

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

"CARACTERISTICAS MINERALOGICAS Y TEXTURALES DE LOS SEDIMENTOS
RECIENTES DE UNA FRANJA LITORAL EN EL SURESTE DE BAJA CALIFORNIA,
MEXICO."

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE OCEANOLOGO PRESENTA:
GERARDO MONTALVO CORRAL

ENSENADA BAJA CALIFORNIA 20 DE NOVIEMBRE DE 1990.

"CARACTERISTICAS MINERALOGICAS Y TEXTURALES DE LOS SEDIMENTOS
RECIENTES DE UNA FRANJA LITORAL EN EL SURESTE DE BAJA
CALIFORNIA, MEXICO."


TESIS
QUE PRESENTA
GERARDO MONTALVO CORRAL

APROBADA POR:

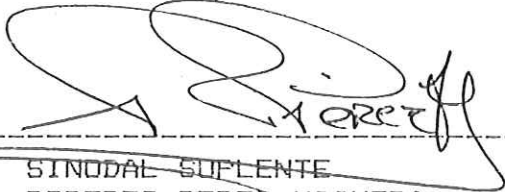
PRESIDENTE DEL JURADO
OC. ALFREDO CHEE BARRAGAN



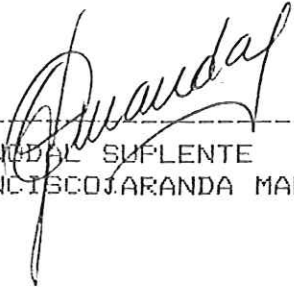
SINODAL PROPIETARIO
DR. JOSE D. CARRIQUIRY BELTRAN



SINODAL PROPIETARIO
OC. AMILCAR LEVI CUPUL MAGANA



SINODAL SUPLENTE
OC. ROBERTO PEREZ HIGUERA



SINODAL SUPLENTE
OC. FRANCISCO JARANDA MANTECA

RESUMEN.

Se realizó un estudio de minerales en la costa Este de Baja California, desde el Paralelo 28 hasta Bahía de los Angeles. Se obtuvieron los parámetros texturales de los sedimentos, la mineralogía y la correlación entre las asociaciones de minerales y la geología regional. Los sedimentos en los arroyos presentan tamaños de grano de medio a fino, con una dispersión moderada y con sesgo hacia los granos medianos (1.0 phi). En las playas el tamaño de grano es de medio a fino, con una dispersión variable y con sesgo asimétrico hacia los granos finos.

Se determinaron mediante análisis microscópico de minerales, 10 especies minerales en la fracción ligera y 30 especies en la fracción pesada en los tamaños 3.0 y 3.5 phi. Las especies dominantes son hornblenda-biotita, hiperstena-augita, esfencianita y monacita.

Se emplearon métodos estadísticos para determinar la procedencia del agregado mineral mediante el programa "Cluster analysis".

Primeramente, utilizando el total de las muestras en el análisis estadístico, se obtiene una correlación moderada a mal agrupada. En los casos de correlación moderada se reconocen 2 provincias, definidas por las secciones 7 y 8 al Norte en la región del valle de San Pedro y el valle Las Flores y la sección 1 al Sur, en la región de la Bahía de San Juan Bautista.

Utilizando las muestras de arroyo y playa asociadas, el análisis estadístico muestra una baja correlación entre estas, lo que sugiere que el transporte fluvial es mínimo y mayor la influencia de otros procesos de selección y transporte en las playas (litoral, eólico, aporte local).

DEDICATORIA.

A mis padres Ciro y Licha, a mi esposa Marina y a mis hijos Ofelia y Gerardo.

AGRADECIMIENTOS.

A la Estación de Investigaciones Oceanográficas de la Secretaría de Marina por permitir el uso de sus instalaciones para el desarrollo del presente trabajo.

Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas por aportar los datos que hicieron posible la realización de la presente tesis.

A mi director de tesis por el tiempo invertido en la realización del presente trabajo y por sus acertadas críticas.

A mis sinodales: Dr. José Domingo Carriquiri Beltran, Ocean. Amilcar Levi Cupul, Ocean. Francisco Aranda Manteca, Ocean. Roberto Perez Higuera por las correcciones y aportaciones vertidas en el presente trabajo.

A mis Maestros.

A mis compañeros y amigos que de alguna manera intervinieron en la culminación de este trabajo a Mario, Teresa, Lolita, Chely y en especial al Doctor Arturo Martin Barajas.

LISTA DE TABLAS.

ANEXO 1.

Tablas

- I Parámetros texturales de las muestras de playa.
- II Parámetros texturales de las muestras de arroyo.
- XV Principales características sedimentológicas de las muestras de playa.
- XVI Principales características sedimentológicas de las muestras de arroyo.
- XVII Procedencia de algunos minerales pesados comunes (Carver, 1971).
- XVIII Asociaciones de minerales pesados y procedencia (Pettijhon et al., 1972).

ANEXO 2.

- III Porcentaje de minerales pesados y ligeros para las muestras de playa fracción 3.0 phi.
- IV Porcentaje de minerales pesados y ligeros para las muestras de playa fracción 3.5 phi.
- V Porcentaje de minerales pesados y ligeros para las muestras de arroyo fracción 3.0 phi.
- VI Porcentaje de minerales pesados y ligeros para las muestras de arroyo fracción 3.5 phi.

- VII Porcentaje minerales ligeros en playa fracción
3.0 phi.
- VIII Porcentaje minerales ligeros en playa fracción
3.5 phi.
- IX Porcentaje minerales ligeros en arroyo fracción
3.0 phi.
- X Porcentaje minerales ligeros en arroyo fracción
3.5 phi.
- XI Porcentaje minerales pesados en playa fracción
3.0 phi.
- XII Porcentaje minerales pesados en playa fracción
3.5 phi.
- XIII Porcentaje minerales pesados en arroyo fracción
3.0 phi.
- XIV Porcentaje minerales pesados en arroyo fracción
3.5 phi.

ANEXO 3.

Dendrograma de correlación del total de las muestras figuras 6 y 7

Dendrograma de correlación de las muestras de playa y arroyo
figuras 8 y 9.

LISTA DE FIGURAS.

Mapas geológico de la región de estudio y mapas con las estaciones de muestreo sedimentológico (Fig. 1,2 y 3).

Gráficas de variación en la frecuencia de minerales pesados (Fig. 4 y 5).

Dendrogramas con Niveles de similitud (Fig.6,7,8 y 9).

	INDICE:	PAGINA.
1.	INTRODUCCION.	10
2.	OBJETIVO.	14
3.	DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.	15
	3.1. Localización, acceso y datos generales.	
	3.2. Morfología.	
	3.3. Geología regional.	
4.	METODOLOGIA.	19
5.	RESULTADOS POR SECCIONES FISIOGRAFICAS.	21
	5.1. Sección 1	21
	5.1.1. Geomorfología y aporte sedimentario.	
	5.1.2. Clasificación de la fracción ligera (Folk 1968).	
	5.1.3. Mineralogía.	
	5.1.4. Relación de minerales pesados y ligeros mas dominantes.	
	5.2. Sección 2.	24
	5.3. Sección 3.	26
	5.4. Sección 4.	28
	5.5. Sección 5.	30
	5.6. Sección 6.	31
	5.7. Sección 7.	34
	5.8. Sección 8.	36
	5.9. Sección 9.	38
	5.10. Sección 10.	39

6.	RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE MUESTRAS.	41
6.1.	Parámetros texturales.	
6.2.	Mineralogía.	
6.2.1.	Porcentaje de minerales ligeros vs. pesados	
6.2.2.	Análisis microscópico de minerales.	
6.2.3.	Relación mineralógica entre arroyos y playas.	
6.3.	Procedencia.	
6.3.1	Coefficiente de correlación	
6.3.2	Procedencia del agregado sedimentario	
7.	DISCUSIONES.	47
8.	CONCLUSION.	51
	BIBLIOGRAFIA.	52

1. INTRODUCCION.

A partir de 1987 el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) inició un proyecto en la costa oriental del Estado con el propósito de conocer la mineralogía de los sedimentos contenida en arroyos y en playas. El objetivo se centró en caracterizar los minerales de importancia económica de la región, utilizando los sedimentos como una herramienta de prospección.

Utilizando "minerales Índice" se obtiene información sobre la procedencia del sedimento. En efecto, los minerales se asocian de un modo particular que puede indicar el tipo de roca o área fuente y reconocer el grado de influencia de la geología de la zona (Pettijohn et al., 1972).

Los minerales ligeros se clasifican y se utilizan para obtener un respaldo mayor al determinar áreas de procedencia, empleando principalmente el cuarzo como indicador.

En diversos trabajos sobre el estudio de procedencia se han utilizado los minerales pesados; destacan las investigaciones realizadas por Van Andel (1955), Van Andel y Poole (1960). Estos autores reconociendo las diversas provincias mineralógicas, establecieron la procedencia de los sedimentos del delta del Rhone (Francia) y del Mississippi (EU) respectivamente. En un trabajo realizado en la Bahía de Monterey en California, Hutton

(1959), mediante exámen mineralógico determinó la procedencia de los sedimentos en esta región. En ese trabajo se observó la disminución relativa de los minerales pesados en las arenas más finas, prevaleciendo los minerales ligeros. Phillip (1967), en otra investigación realizada en los ríos Eufrates y Tigris, en Irak, consideró la fracción ligera para obtener resultados más exactos. Este autor reconoció la mayor influencia de las rocas metamórficas y rocas volcánicas básicas sobre la base de siete minerales ligeros, principalmente el cuarzo y la sílice criptocristalina (ópalo). La asociación de minerales pesados, en particular la alta concentración de epidota y anfíbol, permitió poner en evidencia la influencia de las rocas antes mencionadas.

Combellick y Osborne (1977), utilizaron los parámetros texturales de los sedimentos y el análisis mineralógico de la fracción ligera en la Bahía de Monterey en California, para concluir que la mayor influencia en el aporte sedimentario lo ejercen las rocas plutónicas ácidas. En ese trabajo, la presencia de altas concentraciones de cuarzo policristalino y de feldespato potásico y sódico indican la influencia de las rocas graníticas.

En la costa Oeste de Baja California se han realizado trabajos que describen la procedencia de los sedimentos de playa. Alatorre (1985), con el análisis de minerales pesados encontró dos asociaciones características entre Punta Prieta y

Punta Cono que indican el origen de los sedimentos de playa, dunas y arroyos. Navarro (1986), determinó la procedencia de minerales en playas entre Punta Cono y Punta San Carlos, concluyendo que la erosión marina es el agente más importante para el aporte de sedimentos a las playas. Este autor indica que los arroyos en la zona tienen una influencia mínima en este proceso. Carriquiry (1985), por medio de estudios multivariados de datos texturales, mineralógicos y razones de fraccionamiento hidráulico, determinó cuatro provincias mineralógicas en la Bahía de Todos Santos, obteniéndose así los patrones de aporte y origen de estos depósitos sedimentarios.

Los sedimentos para su estudio se dividen en dos fracciones de acuerdo a su peso específico: minerales pesados y minerales ligeros. Los de mayor interés son los minerales pesados, los cuales representan aproximadamente el 2% de toda la fracción detrítica y están definidos como aquellos que tienen un peso específico mayor de 2.85 (Pardee, 1934; Pettijhon, 1957). Estos minerales tienen como principal fuente a las rocas metamórficas e igneas y son la primeras las que por lo general aportan más del 80% del total (Carver, 1971).

En esta investigación se incluyó la fracción pesada y la fracción ligera para determinar el origen de los sedimentos de las playas de la costa Este de Baja California, apoyados en el examen mineralógico de los arroyos.

Este tipo de análisis permite definir la influencia de la geología regional y local en los depósitos sedimentarios, además de tener otras aplicaciones. Por ejemplo, combinado con el análisis textural del sedimento, el estudio de procedencia se aplica a la reconstrucción de paleoambientes y a la identificación de patrones de distribución de sedimentos de playa, entre otros.

En el presente trabajo, además de determinar la mineralogía de los sedimentos de arroyos y playas, se utilizan los parámetros texturales y los coeficientes de correlación proporcionados por el programa estadístico análisis de grupos (Cluster analysis), por medio del cual se ha determinado la procedencia de los minerales.

2. OBJETIVO.

Caracterizar la región comprendida entre el Paralelo 28 y Bahía de los Angeles en la costa oriental de Baja California, por medio de la mineralogía de los sedimentos de arroyos y playas, los parámetros texturales del sedimento y la correlación mineralógica por medio del análisis de grupos.

3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

3.1 Localización, acceso y datos generales.

El Área de estudio comprende aproximadamente 120 km de costa en la parte central de Baja California, entre las coordenadas geográficas 113 35 y 114 08 de longitud Oeste y 28 00 y 29 15 de latitud Norte (Fig. 2 y 3).

El acceso a la región de estudio se localiza, sobre la carretera transpeninsular, en la localidad de Punta Prieta, aproximadamente 450 km al Sur de Ensenada. La distancia por carretera a Bahía de los Angeles desde el entronque, es de aproximadamente 60 km hacia el Este. A partir de este punto los accesos son limitados y comprenden caminos de terracería y brechas.

3.2 Morfología.

La región está compuesta por doce sierras cuyas elevaciones varían de 700 a 1500 m de altura. Once arroyos componen el sistema hidrológico principal los cuales tienen longitudes promedio de 6-8 km con excepción de la cuenca de San Vicente y San Pedro que son mucho mayores. En la región Sur, entre el arroyo Salsipuedes y el Paralelo 28 las pendientes de los arroyos varían desde 3% hasta 1.4% y las zonas de aporte sedimentario se encuentran más cerca de la costa.

En la región Norte, que comprende a Bahía de las Animas y a Bahía de los Angeles, las pendientes de los arroyos varían de

0.5% en el valle de San Pedro a 1% en el Valle de las Flores y San Vicente. En la playa La Silica desemboca el Arroyo La Riconada de Solorio, cuya pendiente es en promedio de 3%.

Las pendientes de los arroyos nos proporcionan una idea del tipo de avenidas que prevalecen en la región de tal forma que los arroyos con mayor pendiente tienen avenidas de agua mas turbulentas que los arroyos con menor pendiente. El caso de la playa La Silica en donde desemboca el arroyo con la cuenca hidrológica de mayor pendiente ha generado un delta en la región. (hoja Detenal Bahía de los Angeles H12C52).

3.3 Geología regional.

La geología de la región esta caracterizada por una gran diversidad de rocas (Fig. 1 mapa geológico, Gastil et al., 1975).

En la región de San Juan Bautista afloran rocas volcánicas Ácidas del Mioceno, constituidas principalmente por riolitas, dacitas y andesitas, además se observan algunos afloramientos de rocas volcánicas básicas del Plioceno, compuestas por basalto y andesita basáltica. En la región costera se observan depósitos de sedimentos marinos del Cuaternario.

Hacia el Norte, en Punta San Miguel continúan los afloramientos de rocas volcánicas de composición mayormente Ácida, junto con rocas batolíticas las cuales delimitan los sedimentos de aluvión del Cuaternario.

En Punta San Francisquito tenemos la presencia de rocas metamórficas de alto grado (pizarra, esquisto, cuarcita, gneis) del Paleozoico que afloran junto con rocas graníticas (tonalita, granodiorita) del Cretácico. Esta litología se observa hasta los 28 30 latitud Norte (Fig. 1).

Hacia Punta las Animas la geología consiste en rocas volcánicas postbatolíticas constituidas de basaltos, andesitas y riolitas además de sedimentos del Terciario y Cuaternario.

La región Norte comprende Bahía de La Animas y Bahía de los Angeles. Las sierras circundantes están compuestas esencialmente de rocas batolíticas (granito, granodiorita, gabro, tonalita) con afloramientos de rocas volcánicas (riolita, dacita, andesita y basalto) del Mioceno y Plioceno, además de rocas metamórficas de alto grado del Paleozoico. Los sedimentos son de tipo aluvión (arcilla-arenosa) y sedimentos marinos del Cuaternario.

La separación de las bahías está dada por afloramientos de rocas volcánicas básicas y ácidas del Plioceno y Mioceno respectivamente y por rocas graníticas, principalmente tonalitas y otras rocas graníticas no diferenciadas.

A nivel regional la orografía está dominada por un sistema de fallas con rumbos generales hacia el Noroeste originadas posteriormente al emplazamiento de las rocas batolíticas (Gastil et al., 1975).

En términos generales la geología varía de Sur a Norte. En

la parte Sur predominan afloramientos de rocas volcánicas del Mioceno-Plioceno, disminuyendo sustancialmente hacia el Norte. Las rocas batolíticas, intercaladas con rocas metamórficas de alto grado del Paleozoico dominan en la región Norte, entre Punta San Gabriel y Bahía de los Angeles. Estas rocas constituyen el basamento cristalino de la Península.

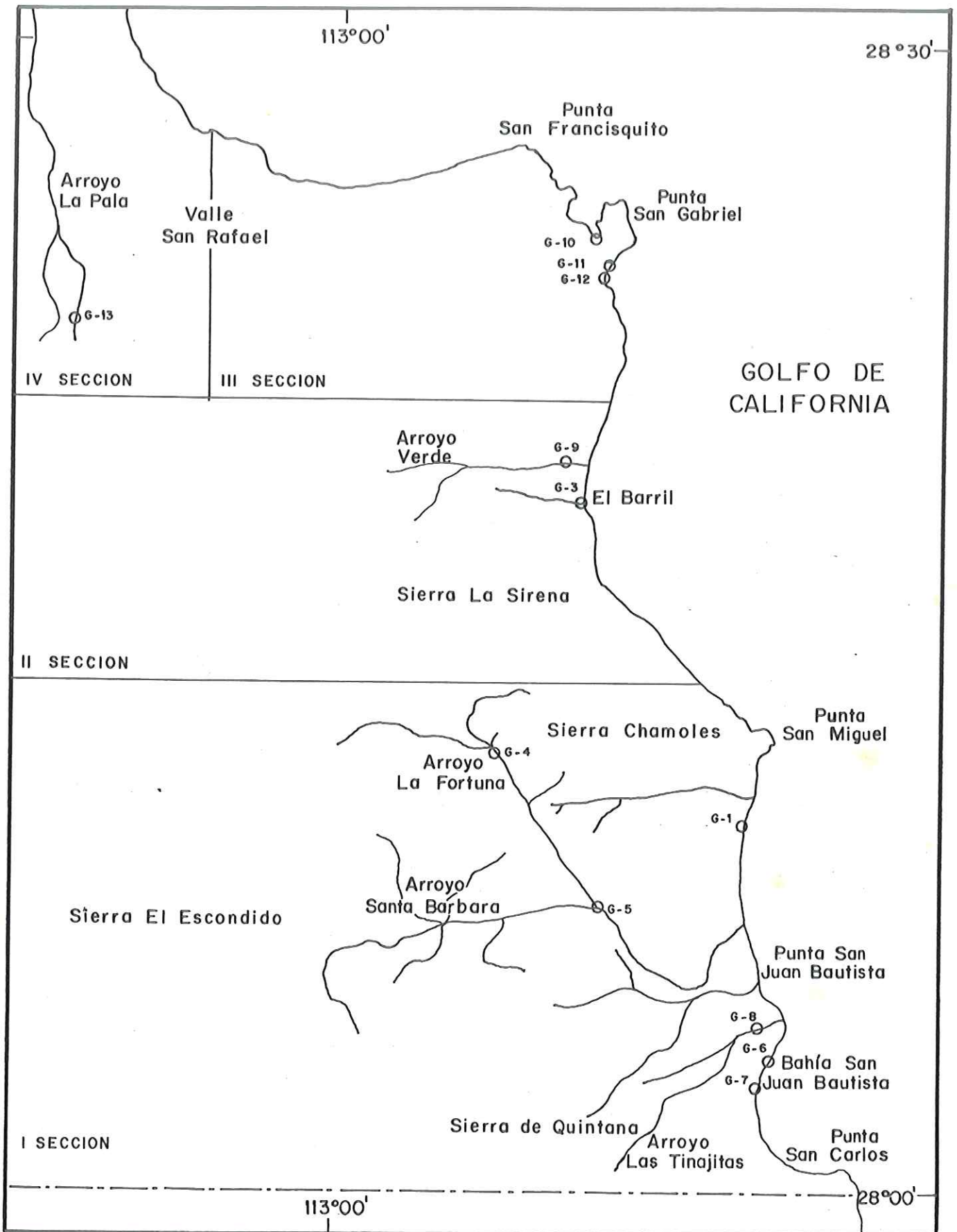


Fig.2 .- Mapa de la región de estudio en la zona sur, con las estaciones de muestreo sedimentológico.

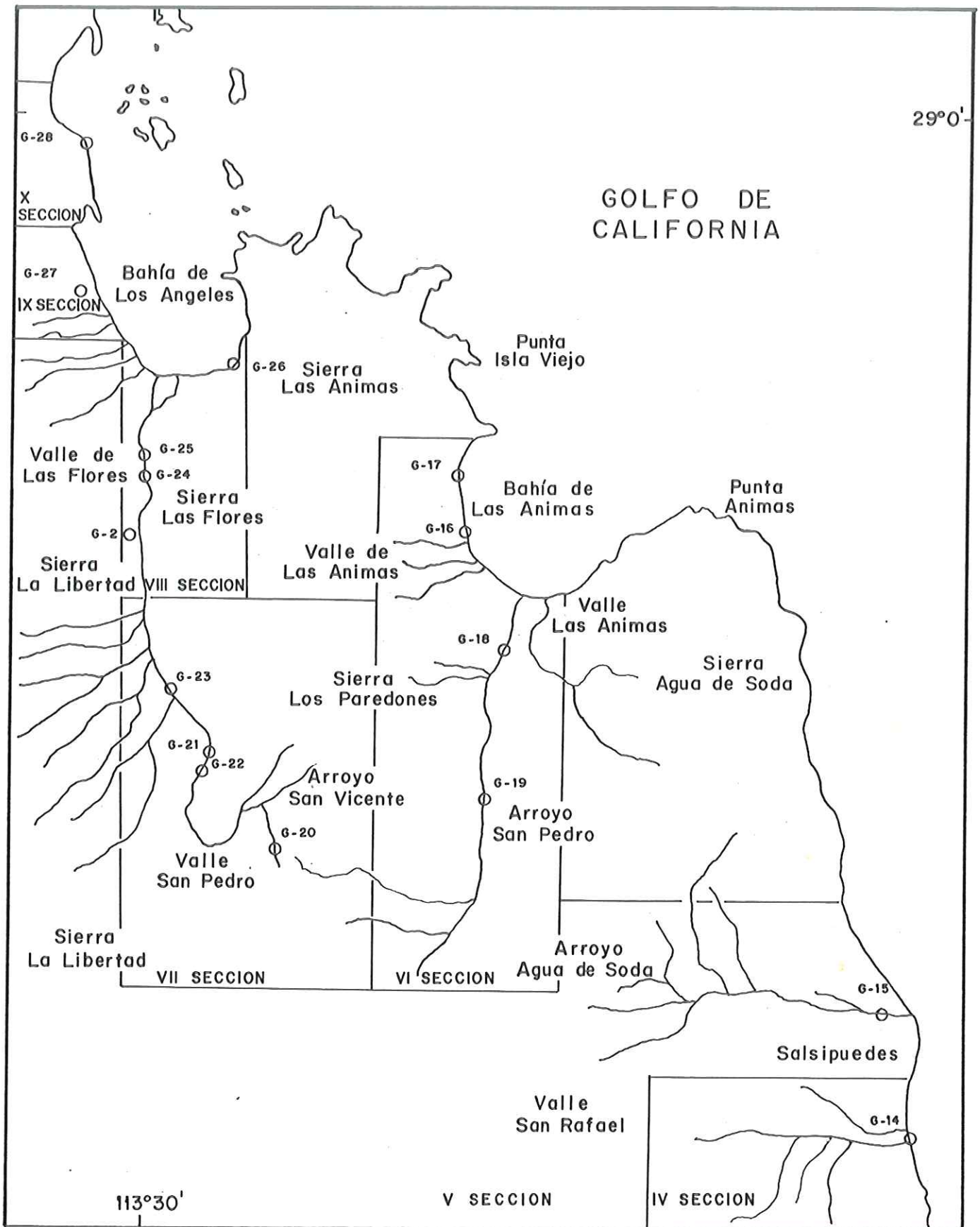


Fig.3 .- Mapa de la región de estudio en la zona norte, con las estaciones de muestreo sedimentológico.

4. METODOLOGIA.

Se colectaron muestras de arena en playa y en arroyos a lo largo de la costa Noreste, entre el Paralelo 28 y Bahía de los Angeles, utilizando un nucleador de mano. El sitio de muestreo se seleccionó con base en acumulaciones de minerales pesados observadas, obteniéndose un total de 25 muestras superficiales (Fig. 2 y 3). Las muestras fueron tratadas y separadas granulométricamente por medio de las técnicas descritas por Royce (1970). La separación se efectuó a intervalos de $1/2 \phi$, seleccionándose los tamaños de 3.0ϕ y 3.5ϕ por contener la mayor concentración de minerales pesados (Rittenhouse, 1943). Por otro lado estos constituyen el tamaño adecuado para montar las placas para el análisis mineralógico en microscopio óptico (Krumbein y Rassmusen, 1941).

Las muestras fueron separadas con bromoformo ($D=2.85$) de acuerdo al método de Fessenden, (1959) y posteriormente fueron pesadas y microcuarteadas hasta obtener una submuestra, con la cual se realizó la separación magnética de los minerales para agruparlos de acuerdo a su susceptibilidad magnética (Rossemblum, 1959).

El montaje se realizó en un medio con índice de refracción conocido (histoclad $n=1.54$), haciendo un total de 50 muestras en la fracción pesada y 50 muestras en la fracción ligera, las cuales se identificaron por medio de las propiedades ópticas de

los minerales. Para el conteo de granos se utilizó el "metodo de linea" (Ramessan, 1966) el conteo se hizo con 300 granos ya que Drayden (1935), señala que esta cantidad es estadísticamente suficiente para determinaciones de porcentos mineralógicos. El procesamiento de los datos se realizó en una computadora utilizando programas estadísticos para obtener los parámetros texturales por el método de momentos y con el programa "Cluster analysis" modo-Q, se obtuvieron los niveles de correlación de los conjuntos de minerales.

En gabinete los datos se agruparon por secciones a lo largo de los arroyos y en las playas. En cada sección se incluyen la geomorfología, el clan mineralógico (Folk, 1968), las asociaciones mineralógicas dominantes, los minerales accesorios, la relación de minerales pesados y ligeros dominantes y la procedencia de agregado mineral.

5. RESULTADOS POR SECCIONES FISIOGRAFICAS.

Para facilitar la descripción de la zona se describen 10 secciones distribuidas a lo largo de aproximadamente 120 km de costa. Las secciones se determinaron con base en el análisis de aportes de sedimentos a la costa obtenidos de los mapas topográficos de Detenal escala 1:50,000.

En las tablas de resultados se presenta a las micas, tanto como mineral pesado como mineral ligero, esto es debido a que en la separación con bromoformo, estos minerales se comportan como minerales de menor peso específico por su forma laminar, además su gravedad específica se ubica en los límites de la división de minerales ligeros y pesados, marcada por el bromoformo ($\rho=2.85$) ya que el peso específico de las micas varía de 2.7 a 3.2.

5.1 SECCION 1.

5.1.1 Geomorfología y aporte sedimentario.

Los arroyos Las Tinajitas y La Fortuna son el drenaje principal de Las Sierras de Quintana, La Sirena y Chamoles. Las estaciones (G-4), (G-5) y (G-8) se encuentran en los causes y convergencia de estos arroyos como testigos de la mineralogía dominante. Con las estaciones de playa (G-6) y (G-7) obtuvimos el registro de aporte sedimentario en el litoral. La elevación máxima es de 800 m a 7 km de la costa, la pendiente de los arroyos es del 2.8% en Las Tinajitas y del 1% en La Fortuna, en la costa la pendiente es equivalente al 20% considerando una

elevación de 100 m a 500 m de la línea de costa. (Los corrales H12084).

5.1.2 Clan mineralógico.

Sección 1. Estaciones de Arroyo (G-4), (G-5) y (G-8).

Estaciones de Playa (G-6) y (G-7).

La primera sección contiene en los arroyos un agregado con abundancia de fragmentos líticos de tipo riolítico observándose un aumento hacia la playa en el contenido de cuarzo.

	F-Q-L %	
arroyo	5-5-90	G-4 Litoarenita
	30-50-20	G-5 Arkosa Lítica
	20-30-50	G-8 Litoarenita Feldespática
playa	5-75-20	G-6 Sublitoarenita
	5-75-20	G-7 Sublitoarenita

5.1.3 Mineralogía.

minerales pesados: augita-hornblenda-alterados-opacos.

minerales ligeros: Muscovita-biotita-alterados-cuarzo-feldespatos-calcita.

minerales accesorios: tremolita-cianita-monacita-esfena-

hiperstena-pirofilita-apatita-clinozoisita-granate.

5.1.4 Relación de minerales de mayor abundancia ligeros y pesados.

ARROYOS.

Arroyo 3.0 phi	Arroyo 3.5 phi	Arroyo 3.0 phi	Arroyo 3.5 phi
Ligeros	Ligeros	Pesados	Pesados
(G-4)	(G-4)	(G-4)	(G-4)
muscovita	muscovita	hornblenda	hornblenda
biotita	biotita	opacos	opacos
cuarzo	cuarzo	alterados	alterados
(G-5)	(G-5)	(G-5)	(G-5)
alterados	alterados	alterados	alterados
cuarzo	cuarzo	opacos	opacos
biotita	feldespatos	augita	augita
(G-8)	(G-8)	(G-8)	(G-8)
alterados	alterados	alterados	alterados
cuarzo	cuarzo	augita	opacos
calcita	albita	opacos	augita

PLAYAS.

Playa 3.0 phi	Playa 3.5 phi	Playa 3.0 phi	Playa 3.5 phi
Ligeros	Ligeros	Pesados	Pesados
(G-6)	(G-6)	(G-6)	(G-6)
calcita	calcita	augita	opacos
cuarzo	cuarzo	opacos	augita
alterados	alterados	alterados	alterados
(G-7)	(G-7)	(G-7)	(G-7)
calcita	calcita	augita	augita
cuarzo	cuarzo	hornblenda	hornblenda
alterados	alterados	alterados	alterados

5.2 SECCION 2.

5.2.1 Geomorfología y aporte sedimentario.

El arroyo Verde, es el drenaje principal de Valle El Barril, y contiene a la estación (G-9). Como testigo del aporte sedimentario a la playa de El Barril, se tiene la estación (G-3). La topografía es mas o menos uniforme conteniendo un enorme sistema de drenaje menor, por el cual se transportan los materiales erosionados de La Sierra La Sirena. La altura maxima a 8 km de la costa es de 200 m. La pendiente del arroyo es en promedio de 2.5% (El Barril H12C74).

5.2.2 Cian mineralógico.

Sección 2. Estacion de Arroyo (G-9)

Estación de Playa (G-3)

En esta sección el sedimento de arroyo contiene abundantes fragmentos líticos, que disminuyen hacia la playa, hacia donde el aumenta el contenido de cuarzo.

F-Q-L %

arroyo	10-20-70	G-9	Litoarenita feldespática
playa	10-30-60	G-3	Litoarenita feldespática

5.2.3 Mineralogía.

minerales pesados: opacos-hornblenda-monacita-alterados

minerales ligeros: muscovita-biotita-cuarzo-alterados

minerales accesorios: augita-pirofilita-esfena-hiperstena-apatita-clinozoisita-tremolita-granate.

5.2.4 Relación de minerales de mayor abundancia ligeros y pesados.

ARROYOS.

Arroyo 3.0 phi	Arroyo 3.5 phi	Arroyo 3.0 phi	Arroyo 3.5 phi
Ligeros	Ligeros	Pesados	Pesados
(G-9)	(G-9)	(G-9)	(G-9)
muscovita	muscovita	opacos	hornblenda
cuarzo	cuarzo	hornblenda	opacos
alterados	alterados	alterados	monacita

PLAYAS.

Playa 3.0 phi	Playa 3.5 phi	Playa 3.0 phi	Playa 3.5 phi
Ligeros	Ligeros	Pesados	Pesados
(G-3)	(G-3)	(G-3)	(G-3)
muscovita	muscovita	muscovita	muscovita
biotita	biotita	biotita	biotita
cuarzo	cuarzo	alterados	hornblenda

5.3 SECCION 3.

5.3.1 Geomorfología y aporte sedimentario.

La playa San Francisquito se encuentra dentro de la ensenada de Las Palomas como una pequeña playa de bolsillo. Esta contiene a la estación (G-10). Los aportes de sedimento los recibe de las elevaciones locales de San Francisquito. En esta la elevación máxima es de 250 m a 3 km de la costa y la pendiente de la playa es de aproximadamente 2.5%.

La playa San Gabriel recibe aportes de la planicie aluvionar de Santa Teresa. Las estaciones (G-11) y (G-12) contienen su registro mineralógico. La elevación máxima son 100 m a 4 km de la costa. La topografía es mas o menos uniforme la pendiente de la planicie hasta la playa es de 2.5%. (El Barril H12C74).

5.3.2 Clan mineralógico.

Sección 3. Estaciones de Playa (G-10), (G-11) y (G-12)

En esta sección se observa la abundancia de cuarzo en el sedimento el cual es bien clasificado.

F-Q-L %

playa	10-85-5	G-10	Sublitoarenita
playa	5-80-15	G-11	Subarkosa
playa	20-50-30	G-12	Litoarenita feldespática.

5.3.3 Mineralogía.

minerales pesados: hornblenda-augita-ésfena-monacita-cianita.

minerales ligeros: cuarzo-biotita-muscovita-calcita-feldespatos
 minerales accesorios: opacos-hiperstena-zircon-olivino-apatita-
 pirofilita-clinozosita-tremolita-granate.

5.3.4 Relación de minerales de mayor abundancia ligeros y pesados.

PLAYAS.

Playa 3.0 phi	Playa 3.5 phi	Playa 3.0 phi	Playa 3.5 phi
Ligeros	Ligeros	Pesados	Pesados
(G-10)	(G-10)	(G-10)	(G-10)
cuarzo	cuarzo	hornblenda	hornblenda
albita	calcita	esfena	augita
calcita	albita	augita	esfena
(G-11)	(G-11)	(G-11)	(G-11)
cuarzo	cuarzo	biotita	biotita
muscovita	muscovita	monacita	monacita
feldespatos	feldespatos	esfena	opacos
(G-12)	(G-12)	(G-12)	(G-12)
muscovita	cuarzo	biotita	biotita
biotita	muscovita	alterita	monacita
cuarzo	calcita	cianita	hornblenda

5.4 SECCION 4.

5.4.1 Geomorfología y aporte sedimentario.

El Valle de San Rafael contiene al Arroyo La Pala el cual a su vez recibe aporte sedimentario de La Sierra El Alambrado. En esta sección se encuentra la estación (G-13) en el arroyo y la estación (G-14) en la playa de San Rafael. la elevación maxima son 100 m a 7 km de la costa, la pendiente del arroyo es promedio de 1.42%. (Valle de San Rafael H12C63).

5.4.2 Clan mineralógico.

Sección 4. Estación de Arroyo (G-13).

Estación de Playa (G-14).

En la cuarta sección, en el arroyo dominan los fragmentos líticos en el arroyo disminuyendo drasticamente en la playa, en donde aumenta el cuarzo y los feldespatos.

F-Q-L %

arroyo	10-30-60	G-13 Litoarenita feldespática
playa	15-80-5	G-14 Subarkosa

5.4.3 Mineralogía.

minerales pesados: opacos-alterados-augita-monacita-esfena.

minerales ligeros: muscovita-biotita-cuarzo-feldespatos-calcita-alterados.

minerales accesorios: hiperstena-zircon-cianita-apatita-pirofilita-fluorita-rutilo-granate-corinon.

5.4.4 Relación de minerales de mayor abundancia ligeros y pesados

ARROYOS.

Arroyo 3.0 phi	Arroyo 3.5 phi	Arroyo 3.0 phi	Arroyo 3.5 phi
Ligeros	Ligeros	Pesados	Pesados
(G-13)	(G-13)	(G-13)	(G-13)
muscovita	muscovita	opacos	opacos
biotita	biotita	alterados	alterados
cuarzo	feldespatos	augita	monacita

PLAYAS

Playa 3.0 phi	Playa 3.5 phi	Playa 3.0 phi	Playa 3.5 phi
Ligeros	Ligeros	Pesados	Pesados
(G-14)	(G-14)	(G-14)	(G-14)
cuarzo	cuarzo	augita	opacos
feldespatos	feldespatos	opacos	augita
calcita	alterados	esfena	esfena

5.5 SECCION 5.

5.5.1 Geomorfología y aporte sedimentario.

El arroyo Salsipuedes es el drenaje de la Sierra Salsipuedes, la cual aporta sedimentos a la costa. La altura máxima es de 700 m a 2 km de la costa, la pendiente del arroyo es en promedio de 3% (Valle de San Rafael H12063).

5.5.2 Clan mineralógico.

Sección 5. Estación de Arroyo (6-15)

En esta sección dominan los fragmentos líticos.

F-Q-L %

arroyo 15-35-50 6-15 Litoarenita Feldespática

5.5.3 Mineralogía.

minerales pesados: alterados-augita-hornblenda-opacos.

minerales ligeros: alterados-cuarzo-feldespatos.

minerales accesorios: monacita-anatasa-cianita-apatita.

5.5.4 Relación de minerales de mayor abundancia ligeros y pesados.

ARROYOS.

Arroyo 3.0 phi	Arroyo 3.5 phi	Arroyo 3.0 phi	Arroyo 3.5 phi
Ligeros	Ligeros	Pesados	Pesados
(6-15)	(6-15)	(6-15)	(6-15)
alterados	alterados	alterados	augita
cuarzo	cuarzo	augita	alterados
feldespatos	feldespatos	opacos	hornblenda

5.6 SECCION 6.

5.6.1 Geomorfología y aporte sedimentario.

El arroyo de San Pedro es el drenaje principal de las Sierras de San Pedro, Paredones, Agua de Soda y Las Animas. Contiene las estaciones (G-18) y (G-19). La elevación máxima son 1100 m a 35 km de la costa, la pendiente del arroyo es en promedio del 0.5% (hoja Detenal Los Paredones H12C62).

La playa Las Animas en la Bahía de Las Animas contiene las estaciones (G-16) y (G-17). Además de los aportes que recibe del arroyo San Pedro, recibe directamente aportes de sedimentos de la Sierra Las Animas por medio de un abundante drenaje menor con una pendiente promedio del 6% (Bahía de los Angeles H12C52).

5.6.2 Clan mineralógico.

Sección 6. Estaciones de Arroyo (G-18) y (G-19).

Estaciones de Playa (G-16) y (G-17).

En la sexta sección los arroyos contienen de 50-60% de fragmentos líticos disminuyendo hacia la playa.

	F-Q-L %	
arroyo	15-35-50	G-18 Litoarenita feldespática
	10-30-60	G-19 Litoarenita
playa	15-60-25	G-16 Litoarenita feldespática
	15-80-5	G-17 Subarkosa

5.6.3 Mineralogía.

minerales pesados: alterados-hornblenda-augita-opacos.

minerales ligeros: cuarzo-biotita-alterados-muscovita-
feldespatos

minerales accesorios:hiperstena-esfena-monacita-cianita-
apatita-turmalina-pirofilita-corindon-
zoisita-anatasa-olivino-berilo-anhidrita
enstatita.

5.6.4 Relación de minerales de mayor abundancia ligeros y
pesados.

ARROYOS.

Arroyo 3.0 phi	Arroyo 3.5 phi	Arroyo 3.0 phi	Arroyo 3.5 phi
Ligeros	Ligeros	Pesados	Pesados
(G-18)	(G-18)	(G-18)	(G-18)
cuarzo	cuarzo	alterados	alterados
biotita	feldespatos	hornblenda	opacos
alterados	alterados	biotita	hornblenda
(G-19)	(G-19)	(G-19)	(G-19)
cuarzo	cuarzo	alterados	alterados
alterados	alterados	opacos	augita
biotita	biotita	augita	hornblenda

PLAYAS.

Playa 3.0 phi	Playa 3.5 phi	Playa 3.0 phi	Playa 3.5 phi
Ligeros	Ligeros	Pesados	Pesados

(G-16)	(G-16)	(G-16)	(G-16)
biotita	cuarzo	alterados	hornblenda
muscovita	biotita	hornblenda	alterados
cuarzo	feldespatos	biotita	augita
(G-17)	(G-17)	(G-17)	(G-17)
biotita	cuarzo	hornblenda	hornblenda
cuarzo	biotita	alterados	alterados
feldespatos	feldespatos	augita	opacos

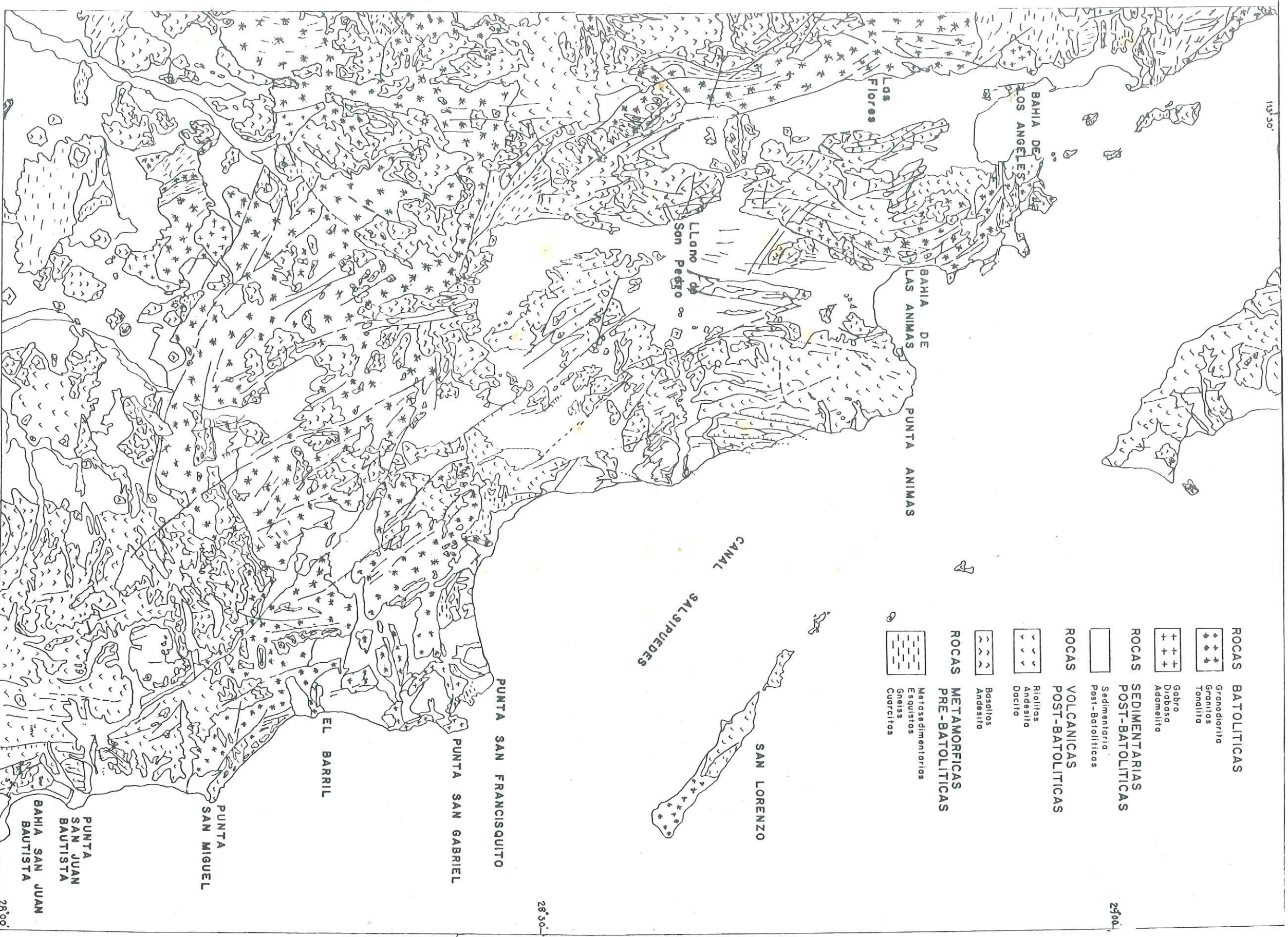


Fig. 1.-MAPA GEOLOGICO DE LA REGION DE ESTUDIO EN BAJA CALIFORNIA. (Gastil et. al. 1975)

5.7 SECCION 7.

5.7.1 Geomorfología y aporte sedimentario.

La principal cuenca de drenaje de la Sierra La Libertad, la mayor de la región, es el arroyo San Vicente.

Este arroyo atravieza el Valle de San Vicente que cambia de nombre al aproximarse a la costa en donde se conoce como Valle de las Flores.

La elevación máxima de la Sierra La Libertad es de 1500 m a 35 km de la costa. La pendiente del arroyo es suave de 1.1 promedio y contiene las estaciones (G-20), (G-21), (G-22) y (G-23) (hoja Detenal Bahía de los Angeles H12C52).

5.7.2 Clan mineralógico.

Sección 7. Estaciones de arroyo (G-20), (G-21), (G-22) y (G-23).

En las dos primeras estaciones que corresponden a las muestras colectadas arroyo arriba, predominan los fragmentos líticos. Estos disminuyen sustancialmente hacia la costa aumentando el cuarzo. Los porcentajes de feldespato varían de un sitio a otro pero siempre por debajo de los porcentajes de cuarzo.

	F-Q-L %	
arroyo	10-30-60	G-20 Litoarenita
"	20-50-30	G-21 Litoarenita feldespática
"	25-60-15	G-22 Arkosa lítica
"	15-50-35	G-23 Litoarenita feldespática

5.7.3 Mineralogía.

minerales pesados: alterados-augita-hiperstena-hornblenda-opacos

minerales ligeros: alterados-cuarzo-muscovita-biotita-feldespato

minerales accesorios: epidota-olivino-zircon-anatasa-enstatita--
 cianita-apatita-cloritoide-clinozoisita-
 tremolita.

5.7.4 Relación de minerales de mayor abundancia ligeros y pesados.

ARROYOS.

Arroyo 3.0 phi	Arroyo 3.5 phi	Arroyo 3.0 phi	Arroyo 3.5 phi
Ligeros	Ligeros	Pesados	Pesados
(G-20)	(G-20)	(G-20)	(G-20)
alterados	alterados	alterados	alterados
cuarzo	cuarzo	augita	augita
feldespatos	feldespatos	hornblenda	hornblenda
(G-21)	(G-21)	(G-21)	(G-21)
cuarzo	cuarzo		alterados
biotita	biotita		hiperstena
alterados	alterados		hornblenda
(G-22)	(G-22)	(G-22)	(G-22)
cuarzo	cuarzo	alterados	opacos
feldespatos	feldespatos	augita	alterados
alterados	alterados	hiperstena	hiperstena
(G-23)	(G-23)	(G-23)	(G-23)
muscovita	muscovita	hiperstena	alterados
biotita	biotita	alterados	hiperstena
cuarzo	cuarzo	biotita	hornblenda

5.8 SECCION 8.

5.8.1 Geomorfologia y aporte sedimentario.

El arroyo Valle de las Flores concentra el material erosionado de la Sierra La Libertad, la Sierra Las Animas y la Sierra Las Flores mediante un sistema de drenaje menor. Contiene las estaciones (G-24) y (G-25) como testigos de la mineralogía dominante en los sedimentos.

La playa La Mona con la estación (G-26), además de recibir aporte de sedimentos de este arroyo, recibe directamente aportes de la Sierra Las Animas. La pendiente del arroyo es suave (1.25%), la elevación máxima es de 1500 m a 10 km de la costa. (Bahía de los Angeles H12052).

5.8.2 Clan mineralógico.

Sección 8. Estaciones de Arroyo (G-24) y (G-25).

Estaciones de Playa (G-26).

En los arroyos dominan los fragmentos líticos, aunque en la playa aumentan drásticamente.

Esta es la única sección que tiene invertida la secuencia normal, ya que los arroyos presentan mayor contenido de cuarzo y feldespatos, mientras que en la playa predominan los fragmentos líticos.

	F-Q-L %	
arroyo	30-50-20	G-24 Arkosa lítica
"	15-60-25	G-25 Litoarenita feldespática.
playa	5-5--90	G-26 Litoarenita

5.8.3 Mineralogía.

minerales pesados: hornblenda-hiperstena-opacos-alterados-esfena.

minerales ligeros: biotita-muscovita-cuarzo

minerales accesorios: epidota-corindon-augita-zircon-apatita-clinozoisita-zoisita-tremolita.

5.8.4 Relación de minerales de mayor abundancia ligeros y pesados.

ARROYOS.

Arroyo 3.0 phi	Arroyo 3.5 phi	Arroyo 3.0 phi	Arroyo 3.5 phi
Ligeros	Ligeros	Pesados	Pesados
(G-24)	(G-24)	(G-24)	(G-24)
biotita	biotita	biotita	hiperstena
cuarzo	cuarzo	hornblenda	alterados
muscovita	muscovita	alterados	biotita
(G-25)	(G-25)	(G-25)	(G-25)
biotita	biotita	hornblenda	opacos
muscovita	cuarzo	hiperstena	alterados
cuarzo	muscovita	esfena	hornblenda

PLAYAS.

Playa 3.0 phi	Playa 3.5 phi	Playa 3.0 phi	Playa 3.5 phi
Ligeros	Ligeros	Pesados	Pesados
(G-26)	(G-26)	(G-26)	(G-26)
muscovita	muscovita	biotita	biotita
biotita	biotita	alterados	hiperstena
cuarzo	cuarzo	hiperstena	alterados

5.9 SECCION 9.

5.9.1 Geomorfologia y aporte sedimentario.

El arroyo Los Angelitos recibe aportes directos de Sierra la Libertad y contiene la estaci3n (G-27). Presenta una elevaci3n maxima 1000 m a 3 km de la costa. La pendiente del arroyo es de 10% en promedio, aunque en la costa se reduce abruptamente al 1% (Bahia de los Angeles H12C52).

5.9.2 Clan mineral3gico.

Secci3n 9. Estaci3n de Arroyo (G-27).

Dominan los fragmentos de cuarzo, la muestra se tomo cercana a la costa. El sedimento muestra mucha madurez, resultado probablemente del transporte e3lico ya que la extenci3n del arroyo Los Angelitos es muy pequena.

F-Q-L %

arroyo 10-70-20 G-27 Litoarenita feldesp3tica

5.9.3 Mineralogia.

minerales pesados: hiperstena-esfena-monacita-alterados.

minerales ligeros: biotita-cuarzo-muscovita.

minerales accesorios: diopsido-apatita-hornblenda-augita.

5.9.4 Relaci3n de minerales de mayor abundancia ligeros y pesados.

ARROYOS.

Arroyo 3.0 phi	Arroyo 3.5 phi	Arroyo 3.0 phi	Arroyo 3.5 phi
Ligeros	Ligeros	Pesados	Pesados
(G-27)	(G-27)	(G-27)	(G-27)
biotita	biotita	biotita	hiperstena
cuarzo	muscovita	esfena	alterados
muscovita	cuarzo	hiperstena	esfena

5.10 SECCION 10.

5.10.1 Geomorfologia y aporte sedimentario.

La playa la Silica recibe aporte de sedimentos mediante un sistema de drenaje fluvial de la cuenca La Rinconada de Solorio que a su vez recibe materiales de la Sierra de Solorio y de la Laguna de Amaya. Los aportes son abundantes ya que se creó un delta que forma la Playa La Silica y que probablemente aporta la mayor cantidad de sedimentos a Bahía de los Angeles.

La mineralogía de la playa La Mona es muy similar a la Silica, lo que sugiere que esta playa tiene una mayor influencia litoral que continental. Altura máxima 700 m a 10 km de la costa, pendiente en la costa 3.3% (Bahía de los Angeles H12CS2).

5.10.2 Clan mineralógico.

Sección 10. Estación de Playa (G-28).

Dominan los fragmentos de cuarzo, al igual que la estación del arroyo Los Angelitos el sedimento muestra mayor madurez. En este caso se debe al retrabajo de los sedimentos por los agentes marinos de erosión y transporte.

F-Q-L %

5-80-15

G-28 Sublitoarenita

5.10.3 Mineralogía.

minerales pesados: alterados-hiperstena-hornblenda-opacos.

minerales ligeros: cuarzo-biotita-muscovita.

minerales accesorios: tremolita-granate-augita-monacita-esfena.

5.10.4 Relación de minerales de mayor abundancia ligeros y pesados.

PLAYA.

Playa 3.0 phi	Playa 3.5 phi	Playa 3.0 phi	Playa 3.5 phi
Ligeros	Ligeros	Pesados	Pesados
(G-28)	(G-28)	(G-28)	(G-28)
cuarzo	biotita	hiperstena	hiperstena
muscovita	muscovita	alterados	hiperstena
biotita	cuarzo	hornblenda	opacos

6. RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE MUESTRAS.

En esta sección se presentan algunos detalles obtenidos de los diversos análisis en una secuencia similar a la expuesta en las secciones fisiograficas.

6.1 Parámetros texturales.

En las playas los tamaños del sedimento varian, de grano medio a grano fino (0.0-3.5 phi), con una dispersión moderada en playas abiertas, a bien clasificada en las bahías. La asimetría es variable, las estaciones con asimetría negativa estan asociadas a zonas de alta energía (desembocaduras y puntas), contrario a las zonas de baja energía en bahías y playas someras en donde se observa una asimetría positiva.

En los arroyos los tamaños de arena son semejantes entre si en los diferentes sitios de muestreo, conservandose en tamaños de grano medio (0.0-1.0 phi).

La dispersión del agregado sedimentario esta bien clasificada con asimetría positiva y sesgo hacia los granos finos, (tablas I y II).

6.2 Mineralogía.

6.2.1 Porcentaje de minerales pesados vs. ligeros.

Los arroyos tienen concentraciones de minerales pesados con rangos menores al 30% del sedimento total muestreado en las dos fracciones de tamaño.

En la zona de playa el sedimento en dos estaciones (G-6) y

(G-14) presenta una concentración del 70% de minerales pesados concentrados en la fracción 3.5 phi. El resto de las muestras se reparte en las fracciones mas gruesas con comportamiento similar al de los arroyos.

Los resultados de la separación de minerales pesados con bromoformo se muestran en las tablas III, IV, V y VI en las fracciones 3.0 y 3.5 phi.

6.2.2 Análisis microscopico de minerales.

El resultado del conteo en las 100 placa montadas en las fracciones 3.0 y 3.5 phi de minerales pesados y ligeros arrojó un total de 10 especies en la fracción ligera y 30 especies en la fracción pesada. El mayor porcentaje lo toman 6 especies de minerales ligeros y 10 especies de minerales pesados, denominando al resto como minerales "accesorios", además de una pequeña fracción (menor al 1%) no identificada.

En las observaciones apreciamos que la geometría cristalina de los granos aun se conserva. El análisis de redondez se realizó bajo los criterios de Powers (1953) y resultaron los arroyos con granos mas angulosos que los de playa sobre los niveles 3 y 4 (subangulosos y subredondeados) respectivamente, además el dominio del agregado mineral los tienen las especies inestables.

Los resultados se presentan en las tablas VII, VIII, IX y X de minerales ligeros y XI, XII, XIII y XIV de minerales pesados.

6.2.3 Relación mineralógica entre arroyos y playas.

La mineralogía entre arroyos y playas se conserva en todos los casos donde los arroyos son tributarios de playas existiendo solo cuatro excepciones:

Arroyo Las Tinajitas (G-8) vs. Playa San Juan Bautista (G-6) y (G-7).

Arroyo Verde (G-9) vs. Playa El Barril (G-3).

Arroyo La Pala (G-13) vs. Playa Salsipuedes (G-14).

Arroyo San Pedro (G-18) y (G-19) vs. Playa Las Animas (G-16) y (G-17).

La mayor abundancia de especies minerales se encuentra en los arroyos, con minerales ausentes en las playas (cloritoide, anatas, zircón, enstatita, diopsido, anhidrita, berilo).

6.3 PROCEDENCIA.

6.3.1 Coeficientes de correlación.

Con el objeto de apoyar la procedencia de los minerales con una herramienta matemática, se analizó las asociaciones de minerales mediante coeficientes de correlación.

Se utilizaron los rangos de asociación dados por Briggs (1965) que son: a) los altamente agrupados, con valores de similitud de 0.80, b) los moderadamente agrupados con valores entre 0.53 y 0.80 y c) los grupos con baja correlación o de origen diferente menores a 0.53.

Los resultados indican principalmente rangos menores a 0.53

(mal agrupados) (anexo 3). Los dos grupos que presentan una correlación moderada son la primera sección y la séptima y octava sección como primero y segundo grupo respectivamente en la fracción 3.0 phi. Los dendrogramas dicen en realidad poco ya que la diversidad de variables no permite un agrupamiento confiable. Así en la región Sur sobre el Arroyo La Fortuna y Santa Barbara con aporte de sedimentos de La Sierra de Quintana observamos la mayor influencia de las rocas volcánicas ácidas, básicas y graníticas. La asociación dominante es augita-hornblenda-monacita-alterados-opacos en la fracción pesada, en la fracción ligera es cuarzo-feldespatos-calcita.

En la región Norte sobre El Valle de las Flores, la séptima y octava sección forman otra provincia. En esta se muestra una mayor influencia de las rocas volcánicas básicas, ácidas y metamórficas. Las asociaciones dominantes son alterados-augita-hiperstena-hornblenda-opacos en la fracción pesada y hornblenda-hiperstena-opacos-alterados-esfena. En ambas secciones es claro el dominio de las rocas volcánicas. En la octava sección el mineral esfena indica también la influencia en menor grado de las rocas metamórficas.

La región intermedia, en forma global, la tomamos como una provincia de fuentes diversas, con subprovincias geográficamente distantes pero con una moderada similitud. Algunas estaciones, por la afinidad en el contenido de algunos de los minerales mas

dominantes, se correlacionaron moderadamente sin que esto determine una misma fuente. El análisis de correlación entre arroyos y playas no refleja un constante aporte de sedimentos a la costa, la correlación es muy baja, por lo que se infiere un escaso transporte sedimentario a través del drenaje fluvial.

Así mismo se explica la escasa influencia de las rocas graníticas en la costa, las cuales se encuentran hacia el Oeste de los afloramientos de tipo volcánico y por lo tanto más alejados del litoral.

6.3.2 Procedencia del agregado sedimentario inferido por la abundancia mineral.

A continuación se describe la procedencia del sedimento o fuente de aporte en cada sección.

- 1a. Sección dominada por las rocas volcánicas básicas y ácidas seguidas de las rocas graníticas.
- 2a. Sección dominada por las rocas volcánicas ácidas, seguidas de las rocas graníticas y metamórficas.
- 3a. Sección, el dominio del agregado mineral, en orden de importancia, lo ejercen la mezcla de rocas volcánicas, las rocas metamórficas y las rocas graníticas.
- 4a. Sección, el dominio lo ejercen la mezcla de rocas volcánicas básicas, graníticas y metamórficas.
- 5a. El dominio lo ejercen las rocas volcánicas ácidas y básicas.

- 6a. El dominio lo ejercen las rocas volcánicas ácidas y básicas
- 7a. El dominio lo ejercen las rocas volcánicas ácidas y básicas.
- 8a. Sección, el dominio es de las rocas volcánicas y metasedimentarias.
- 9a. Sección, dominada por las rocas volcánicas básicas principalmente y en menor escala las rocas metasedimentarias y las rocas graníticas.
- 10a. Sección dominada por las rocas volcánicas ácidas y básicas.

Al final se presentan tres anexos que agrupan los resultados de los análisis de parámetros texturales y las principales características sedimentológicas, Anexo 1. Se presentan los resultados de porcentajes de minerales pesados y ligeros obtenidos del análisis al microscópio en el Anexo 2 y en el Anexo 3 se presentan los dendrogramas de correlación.

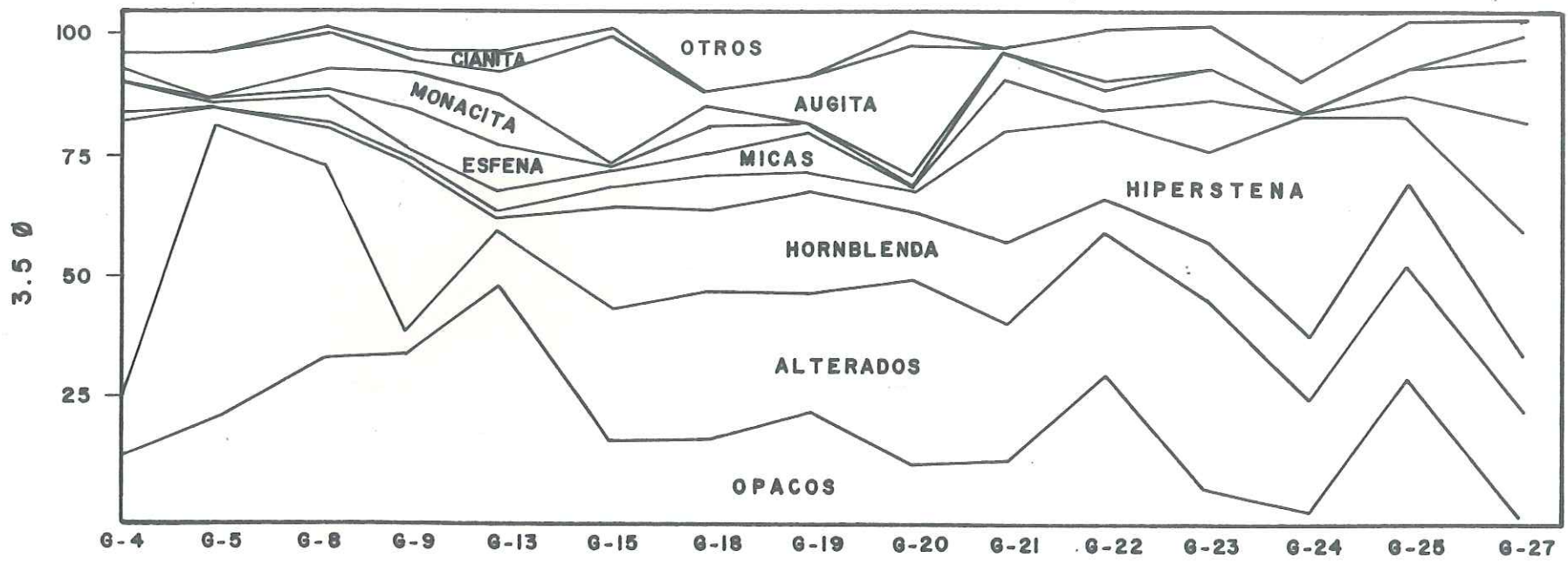
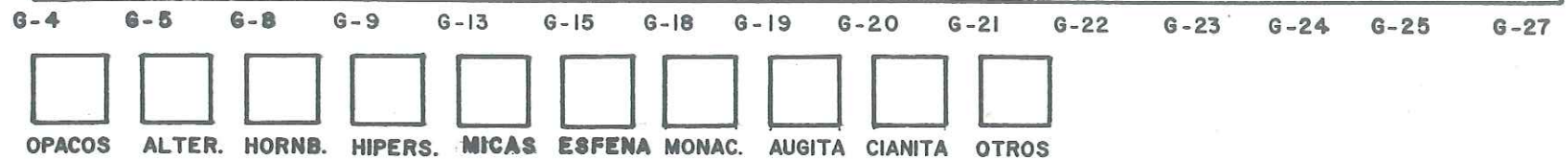
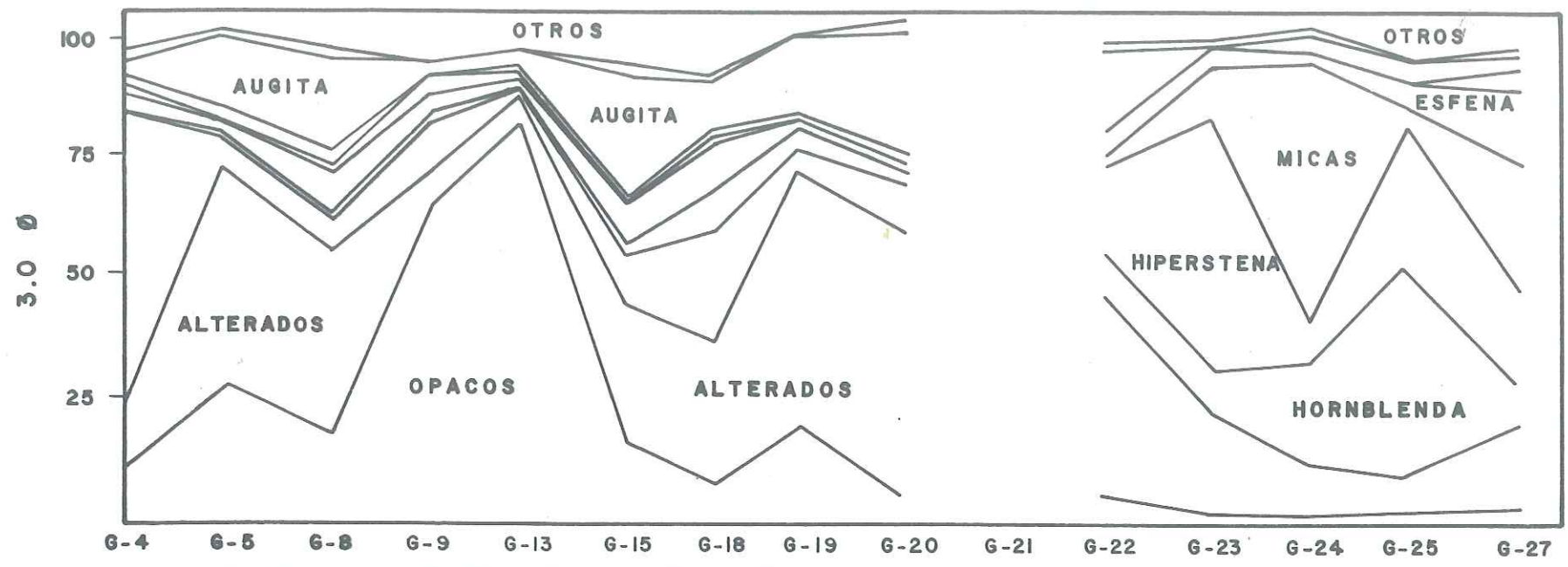


Fig.4.- Variación en la frecuencia de minerales en las localidades de Arroyo.

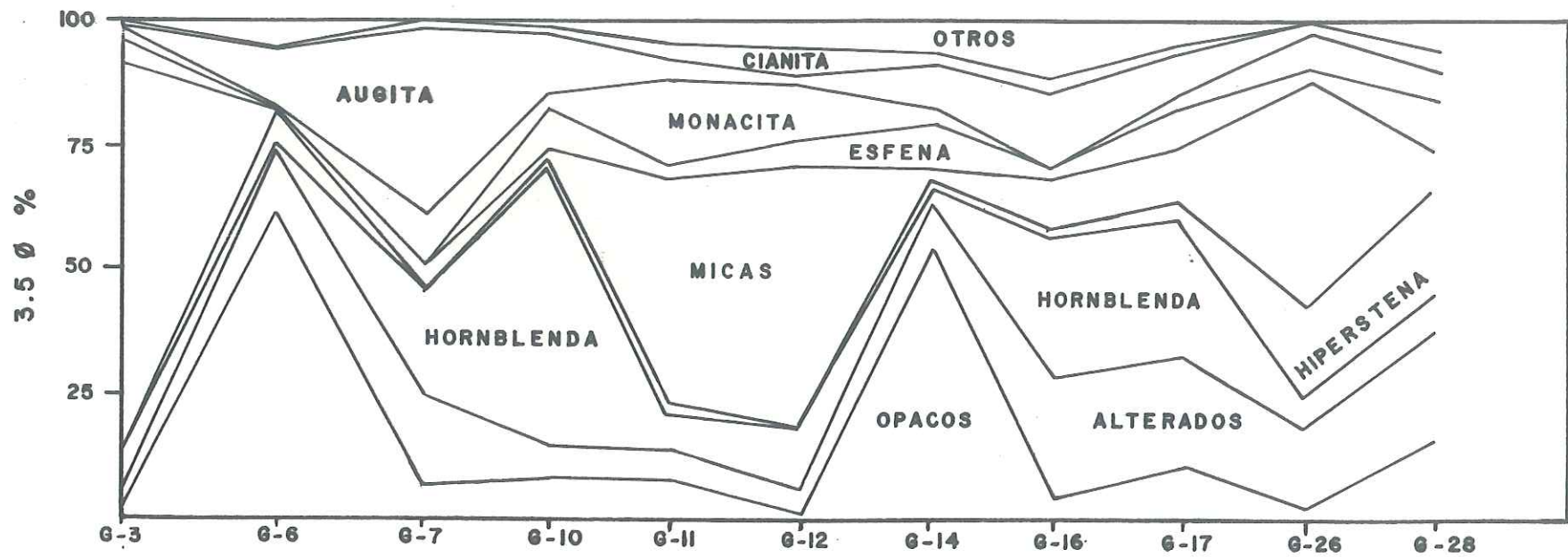
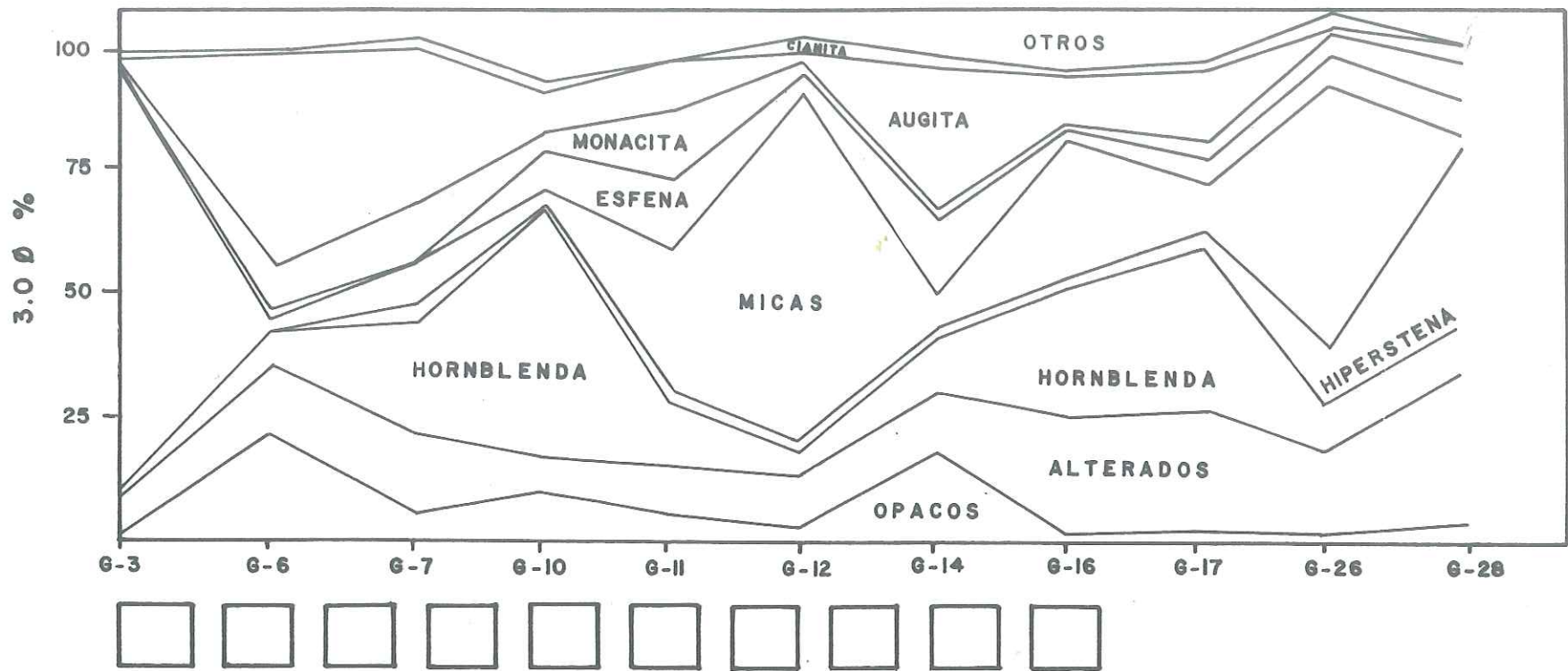


Fig. 5.- Variación en la frecuencia de minerales en las localidades de Playa.

7. DISCUSION.

Las características texturales ubican a los sedimentos en los tamaños de grano de medio a fino, con una dispersión de moderada a bien clasificada en arroyos y playas respectivamente.

La asimetría en los arroyos, es positiva en todos los casos a diferencia de las playas, que contienen asimetrías negativas, esto indica un aporte sedimentario de otras fuentes o es producto de el mismo retrabajo de los sedimentos por el oleaje y mareas.

La mineralogía registrada comprende 30 especies de minerales pesados y 10 especies de minerales ligeros, obtenidos de 100 muestras analizadas con el microscopio petrográfico. En los granos observados se pudieron apreciar algunos rasgos de la cristalización, su forma en general es mas angulosa en los arroyos que en las playas y se observa además que el dominio del agregado mineral lo tienen las especies inestables de acuerdo a Pettijohn, (1941).

La mineralogía es muy diversa, esta responde a la gran variedad litológica que existe en la zona. El contenido en la fracción ligera, compuesta mayormente por cuarzo-feldespatos, se asocia en la región de Bahía de los Angeles y Bahía las Animas a los minerales biotita-muscovita, demostrando la influencia de las rocas volcánicas y metamórficas. En la región Sur el cuarzo

y los feldespatos se asocian a la calcita, producto de vetas mineralizadas que se encuentran rellenando fracturas en las rocas volcánicas ácidas.

La clasificación de los sedimentos, según los criterios de Folk (1968), indica que las muestras analizadas pasan de un sedimento con alto contenido de fragmentos líticos y de feldespatos en los arroyos, a sedimento con altos contenidos de cuarzo en las playas; esto representa mayor madurez textural en los sedimentos de la costa. La octava sección tiene invertido este patrón general, la playa presenta mayor contenido de fragmentos líticos que los arroyos. La mineralogía indica mayor influencia de las rocas volcánicas básicas y metamórficas que afloran en las puntas y acantilados que delimitan por el Este a Bahía de las Angeles, lo que sugiere un mayor aporte litoral para la formación de esta sección de playa por erosión marina.

Los minerales pesados se han asociado mayormente como hornblenda-piroxenos, hornblenda-micas, y hornblenda-piroxenos monacita; su común denominador es la hornblenda producto de las rocas volcánicas ácidas del Mioceno.

Las asociaciones minerales dominantes en toda la zona tienen como factor común a las rocas volcánicas ácidas y básicas y las provincias que se han diferenciado son por la influencia de las rocas graníticas y metamórficas. En la región Sur la asociación dominante es en forma global hornblenda-biotita-hiper

stena-augita-monacita-cianita-opacos. En la fracción ligera la asociación es cuarzo-feldespato-calcita-biotita-alterados-albita.

En la región de Bahía de los Angeles y de Bahía de Las Animas, al Norte, la asociación dominante es hiperstena-hornblenda-esfena-augita-biotita-alterados-opacos-monacita. La fracción ligera se caracteriza por el gran contenido de muscovita lo que muestra la gran influencia de las rocas metamórficas. La asociación de minerales ligeros cuarzo-feldespatos-muscovita-biotita-alterados calcita.

A través del análisis mineralógico se ubican estaciones que por su contenido son de interés económico, las especies encontradas son esfena-monacita en la estación de arroyo (G-25), estas especies representan importantes menas de Titanio y Torio considerados metales estratégicos. Además las altas concentraciones de minerales opacos en las estaciones de playa (G-6) y (G-14) podrían indicar la presencia de importantes cuerpos mineralizados de fierro.

La correspondencia entre la geología local (carta geológica Detenal 1:50,000) y las observaciones de aporte sedimentario no siempre es directa. Como en los casos de las muestras (G-26) y (G-28) en donde la mineralogía del sedimento no corresponde al tipo de litología adyacente. Se infiere que estas asociaciones corresponden a aportes de material de la región de la La Laguna

de Amaya (arroyo arriba), principalmente la muestra (G-28).

Por medio de análisis de correlación se determinaron tres provincias cuyos niveles de similitud fueron de moderados a mal agrupados.

1. La provincia del Valle de las Flores cuya procedencia es la mezcla de rocas volcánicas básicas y ácidas. En menor escala los minerales proceden de rocas metamórficas y graníticas en orden de importancia.

2. El sedimento de la provincia de la Bahía de San Juan Bautista proviene mayormente de las rocas volcánicas ácidas, seguidas de las rocas volcánicas básicas y graníticas.

3. La provincia intermedia corresponde a todas las secciones de la 2 a la 10, exceptuando a las secciones 7 y 8. La mezcla de minerales de todos los tipos de roca que existen en la zona y la falta de continuidad en el muestreo limitan la interpretación.

La figura 3 y 4 detallan gráficamente los minerales más abundantes en cada estación dentro de las fracciones 3.0 3.5 phi. Se observa la variabilidad del contenido mineralógico y se representan a las rocas volcánicas básicas y ácidas por hiperstena-augita y hornblenda-biotita respectivamente. Las rocas graníticas están representadas por monacita y las rocas metamórficas se representan por esfena-cianita.

8. CONCLUSION.

Los sedimentos de arroyos y playas de la región son en general de grano medio a fino con una dispersión moderada a bien clasificada con sesgo hacia los granos finos.

En la fracción ligera las asociaciones son cuarzo-feldespatos-muscovita-calcita-biotita-alterados. Los minerales clave, indicadores de la influencia de las rocas volcánicas ácidas son biotita y calcita. La influencia de las rocas metamórficas esta representada por muscovita.

En la fracción pesada los minerales que se asocian mayormente son hornblenda-hiperstena-monacita-esfena-augita-cianita-biotita-muscovita-alterados-opacos.

Hornblenda-biotita representan a las rocas volcánicas ácidas, hiperstena-augita representan a las rocas volcánicas básicas, monacita representan a las rocas graníticas y esfena-cianita representa a las rocas metamórficas.

Se reconocen dos especies de interes económico esfena y monacita en la estación de arroyo (G-25).

Las dos provincias diferenciadas por análisis de grupo estan ubicadas en la Bahía de San Juan Bautista y en El Valle de San Pedro y Las Flores.

BIBLIOGRAFIA.-

- Alatorre, M. A. (1985) Constitución y origen de depósitos sedimentarios en una franja costera del Noroeste de Baja California. Tesis de licenciatura, Esc. Sup. de Ciencias Marinas U.A.B.C., Ensenada B.C. Mexico. 52 pp.
- Briggs, L.L. (1965) Heavy minerals correlations and provenances Jour. of sedimentary petrol., Vol. 35 No. 4: 935-955.
- Carver, R. E. (1971) Procedures in Sedimentary Petrology. New York, Wiley-Interscience Ed.; 653 pp.
- Carrquiry, J.B. (1985) Análisis de la distribución de los minerales pesados presentes 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. Mexico. 75 pp.
- Combellick, R.A. y Osborne R.H. (1977) Sources and Petrology of beach sand from Southern Monterey Bay, California. Jour. of Sedimentary Petrol, Vol. 47, No.2 p.891-907.
- Detenal, 1980. Cartas Topográficas, Escala 1:50,000 Secretaría de la presidencia, 1980. SPP.

- Fessenden, F. W. (1959) Removal of heavy liquids separated from glass centrifuge tubes. Jour. of Sedimentary Petrology; vol. 29, 621 pp.
- Folk, L.R. (1968) Petrology of Sedimentary Rocks. The University of Texas Hemphill Publishing, Co Ed. 182 p.
- Gastil, R. G., Phillips, R. P., Allison, E. C. (1975) Reconnaissance geology of the state of Baja California. Geol. Society of American Memoir 140 pp.
- Hutton, C.O. (1959) Mineralogy of beach sands between halfmoon and Monterey Bay, California. Special Report 59. California Division of Mines. 7-32 pp.
- Krumbein, W. C. and Rossmusen, W. C. (1941) The probable error of sampling beach sands of for heavy minerals analysis. Jour. of Sed. Petrology, 11(11): 10-20.
- Navarro, P. R. (1986) Procedencia de minerales pesados en arroyos y playas del litoral de Punta Cono a Punta San Carlos en la costa NW de B.C. Tesis de Licenciatura Esc. Sup. de Ciencias Marinas, U.A.B.C., Ensenada B.C. Mexico. 59 pp.

- Pardee, J. T. (1934) Beach placers of the Oregon Coast. Department of the Interior, Geological Survey; Circular 8, Washington D.C.
- Pettijohn, F.J. (1941). Persistence of heavy minerals and geologic age. Jour. of Geology, vol. 49.
- Pettijohn, F.J. (1957) Sedimentary Rocks. Harper and Brothers. Ed. 427-434 pp.
- Pettijohn, F. J., P. Potter and Siever (1972) Sand and Sandstone Springer-Verlag Ed. Berlin-Heidelberg, 618 pp.
- Phillip, G. (1967) Mineralogy of recent sediments of Tigris and Euphrates rivers and some of the older detrital deposits. Geology Dep. Baghdad University, Adhamiya, Baghdad, Irak. pub 35-44 pp.
- Powers, M.C. (1953) A new roundness scale for sedimentary particles. Jour. Sed. Petrology, 23: 117-119.
- Ramesan, V. (1966). Improved methods of heavy minerals separation and counting suitable for fine grained sandstone. Jour. of Sedimentary Petrol, 36(2): 629-631.

- Rittenhouse, G. (1943) Transportation and Deposition of Heavy Minerals. Geological Society of America Bull, 54: 1725-1780.
- Rossemblum, S. (1959) Magnetics Suceptibilites of Mineral in the Franz Isodinamics Separator. American mineralogist; vol. 43 170-173 p.
- Royce, Ch. (1970) An introduction to sediment analysis. Arizona State University publication, 180 pp.
- Van Andel, Tj. H., (1955) Recent sediments of the Rhone delta; II, sources and deposition of heavy minerals; Geol. Mijnbouwkundig Genootschap Neterland, Verhand; Vol. 15, p.516-556.
- Van Andel, Tj.H. y D.M. Poole (1960) Source of recent sediments in the Northern Gulf of Mexico; Jour. of Sedimentary Petrol., Vol.30. No. 1, p. 91-122.

ANEXO 1

TABLA I.- Parámetros texturales de las muestras de playa.				
ESTACION	MEDIA	DISPERSION	ASIMETRIA	KURTOSIS
G-3	1.276	0.400	0.946	9.500
G-6	2.383	0.646	-1.185	6.045
G-7	2.274	0.564	-0.665	3.960
G-10	2.051	0.568	-0.246	4.562
G-11	-0.005	0.323	1.106	15.539
G-12	0.041	0.384	1.864	22.259
G-14	1.432	0.645	-0.324	4.307
G-16	0.379	1.080	0.939	4.164
G-17	0.166	0.909	1.440	5.921
G-26	-0.226	1.097	0.865	3.191
G-28	0.919	1.120	-0.436	2.509

TABLA II.- Parámetros texturales de las muestras de arroyo.				
ESTACION	MEDIA	DISPERSION	ASIMETRIA	KURTOSIS
G-4	-0.531	1.053	2.016	7.416
G-5	0.031	1.399	0.931	3.010
G-8	0.011	1.156	0.713	3.223
G-9	0.066	1.199	0.853	3.208
G-13	0.254	1.080	0.746	3.435
G-15	0.102	1.334	0.598	2.455
G-18	1.015	1.130	0.380	3.165
G-19	1.130	0.878	0.091	3.743
G-20	-0.310	1.167	1.492	5.355
G-21	-0.197	1.039	1.605	6.161
G-22	0.105	1.055	0.980	4.002
G-23	0.587	1.342	0.564	2.709
G-24	0.827	1.285	0.190	2.466
G-25	0.790	1.345	0.524	2.733
G-27	1.030	1.381	0.273	2.477

TABLA XVII.- Procedencia de algunos minerales pesados comunes
(Tomado de Carver, 1971).

Sedimentos retrabajados.	Granos bien redondeados de rutilo turmalina y zircón.
Metamórficas de bajo grado.	Biotita, clorita, granate, (espesartita), turmalina (especialmente cristales euhédricos café con inclusiones de grafito).
Metamórficas de alto grado.	Actinolita, andalucita, apatita, granate, (almandino), biotita, diòpsido, epidota, clinzoisita, glaucófano, hornblenda, (incluyendo variedades verde-azules), ilmenita, cianita, magnetita, silimanita, esfena estauroлита, turmalina, tremolita y zircón.
Igneas máficas (básicas).	Augita, diòpsido, epidota, granate, (piropo), hornblenda, hiperstena, ilmenita, magnetita, olivino, oxihornblenda y serpentina.
Igneas siálicas (ácidas).	Apatita, biotita, esfena, hornblenda, ilmenita, monacita, muscovita, rutilo, turmalina y zircón.
Pegmatitas.	Apatita, biotita, casiterita, granate, monacita, muscovita, rutilo y turmalina.
Cenizas volcánicas.	Cristales euhédrales de apatita, augita, biotita, hornblenda y zircón.
Autigénicas.	Hematita, limolita, leucóxeno, turmalina, zircón, cristales euhédrales de anatasa, brukita pirita, rutilo y esfena.

TABLA XVIII.- ASOCIACIONES DE MINERALES PESADOS Y PROCEDENCIA.
(Pettijohn et al., 1972).

ASOCIACION.	ORIGEN.
Apatita, biotita, brookita, hornblenda, monacita, muscovita, rutilo, titanita, turmalina (rosa), zircón	Rocas igneas ácidas.
Casiterita, dimortierita, fluorita, granate, monacita, muscovita, topacio, turmalina (azul), Wolframita.	Granitos pegmatíticos
Augita, cromita, diápsido, hiperstena, ilmenita, magnesita, olivino, pectolita pleonasta.	Rocas igneas básicas
Andalusita, condrodita, corindón, flogopita, estaurolita, topacio, vesubianita, wallastonita, zoisita, granate.	Rocas metamórficas de contacto.
Andalusita, cloritoide, epidota, granate, glaucofano, cianita, silimanita, titanita (esfena), zoisita, clinozoisita.	Rocas metamórficas dinamotermal.
Barita, menas de fierro, leucoxeno, rutilo, turmalina (granos redondeados), zircon (granos retrabajados).	Sedimentos retrabajados.

Principales características sedimentológicas de las secciones

Sección 1.-

Estación	Redondez	Dispersión	asimetría	roca dom.
arroyo (G-4)	subanguloso	1.05	2.01	volcánica ácida
" (G-5)	anguloso	1.39	0.93	volcánica ácida
" (G-8)	anguloso	1.15	0.71	volcánica básica.
playa (G-6)	subredondeado	0.64	-1.18	volcánica básica.
" (G-7)	subanguloso	0.56	-0.66	volcánica básica.

Sección 2.-

arroyo (G-9)	anguloso	1.19	0.85	volcánica ácida
playa (G-3)	subanguloso	0.40	0.94	graníticas

Sección 3.-

playa (G-10)	subanguloso	0.56	-0.24	metamórficas
" (G-11)	subanguloso	0.32	1.10	graníticas
" (G-12)	subanguloso	0.38	1.87	volcánica ácida

Sección 4.-

arroyo (G-13)	subanguloso	1.08	0.74	volcánica básica
playa (G-14)	subredondeado	0.64	-0.32	graníticas

Sección 5.-

arroyo (G-15)	anguloso	1.33	0.59	volcánica ácida
---------------	----------	------	------	--------------------

Sección 6.-

Estación	Redondez	Dispersión	Asimetría	Roca dom.
arroyo (G-18)	subanguloso	1.13	0.38	volcánica ácida
" (G-19)	subanguloso	0.87	0.09	volcánica básica
playa (G-16)	subredondeado	1.08	0.93	volcánica ácida
" (G-17)	subredondeado	0.90	1.44	volcánica básica

Sección 7.-

arroyo (G-20)	subanguloso	1.16	1.49	volcánica ácida
" (G-21)	subanguloso	1.03	1.60	volcánica básica
" (G-22)	subredondeado	1.05	0.98	volcánica ácida
" (G-23)	subredondeado	1.34	0.56	volcánica básica

Sección 8.-

arroyo (G-24)	subanguloso	1.28	0.19	metamórfica
" (G-25)	anguloso	1.34	0.52	volcánica ácida
playa (G-26)	subredondeado	1.09	0.86	metamórfica

Sección 9.-

arroyo (G-27)	anguloso	1.38	0.27	volcánica básica
---------------	----------	------	------	---------------------

Sección 10.-

playa (G-28)	subredondeado	1.09	0.86	volcánica ácida
--------------	---------------	------	------	--------------------

ANEXO 2

TABLA III.- Porcentajes de minerales pesados y ligeros para las muestras de playa fracción 3.0φ		
MUESTRA	%PESADOS	%LIGEROS
G-3	5.96	94.08
G-6	38.53	61.47
G-7	4.98	95.02
G-10	3.43	96.57
G-11	20.00	80.00
G-12	13.04	86.96
G-14	18.68	82.32
G-16	3.08	96.92
G-17	5.35	94.65
G-26	4.22	95.78
G-28	24.07	75.93

TABLA IV.- Porcentajes de minerales pesados y ligeros para las muestras de playa fracción 3.5φ		
MUESTRA	%PESADOS	%LIGEROS
G-3	13.25	86.75
G-6	94.47	5.53
G-7	20.84	79.16
G-10	11.59	88.41
G-11	20.00	80.00
G-12	14.89	85.11
G-14	78.40	21.60
G-16	4.59	95.41
G-17	7.61	92.39
G-26	4.68	95.32
G-28	24.90	75.10

TABLA V.- Porcentajes de minerales pesados y ligeros para las muestras de arroyo fracción 3.0φ		
MUESTRA	%PESADOS	%LIGEROS
G-4	7.11	92.89
G-5	16.13	83.87
G-8	9.16	90.84
G-9	20.74	79.26
G-13	26.16	73.84
G-15	20.30	79.70
G-18	11.91	88.09
G-19	18.16	81.84
G-20	29.85	70.15
G-21	15.82	84.18
G-22	21.65	78.35
G-23	12.76	87.24
G-24	14.93	85.07
G-25	18.52	81.48
G-27	24.07	75.93

TABLA VI.- Porcentajes de minerales pesados y ligeros para las muestras de arroyo fracción 3.5φ		
MUESTRA	%PESADOS	%LIGEROS
G-4	5.85	94.15
G-5	17.00	83.00
G-8	10.75	89.25
G-9	18.43	81.57
G-13	10.10	89.90
G-15	19.04	80.96
G-18	11.50	88.50
G-19	24.62	75.38
G-20	27.17	72.83
G-21	17.35	82.65
G-22	30.19	69.81
G-23	14.08	85.92
G-24	18.56	81.44
G-25	21.05	78.95
G-27	6.65	93.35

TABLA VII.- Porcentaje de minerales ligeros encontrados en arenas de playa.

ESTACION	MUESTRAS DE PLAYA FRACCION 3.0 ϕ LIGEROS											
	MINERAL	G-3	G-6	G-7	G-10	G-11	G-12	G-14	G-16	G-17	G-26	G-28
OPACOS			0.27	0.17	0.26							
ALTERADOS	1.27	10.9	11.7	2.14	5.42	1.42	6.85	1.15	4.46	0.72	5.88	
MUSCOVITA	73.4	0.63		0.26	23.1	74.2		1.15		78.1	22.2	
BIOTITA	10.2	1.68	1.03	3.75	7.22	11.7	2.18	60.2	43.4	19.4	15.0	
CUARZO	7.16	23.1	20.4	56.3	47.5	7.14	66.3	23.7	28.8	1.68	31.3	
FELDESPATOS	1.79	3.15	4.32	10.4	9.03	3.42	12.4	11.3	10.4		7.18	
CALCITA	6.13	59.3	59.8	10.4	5.72	2.00	12.1	0.57	3.27		3.92	
ALBITA			2.42	14.7	0.60			1.73	9.22		10.4	
PIROXENOS				0.50					0.29			
F. CONCHAS		0.84			1.20						3.92	

TABLA VIII.- Porcentaje de minerales ligeros encontrados en arenas de playa.

ESTACION	MUESTRAS DE PLAYA FRACCION 3.5 ϕ LIGEROS											
	MINERAL	G-3	G-6	G-7	G-10	G-11	G-12	G-14	G-16	G-17	G-26	G-28
OPACOS				0.19				0.34	0.29	0.28		0.27
ALTERADOS	1.25	19.2	10.0	2.33	2.29	1.42	12.9	3.59	4.26	0.59	1.90	
MUSCOVITA	73.9	0.84			16.6	30.8	7.34			78.1	10.0	
BIOTITA	8.02	2.54	0.76	3.50	10.3	6.00	11.1	17.0	35.2	17.1	72.8	
CUARZO	10.0	25.4	21.1	53.8	53.4	33.4	40.9	57.7	38.0	3.25	7.88	
FELDESPATOS	1.25	3.67	3.04	8.47	12.0	12.8	15.7	16.4	12.5	0.59	2.17	
CALCITA	5.51	46.8	59.6	18.1	4.31	14.0	11.2	0.59	2.27		1.63	
ALBITA			4.19	11.4	0.57	0.85		3.59	7.10	0.29	1.90	
PIROXENOS		1.41	0.38	2.33	0.28		0.34		0.28			
F. CONCHAS			0.57			0.57		0.59			1.35	

TABLA XII.- Porcentaje de minerales pesados encontrados en arenas de playa.

ESTACION	MUESTRAS DE PLAYA FRACCION 3.5φ PESADOS										
	G-3	G-6	G-7	G-10	G-11	G-12	G-14	G-16	G-17	G-26	G-28
OPACOS	2.09	63.7	5.86	6.89	6.70	1.70	55.7	6.23	13.6	3.50	19.5
ALTERADOS	3.00	13.0	15.4	3.16	5.20	5.00	7.20	22.3	19.8	13.8	28.8
HORBLENDA	4.80	0.88	19.7	56.6	6.10	11.6	2.90	28.3	26.5	5.55	7.20
HIPERSTENA		6.19		0.57	1.90		1.45	1.41	4.53	17.9	19.8
BIOTITA	6.00		4.39	2.29	47.9	48.6	2.90	11.6	9.36	43.9	6.00
MUSCOVITA	71.4					5.13				1.46	1.80
ESFENA	5.60			9.19	1.90	5.25	8.70	1.98	7.85	2.04	7.20
MONACITA	3.00	0.88	12.1	3.00	19.0	12.4	2.30		2.71	8.50	5.70
AUGITA	0.90	13.7	38.8	12.5	4.60	1.70	11.0	14.7	8.15	3.21	3.60
EPIDOTA											
ZIRCON											
ESTAUROLITA											
ANATASA									2.41		
ENSTATITA											
OLIVINO		1.54									
DIOPSIDO											
CIANITA	2.50		2.56	1.60	3.03	6.70	1.75	1.41	1.51		
APATITA							2.20	7.36	2.41		
TURMALINA									0.30		
PIROFILITA	0.70		0.36				0.60	1.98			
ANHIDRITA											
CLORITOIDE											
BERILO											
CORINDON							0.30	0.84			
C-ZOISITA						1.45					
ZOISITA									0.60		
TREMOLITA			0.73	3.90	3.40			1.69			
GRANATE					0.40		0.30				0.30
FLUORITA											
RUTILO							2.30				

ANEXO 3

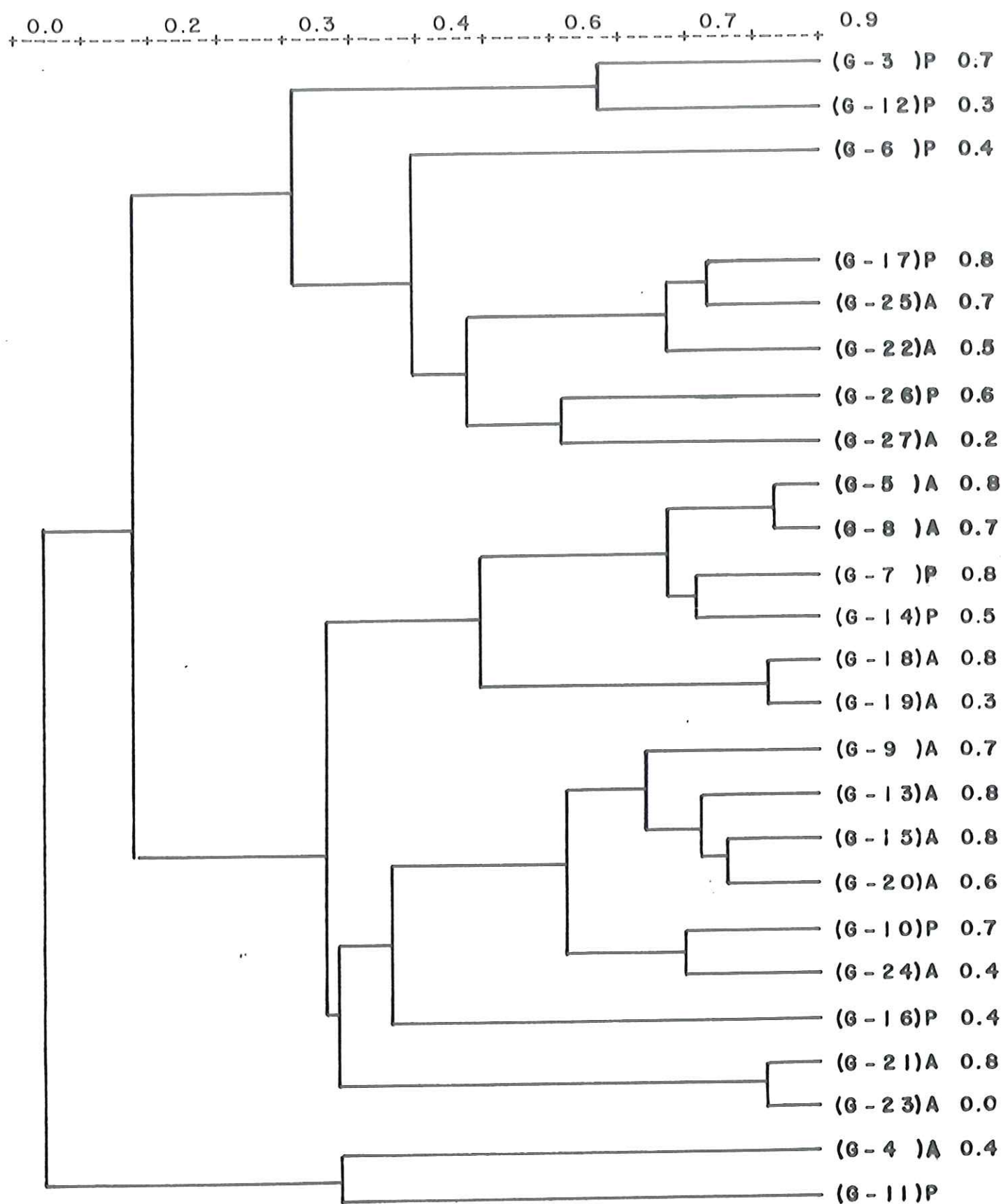


Fig. 6.- Dendrograma de correlación muestra - muestra fracción 3.0 pH.

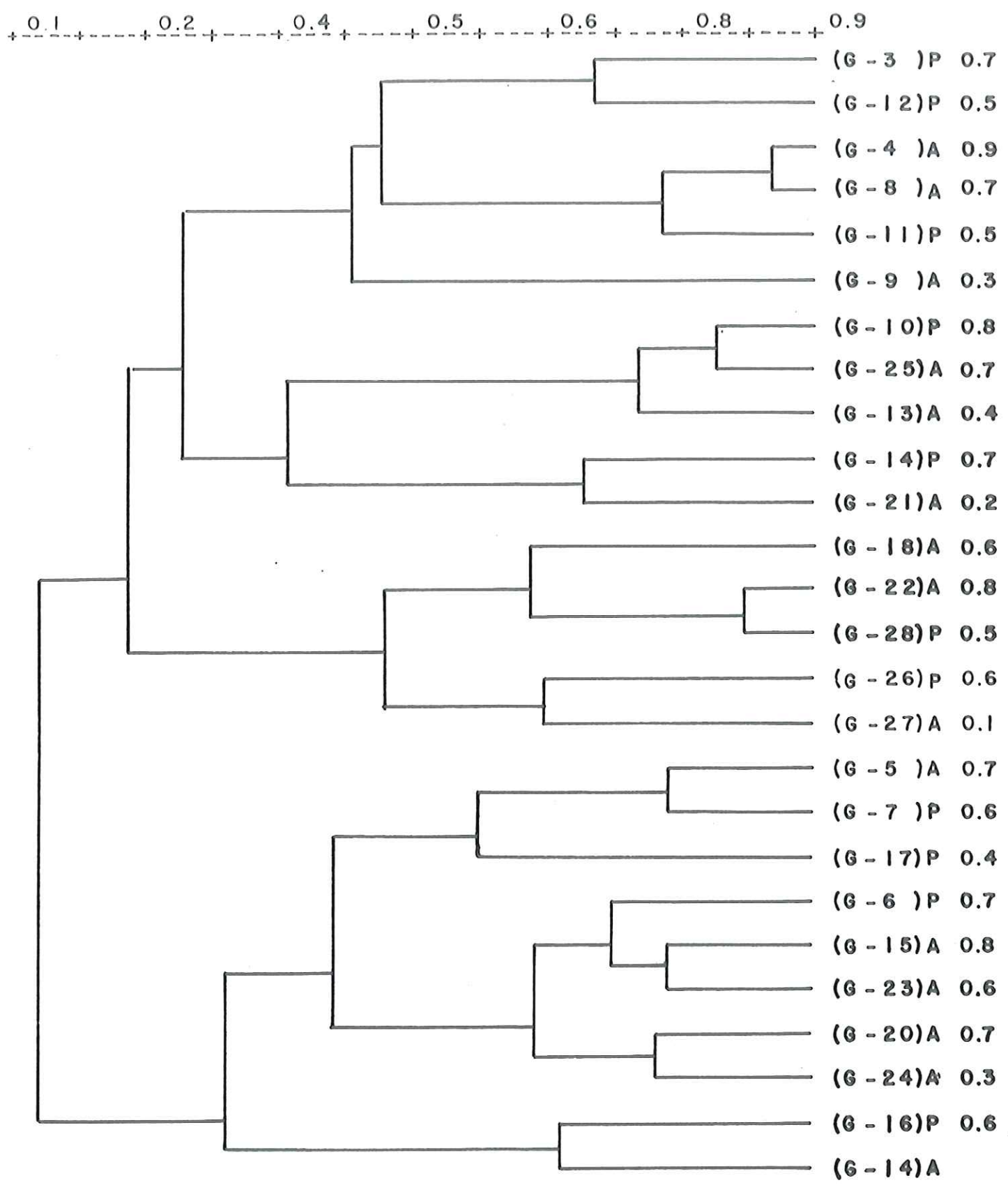


Fig. 7.- Dendrograma de correlación muestra - muestra fracción 3.5 pH.

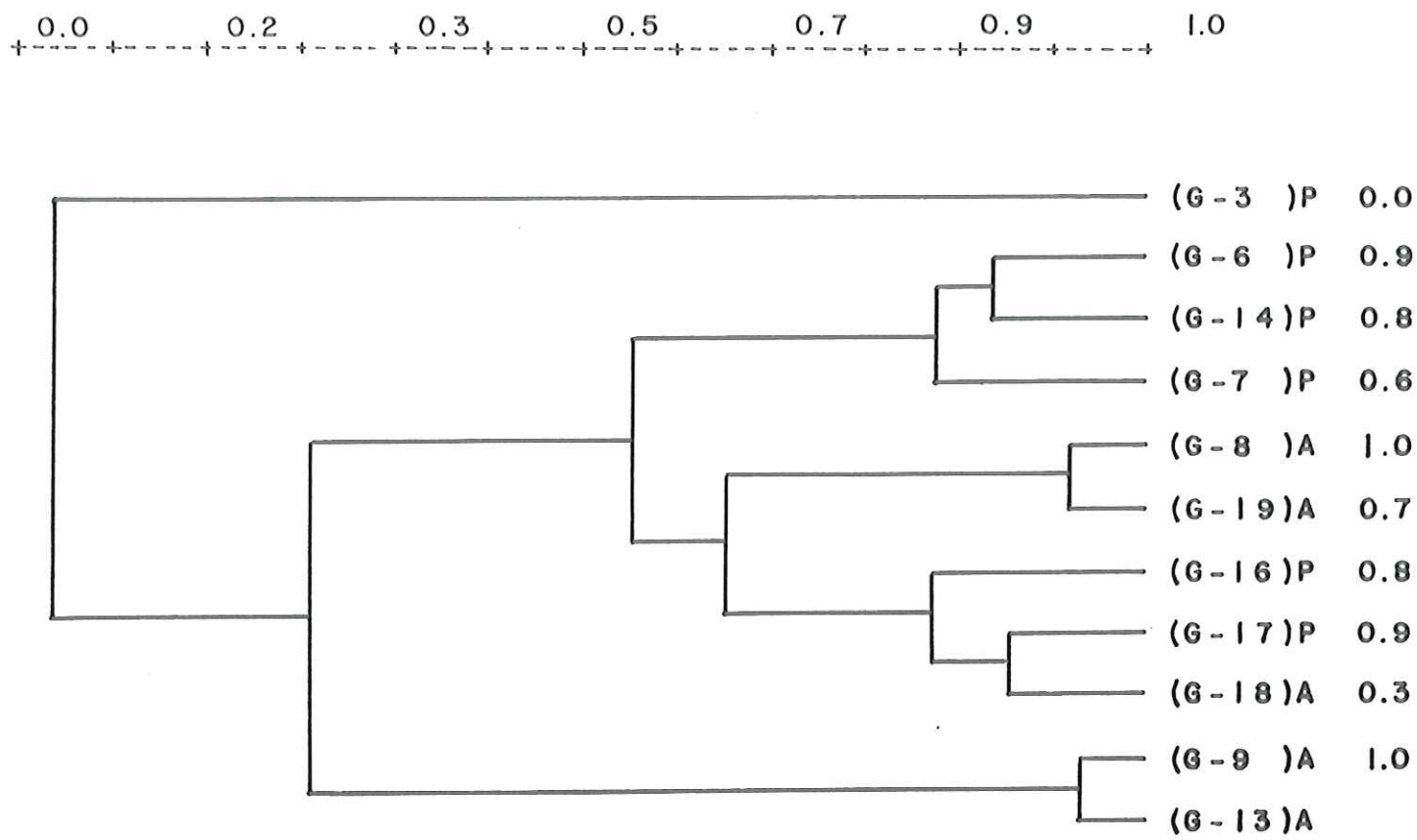


Fig. 8.. Dendrograma de correlación muestra - muestra fracción 3.0 pH. Arroyos vs. Playas.

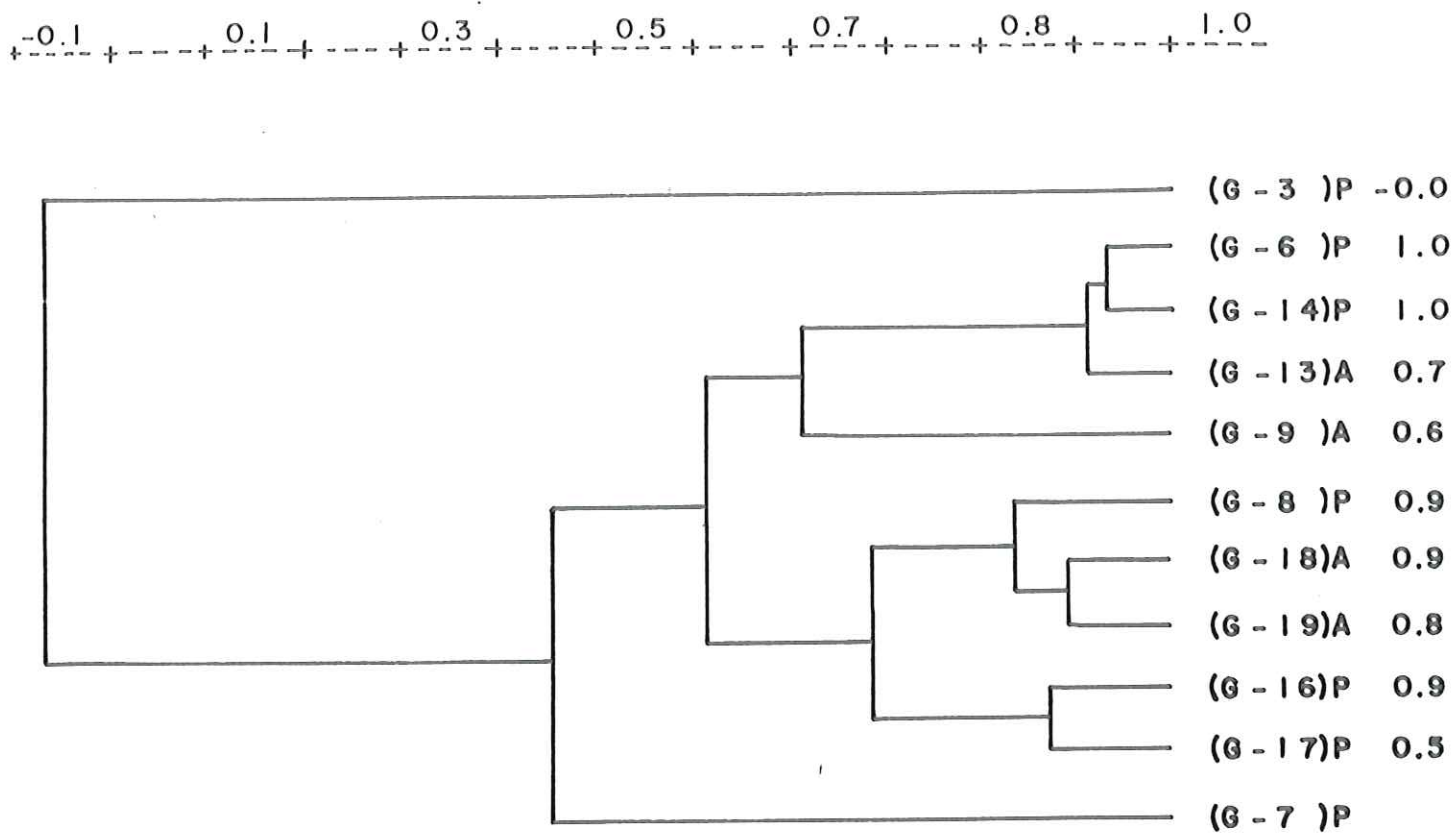


Fig. 9.- Dendrograma de correlación muestra - muestra fracción 3.5 pH. Arroyos vs. Playas.

Tributarlos

A P A P P A P A A P P
 G-9 - G-3; G-8 - G-6, G-7; G-13-G-14; G-18, G-19 - G-16; G-17.