concluye que no hay aporte de minerales pesados de mar profundo que entren a la bahía y se depositen a lo largo de la zona de estudio.

Basandose en las conclusiones anteriores se deduce que las fuentes de procedencia de minerales pesados en la Bahía Todos Santos son los arroyos que drenan en la epoca de lluvias la cuenca de drenaje de Ensenada y alrededores.

VII RECOMENDACIONES

Para un estudio futuro de cuantificación, se recomienda tomar muestras de las rocas que forman las montañas donde nacen los arroyos que drenan la cuenca de drenaje de Ensenada y alrededores.

De dichas rocas podrán sacarse cortes delgados para luego identificarse al microscópio petrográfico, y hacer de una forma más completa y definitiva la cuantificación de los minerales pesados existentes en las rocas que constituyen las montañas.

Que se realice un estudio de los minerales magnéticos analizando las muestras de secciones delgadas de las rocas mencionadas en el parrafo anterior.

Por observación personal en el desarrollo del trabajo de laboratorio del presente estudio, al estar separando los minerales magnéticos de los ligeros y pesados, se encontró que existe gran cantidad de magnéticos en todas las muestras de playas y arroyos de la bahía, por lo que se recomienda insistentemente hacer una cuantificación de los minerales magnéticos y determinar si es redituable el aprovechamiento económico de ellos.

Realizar medición de la velocidad e intensidad de la descarga en los arroyos en la época de lluvias, para saber que tamaño de grano transporta dicha corriente y saber si hay algún depósito de minerales pesados y/o magnéticos depositados en el lecho de los arroyos.

BIBLIOGRAFIA

Allen, C., 1960, Agua Blanca, A major Transverse structure of Baja California, México. Geological Society of América. Bulletin, vol. 71, pp. 457-482.

Alvarez Sánchez, L.G., 1971, Medición de corrientes superficiales en la Bahía de Todos Santos, B. C. Tesis de Licenciatura de la Escuela Superior de Ciencias Marinas, UABC, 51 p.

Bateman, A.M., 1952, Economics Mineral deposits 2nd. ed. New York -London, John Wiley and Sons, Inc.

Benson, H.R., 1959, Ecology of recent ostracodes of the Todos Santos Bay, B.C. México, University of Kansas, pp. 6-37.

Carver, R.E., 1971, Procedures in Sedimentary Petrology, Division Wiley and Sons, Inc. New York, 653 pp.

De la Paz Vela, R., 1978, Hidrodinámica y Dispersión de Contaminantes en el Estero de Punta Banda, B.C. Tesis de Licenciatura de la Escuela Superior de Ciencias Marinas, UABC, 52 p.

Emery, K.O; Gorsline, D.L; Uchupi, E.; Terry, R.D., 1957, Sediments of three Bays of Baja Ca., Sebastián Vizcaíno, San Cristóbal, and Todos Santos. Jour. Sed. Pet. vol. 27, pp. 95-115.

- Emmons, K.J., y Gates, R.B., 1948, Heavy Liquids for Mineralogical Analyses, U.S. Bull. Mines, Technical paper 381, pp. 1-26.
- Folk, R.L. y Ward, W.C., 1957, Brazos River Bar, a study in the significance of Grain size parameters, Jour. Sed. Petrology, vol. 27, pp. 3-26.
- Folk, R.L., 1966, A review of grain-size parameters, Sedimentology, vol. 6, pp. 73-93.
- Gastil, G.R., 1971, Reconnaissance Geology of the state of Baja California; The Geological Society of América Memoir, 140 p.
- Gorsline, D.S., 1968, Marine Geology of the California Continental Borderland, annual report for first contract year under Department of interior contract No. 14-08-0001-10862, University of Southern California Report No. USC-Geol-68-1, Los Angeles California. 92 pp.
- Hjulstrom, J.D., 1939, Transportation of Detritus by Moving water in recent marine Sediments, Amer. Assoc. Petrol. Geol., pp. 5.
- Hutton, J., citado por Blatt, H., Middleton, G., Murray, R., 1972, Origin of sedimentary rocks, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 634 p.

Krumbein, W.C., y Pettijohn, F.J., 1938, Manual of Sedimentary Petrography. Appleton-Century, New York, 549 p.

Secretaría de Marina., 1974, Estudio Geográfico de la región de Ensenada; Dirección Gral. de Oceanografía y Señalamiento Marítimo; pgs. 144-153.

Stewart, R.F., 1956, Measures for describing size of sediments: Jour. Sedimentary Petrology, vol. 22, pp. 125-145.

Van Andel, T.H., 1959, Reflections on the interpretation of Heavy Mineral Analyses. Jour. of Sedimentary Petrology, vol. 29, No. 2, pp. 153-163.

Van Andel, T.H., 1960, Provenance, Transport and deposition of Rhine Sediments; a heavy Mineral study on river sands from drainage area of the Rhine: Ph.D. dissertation, Groningen, Rijks-Univ., Wageningen, H. veenan and Zonen, 129 p.

Van Andel, T.H., 1973, Recents Sediments of the Rhone delta, II, Sources and deposition of Heavy Minerals: Geol. Mijnbouw, Genootsch. Nederland Geol. Serie, vol. 15, No. 3, pp. 535-556.

Walton,W.R.,1955., Ecology of living bentonic foraminifera, Todos Santos Bay, Baja California: Jour. Paleontology, vol. 29, pp. 952-1018.

Wentworth,C.K.,1922, A scale of grade and class terms for clastic Sediments: Jour. Geology, vol. 30, pp. 377-392.