



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS



PROVINCIAS DE MINERALES PESADOS COMPRENDIDAS ENTRE LA
LOCALIDAD PUNTA MORRO Y PLAYAS DE TIJUANA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

OCEANOLOGO

P R E S E N T A

Jorge A. Cadena Lucero

Ensenada, B. C., Junio de 1986.

RESUMEN

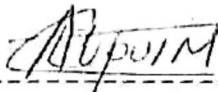
Con la finalidad de realizar un análisis de la distribución de minerales pesados, y tratar definir las provincias de minerales pesados presentes en los sedimentos desde playas de Tijuana hasta la Localidad Punta Morro B. C., se obtuvieron un total de 22 especies mineralógicas de las cuales se realizó una separación de dos grupos. Ortopiróxenos y clinopiróxenos en el grupo de los piróxenos y el grupo otros en el que se consideraron a todos aquellos minerales con porcentajes menores del 1%, en el que se incluyó al rutilo, la turmalina, silimanita, estaurolita, zoisita, olivino, espinela, enstatita, y apatita.

Los datos de las especies determinadas fueron normalizados y ordenados en una matriz para ser analizados por análisis de grupo en sus modalidades modo-Q y modo-R, obteniéndose una provincia petrológica sedimentaria con una asociación bien definida de minerales pesados.

PROVINCIAS DE MINERALES PESADOS COMPRENDIDAS ENTRE LA
LOCALIDAD PUNTA NOROCCO Y PLAYAS DE TIJUANA.

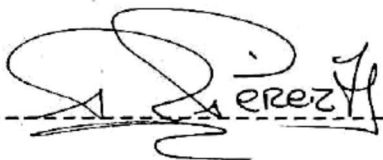
TESIS
QUE PRESENTA
JORGE ALFREDO CABENA LUCERO

APROBADA POR



Cc. Amilcar L. Cupul Magaña

Presidente del jurado



Cc. Roberto Pérez Higuera

Sinodal propietario



Cc. Alfredo Chee Barragán

Sinodal propietario



M.C. Francisco Suárez Vidal

Sinodal suplente



Cc. Sergio Pau Albert

Sinodal suplente

DEDICATORIA.

A mi padre, Miguel Cadena Gonzalez quien con su, gran apoyo y respaldo en mi formación personal y profesional. Así como por sus invaluable ejemplos y consejos que ha realizado para mostrarme el sendero de la vida.

A mi madre, Leticia Lucero de Cadena, por su gran amor y protección siempre brindada y por inculcar en mi el sentimiento de que las cosas permanentes de la vida son aquellas que nos congratulan con Dios y dignifican al hombre.

A mis hermanos Miguel Angel, Carlos, Beatriz, Norma Alicia, Rafael, Elizabeth, Claudia Leticia, y Ciria Alejandra, Por su cariño y respeto. Así como por el apoyo otorgado en mi formación profesional.

A Judith, mi prima y amiga quien con sus consejos y estímulos. Así como su apoyo moral hizo posible la plena realización de mi como hombre de bien.

AGRADECIMIENTOS:

Mi mas profundo agradecimiento al personal de la Dirección de Investigación Científica y Superación Académica (S.E.P.), por el apoyo otorgado para la realización de éste trabajo (Convenio 84-01-70 y 85-06-80).

Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas, por apoyarme en todo lo que necesité para la realización de mi tesis, mediante el proyecto Minerales de Importancia Económica en Playas y Cuencas Hidrológicas del Noroeste de Baja California.

A mi director de tesis Ocean. Amilcar Cupul Magaña por su tiempo invertido, su ayuda y enseñanza en la elaboración del presente trabajo.

A mis sinodales: Oc. Alfredo Chee Barragán, Oc. Roberto Pérez Higuera, Oc. Sergio Pou Alberu y M.C. Francisco Suárez Vidal por su apoyo y críticas constructivas a este trabajo.

Al Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE) por facilitarme el uso de la computadora PRIME 750.

A la Empresa Servicios Portuarios y Marítimos de Ensenada por facilitarme el uso de la fotocopidora para la realización del copiado del presente estudio.

A todos mis maestros del área de Geología, por brindarme sus conocimientos.

A mis compañeros y amigos de generación, y a todas las personas que de una u otra manera hicieron posible la

realización del presente estudio.

INDICE

Página

1.-INTRODUCCION.....	1
2.-ANTECEDENTES.....	4
3.-OBJETIVO.....	6
4.-DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	7
5.-METODOLOGIA.....	13
6.-RESULTADOS.....	16
I. MINERALES PESADOS.....	16
II. ESPECIES MINERALOGICAS.....	19
7.-DISCUSIONES.....	32
a). minerales pesados.....	32
b). Análisis de la distribución de minerales pesados.....	34
c).- Fuente de los minerales pesados basados en el análisis de correlación.....	46
8.-CONCLUSIONES.....	58
9.-BIBLIOGRAFIA.....	59

LISTA DE FIGURAS

Figura	página
1 Localización del área de estudio y estaciones de muestreo.....	3
2 Mapa geológico de la zona (Tomado de Castil et al (1971)).....	11
3 Relación de los minerales pesados contra ligeros en la fracción 3.0 ϕ para muestras de arroyos.....	18
4 Relación de los minerales pesados contra ligeros en la fracción 3.5 ϕ para muestras de arroyos.....	18
5 Porcentajes acumulativos de las especies de minerales pesados más comunes en playas fracción 3.0 ϕ	22
6 Porcentajes acumulativos de las especies de minerales pesados más comunes en playas fracción 3.5 ϕ	25
7 Porcentajes acumulativos de las especies de minerales pesados más comunes en arroyos fracción 3.0 ϕ	27
8 Porcentajes acumulativos de las especies de minerales pesados más comunes en los arroyos para la fracción 3.0 ϕ	28
9 Porcentajes acumulativos de las especies de minerales pesados más comunes en los arroyos para la fracción 3.5 ϕ	30
10 Porcentajes acumulativos de las especies mineralógicas encontradas en los arroyos para la fracción 3.5 ϕ	31
11 Representación en porciento de ligeros y pesados contra las estaciones de muestreo, fracción 3.0 ϕ en playas.....	33
12 Representación en porciento de minerales ligeros y pesados contra las estaciones de muestreo, fracción 3.5 ϕ en playas.....	35
13 Distribución en porciento de las especies de minerales	

	pesados más comunes correspondientes a la fracción 3.0 ϕ	37
14	Distribución en porciento de las especies de minerales pesados más comunes correspondientes a la fracción 3.0 ϕ	38
15	Distribución en porciento de las especies de minerales pesados más comunes correspondientes a la fracción 3.5 ϕ	39
16	Distribución en porciento de las especies de minerales pesados más comunes correspondientes a la fracción 3.5 ϕ	40
17	Distribución en porciento de las especies de minerales pesados más comunes correspondientes a la fracción 3.5 ϕ	41
18	Distribución en porciento de las especies de minerales pesados más comunes correspondientes a la fracción 3.5 ϕ	42
19	Dendrograma obtenido mediante el análisis de grupo modo-Q, en arroyos y playas fracción 3.0 ϕ	47
20	Dendrograma obtenido mediante el análisis de grupo modo-Q, en arroyos y playas fracción 3.5 ϕ	48
21	Dendrograma obtenido mediante el análisis de grupo modo-R, en playas fracción 3.0 ϕ	53
22	Dendrograma obtenido mediante el análisis de grupo modo-R, en playas fracción 3.5 ϕ	54
23	Dendrograma obtenido mediante el análisis de grupo modo-R, en arroyos fracción 3.0 ϕ	55
24	Dendrograma obtenido mediante el análisis de grupo modo-R, en arroyos fracción 3.5 ϕ	56
25	Dendrograma obtenido mediante el análisis de grupo modo-Q, en playas fracción 3.0 ϕ	56
26	Dendrograma obtenido mediante el análisis de grupo modo-Q, en playas fracción 3.5 ϕ	57

INTRODUCCION

El estudio de los minerales pesados provee una base para la determinación de las provincias mineralógicas y en la interpretación de la fuente del sedimento, una provincia petrologica sedimentaria se define como un grupo de sedimentos, el cual constituye una unidad natural por edad, origen y distribución, es mejor definida cuando su asociación contiene minerales que no ocurren en algunas de las otras provincias vecinas dentro de la misma cuenca, en la frontera de cada provincia la composición de las muestras individuales puede variar considerablemente como resultado de las variaciones en el tamaño de grano, errores analíticos, tipos de muestreo, variación estadística, ó una mezcla de minerales resultado de la mezcla de múltiples fuentes.

Aunque frecuentemente son encontrados los mismos minerales en muchas ó en otras de las provincias de una cuenca sedimentaria, en este caso las asociaciones tienen que ser definidas con la ayuda de diferencias en la frecuencia. En tal situación, es muy difícil establecer con certeza la frontera clara entre provincias y la evaluación de la zona de transición y de mezcla llegan a ser un tanto

subjetivas (Van Andel y Poole 1960); (Carver, 1971).

El tamaño de una provincia petrologica sedimentaria depende de a.- La extensión del área cubierta por el sistema de corrientes, b.- El volumen de sedimento y la razón a la cual es aportado este hacia la provincia, c.- El grado de mezcla del sedimento de provincias adyacentes el cual en casos extremos puede oscurecer la frontera entre provincias (Carver, 1971).

El estudio de provincias de minerales pesados, ayuda a encontrar zonas que por sus asociaciones mineralógicas, proporcionan un conocimiento sobre la fuente de recursos mineralógicos de importancia económica en un lugar, estas asociaciones se obtienen en base a la distribución de los minerales pesados y mediante el criterio del grado asociativo que resulta de correlacionar dichos minerales.

Para el presente estudio se realizó un muestreo, desde playas de Tijuana hasta la localidad Punta Morro, B.C. con el propósito de establecer las provincias de minerales pesados presentes en dicha zona, se hace un análisis de las asociaciones de minerales pesados en arroyos y playas para determinar la fuente de dichas asociaciones, y finalmente el origen de las mismas.

Es de uso común en muchos estudios geológicos hacer diferentes clases de mediciones en un gran número de muestras, con el propósito de clasificar las mismas en grupos relacionados. Las variables, pueden ser porcentajes ó cantidades de varios constituyentes tales como oolitas, minerales pesados, elementos traza, ó bien medidas como el tamaño de grano, porosidad, etc. Las muestras pueden ser secciones delgadas de carbonatos, rocas clásticas, ó muestras de sedimentos recientes.

Con el desarrollo de las computadoras se han propuesto una serie de métodos estadísticos tendientes a mejorar las técnicas de clasificación tomando en cuenta la idea central de los taxónomistas quienes, pretenden deducir el linaje de los seres vivos a partir del grado de similitud entre ellos.

El análisis de grupo, empleado en el presente estudio, es útil para analizar tablas de datos muy grandes. Resulta fácilmente comprensible e interpretable porque los resultados son descritos en diagramas jerárquicos bidimensionales y muestran la naturaleza del agrupamiento (Parks, 1966).

ANTECEDENTES

Generales:

Los minerales pesados han sido usados desde principios de siglo para resolver problemas sedimentológicos y aunque en un tiempo, su uso decreció debido a que se sobreemfatizó en los aspectos negativos de su distribución de tamaño y a la alteración química a la que están sujetos (Royse, 1970).

El estudio de los minerales pesados adquiere nuevo auge con trabajos como el de Rubey, (1933) y Rittenhouse, (1943) los cuales han sido de los más relevantes sobre transporte y depositación de minerales pesados, ya que a partir de estos se pueden realizar interpretaciones correspondientes a la zona en que se encuentran.

Como se menciona anteriormente, el estudio de los minerales pesados provee una base para la determinación de las provincias mineralógicas, y en la interpretación de las rocas fuente que contribuyeron con sedimentos al depósito. De este tipo de estudios se mencionan los de Goldstein (1942), Van Andel (1955), Van Andel y Poole (1960), Pommerancblum (1966), Siddiquie y Mallik (1972), Ayalon

(1976) y Flores y Shideler (1978).

Particulares:

Judge, (1970). Al realizar un estudio utilizando los minerales pesados como indicadores de la dirección de transporte, establece provincias de minerales pesados a lo largo de las costas de California. Menciona que sería razonable extender la provincia hornblenda (especie mineralógica que representa el 60% del grupo de minerales pesados), desde Palos Verdes Hills, E.U.A. hacia el sur, hasta puntos no definidos al sur de la frontera México-E.U.A.

Carriquiri, (1985). Al realizar un análisis de la distribución de los minerales pesados presentes en los sedimentos clásticos en la Bahía de Todos Santos, define cuatro provincias petrológicas sedimentarias, empleando para ello análisis de correlación y análisis de varianza.

OBJETIVOS.

- I).- Analizar y definir las provincias de minerales pesados presentes en los sedimentos entre playas de Tijuana, y la localidad Punta Morro, B.C.
- II).- Inferir la posible fuente de los minerales pesados.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio está situada sobre la parte NW de Baja California, entre playas de Tijuana y la localidad Punta Morro, B.C. con una extensión aproximada de 30 Km, entre los $32^{\circ}15'$ y $32^{\circ}35'$ norte y $117^{\circ}00'$ y $117^{\circ}10'$ oeste. (fig.1).

Morfología Costera.

La costa en el área de estudio es una alternancia de acantilados y playas. La altura de los cantiles varia entre los 5m y 15m, existen algunos promontorios rocosos como: Punta Bandera, Punta los Buenos, y Punta el Descanso.

De norte a sur por la costa se encuentran, las siguientes playas :Playas de Tijuana, la cual se encuentra localizada entre la Línea Internacional México-E.U.A. y Punta Bandera. Con una extensión aproximada de 5Km, sin embargo hacia el norte se extiende aproximadamente 20Km dentro de E.U.A. Pozos, (1985). (fig.1).

Entre Punta los Buenos y Sn. Antonio del Mar se encuentra Playa los Buenos, con una extensión de aproximadamente 1.5Km, constituida por material muy similar al de Playas de Tijuana, desde Santa Mónica del Sur hasta

Rosarito se encuentra Playas de Rosarito, con una extensión aproximada de 8Km. Constituida principalmente por arenas finas con predominancia de granos claros, al sur de Rosarito existe una zona con alternancia de pequeñas Puntas rocosas y playas de bolsillo, esta sección tiene una longitud de aproximadamente 8.0Km, limitada al sur por Punta Descanso. Las playas en esta zona están constituidas por arenas y fragmentos de roca. (Pozos, 1985).

ESTRATIGRAFIA:

La unidad dominante en esta zona según Minch, (1967) es la Formación Rosarito Beach, la cual está constituida predominantemente por una sucesión de flujos basálticos del mioceno-plioceno, y rocas sedimentarias con piroclastos intercalados.

HIDROLOGIA:

El sistema hidrológico de la zona está compuesto principalmente por el río Tijuana, el arroyo Sn.antonio de los Buenos, arroyo Rosarito, y arroyo el Morro (fig.1).

El río Tijuana nace en el arroyo la Hechicera tiene su origen en Sierra de Juárez, el río toma diferentes nombres al pasar por diferentes localidades hasta llegar a la presa

Rodríguez .Es en esta zona donde se denomina río Tijuana Finalmente se interna en territorio de los E.U.A. y desemboca en el océano. El área de la cuenca es de 4502Km², siendo la mayor del NW de B.C. (Pozos, 1985). Las rocas que drena este río son: Rocas basálticas, gabro, granodiorita, tonalita, granito, rocas plutónicas, metamórficas mezcladas y volcánicas prebatolíticas no diferenciadas, rocas sedimentarias postbatolíticas de origen marino y fluviales eocénicas, aluviones y sedimentos fluviales del cuaternario (Gastil, Allison y Phillips, 1971). (fig.2).

El arroyo San Antonio de los Buenos tiene una extensión muy corta, se origina en la falla de agua tibia, drenando los siguientes tipos de roca: rocas postbatolíticas del terciario, basaltos y andesitas del mioceno, y rocas sedimentarias marinas del plioceno y del cuaternario (Gastill, et al, 1971), (fig.2)

El arroyo Rosarito drena principalmente rocas volcánicas postbatolíticas, basaltos y andesitas del mioceno, así como rocas marinas del cretácico y aluviones del cuaternario (Gastill, et al, 1971).

El cauce del arroyo el Morro drena principalmente rocas sedimentarias postbatolíticas del cretácico superior, así

como rocas basálticas (Gastill, et al, 1971), (fig.2).

METODOLOGIA

a).- Técnicas de campo:

Durante el mes de agosto de 1985, se realizó un muestreo desde playas de Tijuana, hasta la localidad Punta Morro, B.C., donde se colectaron un total de 50 muestras en la cara de la playa y desembocaduras de los arroyos y 5 muestras en los mismos. (fig.1). Para la obtención de las muestras se utilizó un nucleador de mano.

Se incluyeron muestras del norte del área debido a que la desembocadura del río Tijuana se encuentra en dicha zona.

b).- Técnicas de laboratorio:

Las muestras colectadas fueron llevadas al laboratorio donde se pretrataron y tamizaron según el método de Royse, (1970).

Se separaron las fracciones 3.00 y 3.50 de cada muestra para aplicar la técnica de Fessenden, (1959), que consiste básicamente en centrifugar la muestra en un líquido de alta gravedad específica (Bromoforno=2.85) en el cual los minerales pesados se sedimentan y los ligeros flotan en el líquido.

Montaje y conteo de granos:

Los minerales pesados obtenidos de cada fracción fueron pesados y microcuarteados, hasta obtener una fracción de un $1/16$ (un dieciseisavo) de su peso original, una vez realizado lo anterior, los minerales pesados fueron montados en un medio de índice de refracción conocido (histoclad $n=1.54$), obteniéndose 110 placas, de las cuales se identificaron las especies de minerales pesados haciéndose uso del microscopio petrográfico.

Una vez identificados los minerales, se procedió a contar entre 300 y 400 granos para cada una de las placas y cada una de las fracciones 3.00 y 3.50 de acuerdo a lo propuesto por Dryden, (1931). El conteo de minerales se realizó por medio del método de línea Rammesán, (1966).

c). Técnica para el procesamiento de datos.

Se utilizó análisis de grupo, el cual consiste básicamente en agrupar tanto muestras(modos-Q), como variables(modos-R), que presenten altos valores en sus coeficientes de similitud, agrupandolos en niveles jerárquicamente más bajos a medida que decrece el coeficiente de similitud entre estos. (Ali y Feldhausen, 1976).

El procesamiento consiste en encontrar la más alta correlación entre dos objetos comparados y formar así el centro de agrupación con lo cual se inicia la construcción del dendrograma, el cual representa los elementos de agrupación (Davis, 1973).

RESULTADOS

I. MINERALES PESADOS.

En la tabla I, se presentan los porcentajes relativos de minerales pesados y ligeros para las fracciones 3.0 ϕ y 3.5 ϕ , así mismo se presentan las distancias entre estaciones.

Los porcentajes de minerales pesados de las playas analizadas, van desde 8.21% para la estación 1 (Imperial Beach, E.U.A.), hasta 96.53%, en la estación 10 (Playas de Tijuana). (fig.11).

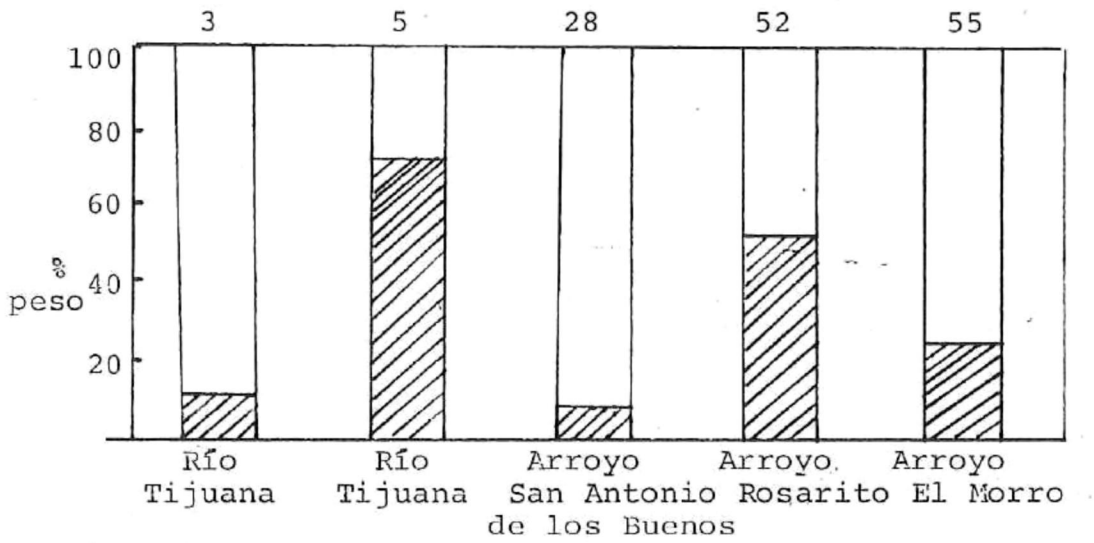
En la fracción 3.5 ϕ , los porcentajes de minerales pesados van desde 16.60% en la estación 36 (San Antonio del Mar), hasta 99.02% en la estación 19 (playas de Tijuana). (fig.12).

En arroyos, fracción 3.0 ϕ los porcentajes de minerales pesados oscilan entre 7.89% para el arroyo San Antonio de Los Buenos, y un máximo de 72.33% para el río Tijuana. (fig.3)

En la fracción 3.5 ϕ de arroyos, se observa que el arroyo San Antonio de Los Buenos presenta un porcentaje de

TABLA I. PORCENTAJES RELATIVOS DE LIGEROS Y PESADOS
FRACCIONES 3.00 y 3.50, DE ARROYOS Y
PLAYAS.

ESTACION	DISTAN CIA m	%PESADOS	%LIGEROS	%PESADOS	%LIGEROS
1	00.00	8.215	91.728	55.051	44.811
2	1175.00	11.978	88.101	57.703	41.941
3	ARROYO	10.966	88.574	12.205	87.205
4	2900.00	37.343	62.573	91.649	8.134
5	ARROYO	72.331	26.985	62.313	36.463
6	4200.00	22.966	77.034	74.838	24.838
7	4700.00	73.652	26.087	88.164	11.650
8	4950.00	31.558	68.097	87.179	12.747
9	5200.00	62.073	37.767	87.057	12.531
10	5450.00	96.532	3.570	98.163	2.112
11	5700.00	52.138	52.551	84.779	15.037
12	5950.00	62.036	38.254	91.725	8.362
13	6200.00	92.421	7.636	97.363	2.704
14	6450.00	82.463	17.644	97.055	3.219
15	6700.00	74.206	26.058	96.989	3.141
16	6950.00	69.419	30.645	95.547	4.513
17	7200.00	65.133	34.792	94.885	4.962
18	7450.00	93.420	6.750	97.901	2.372
19	7700.00	91.375	8.841	99.021	1.134
20	7950.00	64.714	35.217	88.142	11.700
21	8200.00	58.873	41.126	95.441	4.606
22	8450.00	45.681	54.052	82.674	17.009
23	8800.00	59.623	40.376	95.345	4.655
24	11000.00	75.775	24.225	69.379	30.300
25	11400.00	95.377	3.687	99.070	0.863
26	12850.00	89.271	10.729	98.685	1.255
27	13800.00	51.190	48.861	83.454	16.400
28	ARROYO	7.889	91.487	7.923	91.518
29	14700.00	95.320	6.266	96.956	2.600
30	15050.00	90.039	9.961	98.376	1.659
31	15500.00	23.070	76.920	78.560	21.550
32	16000.00	28.630	76.080	92.710	7.180
33	16500.00	92.710	7.080	54.150	45.170
34	17000.00	48.760	51.048	91.088	8.573
35	17400.00	26.210	73.420	97.340	2.650
36	17800.00	18.874	80.692	16.601	82.549
37	17820.00	16.601	82.549	53.704	45.988
38	17850.00	44.530	52.430	80.530	18.580
39	18300.00	89.390	10.140	99.070	0.980
40	18800.00	53.680	46.010	88.460	7.690
41	19800.00	76.710	22.500	98.980	0.640
42	20500.00	53.070	45.470	94.460	5.170
43	21500.00	55.210	44.240	97.400	2.520
44	21500.00	53.704	45.988	73.804	26.195
45	22500.00	85.920	63.680	79.720	17.830
46	23500.00	77.320	22.249	60.758	36.687
47	24700.00	73.110	26.320	95.040	3.980
48	25700.00	30.300	66.640	79.870	18.710
49	26700.00	77.940	21.020	89.760	9.640
50	27800.00	25.440	73.820	80.210	18.600
51	29700.00	82.817	17.712	95.663	3.834
52	ARROYO	50.487	48.538	37.339	61.090
53	30700.00	82.630	17.570	98.200	2.010
54	33200.00	40.820	55.920	96.710	3.110
55	ARROYO	24.619	74.739	22.110	76.826



3 Río Tijuana (parte alta)
 5 Río Tijuana (parte baja).
 ligeros pesados

FIG. 3 RELACION DE LOS MINERALES PESADOS Y LIGEROS, EN LA FRACCION 3.00 PARA MUESTRAS DE ARROYOS.

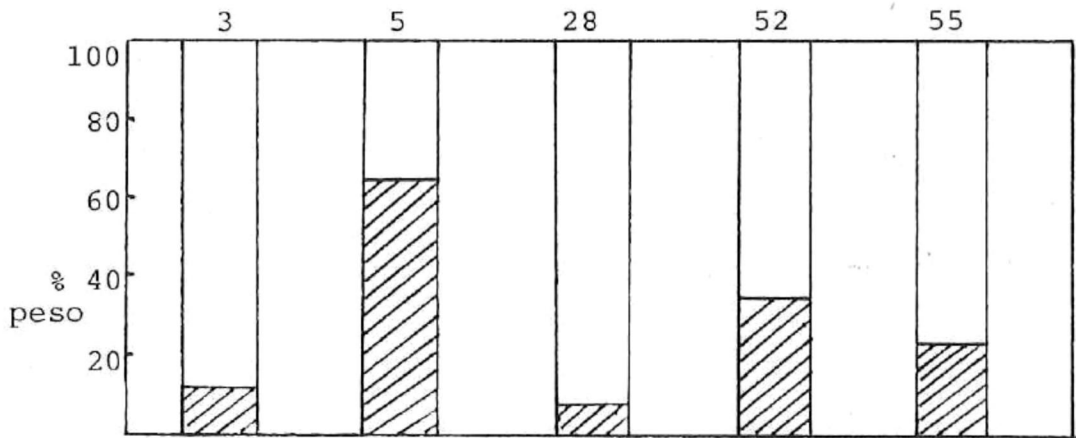


FIG. 4 RELACION DE LOS MINERALES PESADOS Y LIGEROS, EN LA FRACCION 3.50 PARA MUESTRAS DE ARROYOS.

7.92%, mientras que el río Tijuana presenta el porcentaje de minerales pesados más alto con 62.31% (fig.4).

Las estaciones 43 y 44 corresponden a la desembocadura de un arroyo, y a la cara de la playa muestreadas en la misma localidad.

II. ESPECIES MINERALOGICAS.

Se montaron 110 placas (dos por cada estación). Con estas se obtuvieron un total de 22 especies presentes en los sedimentos desde playas de Tijuana hasta la Localidad Punta Morro B.C., de las fracciones 3.0 ϕ y 3.5 ϕ .

Las especies mineralógicas presentes en el área de estudio, están representadas en las tablas II y III, y las figuras, (5, 6, 7, 8, 9, y 10) para las fracciones 3.0 ϕ y 3.5 ϕ respectivamente. En las tablas se incluye el número de estación, la localidad, los porcentajes por especie, y el total de granos contados por muestra.

Cabe mencionar, que en el grupo de los piróxenos se incluyen a clinopiróxenos y ortopiróxenos. En el grupo "otros" se incluye a todos aquellos minerales con porcentajes menores al 1%, entre los que figuran el rutilo, la turmalina, silimanita, olivino, estaurolita, zoisita ,

espinela, enstatita, y apatita.

A) Muestras de playa:

En la fracción 3.0Ø de playas se observa un claro dominio de la hornblenda con porcentajes que van desde 17.31% en la estación 36 (San Antonio del Mar), hasta 89.18% en la estación 33 (Punta Los Buenos). Clasificandolo como el constituyente principal. (Tabla II, fig.5).

En la misma fracción se clasificó como "minerales accesorios", a los opacos, la moscovita, monacita, piróxenos, y los alterados con porcentajes promedio de 7.89%, 4.42%, 2.90%, y 2.05% respectivamente.

Con porcentajes muy bajos (menores del 1%), para la misma fracción fueron clasificados el zircón, el granate, la epidota, biotita, esfena, desconocidos y el grupo "otros". Todos dentro del grupo de los "minerales raros". (tabla II, fig.5).

En los datos de playas, fracción 3.5Ø, se observan altas concentraciones de hornblenda con porcentajes que van desde 3.66% en la estación 24 (Punta Bandera), hasta 84.53% en la estación 2 (Imperial Beach, E.U.A.). (tabla III, fig.6). El segundo mineral en importancia por su frecuencia

TABLA II.-PORCENTAJES POR ESPECIE MINERALOGICA DE LOS CONTEOS
 REALIZADOS PARA LAS MUESTRAS DE LA CARA DE LA PLAYA,
 DESEMBOCADURAS DE LOS ARROYOS Y LOS MISMOS,FRACCION
 3.0 Ø.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	*
78 66	02 71	00 29	01 71	00 00	00 57	00 29	02 86	00 00	04 00	03 71	01 71	02 28	350	
77 01	02 49	01 66	01 11	00 00	00 00	00 28	02 77	00 00	08 14	04 99	01 18	00 28	361	
93 54	01 58	00 95	00 32	00 32	00 63	00 00	06 96	00 00	01 54	01 23	02 16	00 62	324	
95 44	01 92	03 02	01 10	00 00	00 00	00 55	01 10	00 55	02 58	03 58	00 55	00 00	363	
57 64	31 53	00 64	02 23	00 32	00 64	02 87	00 32	00 00	00 00	02 23	01 53	00 00	314	
72 98	11 98	02 78	00 84	00 00	00 28	00 00	00 84	00 28	05 01	03 90	00 28	00 84	359	
76 86	04 52	01 86	01 33	00 27	02 66	01 60	00 80	00 00	03 20	06 12	00 00	00 80	376	
52 93	00 53	02 40	02 13	00 00	00 53	00 53	01 33	00 00	06 14	03 47	00 00	00 00	375	
55 63	01 10	03 87	01 66	00 00	00 00	00 55	00 55	00 00	03 87	02 76	00 00	00 00	362	
53 11	02 68	03 22	00 54	00 00	00 27	00 54	00 54	00 00	05 36	03 75	00 00	00 00	373	
55 87	02 49	01 94	01 38	00 00	00 00	00 28	00 55	01 38	04 15	03 22	00 00	00 00	361	
53 84	01 39	05 29	02 51	00 00	00 00	00 00	00 28	00 00	03 90	02 51	00 00	00 28	359	
79 84	06 81	04 45	03 14	00 00	00 00	00 78	00 52	00 53	02 88	00 52	00 00	00 52	382	
79 30	05 74	04 99	03 49	00 25	00 75	00 00	00 25	02 99	01 25	00 00	00 00	00 25	401	
74 34	09 42	03 40	02 36	00 26	00 00	00 52	00 26	00 78	05 24	02 62	00 26	00 52	382	
77 68	03 27	04 76	02 68	00 00	00 00	00 59	00 30	00 59	08 63	01 49	00 00	00 00	336	
76 80	04 00	06 13	01 33	00 00	00 00	01 60	00 53	00 53	06 40	02 67	00 00	00 00	375	
09 57	78 99	01 58	01 59	02 13	00 53	00 00	00 00	01 86	03 19	00 53	00 00	00 00	364	
64 29	13 26	05 10	04 85	00 51	00 00	01 53	00 25	01 79	06 38	02 04	00 00	00 00	392	
75 68	05 10	06 31	01 80	00 00	00 30	01 80	00 60	00 00	06 00	02 10	00 00	00 30	333	
78 35	04 88	05 49	02 74	00 00	00 00	00 30	00 00	00 91	05 48	01 83	00 00	00 00	328	
90 12	04 59	05 81	02 45	00 00	00 00	00 92	00 31	00 00	04 28	01 53	00 00	00 00	327	
93 63	04 17	04 46	01 79	00 00	00 00	00 30	00 30	00 30	04 46	00 30	00 00	00 30	336	
42 15	36 05	05 52	04 94	00 58	01 16	01 45	00 00	01 45	03 48	02 62	00 00	00 58	328	
63 52	14 28	06 99	05 17	00 00	00 00	00 61	00 61	01 22	00 91	03 95	00 00	00 30	324	
71 42	14 93	04 22	02 59	00 65	00 00	01 29	02 27	00 65	00 97	00 00	00 32	00 64	301	
81 45	02 98	06 62	00 66	00 00	00 66	01 98	01 65	00 66	02 97	00 33	00 00	00 33	302	
21 03	14 02	00 60	27 43	00 91	24 08	00 91	03 05	00 61	00 61	05 48	01 22	00 00	328	
55 62	25 83	02 73	05 47	02 43	00 30	00 30	00 60	00 91	01 82	01 82	02 12	00 00	329	
65 38	22 43	02 56	00 64	00 76	03 20	01 92	00 00	01 28	00 96	00 00	00 00	00 64	312	
88 27	04 98	03 98	00 66	00 33	00 00	00 33	00 33	00 00	00 99	00 00	00 00	00 00	301	
87 41	03 22	03 22	00 96	00 00	01 61	00 64	00 64	00 32	00 32	01 29	00 00	00 32	310	
89 18	02 40	00 60	00 90	00 30	02 40	00 90	00 90	00 30	00 60	00 60	00 30	01 20	333	
92 51	04 60	02 45	00 00	00 31	01 22	01 22	00 00	00 92	00 61	03 37	02 45	00 30	326	
84 28	01 14	04 28	02 28	00 00	02 28	00 28	00 00	00 28	00 28	03 42	00 57	00 00	350	
17 31	26 86	14 32	26 82	02 68	03 28	00 00	00 00	00 00	00 00	06 66	02 08	00 00	335	
77 57	06 66	07 57	03 33	00 00	00 00	00 91	00 60	00 60	00 60	00 91	00 00	00 91	320	
87 57	00 91	03 63	02 42	00 00	02 12	00 00	00 00	00 30	00 30	02 12	00 60	00 00	320	
76 87	05 10	09 30	04 50	00 00	00 30	00 90	01 50	00 00	00 90	00 00	00 00	00 00	333	
92 08	00 00	06 86	03 28	00 00	01 79	00 59	00 90	00 30	00 21	01 19	00 29	00 30	335	
80 90	05 15	04 24	01 81	00 30	00 91	01 51	00 31	01 21	02 72	00 91	00 30	00 30	330	
86 40	00 00	05 74	01 51	00 00	00 20	00 60	00 00	00 30	01 20	03 62	00 00	00 30	331	
84 33	01 80	06 28	04 21	00 00	00 90	00 00	00 60	00 60	00 30	00 30	00 00	00 00	332	
86 31	05 21	01 30	03 58	00 00	01 30	00 00	00 32	00 00	00 32	01 30	00 32	00 00	307	
84 24	00 91	05 45	00 91	00 00	04 24	00 30	01 21	00 00	01 82	01 51	00 00	00 00	330	
51 98	21 72	01 27	10 22	00 00	00 32	00 00	00 00	01 27	01 27	01 59	00 31	00 00	313	
90 60	00 91	05 45	01 51	00 00	03 93	00 60	00 00	00 30	02 42	04 24	00 00	00 00	330	
87 57	00 00	03 93	00 30	00 00	03 63	00 60	00 60	00 00	01 81	01 81	00 00	00 00	330	
87 87	00 60	03 33	02 72	00 00	02 72	00 30	01 21	00 00	00 60	00 60	00 00	00 00	330	
88 18	00 60	02 12	00 91	00 30	02 72	01 21	00 91	00 30	00 91	00 00	00 00	02 12	330	
78 19	02 54	04 53	09 35	00 28	00 85	00 28	00 00	00 00	00 56	02 26	00 56	00 56	353	
82 59	67 72	01 15	14 12	02 01	05 76	00 00	00 86	02 01	00 00	03 45	00 28	00 00	347	
87 27	00 91	05 45	00 30	00 00	03 63	00 61	00 30	00 61	00 00	00 61	00 30	00 00	330	
85 49	01 81	05 43	02 41	00 00	01 51	00 60	00 00	00 30	00 30	02 11	00 00	00 00	331	
89 68	11 11	03 41	46 43	00 00	21 08	00 00	00 00	00 00	00 28	07 12	00 85	00 00	351	

- 1.-Hornblenda
- 2.-Opacos
- 3.-Muscovita
- 4.-Monacita
- 5.-Zircón
- 6.-Esfena
- 7.-Epidota
- 8.-Biotita
- 9.-Granate
- 10.-Piróxenos
- 11.-Alterados
- 12.-Desconocidos
- 13.-Otros
- *.total de granos contados.

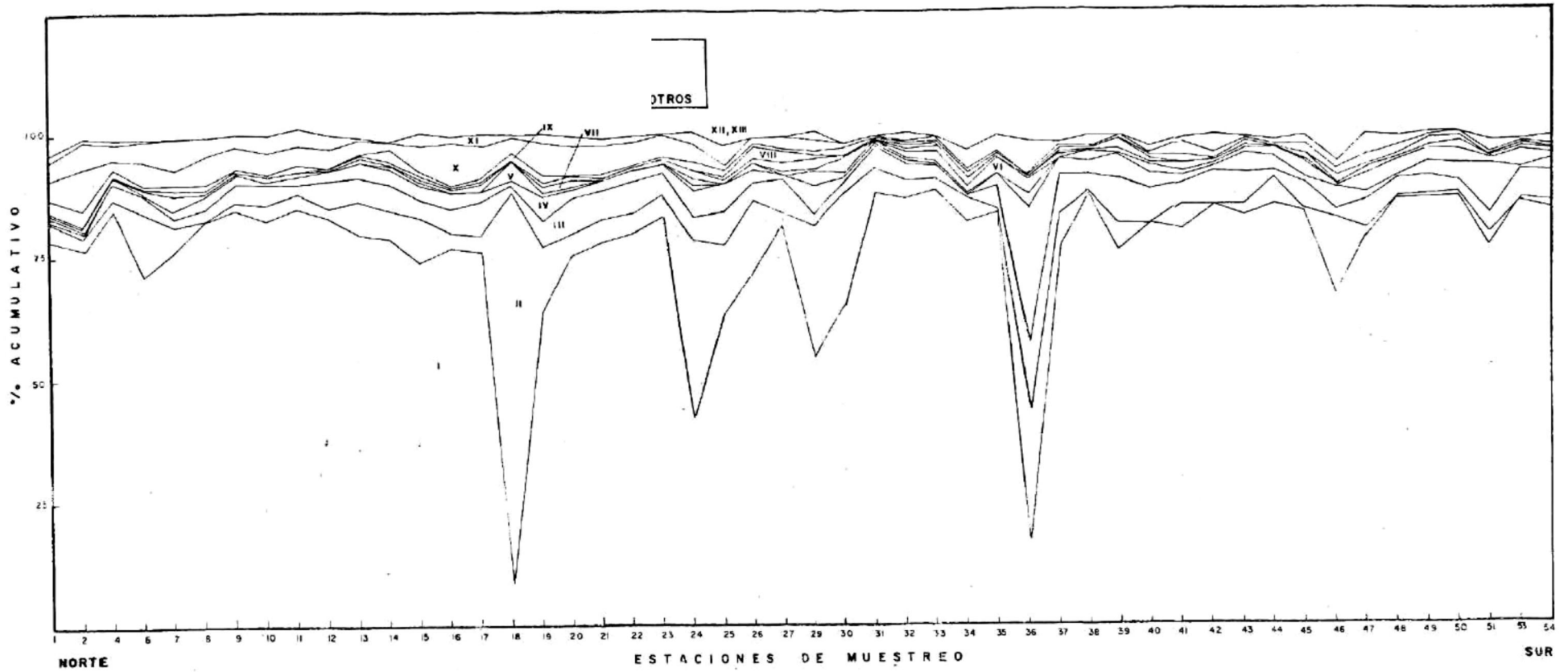


FIG.5. PORCENTAJES ACUMULATIVOS DE LAS ESPECIES DE MINERALES PESADOS MAS COMUNES EN PLAYAS FRACCION 3.0 Ø.

de ocurrencia lo constituye el grupo de los opacos, con porcentajes que van desde 0.60% en la estación 35, hasta 86.28% en la estación 24 (Punta Bandera). (tabla III, fig.6). Estos dos grupos mineralógicos son los constituyentes principales para la fracción 3.5~~0~~ de las playas estudiadas.

Los "minerales accesorios" para la misma fracción, lo constituyen principalmente la moscovita, con porcentajes que oscilan entre 0.61% en la estación 24 (Punta Bandera), hasta 23.14% en la estación 8 (playas de Tijuana). La monacita, con porcentajes que van desde 0.0% en la estación 1 (Imperial Beach, E.U.A.), hasta 37.81% en la estación 36 (San Antonio del Mar). El zircón presenta porcentajes que van desde 0.0% en la estación 1 (Imperial Beach, E.U.A.), hasta 6.46% en la estación 46 (Baja del Mar). El grupo de los piróxenos presenta porcentajes que van desde 0.0% en la estación 46 (Baja del Mar), hasta 6.55% en la estación 1 (Imperial Beach, E.U.A.). La esfena, esta especie presenta porcentajes que van desde 0.0% en la estación 2 (Imperial Beach, E.U.A.), hasta 9.06% en la estación 45, Los alterados con porcentajes que van desde 0.0 % en la estación 24 (Punta Bandera), hasta 8.96% en San Antonio del Mar. (Tabla III, fig.6).

Los "minerales raros" en esta fracción lo constituyen

TABLA III.-PORCENTAJES POR ESPECIE MINERALOGICA DE LOS CONTEOS REALIZADOS PARA MUESTRAS DE LA CARA DE LA PLAYA, DESEMBOCADURAS DE LOS ARROYOS Y LOS MISMOS, FRACCION 3.5 Ø.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	*
80 33	02 29	03 93	00 00	00 00	00 58	00 66	00 33	00 00	06 55	04 92	00 00	00 00	305	
94 53	02 49	03 31	01 10	00 00	00 00	00 63	00 55	00 00	02 76	03 87	00 00	00 56	362	
75 31	01 54	01 23	01 23	00 00	00 31	01 23	13 58	00 00	01 54	01 23	02 16	00 62	324	
77 69	07 16	03 58	00 27	00 27	01 10	00 55	01 10	00 55	02 58	03 58	00 55	00 00	363	
42 02	45 70	01 84	00 92	05 52	00 00	00 61	00 00	00 31	00 31	01 53	01 23	00 00	326	
74 58	06 14	03 35	01 68	00 00	03 35	01 12	01 68	00 00	03 63	04 19	00 00	00 28	358	
51 82	28 11	02 60	01 82	01 04	04 69	00 26	00 78	00 26	02 08	05 73	00 00	00 00	384	
58 73	08 51	23 14	03 06	00 00	01 09	01 53	00 00	00 00	02 62	01 09	00 00	00 22	458	
70 91	10 39	04 93	02 60	00 26	00 26	00 78	01 30	00 26	05 98	02 08	00 00	00 26	385	
63 89	18 18	04 29	04 27	00 00	00 00	01 29	01 51	00 25	04 54	01 51	00 00	00 00	396	
72 93	13 26	04 42	04 42	00 00	00 00	00 83	01 10	00 28	00 83	01 92	00 00	00 00	362	
54 95	30 99	06 25	02 86	00 00	00 00	01 30	00 26	00 78	01 56	01 04	00 00	00 00	384	
20 71	69 75	01 63	02 72	01 09	00 00	00 00	00 27	02 18	00 00	01 62	00 00	00 00	367	
40 70	43 49	03 02	03 95	01 66	00 23	00 70	00 93	00 46	03 72	00 93	00 00	00 46	430	
47 06	36 57	03 32	03 58	01 28	00 26	01 02	01 02	00 26	03 07	01 79	00 00	00 77	391	
51 91	28 14	05 74	04 10	00 82	00 00	00 55	01 09	04 09	02 75	02 75	00 00	00 27	366	
44 04	37 71	03 89	02 92	01 22	00 00	00 73	01 46	00 97	05 11	01 70	00 00	00 24	411	
72 25	11 81	06 04	02 20	00 00	00 00	01 10	00 00	00 55	03 84	01 92	00 00	00 27	376	
12 31	76 41	02 31	02 05	01 79	00 00	00 51	00 26	01 28	02 30	00 26	00 00	00 52	390	
45 28	41 94	02 50	02 50	00 83	00 00	00 83	00 55	01 11	02 05	01 11	00 00	00 28	360	
51 39	31 67	06 67	02 50	01 39	00 00	00 28	00 28	00 55	03 88	00 28	00 00	01 11	360	
62 19	18 27	03 35	06 14	00 28	00 00	00 56	00 84	00 28	04 47	02 23	00 00	00 84	358	
44 12	36 03	05 22	04 18	01 04	00 00	00 52	05 22	00 00	03 13	01 57	00 00	00 52	344	
03 66	86 28	00 61	03 96	03 66	00 61	00 30	00 00	00 00	00 60	00 00	00 00	00 30	329	
42 28	40 12	03 70	05 25	00 93	00 00	00 31	00 93	00 00	04 94	01 54	00 00	00 00	308	
14 28	74 08	01 66	02 65	05 31	00 00	00 33	00 00	00 66	00 00	00 00	00 00	00 99	307	
69 80	18 50	04 87	02 59	00 32	00 32	00 64	00 00	01 94	00 64	00 00	00 00	00 32	308	
20 11	18 99	02 79	31 28	01 11	12 01	00 00	04 18	01 39	00 56	06 70	00 83	00 00	358	
07 31	79 27	00 30	00 91	09 14	00 00	01 22	00 00	00 30	00 00	00 91	00 61	00 00	328	
12 14	79 55	01 59	00 96	04 47	00 31	00 00	00 64	00 63	00 00	00 00	00 00	00 00	313	
73 05	16 23	05 84	00 65	00 32	01 62	00 97	00 00	00 32	00 32	00 32	00 00	00 32	308	
36 66	53 33	02 12	03 03	02 12	00 30	00 30	00 00	00 30	00 60	00 60	00 00	00 91	320	
72 42	16 06	05 15	01 21	00 91	00 91	00 30	00 91	00 00	00 91	00 91	00 00	00 91	320	
34 31	46 15	02 95	07 39	03 55	00 00	00 29	00 00	01 18	00 88	02 07	01 18	00 00	338	
84 19	00 60	03 64	01 21	00 00	01 82	00 91	00 60	03 03	00 00	06 68	00 00	00 00	329	
15 68	19 32	10 08	37 81	03 36	00 28	00 00	01 12	00 00	01 68	08 96	01 68	00 00	357	
08 45	82 47	01 20	00 60	04 82	00 00	00 00	00 00	01 51	00 00	02 12	00 00	00 30	330	
46 36	40 60	03 33	01 81	00 91	02 72	00 30	00 00	01 51	00 00	00 00	00 00	00 29	340	
14 70	73 82	04 41	01 47	02 64	00 58	00 00	00 00	02 05	00 29	00 00	00 00	00 29	340	
64 02	22 11	03 30	03 63	00 60	01 32	00 99	00 00	00 99	01 98	00 66	00 33	00 00	303	
19 46	71 85	01 49	00 89	04 79	00 00	00 00	00 00	01 49	00 30	00 00	00 00	00 30	334	
59 69	23 93	09 09	01 21	01 21	01 21	00 60	00 00	00 91	00 30	01 81	00 00	00 00	330	
30 23	54 49	01 79	02 39	02 69	05 08	00 00	00 00	00 90	00 30	02 09	00 00	00 00	334	
50 41	29 36	00 55	06 09	05 26	00 83	00 00	00 27	01 10	01 93	02 49	50 41	00 00	361	
48 33	32 02	06 34	00 60	01 20	09 06	00 30	00 60	00 30	01 20	01 20	00 00	00 00	331	
13 20	67 07	00 84	07 86	06 46	01 40	00 00	00 56	01 13	00 00	00 56	00 56	00 00	356	
46 06	38 28	05 15	02 12	01 81	03 33	00 00	00 60	00 30	00 00	01 81	00 00	00 91	330	
69 69	10 30	06 66	01 81	00 60	06 06	01 21	01 21	00 60	00 60	00 30	00 00	00 91	330	
62 95	16 26	06 92	01 80	00 30	05 43	00 90	00 00	00 60	00 00	00 60	00 30	00 90	332	
72 12	13 03	04 54	00 91	0 30	06 66	00 91	00 60	00 00	00 00	00 30	00 00	00 60	330	
45 16	25 21	01 88	10 75	01 61	00 54	00 80	00 00	01 07	00 27	01 34	00 80	00 54	372	
03 45	56 48	01 15	23 41	06 62	02 88	00 00	00 29	00 86	00 00	03 74	00 58	00 00	347	
46 42	29 76	07 14	04 16	02 97	05 05	01 15	00 30	00 59	01 19	01 19	00 00	00 89	336	
71 68	10 54	05 12	01 80	00 30	06 62	00 60	00 60	00 00	01 80	00 00	00 00	00 30	332	
01 71	12 03	00 57	67 04	00 00	13 75	00 00	00 00	00 00	00 00	04 58	00 28	00 00	340	

- 1.-Hornblenda
- 2.-Opacos
- 3.-Muscovita
- 4.-Monacita
- 5.-Zircón
- 6.-Esfena
- 7.-Epidota
- 8.-Biotita
- 9.-Granate
- 10.-Piróxenos
- 11.-Alterados
- 12.-Desconocidos
- 13.-Otros
- *.total de granos contados.

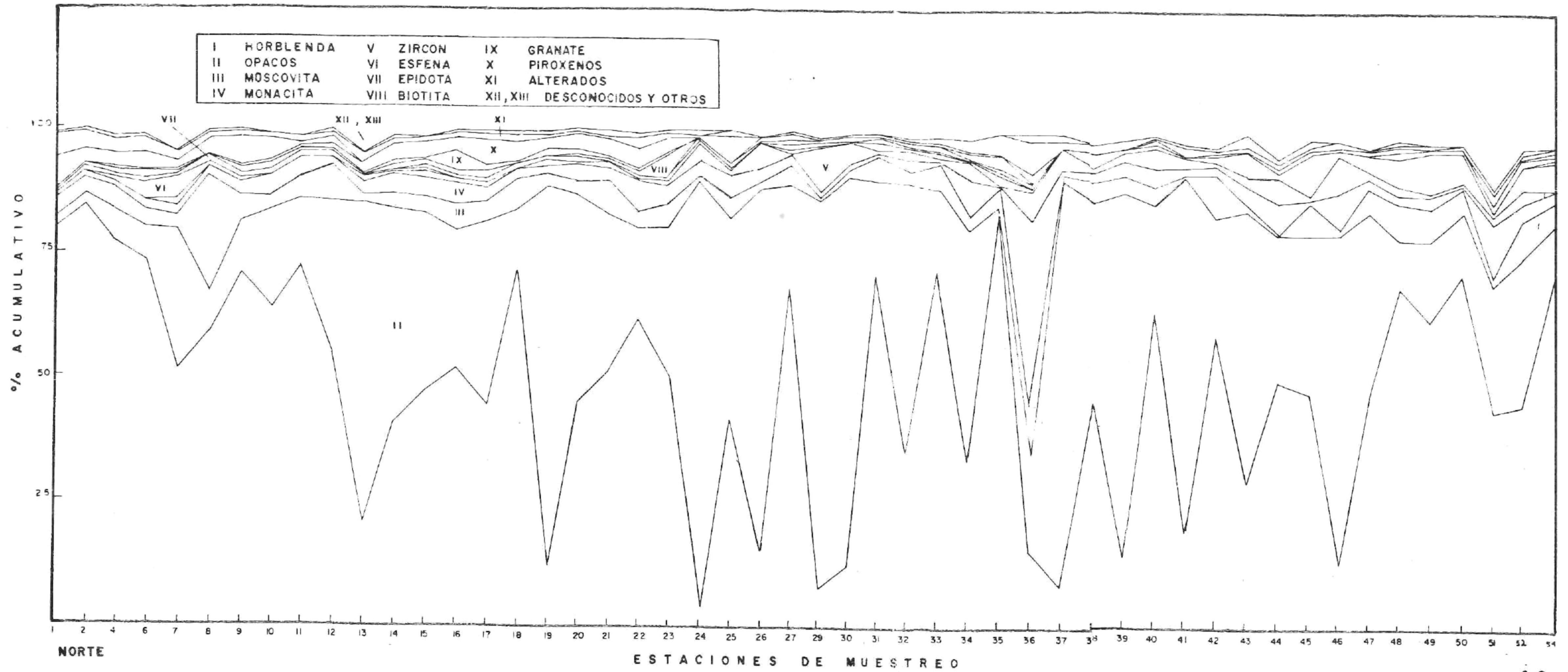


FIG.6. PORCENTAJES ACUMULATIVOS DE LAS ESPECIES DE MINERALES PESADOS MAS COMUNES EN PLAYAS FRACCION 3.5 ϕ .

la biotita, el granate, y el grupo "otros".

B) Muestras de Arroyo:

En los datos de los arroyos analizados, fracción 3.00, se observa una variación muy significativa en los porcentajes de hornblenda con valores que van desde 9.68%, para el arroyo el Morro, y de 83.54% para el río Tijuana. (Tabla II, figs.7 y 8). Los opacos presentan porcentajes que van desde 1.58% para el río Tijuana, hasta 67.72% para el arroyo Rosarito.

La tercera especie en importancia para la misma fracción lo constituye la monacita con porcentajes que van desde 0.32% para el arroyo Tijuana, hasta 46.43% para el arroyo el Morro. (tabla II, figs.7 y 8). La esfena presenta porcentajes que van desde 0.63% para el río Tijuana, hasta 24.08% para el arroyo San Antonio de los Buenos. (tabla II, figs.7 y 8). Todas estas especies son clasificadas como los constituyentes principales.

Los "minerales accesorios" en esta fracción, lo constituyen principalmente los alterados, el granate, la moscovita y el grupo otros con porcentajes que oscilan entre 4.35% y 1.03%.

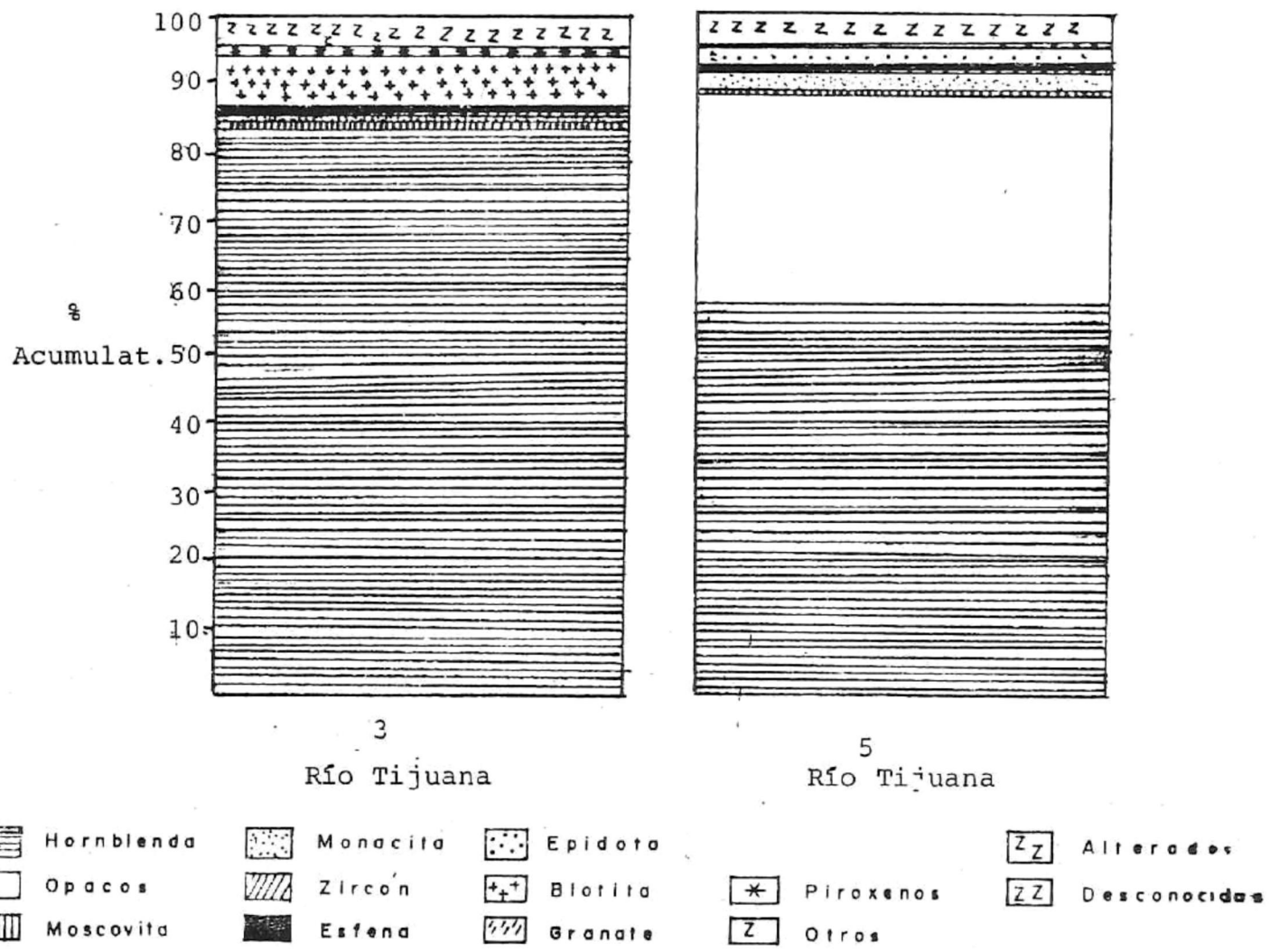


FIG. 7. PORCENTAJES ACUMULATIVOS DE LAS ESPECIES MINERALOGICAS ENCONTRADAS EN LOS ARROYOS PARA LA FRACCION 3.0 Ø.

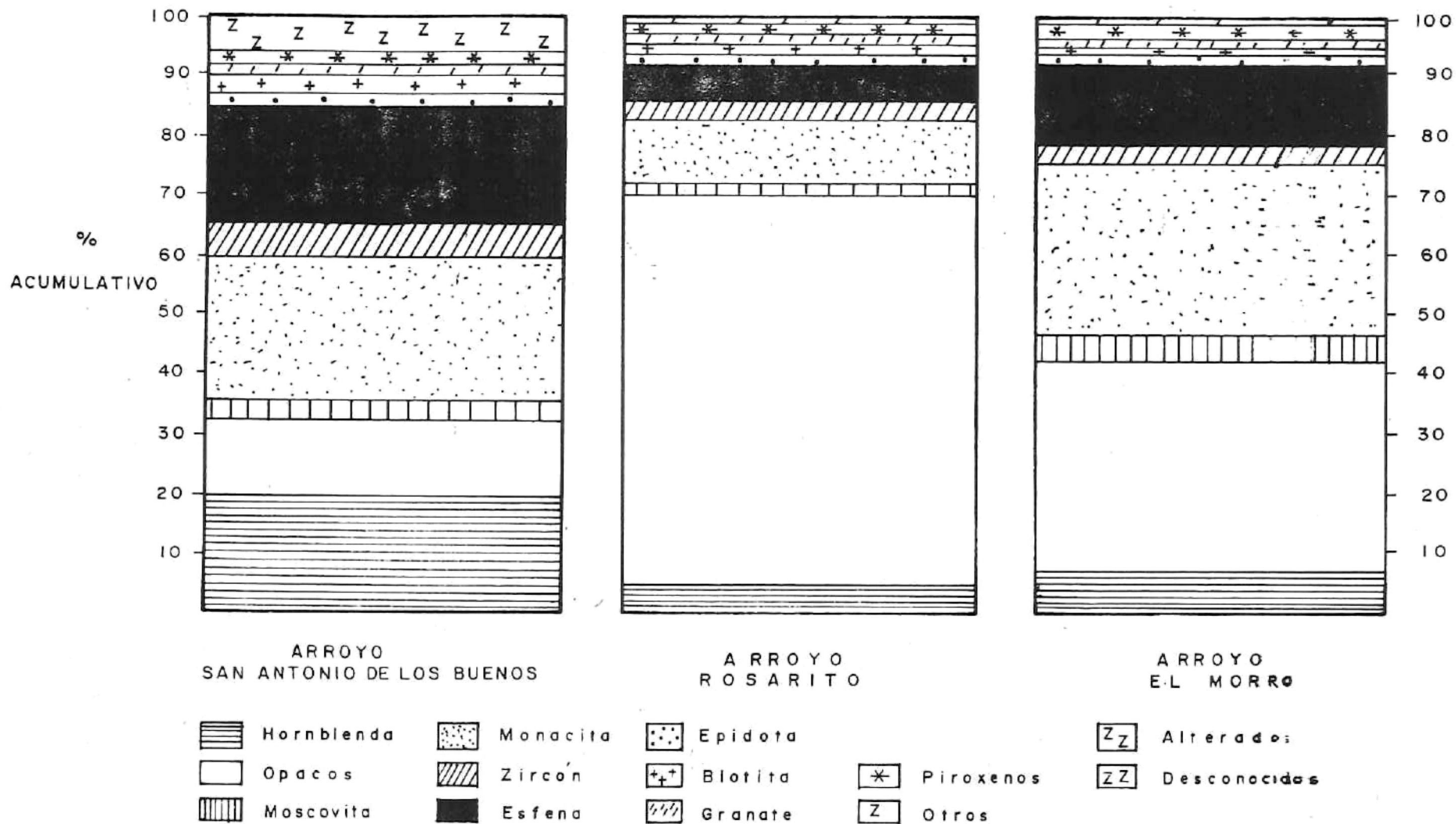


FIG. 8. PORCENTAJES ACUMULATIVOS DE LAS ESPECIES MINERALOGICAS ENCONTRADAS EN LOS ARROYOS PARA LA FRACCION 3.0 ϕ .

El grupo de los ''minerales raros'' en esta fracción está constituido por el zircón, la epidota, biotita y piróxenos. (tabla II, figs.7 y 8).

En la fracción 3.5Ø de arroyos se observa un comportamiento similar, ya que los minerales principales lo constituyen la hornblenda, opacos, monacita, y esfena con porcentajes promedio de 28.52%, 26.95%, 24.77%, y 5.79% respectivamente.

Los ''minerales accesorios'' en esta fracción lo constituyen el granate, alterados, zircón y moscovita.

Como ''minerales raros'' fueron clasificados los piróxenos, la biotita, y la epidota. (tabla III, figs.9 y 10).

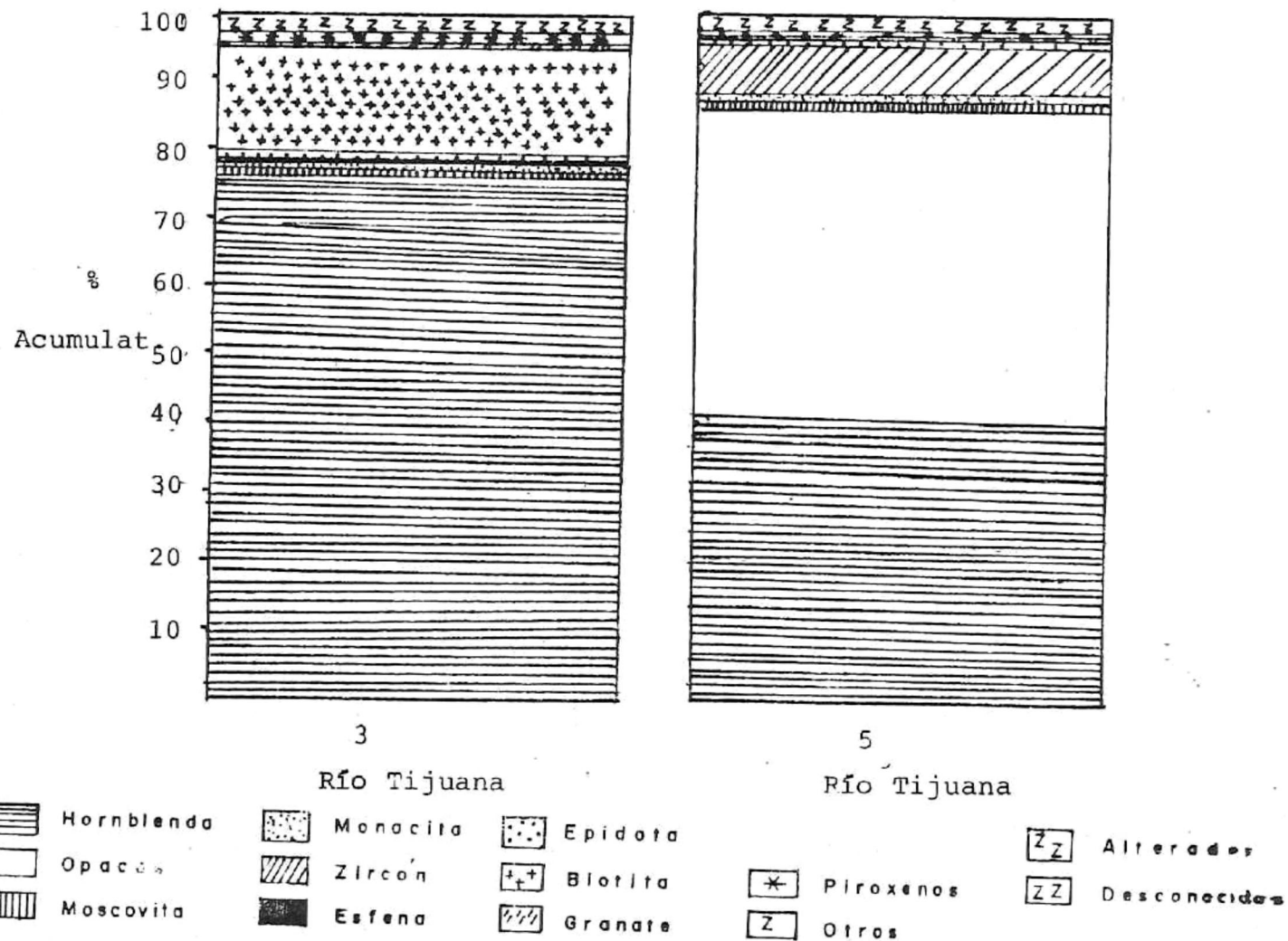


FIG.9. PORCENTAJES ACUMULATIVOS DE LAS ESPECIES MINERALOGICAS ENCONTRADAS EN LOS ARROYOS PARA LA FRACCION 3.5 ϕ .

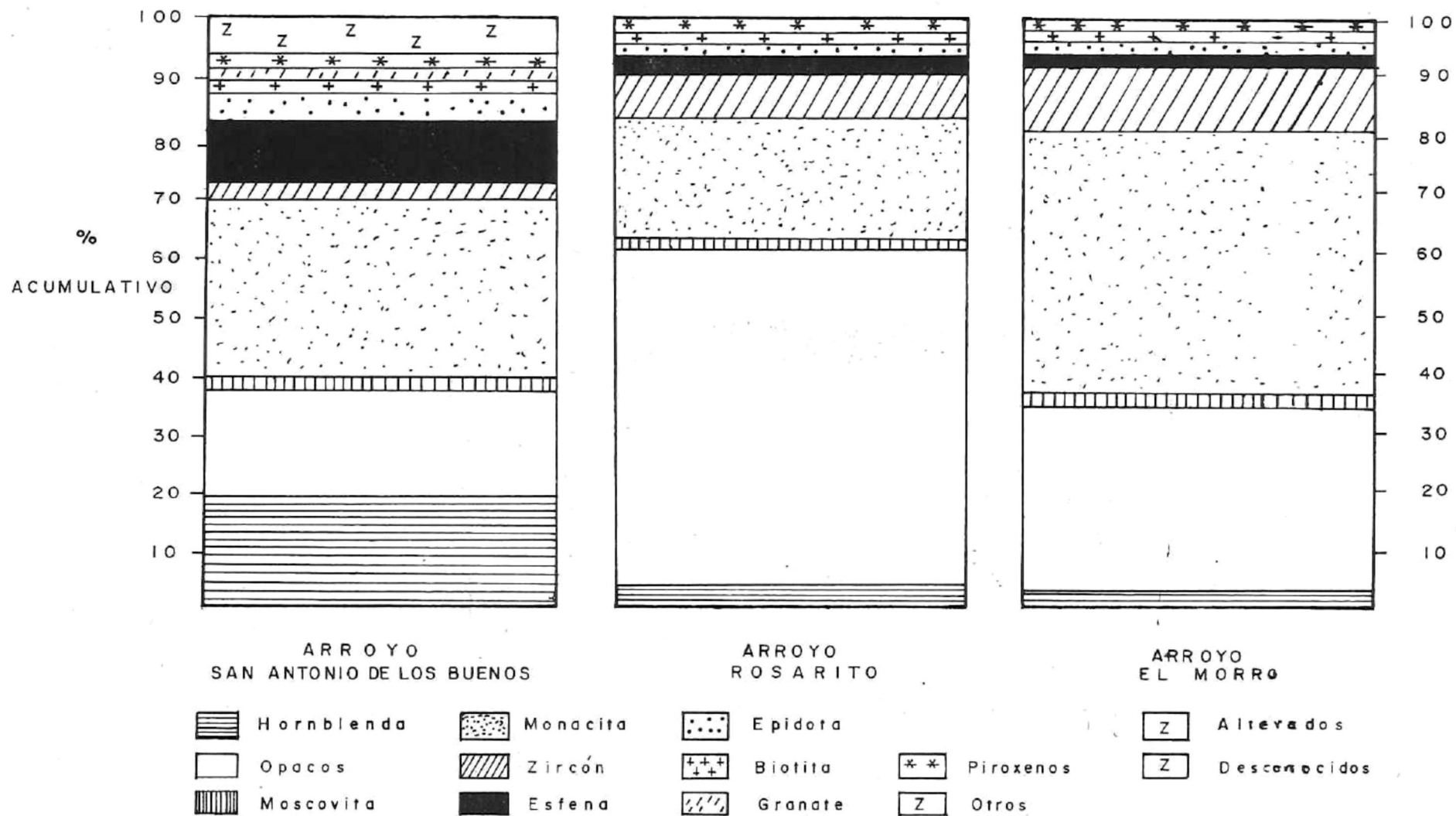


FIG.10. PORCENTAJES ACUMULATIVOS DE LAS ESPECIES MINERALOGICAS ENCONTRADAS EN LOS ARROYOS PARA LA FRACCION 3.5 ϕ .

DISCUSIONES

a). Minerales pesados

La composición mineralógica tanto de playas, como de arroyos depende de la clase, la cantidad y el tamaño de los minerales en las rocas de origen, los cuales son desintegrados conforme actúa el transporte y la descomposición química (Pettijohn, 1941).

Es visto que bajo ciertas condiciones hidráulicas, los minerales pesados de menor tamaño pero de alta gravedad específica son depositados con los minerales ligeros de mayor tamaño pero menor gravedad específica, por lo que encontramos juntos a estas dos clases de minerales en las playas, obedeciendo a lo que se conoce como equivalente hidráulico de tamaño (Rittenhouse, 1943).

La variación en la concentración de minerales pesados en la fracción 3.0 ϕ para las muestras de las playas muestreadas, presentan una disminución muy notable de estos hacia el Norte. En la localidad Imperial Beach, E.U.A. presenta los valores más bajos, aumentando hacia el Sur hasta Punta Bandera (estación 24) con porcentajes cercanos al 95%, lo que obedece al transporte con dirección

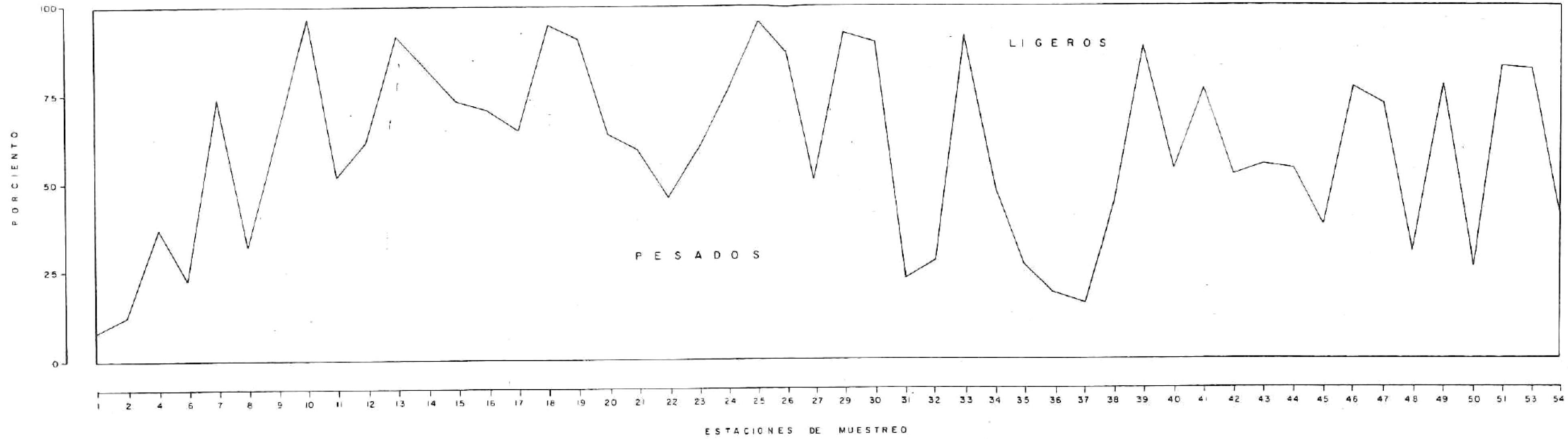


FIG 11 REPRESENTACION EN PORCIENTO DE LIGEROS Y PESADOS CONTRA ESTACIONES DE MUESTREO (FRACCION 3.0 Ø) EN PLAYAS

Sur-Norte, según Ureña, (1986). (fig.11), hacia el Sur de Punta Bandera no se observa una clara tendencia.

En las estaciones 1, 31, y 36 se observan las menores concentraciones de minerales pesados, la última estación corresponde a una desembocadura.

En la fracción 3.5 ϕ se puede apreciar que el contenido de minerales pesados es mayor lo cual se explica en base a la equivalencia hidráulica de tamaño, se observa un mínimo para la estación 36 lo que indica que por ser una desembocadura puede tratarse de un aporte de minerales ligeros ó de pesados de mayor tamaño. (fig.12).

Este análisis también se realizó en los arroyos (figs.3 y 4) y se observa que, contrariamente a lo que se presenta en las muestras de la cara de playa, el contenido de minerales pesados disminuye en ambas fracciones, por lo que se descarta un aporte significativo de minerales pesados durante la época del muestreo de los arroyos.

b). Análisis de la distribución de las especies de minerales pesados:

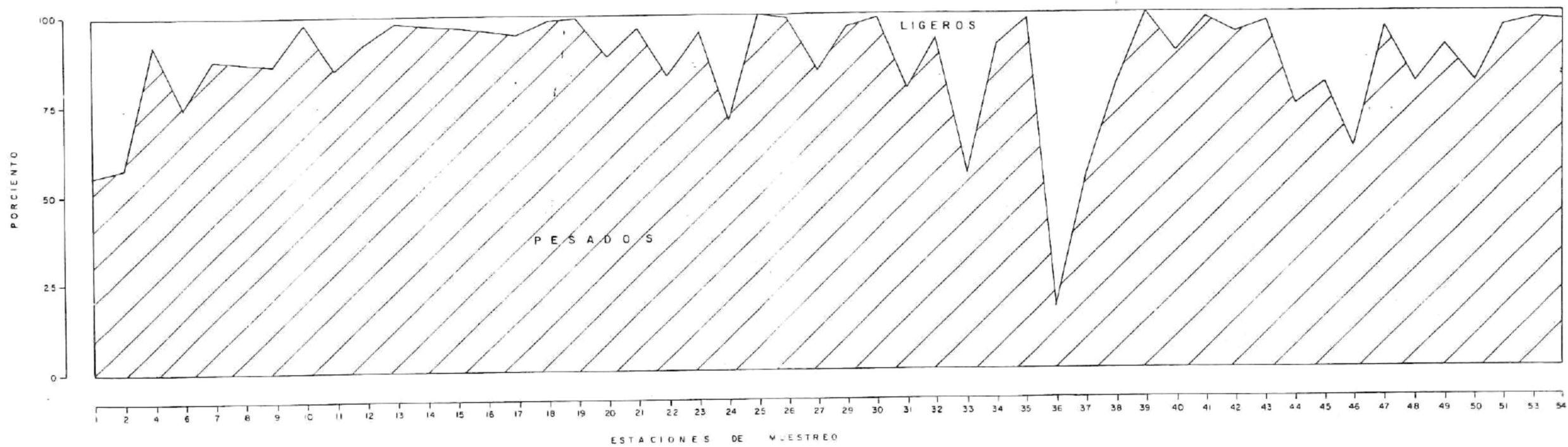


FIG 12 REPRESENTACION EN PORCIENTO DE LIGEROS Y PESADOS CONTRA ESTACIONES DE MUESTREO (FRACCION 3.5 ϕ) EN PLAYAS.

La fuente de los minerales pesados puede encontrarse utilizando algunas especies, ó usando todo el conjunto de especies para definir las asociaciones mineralógicas indicadoras del carácter genético, las figuras 13, 14, 15, 16, 17, y 18 se han elaborado para determinar el origen de los sedimentos mediante la distribución de los minerales pesados más abundantes.

Las proporciones oscilan levemente en las muestras de playa, en todas predomina la hornblenda, con ocasionales aumentos de opacos, moscovita y monacita. Este hecho parece indicar la presencia de una sola asociación dominada por hornblenda-opacos-moscovita-monacita, los porcentajes de zircón, esfena, epidota, biotita, granate, piróxenos, alterados se mantienen constantes con valores muy bajos, similares comportamientos se presentan en la fracción 3.5Ø.

En las muestras de arroyos fracción 3.0Ø se observan variaciones en las proporciones mineralógicas, en el río Tijuana hay una cantidad muy alta de hornblenda, mientras que en los arroyos al Sur como son el arroyo San Antonio de los Buenos, arroyo Rosarito, y arroyo el Morro se observa una disminución muy notable en los porcentajes de hornblenda y un aumento de opacos, monacita y esfena.

En base a la distribución de las especies se puede

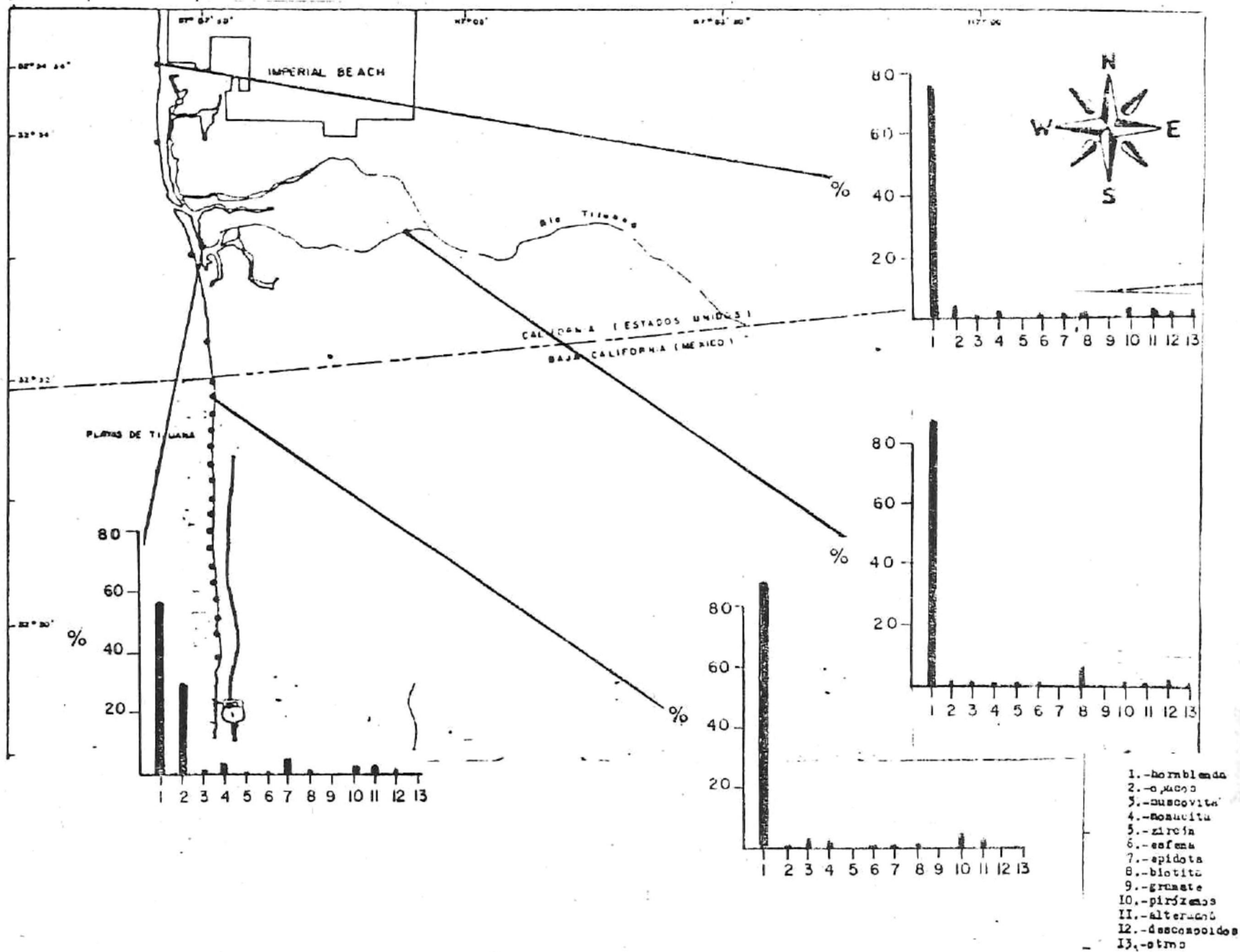


FIG. 13. DISTRIBUCION EN PORCIENTO DE LAS ESPECIES DE MINERALES PESADOS MAS COMUNES CORRESPONDIENTES A LA FRACCION 3.0 ϕ .

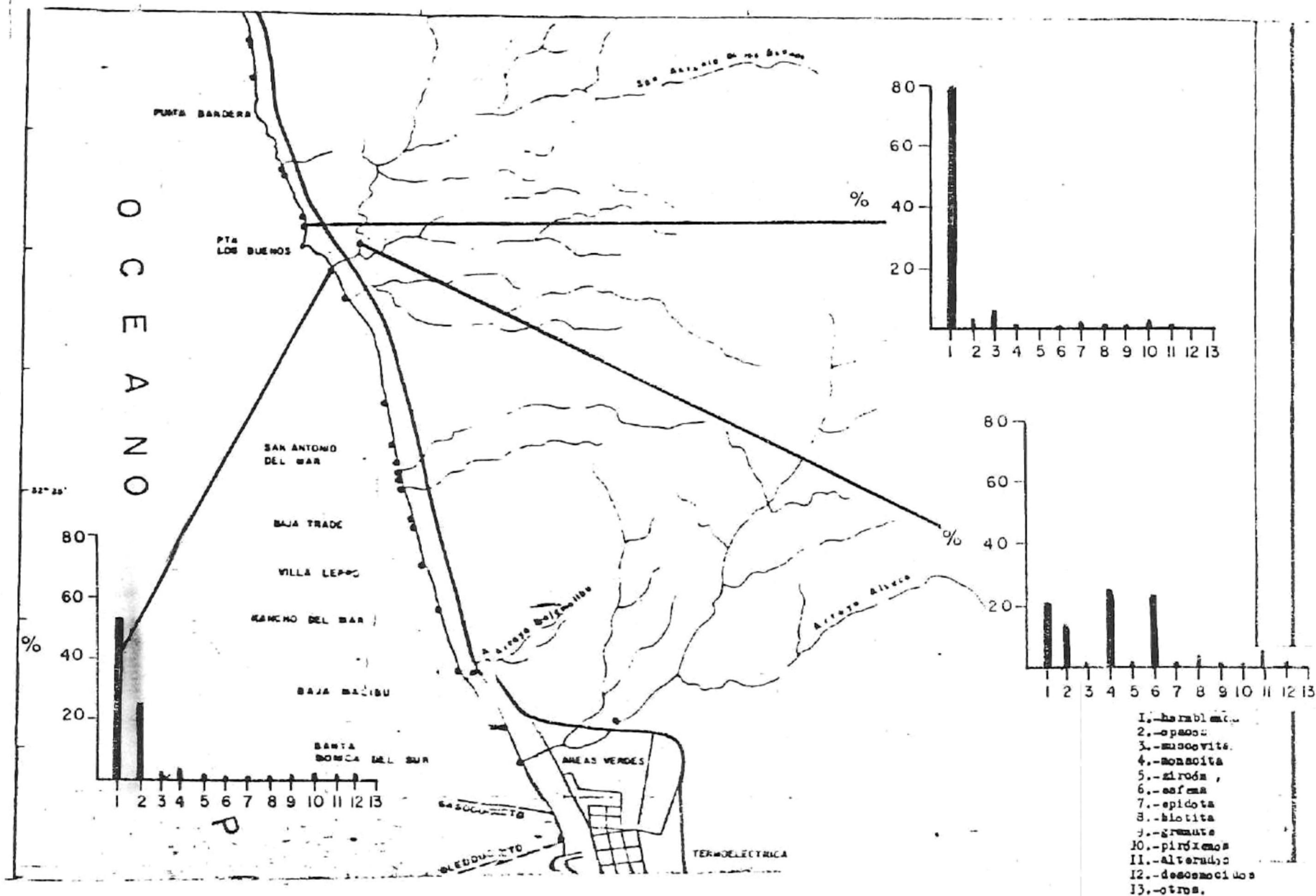


FIG. 14. DISTRIBUCION EN PORCIENTO DE LAS ESPECIES DE MINERALES PESADOS MAS COMUNES CORRESPONDIENTES A LA FRACCION 3.0 ϕ .

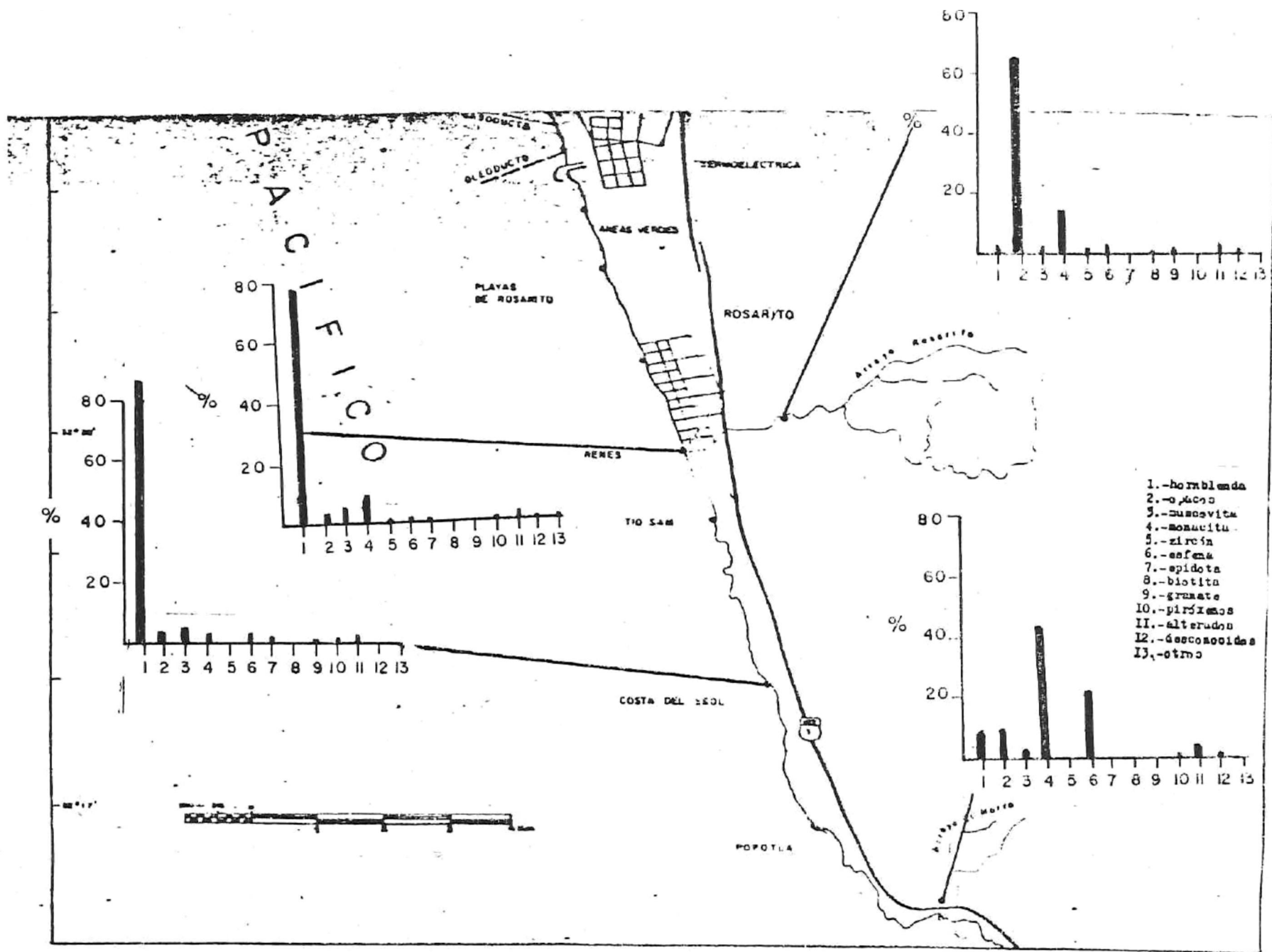


FIG.15. DISTRIBUCION EN PORCIENTO DE LAS ESPECIES DE MINERALES PESADOS MAS COMUNES CORRESPONDIENTES A LA FRACCION 3.0 ϕ .

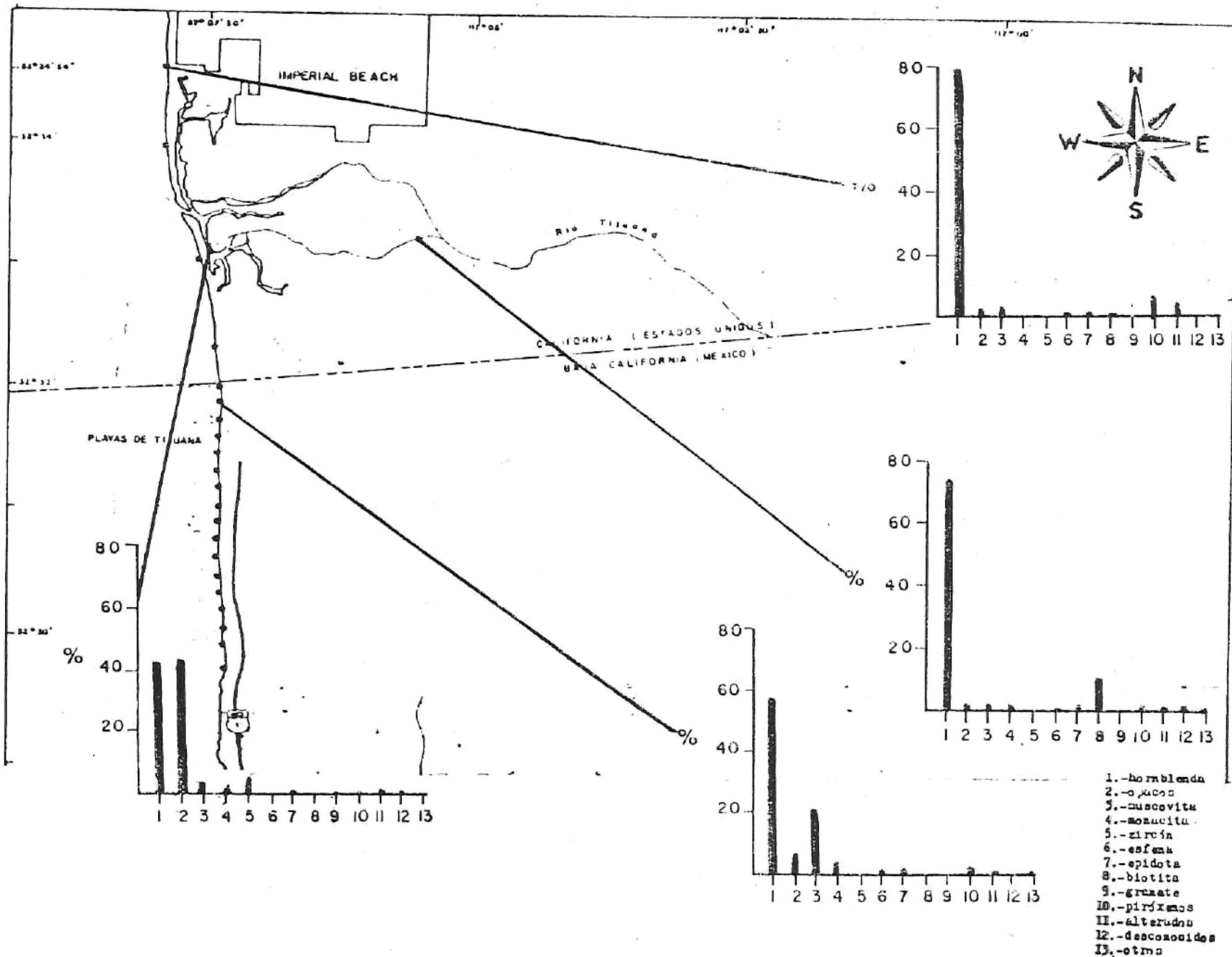


FIG. 16. DISTRIBUCION EN PORCIENTO DE LAS ESPECIES DE MINERALES PESADOS MAS COMUNES CORRESPONDIENTES A LA FRACCION 3.5 φ.

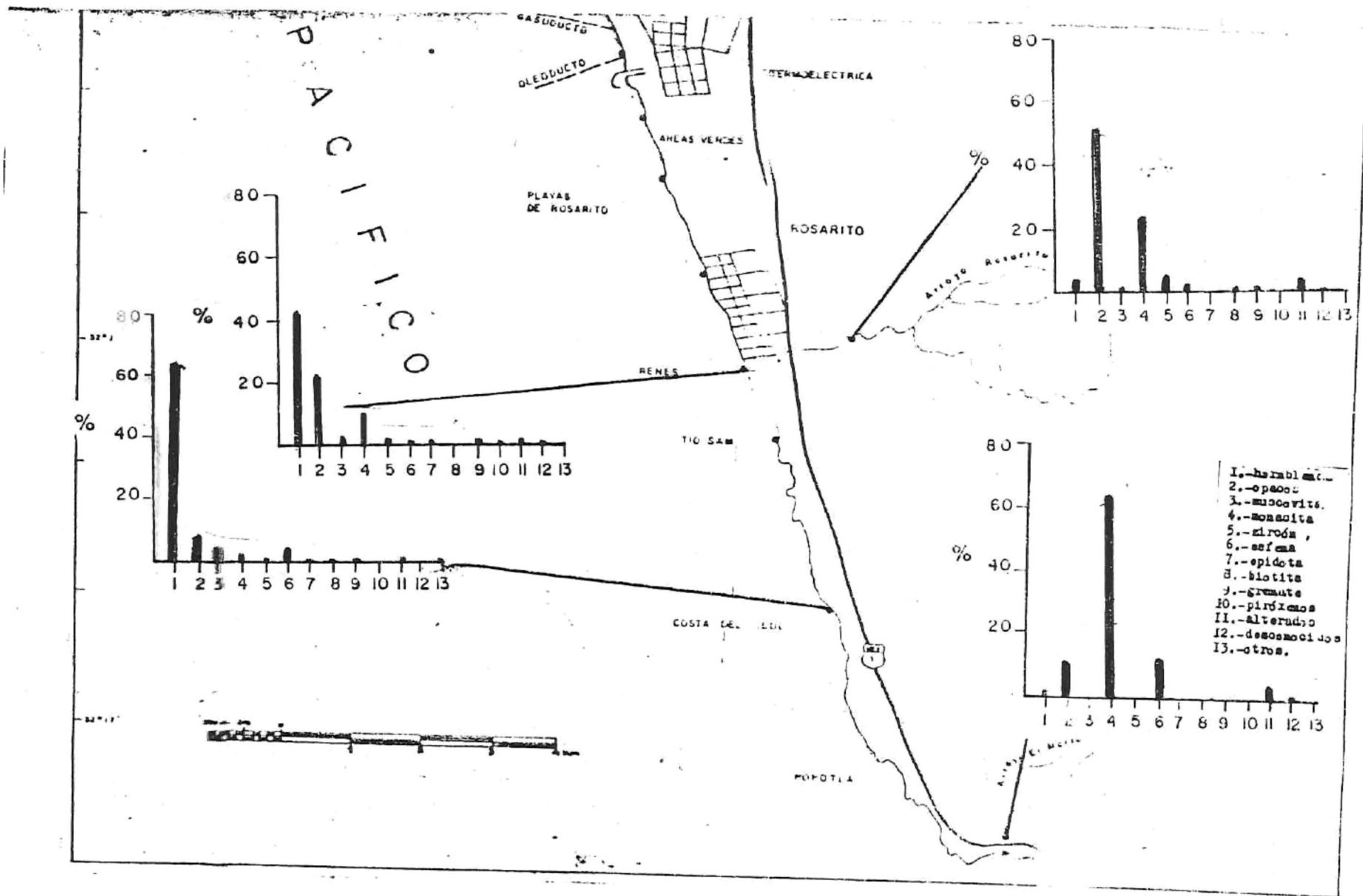


FIG.18 .DISTRIBUCION EN PORCIENTO DE LAS ESPECIES DE MINERALES PESADOS MAS COMUNES CORRESPONDIENTES A LA FRACCION 3.5 ϕ .

inferir que el río Tijuana presenta una mayor influencia sobre la zona y con el criterio de asociaciones mineralógicas se puede establecer que la litología de la zona se ve reflejada de alguna manera en la composición del sedimento, como se mencionó anteriormente la zona parece estar dominada por una sola asociación representada por la serie hornblenda-opacos-moscovita-monacita. Esto ocurre tanto para un tamaño de grano como para el otro.

La mayoría de las especies mencionadas se encuentran en rocas ígneas félsicas y máficas (Tabla IV). Algunos de estos minerales pueden encontrarse localmente, ya que la geología regional está constituida predominantemente de rocas intrusivas, volcánicas y sedimentarias marinas (Gastil et al, 1971).

Analizando lo anterior se puede establecer que la monacita y la esfena pueden provenir de la misma roca fuente, los opacos sin embargo aunque su fuente puede ser otro tipo de roca se encuentra junto, la presencia de minerales estables como la monacita y la magnetita en su mayoría redondeados parece indicar que se trata de minerales policíclicos, lo que sugiere que pueden provenir de rocas sedimentarias.

La hornblenda es un mineral común en rocas ígneas, y

TABLA IV .
 ASOCIACION Y PROVENIENCIA DE MINERALES PESADOS
 (TOMADO DE Pettijohn et. al. 1973).

ASOCIACION	PROVENIENCIA
Apatita, biotita, hornblenda, monacita muscovita, rutilo, esfena, turmalina, zircon.	ROCAS IGNEAS ACIDAS
Cositerita, fluorita, granate, monacita muscovita, topacio, turmalina, walfenita xenotina.	GRANITO PEGMATITICO
Augita, cromita, diopsido, hiperstena ilmenita, magnetita, olivino, pleonasta.	ROCAS IGNEAS BASICAS
Andalucita, corindon, granate, flogopita estauroлита, topacio, vesuvianita, walastonita, zoisita.	ROCAS METAMORFISMO DE CONTACTO
Andalucita, cloritoide, epidota, granate gloucofano, cianita, silimanita estauroлита, esfena, zoisita.	ROCAS DE METAMORFISMO DINAMOTERMAL
Barita, hierro, leucoxeno, rutilo, turmolina, zircon (granos redondeado)	SEDIMENTOS RETRABAJADO

dado que es el constituyente principal de la zona se infiere que la influencia del batolito peninsular es significativa en la presencia de esta especie, de la cual el río Tijuana es el principal aportador.

Judge, (1970), menciona que la circulación de aguas oceánicas a lo largo de la costas de California muestran un cambio estacional. En la primavera y verano, vientos provenientes del Norte y del Noroeste generan transporte hacia el Sur a lo largo de la costa.

Durante el otoño e invierno, una corriente superficial dirigida hacia el Norte, la contracorriente de California, se desarrolla en las costas de Baja California, generando transporte a lo largo de la costa con dirección hacia el Norte.

El oleaje en las costas de California generalmente se aproxima de Noroeste y Oeste, lo que generalmente causa transporte litoral hacia el Sur, (Emery, 1960, tomado de Judge, 1970).

Tomando en cuenta lo anterior, es posible que la amplia distribución de hornblenda pueda ser explicada por las condiciones de transporte bidireccional.

Los arroyos muestreados, desconectados al océano por barras en las bocas la mayor parte del año, indican inactividad temporal de sus cauces, por lo que se infiere que el aporte de cantidades apreciables de sedimento se da solo durante precipitaciones pluviales intensas.

Al realizar el análisis de correlación entre las muestras de playa y los arroyos mencionados, se observa que el río Tijuana presenta una correlación muy significativa con las playas tanto al Norte como al Sur en la zona por lo que se infiere que este río es el principal aportador de sedimentos.

Los arroyos menores como el arroyo San Antonio de los Buenos, arroyo Rosarito, y arroyo el Morro muestran una influencia leve en la zona ya que estos se agrupan separados de la muestras de playa con una correlación poco significativa. (figs.19 y 20).

c).Fuente de los minerales pesados basados en el análisis de correlación:

Es posible generar la asociación de minerales pesados con el grado asociativo, obtenido mediante el coeficiente de correlación entre parejas de minerales. (Briggs,1965).

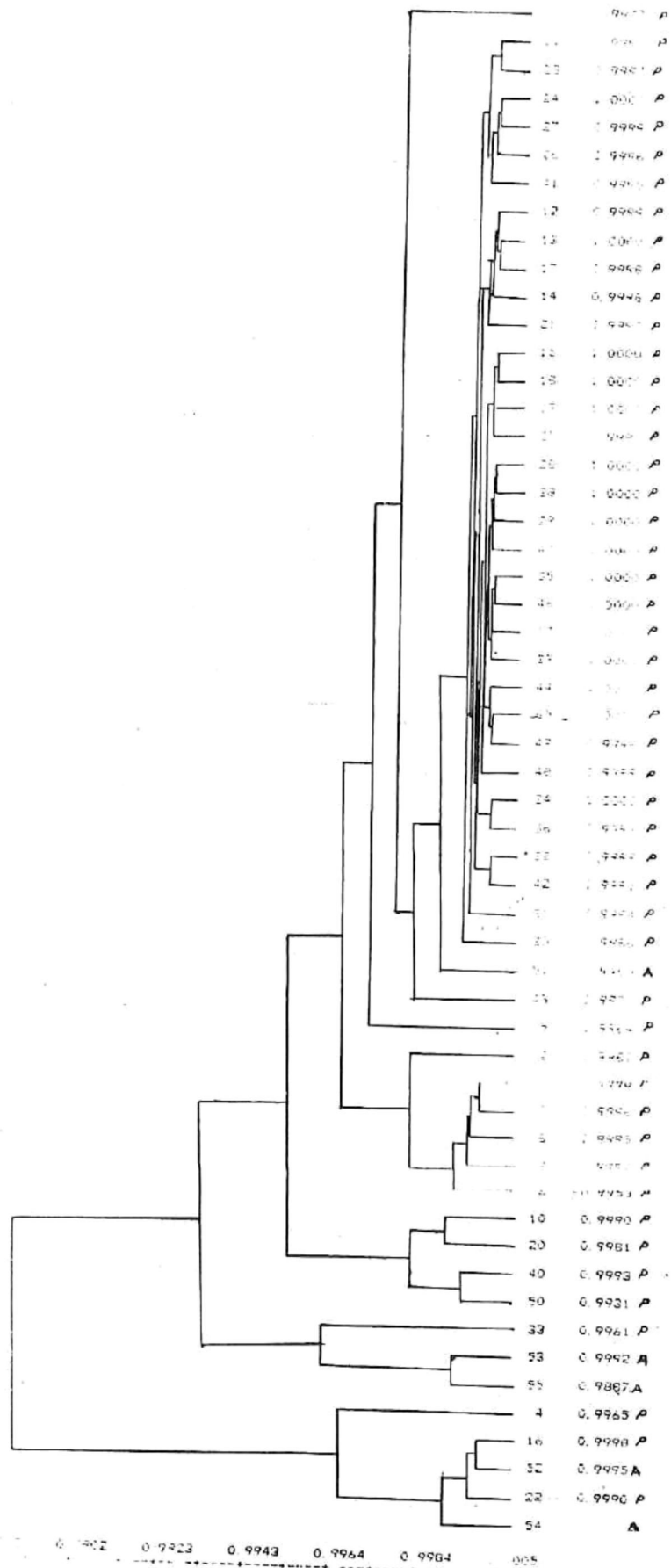


FIG. 19. DENDROGRAMA OBTENIDO MEDIANTE EL ANALISIS DE GRUPO MODO-Q, EN ARROYOS Y PLAYAS FRACCION 3.0 Ø.

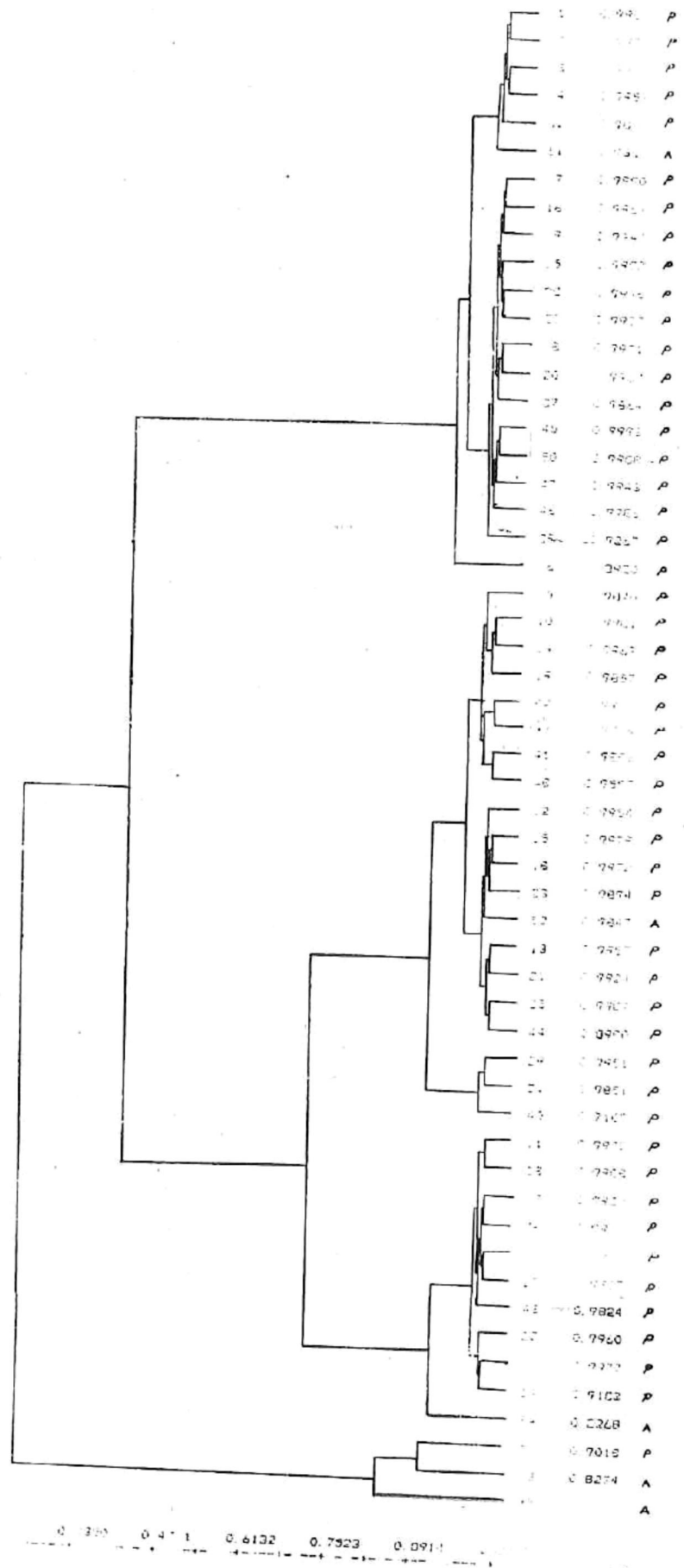


FIG.20 .DENDROGRAMA OBTENIDO MEDIANTE EL ANALISIS DE GRUPO MODO-Q, EN ARROYOS Y PLAYAS FRACCION 3.5 Ø.

La serie de datos obtenidos de los porcentajes de minerales por especie se analizaron mediante el análisis de grupo.

El programa acepta los datos en forma matricial, correlacionando los porcentajes de minerales normalizados, especie-especie (modo=R), así como muestra-muestra (modo=Q). Los resultados son establecidos en una matriz de correlación y en dendrogramas, que dan una idea del grado de agrupamiento entre minerales ó entre muestras. La matriz de correlación establece el agrupamiento en base al grado de similitud entre pares de minerales. Según este criterio, aquellos minerales que se asemejan entre sí y que por lo tanto pueden provenir de un mismo tipo de roca, tienen un coeficiente de correlación entre 1.0 y 0.8, moderadamente asociativos, lo cual significa que en menor grado pueden provenir de un mismo tipo de roca su coeficiente varía entre 0.53 y 0.8. Briggs, (1965).

En el análisis entre especies fracción 3.00 de playas (fig.21) se observa una alta correlación entre opacos-muscovita-monacita-zircón, mientras que hornblenda constituye el componente principal.

En la fracción 3.50 de las muestras de playa (fig.22), se obtiene correlación moderada entre opacos-zircón,

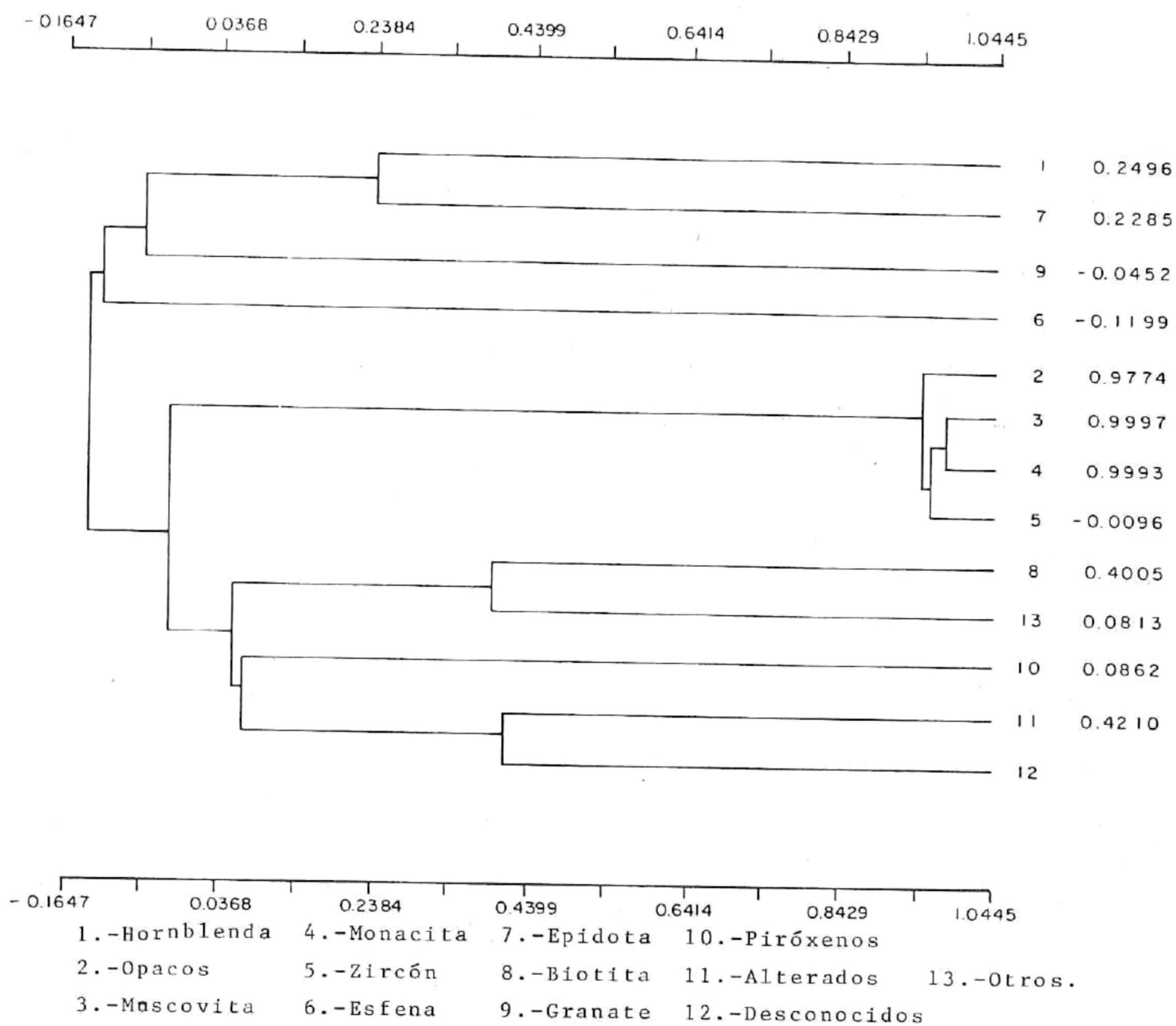
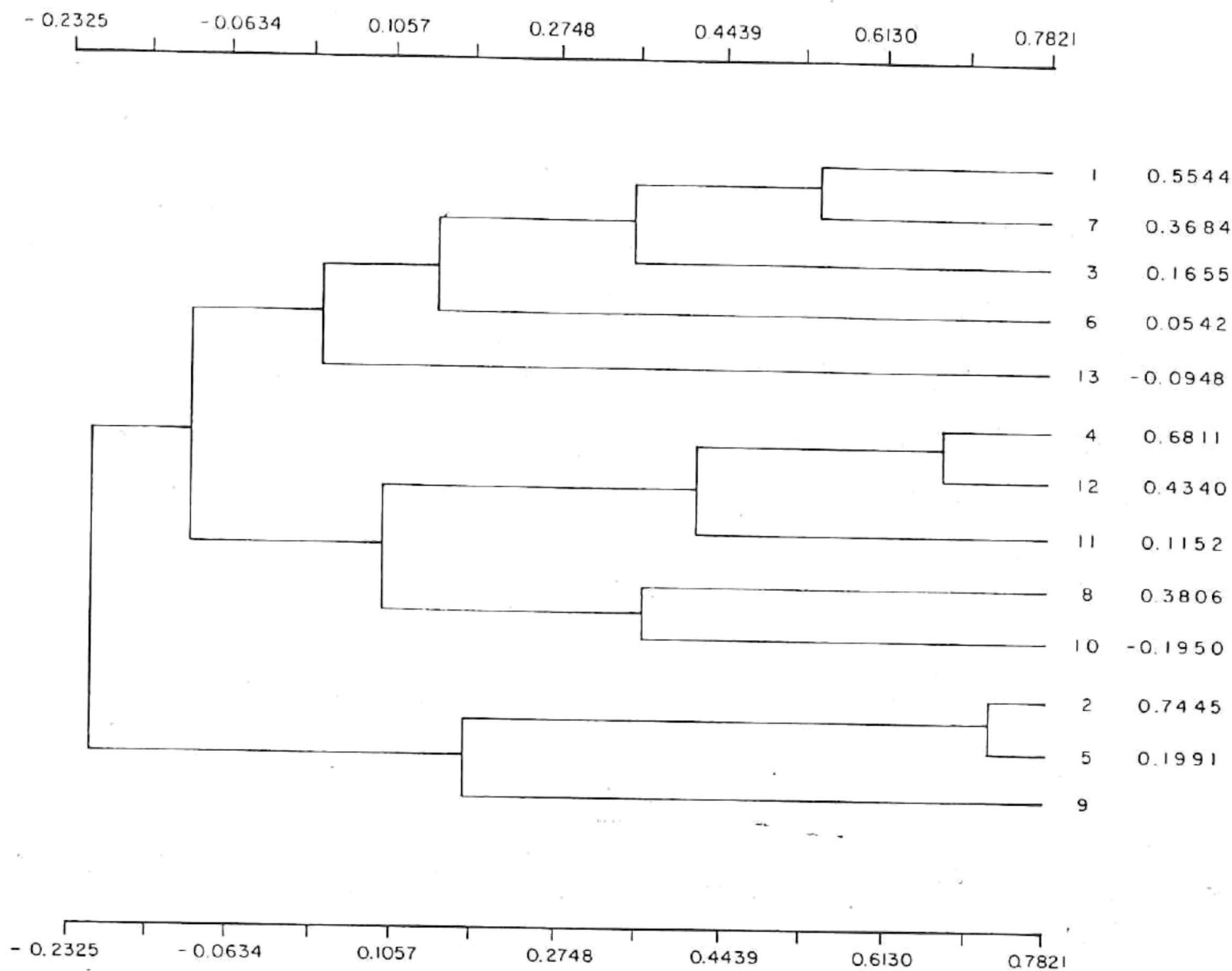


FIG. 21. DENDROGRAMA. OBTENIDO, MEDIANTE EL ANALISIS DE GRUPO MODO-R, EN PLAYAS FRACCION 3.0 Ø.



DENDOGRAMA - LOS VALORES EN EL EJE X SON SIMILITUDES

1.-Hornblenda 4.-Monacita 7.-Epidota 10.-Piroxenos

2.-Opacos 5.-Zircón 8.-Biotita 11.-Alterados 13.-Otros.

3.-Moscovita 6.-Esfena 9.-Granate 12.-Desconocidos

FIG. 22 . DENDOGRAMA OBTENIDO MEDIANTE EL ANALISIS DE GRUPO

MODO-R, EN PLAYAS. FRACCION 3.5 Ø.

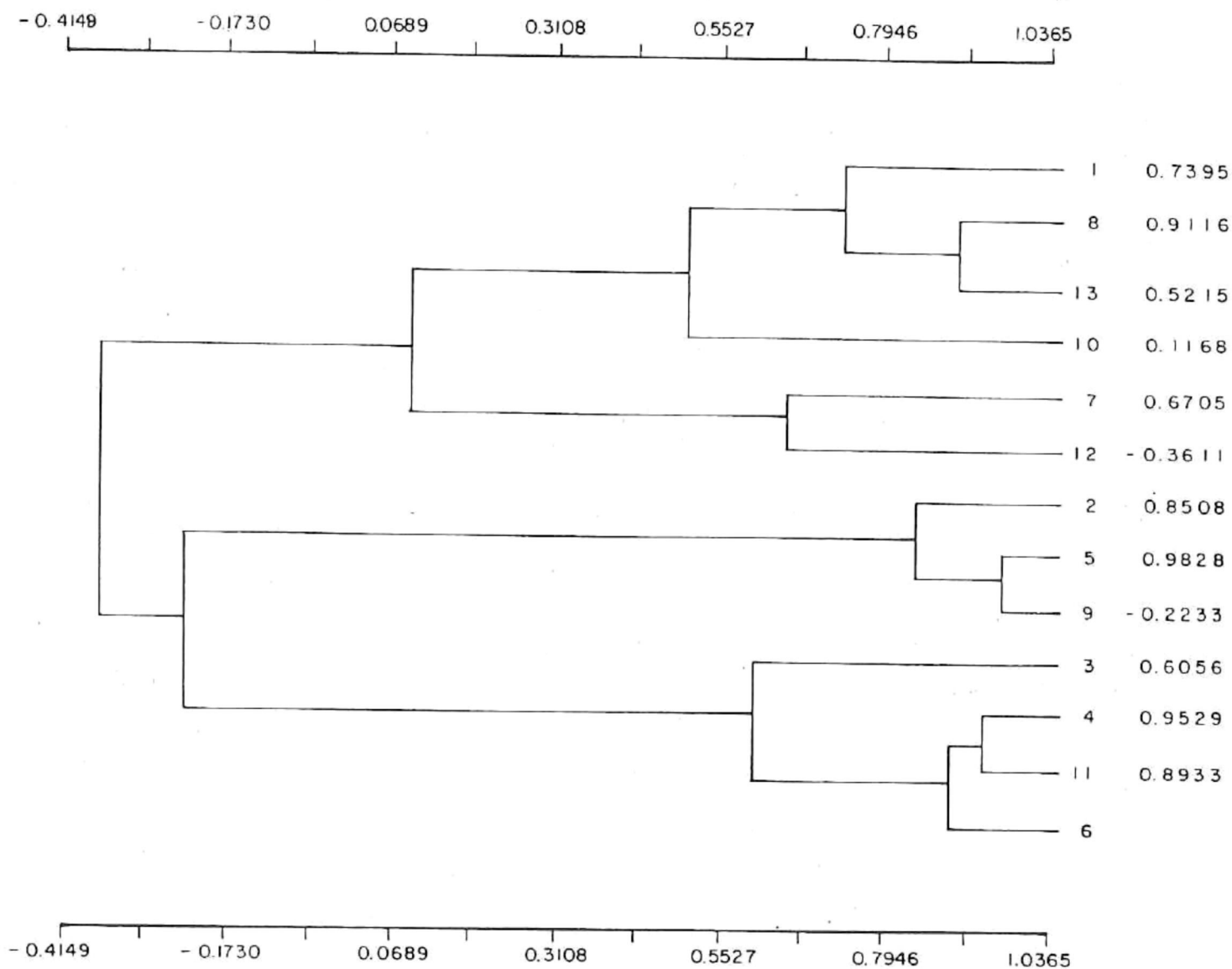
monacita-desconocidos, y hornblenda-epidota.

Basados en lo anterior es más confiable considerar la fracción 3.0Ø para establecer las asociaciones de minerales que en el mejor de los casos puede ser considerada entre hornblenda-opacos-muscovita-monacita-zircón, lo que se corrobora con el análisis de la distribución de las especies de minerales pesados.

En arroyos fracción 3.0 Ø, (fig.23) existe una alta correlación entre biotita-otros, opacos-zircón-granate, monacita-alterados-esfena. Correlación moderada se distingue entre hornblenda-biotita, epidota-desconocidos, otros-piróxenos, y muscovita-monacita

En arroyos fracción 3.5Ø, (fig.24) se distingue una alta correlación entre hornblenda-desconocidos-epidota, biotita-piróxenos-otros, opacos-zircón, y monacita-esfena, con correlación moderada se observa a moscovita-granate, y esfena-alterados.

En el análisis estadístico, muestra-muestra con todas las especies mineralógicas, en playas para ambas fracciones (3.0Ø y 3.5Ø), debido a las altas concentraciones de hornblenda y opacos, y a que adquieren valores casi constantes a lo largo del área de estudio, el comportamiento

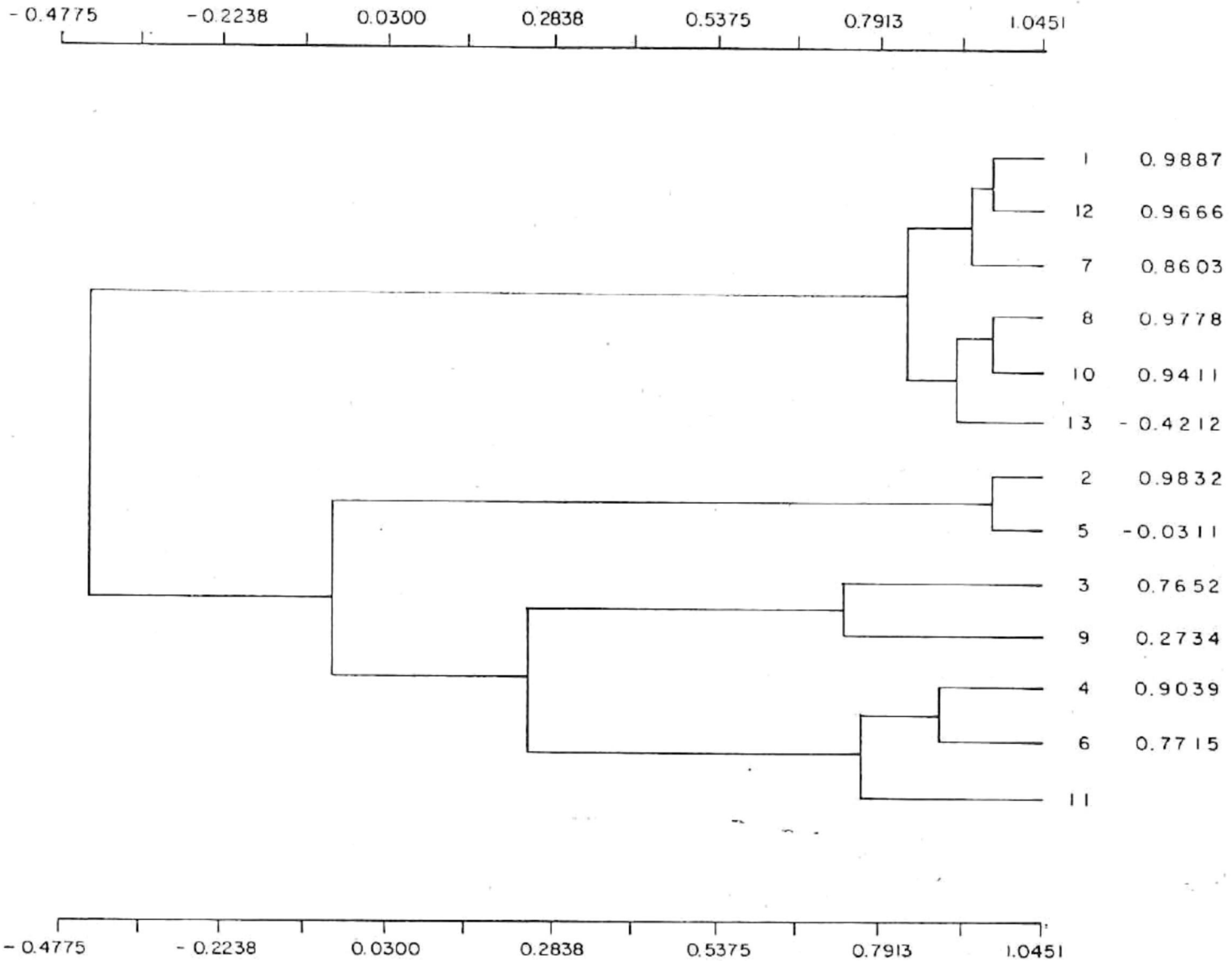


DENODOGRAMA - LOS VALORES EN EL EJE X SON SIMILITUDES

- | | | | | |
|---------------|-------------|------------|------------------|------------|
| 1.-Hornblenda | 4.-Monacita | 7.-Epidota | 10.-Piróxenos | |
| 2.-Opacos | 5.-Zircón | 8.-Biotita | 11.-Alterados | 13.-Otros. |
| 3.-Moscovita | 6.-Esfena | 9.-Granate | 12.-Desconocidos | |

FIG. 23. DENDROGRAMA OBTENIDO MEDIANTE EL ANALISIS DE GRUPO

MODO-R, EN ARROYOS-FRACCION 3;0 Ø.



DENDOGRAMA - LOS VALORES EN EL EJE X SON SIMILITUDES

1.-Hornblenda 4.-Monacita 7.-Epidota 10.-Piróxenos

2.-Opacos 5.-Zircón 8.-Biotita 11.-Alterados 13.-Otros.

3.-Muscovita 6.-Esfena 9.-Granate 12.-Desconocidos

FIG. 24 .DENDOGRAMA OBTENIDO MEDIANTE EL ANALISIS DE GRUPO

MODO-R, EN ARROYOS FRACCION 3.5 Ø.

del dendrograma, agrupa todas las muestras en un solo grupo indicativo de la presencia de una sola provincia. (figs. 25 y 26).

Lo anterior se corrobora con los resultados obtenidos al hacer el análisis gráfico de la distribución de los minerales pesados.

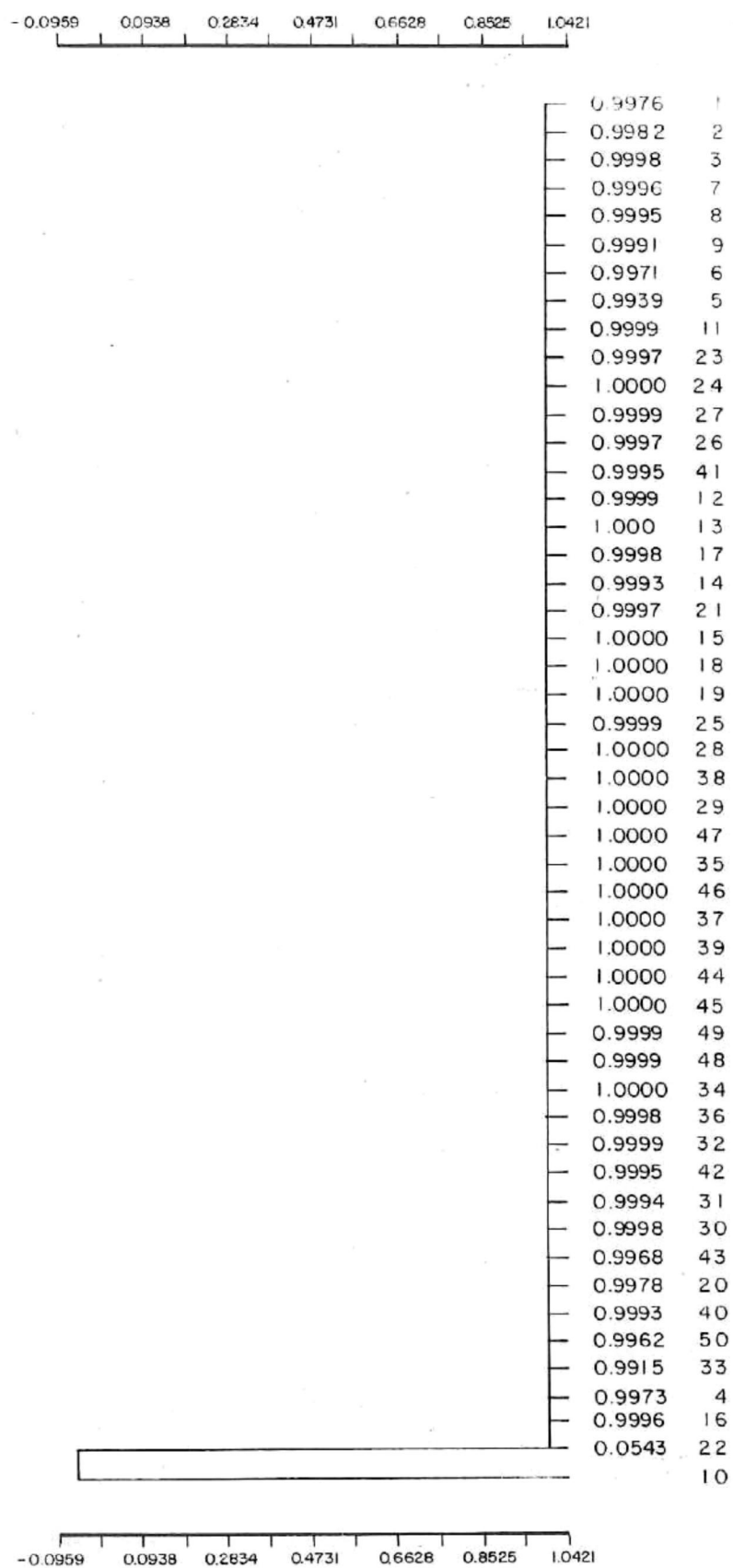


FIG.25 -DENDROGRAMA OBTENIDO MEDIANTE EL ANALISIS DE GRUPO (MODO Q) EN PLAYAS FRACCION 3.0 Ø.

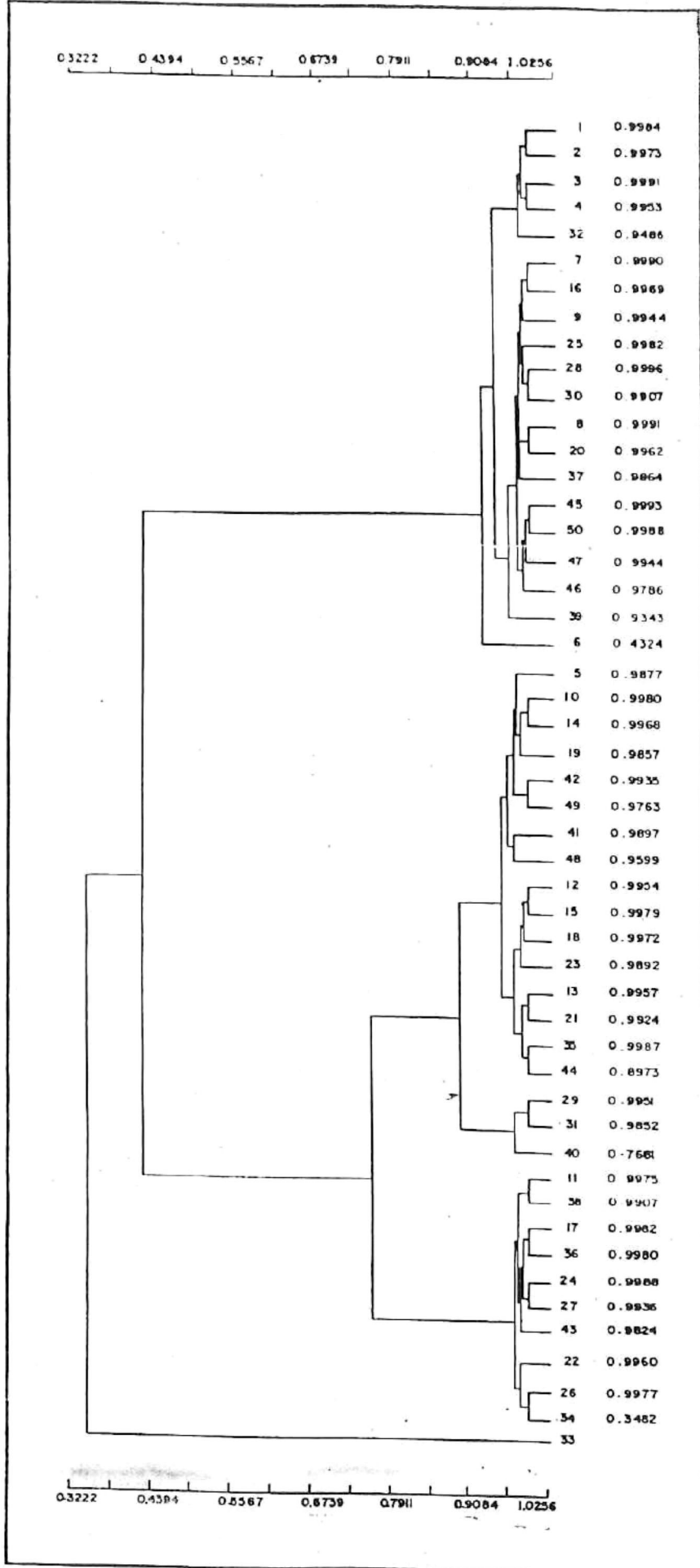


FIG.26. DENDROGRAMA OBTENIDO MEDIANTE EL ANALISIS DE GRUPO MODO-Q, FRACCION 3.5 Ø EN PLAYAS.

CONCLUSIONES

i).- La presencia de hornblenda como el constituyente principal tanto para la fracción 3.0 Ø, como para la fracción 3.5 Ø es indicativo de la existencia de una sola provincia.

ii).- La fuente posible de hornblenda como constituyente principal al área de estudio son las rocas batolíticas presentes tanto al Norte como al Sur de la zona. Siendo el río Tijuana el principal aportador de sedimentos.

iii).- Constituyentes menores como esfena, monacita, y zircón son aportados posiblemente por los arroyos menores y las puntas rocosas locales.

iv).- El análisis gráfico de la distribución de los minerales pesados presentes en los sedimentos del área de estudio se corrobora con las asociaciones obtenidas en el análisis de correlación especie-especie realizado. Por tal motivo es indistinto realizar el análisis con cualquiera de los dos métodos.

BIBLIOGRAFIA

ALI, S. y P.H. FELHAUSEN, 1975. Sedimentary facies of Barataria Bay, Luisiana determined by multivariate statistical techniques. Jour. Math. Geol. vol.14.

AYALON, A. 1976. The mineralogy of detrital sediments along the western coast of Gulf of Elat. Jour.of Sedim.Petrol.46, No.3.

BRIGGS, L. 1965. Heavy mineral correlations and provenances Jour. of Sedim. Petrol.vol. 35, No.4. P.939-955

CARRIQUIRI, J. 1985. "Análisis de la distribución de los minerales pesados en los sedimentos clásticos de la Bahía de Todos Santos, B.C." Tesis de Licenciatura. Esc.Sup. de Ciencias Marinas-U.A.B.C., Ensenada, B.C. México.

CARVER, R 1971. Procedures in sedimentary petrology. Ed. Wiley and Sons. 653PP

CETENAL, 1980. Carta topográfica. Comisión de estudios del territorio nacional. Secretaría de la presidencia,

1980.

DAVIS, J. 1973. Statistics and data analysis in geology
John Wiley and Sons. Inc. New York.

DRYDEN, A.L. 1931. Accuracy in percentage representation
of heavy mineral frequencies : Nat. Acad. Sci., Proc.
vol.17, pp.233-238.

FESSENDEN, F.W. 1959. Removal of heavy liquids separates
from glass centrifuge tubes. - Jour. of Sedim.
Petrol.vol.29 P.621

FLORES, R. and SHIDELER 1978. Factor controlling heavy
mineral variations on the South of Texas outer
continental shelf, Gulf of Mexico. Jour. of Sedim.
Petrol.vol.43, No.1

GASTILL, R.G., E.C. ALLISON, and R.P. PHILLIPS, 1971
Reconnaissance geology of the State of Baja California.
Geol. Soc. of Amer.Bull. Memoir, 140 PP.170

GOLDSTEIN, A. 1942. Sedimentary petrologic provinces of
the Northern Gulf of Mexico. Jour. of Sedim.
Petrol.vol.12, No.2

JUDGE, C.W. 1970. Heavy minerals in beach sediments as indicators of shore processes between Monterrey and Los Angeles, Calif. U.S. Army, Corps. of Engineers.

MINCH, J.A. 1967. Stratigraphy and Structure of the Tijuana-Rosarito Beach Area, NW of Baja California, México. Geol. Soc. of America Bull. vol.78, pp.1155-1175.

PARKS, J.W. 1966. Cluster analysis applied to multivariate geologic problems. Jour. of Sedim. Petrol.vol.74, No.5

PETTIJOHN, F.J. 1941. Persistence of heavy minerals and geologic age. Jour. of Geology.vol.49.

POZOS, S. 1985. 'Cantidad de sedimento drenado hacia el Océano pacífico por los principales ríos del norte de Baja California. (1950-1983). Tesis de Licenciatura, Esc.Sup. de Ciencias Marinas U.A.B.C., Ensenada, B.C. México.

RAMMESAN, V. 1966. Improved methods of mineral separation and counting suitable for fine grained sandstones. Jour. of Sedim. Petrol.vol.36, No.2

pp.629-631.

RITTENHOUSE, G. 1943. Transportation and deposition of heavy minerals. Geol. Soc. of America Bull. vol,54. P.1725-1780

ROYSE, Ch. 1970. An introduction to the sediment analysis, Arizona State Univ.

RUBEY, W.W. 1933. The size distribution of heavy minerals within a waterlaid sandstones. Jour. of Sedim. Petrol.

SIDDIQUIE, and MALLIK 1972. An analysis of the mineral distribution patterns in the recent shelf sediments off Mangalore, India. Marine Geology.

UREÑA , P.E. (1986, en preparaci6n). "Transporte litoral paralelo a la costa en playas de Tijuana, B.C." Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas-U.A.B.C. , Ensenada, B.C. M6xico.

VAN ANDEL, T.j. 1955. Sediments of the Rhon6 Delta GEOLOGISCHE SERIE XV,3e stuk,blz. p.516-543

-- and Poole, D. 1960. sources of recent sediments in the

Northern Gulf of Mexico. Jour. of Sedim. Petrol.
vol.30, No.1 P.91-122