

*20/16*



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

---

---

**ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DEL DEPOSITO  
DE ARENAS TITANOFERRIFERAS DE  
EL CAYACAL, GUERRERO**

**TESIS PROFESIONAL**

para obtener el título de  
**INGENIERO GEOLOGO**  
presentada por:  
**JESUS ARTURO MARTIN BARAJAS**

México, D. F.

1982



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
EXAMENES PROFESIONALES  
60-1-150

Al Pasante señor MARTIN BARAJAS JESUS ARTURO,  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Prof. Dr. Arturo Carranza Edwards, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de INGENIERO GEOLOGO.

"ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO DEL DEPOSITO DE ARENAS TITANO-FERRIFERAS DEL CAYACAL, GUERRERO, MEXICO"

Resumen

- I.- Introducción
  - II.- Método de trabajo
  - III.- Análisis textural
  - IV.- Análisis mineralógico
  - V.- Estructuras sedimentarias
  - VI.- Tectónica y sedimentación
  - VII.- Implicaciones económicas
  - VIII.- Conclusiones y recomendaciones
- Bibliografía y anexos

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la -- Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente,  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, D.F., a 23 de noviembre de 1981  
EL DIRECTOR

Ing. Javier Jiménez Escribá

JJE' MRV' mdb.

## I N D I C E

		Pág.
	RESUMEN	
I	INTRODUCCION	1
	I.1  Objetivos	1
	I.2  Antecedentes	2
II	GENERALIDADES	3
	II.1  Localización del área de estudio	3
	II.2  Clima	3
	II.3  Fisiografía e Hidrografía	4
	II.4  Marco Geológico	5
	II.5  Método de trabajo	9
III	ANALISIS GRANULOMETRICO	11
	III.1  Parámetros texturales	11
	III.2  Madurez textural	14
IV	COMPOSICION MINERALOGICA	17
	IV.1  Clasificación mineralógica	17
	IV.2  Minerales pesados	19
	IV.3  Proveniencia	21
V	ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS	26
	V.1  Microestructuras	26
	V.2  Macroestructuras	28
VI	TECTONICA Y SEDIMENTACION	30
VII	IMPLICACIONES ECONOMICAS	37

---

	Pág.
VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
Bibliografía	
Láminas	
Tablas	

## LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1.- Plano de localización del área.
- 2.- Plano de localización del muestreo realizado.
- 3.- Diagrama de flujo del análisis de muestras superficiales.
- 4.- Gráficas de distribución de frecuencia de la desviación estándar gráfica inclusiva y del tamaño gráfico promedio.
- 5.- Gráfica de distribución de frecuencia de la asimetría y la curtosis.
- 6.- Rasgos de bimodalidad del sedimento en la playa El Cayacal Gro.
- 7.- Triángulo sobre la composición mineralógica de los sedimentos.
- 8.- Gráficas de concentración de minerales pesados.
- 9.- Zonas dinámicas de playa.
- 10.- Zonas dinámicas del litoral y movimiento principal del agua.
- 11.- Núcleos de playa.
- 12.- Secciones de playa.
- 13.- Plano Topográfico.
- 14 a) Elementos tectónicos del Pacífico de México.
- 14 b) Plano de sismicidad del Sur de México.

## PLANOS

Plano No. 1.- Plano geológico del área

Plano No. 2.- Plano topográfico y de localización de muestras de roca.

## RESUMEN

El objetivo del trabajo es estudiar los parámetros texturales del sedimento de playa cuando éste presenta alta concentración de minerales pesados. Los sedimentos de la playa El Cayacal provienen principalmente del intrusivo granítico de extensión regional y que en el área de estudio presenta un alto contenido de minerales ferromagnesianos y óxidos de hierro que están siendo transportados por corrientes fluviales y concentrados en la zona de playa por los procesos litorales. El sedimento consiste predominantemente de arena de grano medio, moderadamente bien clasificada, casi simétrica, mesocúrtica y submadura. Los minerales pesados se presentan principalmente en la fracción de grano medio y fino, siendo la fracción de grano fino la que contiene mayor concentración de minerales pesados de interés económico como ilmenita, magnetita y zircón. Se observó que la ilmenita contiene gran cantidad de exclusiones de hematita por lo que es de esperar un contenido relativamente bajo de  $TiO_2$  en el concentrado de ilmenita, además, la presencia de otros minerales pesados comúnmente asociados, es mínima y carecen de atractivo económico como subproductos. Los análisis mineralógico y textural indican que la zona de estudio es tectónicamente activa, lo que concuerda con otros trabajos de sedimentología y geofísica realizados en la costa sur del Pacífico en México.

## I. INTRODUCCION

### I.1 Objetivo

El objetivo de este trabajo es estudiar los parámetros texturales que se manifiestan en sedimentos de playa bajo condiciones de alta concentración de minerales pesados, es decir aquellos cuyo peso específico es mayor de 2.85. Así también se analizará su distribución espacial a lo largo de la playa, tomando en cuenta los mecanismos de selección y concentración que están directamente relacionados con las propiedades físico-químicas (composición, densidad, dureza, etc.,) de los sedimentos, y con los procesos dinámicos de litoral. Por otro lado, se considera el aspecto de proveniencia de acuerdo con la litología del área de aporte, así como la tectónica regional, la cual juega un papel importante en los procesos de sedimentación en las costas.

Debido a sus condiciones geológicas y morfológicas, se escogió la localidad de El Cayacal en Guerrero para el desarrollo de esta tesis. Al parecer los minerales pesados presentes en los sedimentos de playa provienen principalmente de 3 fuentes: A) de rocas básicas y ultrabásicas que afloran en las localidades de Loma Baya y Cerro El Tamarindo, cercanas al área de estudio (Núñez, 1981), B) de un intrusivo granítico de dimensiones batolíticas que en este sitio presenta una composición de granito de hornblenda con alto contenido de minerales magnéticos y en algunas partes cercanas a la costa presente alteraciones metasomáticas de hierro, y C) rocas metamórficas posiblemente relacionadas con el Complejo Xolapa, que consiste de gneis y esquistos de composición cuarzo feldespática. Considerando la geología del área es posible determinar, mediante el estudio sedimentológico, el tipo de li

tología con mayor influencia en el aporte de minerales pesados hacia la playa.

Finalmente, otro de los objetivos de este estudio es de tipo económico y se refiere a los minerales pesados, que al ser concentrados mecánicamente llegan a constituir depósitos de placer susceptibles de ser explotados económicamente.

## I.2 Antecedentes

A fines del año de 1979 y a principios de 1980, se llevó a cabo un muestreo de las arenas de playa a lo largo de la costa de los estados de Guerrero y Oaxaca, siendo parte de los trabajos de exploración regional del Proyecto Minerales Pesados, perteneciente a la Gerencia de Estudios Especiales del Consejo de Recursos Minerales. Durante estos trabajos se detectaron algunas concentraciones anómalas de minerales pesados, entre las que destacaron las localidades de Bahía Agua Dulce y El Cayacal en el estado de Guerrero, boca del río Verde, boca del río Cozoaltepec y playa La Ventanilla en Oaxaca (Martín, 1980).

V. Rocha, (1947) reportó la presencia de ilmenita en las arenas de playa en la localidad de El Cayacal, y en 1976 efectuó otro trabajo en donde muestra las posibilidades económicas de las arenas de playa "las cuales presentan alto contenido de minerales pesados; ilmenita, zircón y magnetita", (Rocha, 1976).

En abril de 1981 se efectuaron los trabajos de perforación y recolección de muestras superficiales para la evaluación y el estudio sedimentológico del depósito, por personal del C.R.M.



## II. GENERALIDADES

### II.1 Localización del área de estudio

La playa El Cayacal se encuentra situada a la altura del kilómetro 185 de la carretera federal No. 200 que comunica al puerto de Acapulco con la población de Zihuatanejo y a 23.5 kilómetros de Petatlán (Fig. 1). Pertenece al municipio del mismo nombre y su posición geográfica es: 17° 23' de latitud norte y 101° 10' de longitud oeste. En el mismo lugar y sobre la carretera, se localiza el poblado de El Cayacal que cuenta con una población de 300 habitantes, servicios de energía eléctrica, drenaje y agua potable.

### II.2 Clima

El área de estudio se encuentra situada en la porción de la costa de Guerrero conocida como "Costa Grande". Esta presenta un clima cálido sub-húmedo con lluvias en verano. De acuerdo con la clasificación de Koppen queda definido como del tipo Aw. Hacia las tierras altas de la vertiente occidental de la sierra de Guerrero; el clima varía de templado a templado sub-húmedo con lluvias en verano, por lo que se le ha definido como del tipo Cw, en la misma clasificación, (García, 1978).

La vegetación consiste de selva baja caducifolia, selva baja o media y sabana. La talla de los árboles varía con la humedad y la mayoría de ellos pierden sus hojas en la época de secas. La sabana consiste en un pastizal con árboles espaciados, (García, 1974).



### II.3 Fisiografía e Hidrografía

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, que se extiende de nor-noroeste a sur-sureste, desde Cabo Corrientes hasta el Istmo de Tehuantepec, paralela y muy próxima al litoral del Pacífico. Consiste de un sistema montañoso que ocupa la parte meridional de las tierras altas - centrales, dando frente al Océano Pacífico. La provincia incluye además de las montañas del mismo nombre, la cuenca del Balsas y todas las tierras altas que limitan al sur de la Sierra (López Ramos, 1979).

La Sierra de Guerrero está constituida por las cadenas montañosas que son la continuación de la Sierra Madre del Sur hacia el Estado de Guerrero. En su parte correspondiente a la cuenca del Balsas está constituida principalmente por rocas volcánicas y del Grupo Clástico Balsas. En dirección hacia la costa, la forman calizas, conglomerados y areniscas conglomeráticas, rocas plutónicas y metamórficas.

La planicie costera consiste de una delgada faja sin relieve, que bordea al litoral del Pacífico. Varía desde 3 km hasta desaparecer. Su perfil es suave y del orden de 0.6% y está formada por materiales arenosos y arcillosos mal consolidados. Presenta algunas hondonadas del drenaje, representadas por pantanos y lagunas de poca profundidad, siendo una costa en emersión (C.R.N.N.R., 1965).

En la parte montañosa de la zona, la hidrografía está definida por los rasgos estructurales de las rocas. Presenta arroyos con sección en "V" de costados de fuerte pendiente. La región se encuentra en una etapa juvenil dentro del ciclo fisiográfico (C.R.N.N.R., 1965).

La Costa Grande de Guerrero está registrada como región hidrológica núm. 19. Se encuentra limitada por la desembocadura de los Ríos Balsas y Papagayo. Cubre una superficie de 12,506 km<sup>2</sup> y sus principales ríos son: La Unión, Ixtapa, San Jerónimo, Coyuquilla, San Luis, Tecpan, Atoyac, Coyuca, La Sabana y pequeñas corrientes sin importancia entre este último y el río Papagayo (S.R.H., 1976).

#### II.4 Marco Geológico

La geología regional está constituida por rocas cuya edad varía del Paleozoico al Terciario (Plano No. 1), de Cserna (1965) en su trabajo geológico de la Sierra Madre del Sur, sobre la región situada entre el poblado El Ocotito y la costa del Pacífico y con la cual se correlaciona el basamento de este trabajo, indica que las rocas más antiguas que afloran en esta región consisten principalmente de esquistos de biotita y bautizó a esta secuencia metamórfica, junto con algunos cuerpos intrusivos y pegmatitas como Complejo Xolapa, considerándolo provisionalmente como de edad Paleozoico Temprano.

El Complejo Xolapa consiste principalmente de rocas metasedimentarias, siendo la mayor parte de estas de origen clástico. Los tipos de roca que componen este complejo varían de esquistos de biotita a gneis de biotita, localizándose algunos horizontes pequeños de cuarcita y mármol cipolino.

En el área de Petatlán, el Complejo Xolapa se presenta en forma de colgantes (roof pendant) dentro del Batolito de Petatlán, el cual consiste de gneis de la facies cuarzo-feldespática.

En su reconocimiento geológico del área comprendida entre El Ocotito e Ixcuinatoyac, Klesse, (1968) indica que el Complejo Xolapa consiste esencialmente de un esquisto de biotita fuertemente metamorfoseado, y lo divide en 2 subunidades, una presentando un mosaico uniforme de grano grueso y otra unidad de grano fino, en la cual se observan bandas y lentes de colores claros (cuarzo, feldespato y epidota). El sedimento original consistió de una arenisca arcillosa con algunos cambios a arenisca arcósica, la cual sufrió metamorfismo regional alcanzando la facies de almandina-anfibolita. Posteriormente, un metamorfismo retrógrado afectó estas rocas a una facies de epidota-anfibolita, (Klesse, 1968).

Klesse, (1968) definió a la Formación Ixcuinatoyac en la localidad del mismo nombre y cuya sección tipo se localiza en la Barranca Alcaparrosa, más hacia el Oeste en el Valle del Río Alcaparrosa, - en la Barranca Hedionda y en la Barranca de Lima. Esta puede ser extrapolada al área de trabajo por la similitud litológica y metalogénica (sulfuros masivos). La Formación Ixcuinatoyac sobreyace discordantemente y en posición normal al Complejo Xolapa. Se le ha asignado una edad probable Devónico (?) - Carbonífero (Klesse, op. cit) y - está constituido por filitas, cuarcitas y rocas metavolcánicas de composición andesítica y basáltica. En la localidad de El Zapotillo cercana al área de estudio, localizado al nor-orienté de Petatlán, Gro., y cerca del sulfuro masivo de Cooper King, afloran una serie de rocas metavolcánicas, que consisten principalmente en tobas y derrames andesíticos y basálticos, con algunas intercalaciones delgadas de lutitas (algunas de ellas carbonosas). De Cserna y Armstrong, (1978) fecharon diques de leucogabros y leucomonzonitas por el método de Rb-Sr, resul

tando una edad de  $311 \pm 30$  m, que corresponderían al Carbonífero. Estos diques se encuentran emplazados dentro de la secuencia metavolcánica, la que debe ser de una edad anterior a 311 m.a.

De la misma edad son considerados los diques peridotíticos - de Ixcuinatoyac por lo que de Cserna, (1978) infiere que estas rocas - podrían ser correlacionables con los intrusivos fechados en el área del Zapotillo. Las rocas metavolcánicas de la Formación Ixcuinatoyac y los diques ultrabásicos emplazados en ellas son considerados como asociación común en una zona eugeosinclinal (Klesse, 1968).

Por otro lado, recientes trabajos de campo en la región de - Papanao-Petatlán parecen indicar que las rocas básicas y ultrabásicas que afloran en el área de Loma Baya, El Tamarindo, Piedra Talcoyunque y Puerto Escondido, forman parte de una secuencia ofiolítica desmembrada tectónicamente, emplazada dentro de la Formación Ixcuinatoyac (?). (Núñez, 1981. Delgado, 1981).

En Ixcuinatoyac, la Formación del mismo nombre se encuentra cubierta por una secuencia de rocas volcánicas de composición intermedia, intercaladas con rocas metasedimentarias (grauvaques, filitas, brechas y cuarcitas) de edad Triásico-Jurásico (?) a la cual Klesse, - - (1968) denominó Formación Chapolapa. La Formación Chapolapa aparentemente se presenta en forma muy restringida y sólo ha sido observada en el área de Ixcuinatoyac y pequeños afloramientos al Este y Noreste de Zihuatanejo (Delgado, comunicación verbal).

El período Jurásico Medio y Tardío está marcado por un proceso de intensa erosión subaérea inferida por la ausencia de depósitos -

de esta edad. En la porción de la zona costera de Guerrero, el Jurásico está ausente, indicado por una discordancia erosional hasta la deposición de la Formación Morelos del Cretácico Inferior, en vista de que la Formación subyacente a esta última parecen ser las grauvacas de la Formación Chapolapa que afloran en la Sierra de Santa María Pedregal al NW de Papanoa (Delgado, 1981). La Formación Morelos consiste principalmente de calizas marmorizadas por la intrusión del macizo granítico. En el área de trabajo fueron observados afloramientos de calizas en el Cerro La Ahuja, Cerro Cuaxtlac y Cerro La Calera.

En la región de la costa grande de Guerrero aflora un batolito granítico que se extiende al noroeste de Petatlán hasta el poblado de Atoyac, de composición granodiorita-monzonita y granito-diorita en menor proporción. El batolito debe corresponder a las raíces del arco volcánico de edad Oligoceno (?) que se presenta aproximadamente a 10 kilómetros al norte del área de estudio que está constituido por ignimbritas depositadas sobre una secuencia de composición andesítica. El parteaguas que constituye el "filo mayor" y que separa la cuenca del Balsas y la zona costera está constituida por este tipo de rocas.

Dentro del batolito son frecuentes los xenolitos de composición ultrabásica entre Petatlán y Tecpan, los cuales llegan a ser mayores de 20 metros (Piedra Tlalcoyunque). Esto trajo como consecuencia la posible contaminación del granito con rocas básicas y ultrabásicas, lo que ocasiona la excesiva presencia de hornblenda, magnetita e ilmenita. El intrusivo granítico presenta además alteración hidrotermal y zonas de reemplazamiento metasomático de hierro, como es el caso de los depósitos de El Calvario y Punta Jaútica localizados entre La Barrita

y Punta Calvario, dentro del área de trabajo.

## II.5 Método de Trabajo

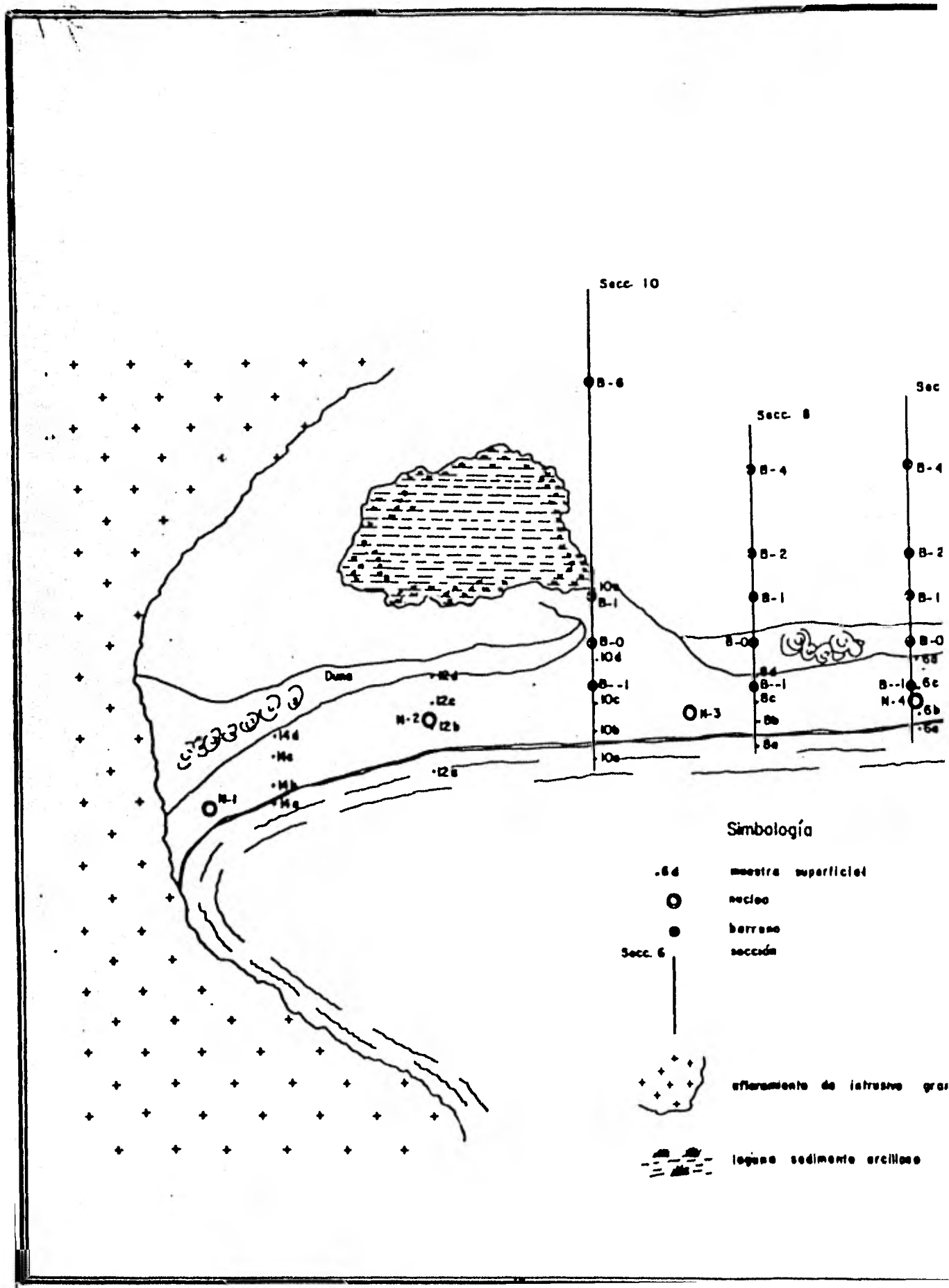
La recuperación de muestras superficiales se llevó a cabo siguiendo líneas de muestreo con una longitud promedio de 80 m a lo largo de la playa. Estas líneas se trazaron con cinta métrica a intervalos de 100 metros y en cada una de éstas se configuró una sección utilizando cinta y nivel de mano, con el objeto de obtener perfiles a lo largo de la playa, sobre las líneas de muestreo. Cada línea incluye muestras de la zona de barrido de ola, del frente de playa, de la berma de playa y de la postplaya (Fig. 2).

Con una pequeña pala de jardinería se colectaron 69 muestras superficiales de sedimento en un área aproximada de  $0.5 \text{ m}^2$ , cada una poniéndose en bolsas de plástico con la fecha y clave correspondiente. El peso de las mismas fue de aproximadamente 500 gr.



Se recuperaron un total de 10 núcleos distribuidos en diferentes puntos de la playa a una profundidad de 60 cm (Fig. 2). Estos núcleos fueron recuperados utilizando tubos de plástico P.V.C., para lo cual fue necesario recurrir a fotografías de rayos X para observar las estructuras sedimentarias en las diferentes zonas de playa. Las radiografías se obtuvieron con una intensidad de 16 miliamperes por segundo y 65 kilovolts con una altura de foco de película de 1 m, y foco fino de 100 miliamperes/seg.

Al mismo tiempo se efectuó un muestreo de roca para análisis petrográfico en los alrededores del área, y a lo largo del curso del Arroyo El Cayacal, con el objeto de verificar la proveniencia de los

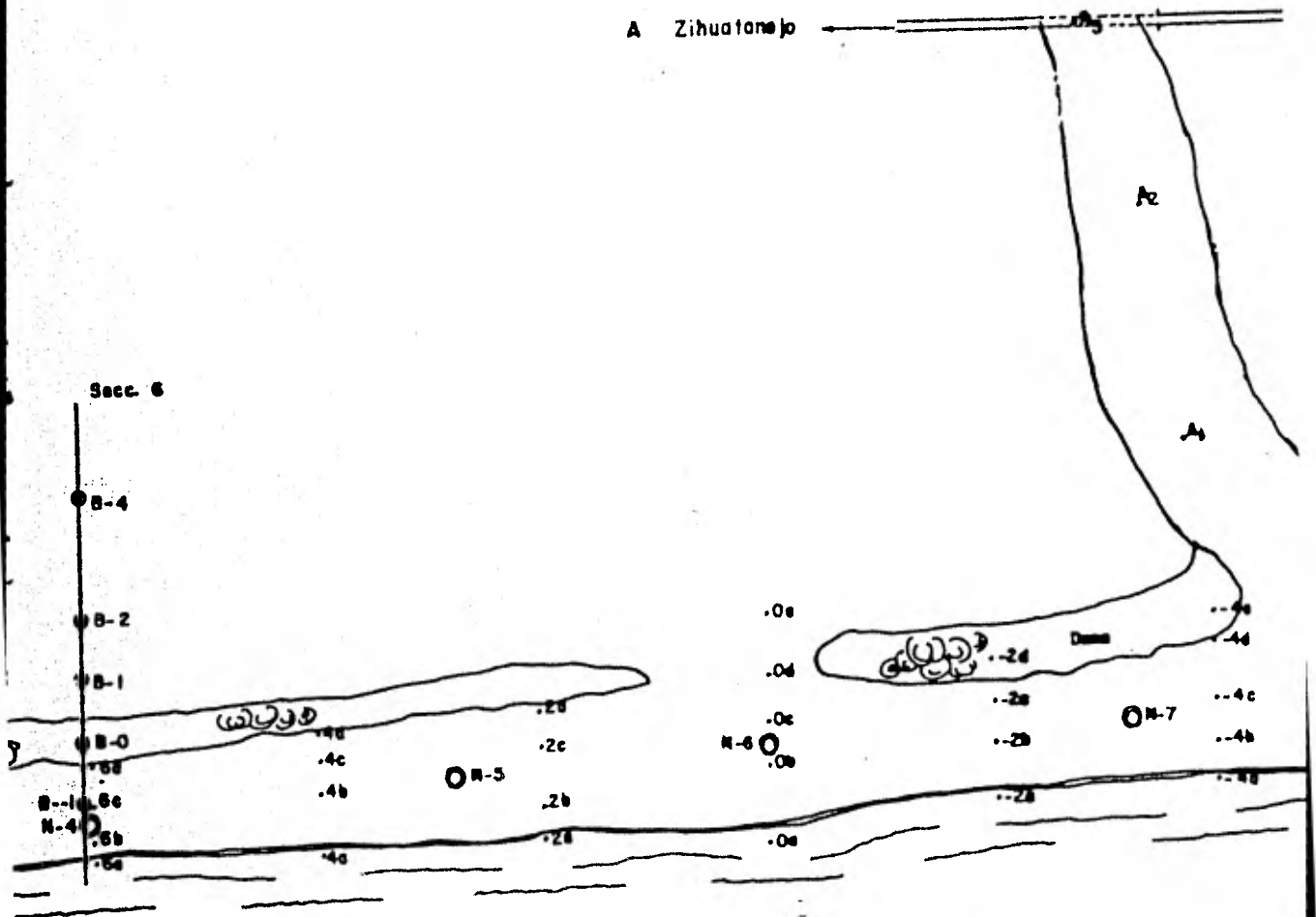




**Simbología**

- .6d muestra superficial
- núcleo
- barrenos sección
- Secc. 6
-  afloramiento de intrusivo gran
-  logas sedimento arcillosos

A Zihuatanejo



OCEANO PACIFICO

este gráfico

relioso

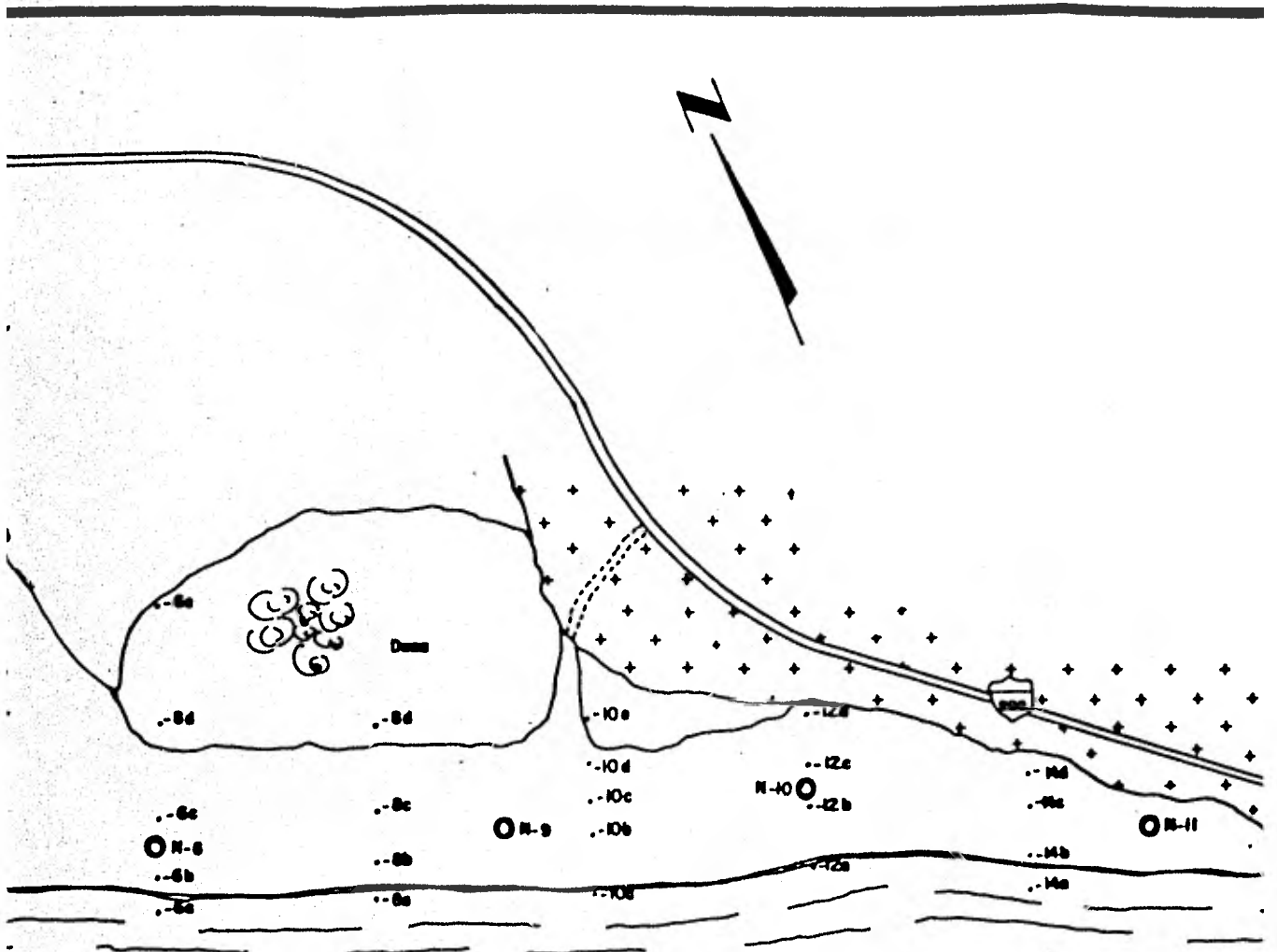
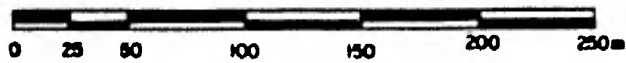


Fig. 1

mues  
barre  
-yoca

Escala: 1 : 2 500



Martín Barajas, 1982

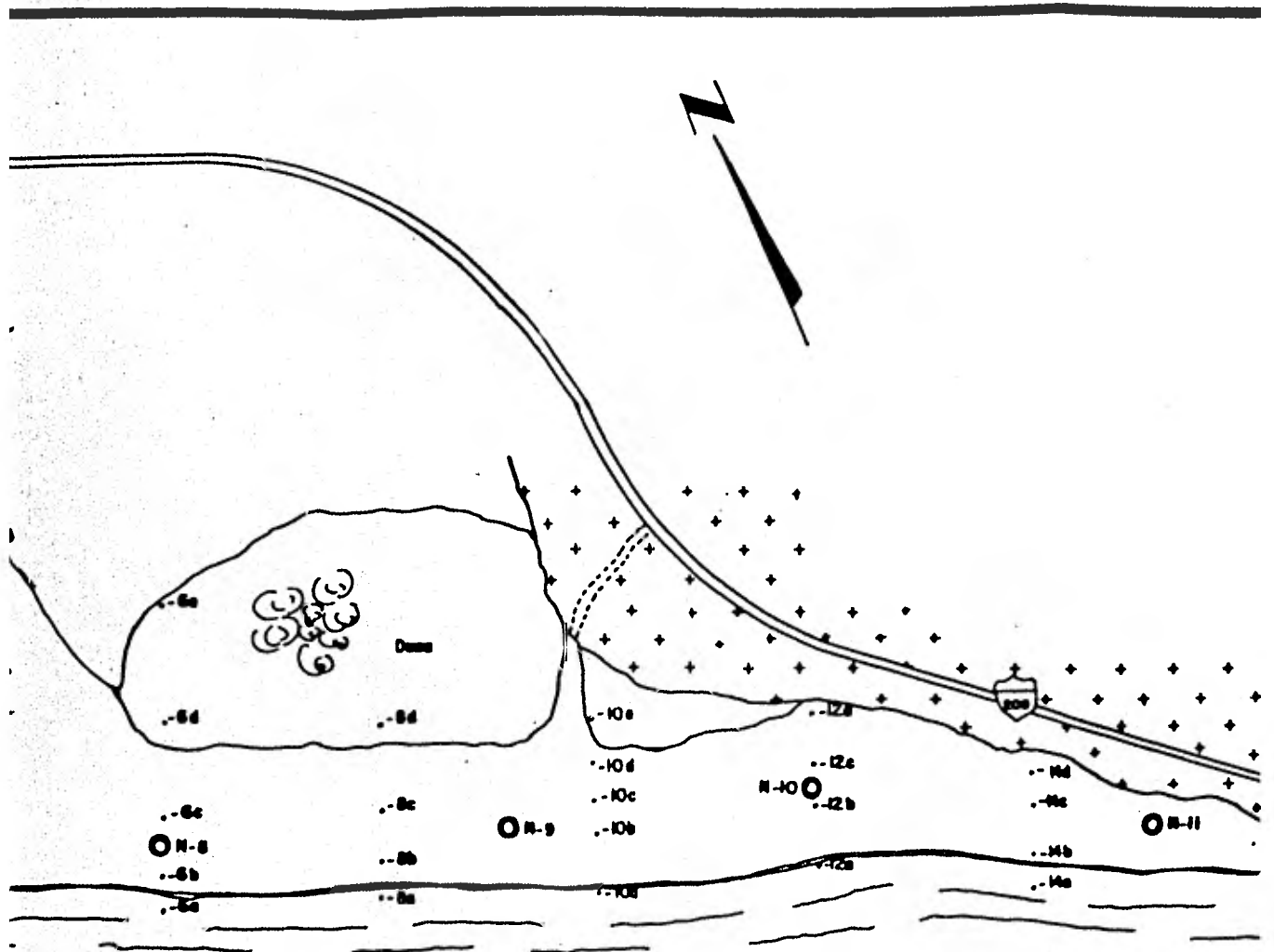


Fig.

muel  
barri  
-yoc

Escala: 1 : 2 500



Martin Barajas, 1982

minerales presentes en las arenas de playa.

Se levantó un plano topográfico con plancheta a escala 1:2,500 con curvas de nivel a intervalos de 1 metro con lo cual se obtuvo la configuración topográfica de la playa y la postplaya, localizándose en el plano los puntos de muestreo.

La perforación se llevó a cabo en forma de retícula con sondeos a cada 25 x 50 m en la zona de playa y de 50 x 100 m en la postplaya a una profundidad promedio de 5.0 m. Se utilizaron 2 máquinas perforadoras Winkie GW-15 con barrenos de tipo Auger bit o "tornillos sin fin". Con los datos de los barrenos, se construyeron 3 secciones de playa con objeto de configurar estructuras sedimentarias y cambios de ambiente sedimentario. En campo se hicieron reportes de perforación en los cuales se hace la descripción de cada tramo de tubería, con el objeto de determinar el comportamiento del sedimento a profundidad. Para esto se utiliza lupa de mano, imán, ácido clorhídrico y una batea.

En algunas ocasiones el cambio en la concentración de minerales pesados o del tipo de sedimento, requirió separar la muestra en 2 ó 3 intervalos para no diluir el contenido de minerales pesados con la profundidad.

Se realizó un caminamiento a lo largo del cauce del Arroyo - El Cayacal, colectándose muestras de roca con el objeto de verificar la proveniencia de los minerales en el sedimento de playa. La localización de este muestreo de roca se muestra en el plano 2.

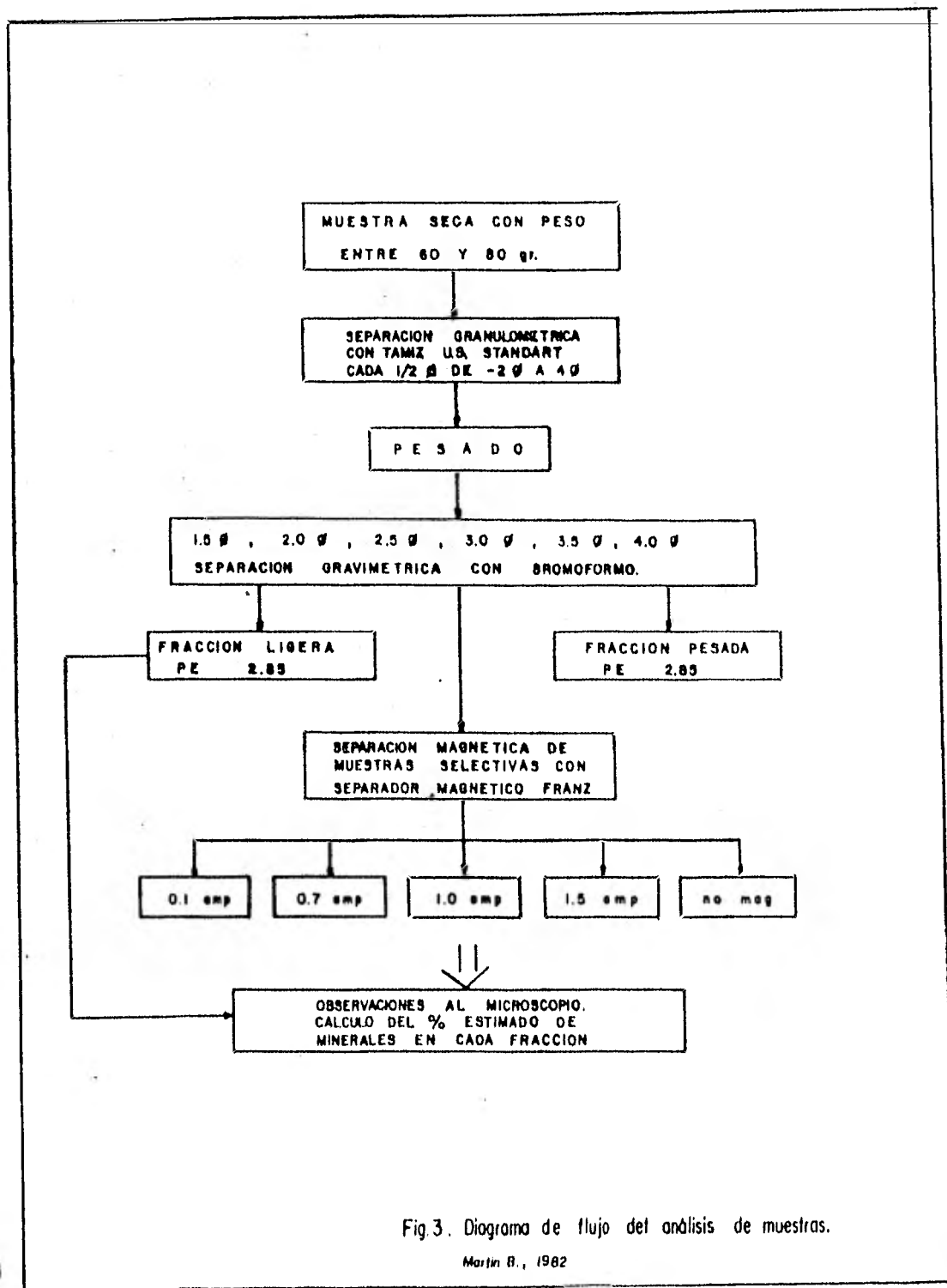


Fig.3. Diagrama de flujo del análisis de muestras.

Martin B., 1982

### III. ANALISIS GRANULOMETRICO

#### III.1 Parámetros Texturales

Para el análisis textural del sedimento superficial, se utilizaron los parámetros texturales propuestos por Folk (1974): Tamaño Gráfico Promedio ( $Mz$ ), Desviación Standard Gráfica Inclusive ( $\sigma_I$ ), Curtosis Gráfica ( $K_G$ ) y Asimetría Gráfica ( $SK_G$ ). Estos fueron obtenidos por medio de un programa de computación a partir de los datos de la curva de frecuencia acumulada, las cuales se elaboraron manualmente. Los límites de estos parámetros aparecen en la tabla 1 del anexo. En las figuras 4 y 5 se puede observar el comportamiento de los parámetros texturales por ambiente. Los rangos de variación corresponden a los señalados por Folk (1974) y las letras A, B, C y D representan a los ambientes de playa sumergida, frente de playa, berma de playa y post-playa respectivamente.

Tamaño Gráfico Promedio ( $Mz$ ).- A las muestras colectadas en el área de playa sumergida corresponde principalmente un tamaño de arena muy gruesa, que varía a arena gruesa, con algunos casos extremos de gránulos (muestra 12/a, 10/a y 6/a), posiblemente influenciadas por sedimentos de ambiente fluvial.

En la zona del frente de playa, algunas muestras presentan tamaños finos, tal es el caso de las muestras 10/b, 4/b y 14/b, éste posiblemente debido al alto contenido superficial de minerales pesados. No obstante, el tamaño predominante es el de arena de grano medio. Se aprecia una ligera disminución en el tamaño del grano hacia el SE.

En la berma de playa, el tamaño predominante es de 2.0 a 1.0  $\phi$ , o sea arena de grano medio con algunas variaciones a arena de grano fino. La muestra - 10/d consiste en arena gruesa y fue colectada en la parte posterior de la berma de playa en donde se observó abundante contenido de fragmentos de concha y líticos.

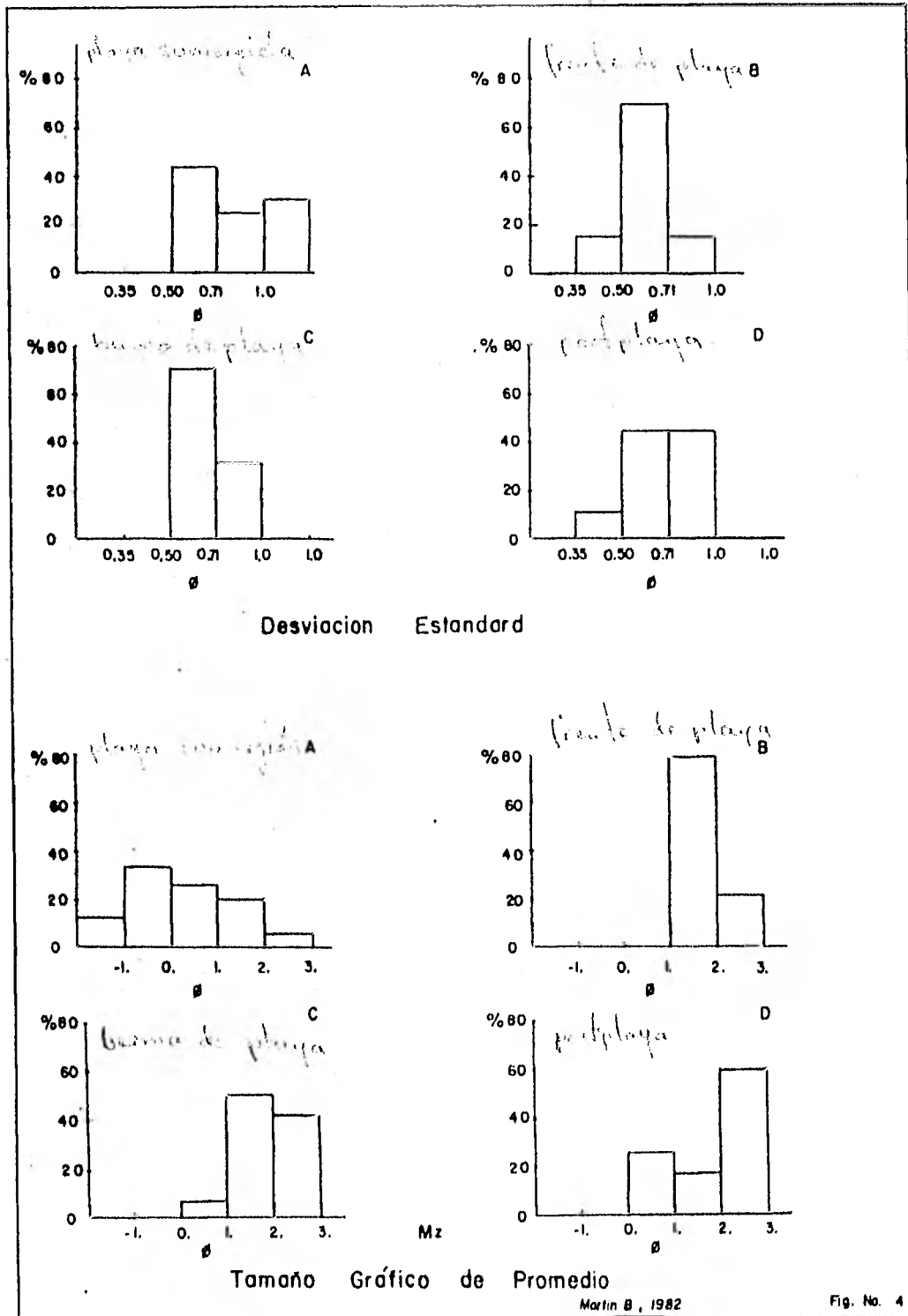
En el sedimento de duna y/o postplaya, predomina la arena de grano fino. La muestra - 6/d presenta un valor anómalo correspondiente a grano grueso, pero posiblemente influenciado por sedimento fluvial, ya que se encuentra cercana al cauce del arroyo El Cayacal (Fig. 2).

La muestra AR/1 localizada en la boca del arroyo se ve claramente influenciada por el ambiente de playa debido al tamaño de arena - media; las muestras AR/2 y AR/3 presentan tamaños de arena gruesa, debido a influencia fluvial. La distribución del tamaño del grano por ambiente se muestra en la figura 4, en donde A, es playa sumergida, B es el frente de playa, C es la berma de playa y D corresponde a la postplaya, incluyendo al sedimento de duna.

Desviación Standard.- El menor grado de clasificación corresponde a las muestras colectadas en la playa sumergida y presentan un ligero aumento en la clasificación, en dirección sureste.

En el frente de playa se observó el mayor grado de clasificación (moderadamente bien clasificado) con algunas variaciones a bien clasificado (0/b y - 10/b) y otras a moderadamente clasificado (14/b y 10/b). El grado de clasificación con respecto a la berma de playa, ya no varía mucho, siendo ésta moderadamente bien clasificada con algunas variaciones a moderadamente clasificada hacia el noroeste.





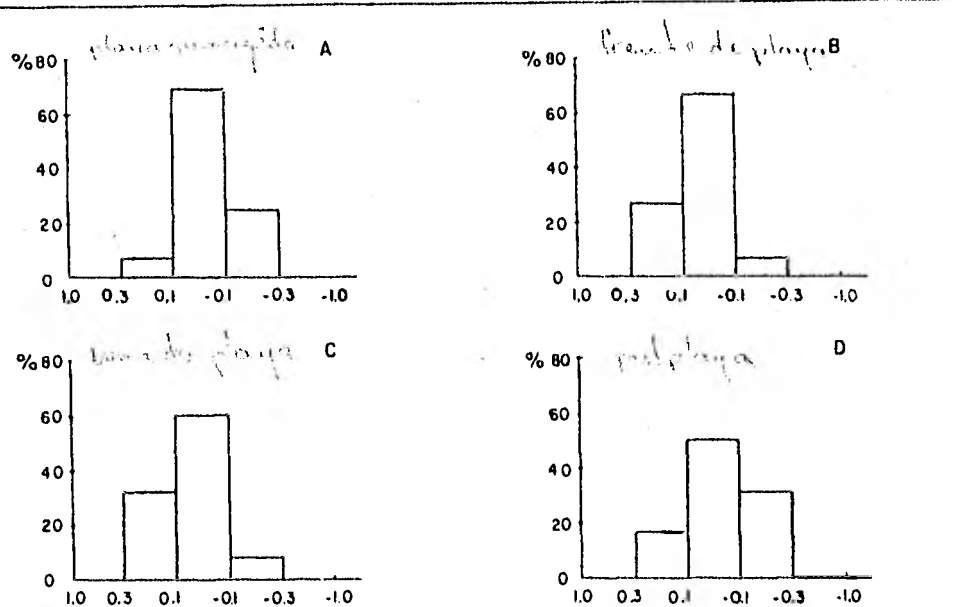
En la postplaya y en el área de duna se observa un ligero pre dominio del sedimento, moderadamente bien clasificado sobre el sedimen to moderadamente clasificado. La muestra - 8/d presenta el mayor grado de clasificación en el sedimento de duna.

Las muestras AR/1 y AR/2 son moderadamente clasificadas y la AR/3 es mal clasificada, correspondiendo éstas al sedimento del cauce de arroyo.

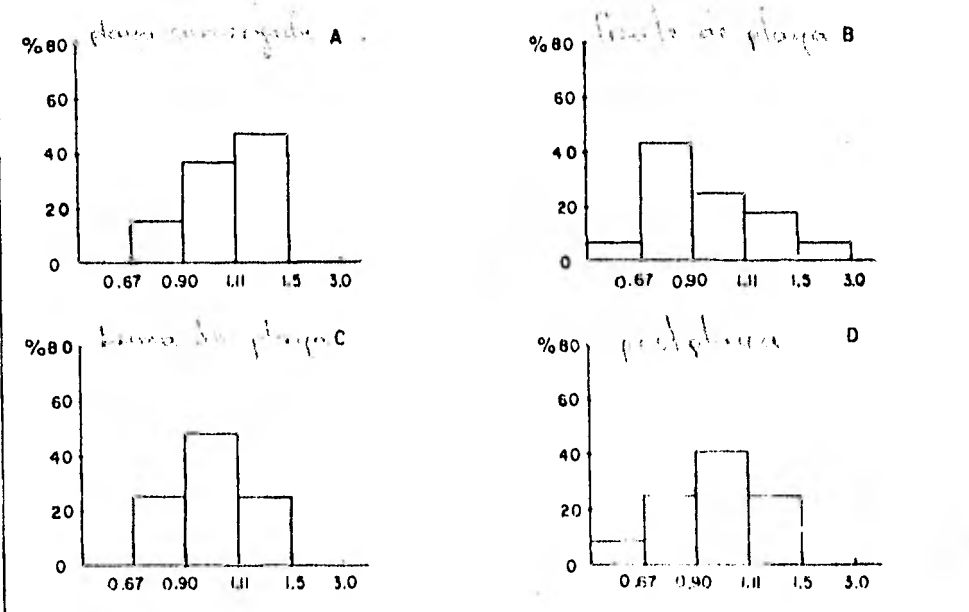
Curtosis - KG.- En el área de playa sumergida, las muestras tienden a ser mosocúrticas, predominando este rasgo hacia el extremo - sureste de la playa. Al noroeste, la tendencia es a platicúrticas, con excepción de las muestras 8/a y 4/a, que a pesar de su rango no se ale jan mucho del límite extremo para mesocúrtico, lo que podría indicar - un carácter bimodal en el sedimento por influencia fluvial. En el fren te de playa, el sedimento es principalmente leptocúrtico, predominando en la porción central de la playa. Se observó cierta tendencia a mesocúrticas, con excepción de las muestras 4/b y 10/b que son platicúr- ticos.

En la berma de playa predomina el sedimento con KG mesocúrti ca con tendencia a leptocúrtica hacia el sureste, lo que daría una dis tribución casi normal del sedimento aumentando el grado de clasi ficación hacia el sureste.

En la parte de postplaya y duna se observó el predominio de agudeza platicúrtica, indicando posiblemente sedimento bimodal, como - consecuencia de la conjunción del ambiente de playa barrera por un la- do, y ambiente lagunar por otro. No obstante, se observaron algunos -



Sk<sub>1</sub> Asimetría Gráfica Inclusiva



Kg Curtosis

contrastes muy marcados, como por ejemplo las muestras 0/d, - 4/e y -- 6/e que son leptocúrticas, moderadamente bien clasificadas y de grano fino.

En las muestras de arroyo AR/2 y AR/3 se observó una KG mesocúrtica. La muestra AR/1 se encuentra influenciada por el ambiente de playa barrera, pues es arena de grano medio, moderadamente clasificada y leptocúrtica.

Asimetría.- En el área de playa sumergida el sedimento es casi asimétrico, con tendencia de asimetría hacia los gruesos. El valor "anómalo" lo constituye la muestras - 2/a con asimetría hacia los finos; el sedimento en ese punto es de grano muy grueso, mal clasificado, platicúrtico y asimétrico hacia los finos, lo que indica que la mayor influencia es de origen fluvial, imprimiendo un carácter bimodal en esta zona. Según Taira y Schole, (1979) la parte inferior del frente de playa y la zona de playa sumergida presentan cierta tendencia a acumular sedimentos gruesos, debido al transporte mar adentro, ocasionado por el movimiento de deriva litoral de la fracción gruesa, a lo largo de esta zona.

### III. 2 Madurez Textural

El grado de madurez textural de los sedimentos se obtuvo con el procedimiento indicado por Folk (1974) quien propone que debido a que los sedimentos son sometidos a los efectos de la energía mecánica por la acción abrasiva y de clasificación de olas y corrientes, éstos pasan a través de una secuencia de cuatro estados: inmaduro, submaduro, maduro y supermaduro.

El análisis de madurez textural de las muestras del área de trabajo indica que sólomente 3 muestras resultaron sedimentos maduros, con valores de desviación standard menores a 0.5  $\phi$  y provienen de la zona del frente de playa (-10/b y 00/b y de la berma de playa (-8/d). Con excepción de éstas, la totalidad de las muestras colectadas representan sedimentos submaduros predominando el sedimento moderadamente bien clasificado y de grano medio (1.0 a 2.0  $\phi$ ).

Comparativamente se tiene que la zona del frente de playa -- junto con el sedimento procedente de la berma de playa, presentan mejor clasificación en relación a la zona de playa sumergida y postplaya -- (Fig. 4). No obstante, en el frente de playa se concentran sedimentos de grano medio principalmente, mientras en la berma de playa la distribución del tamaño de grano es un poco más dispersa, observándose tamaños gruesos y finos, éstos últimos debido posiblemente a la alta concentración de minerales pesados acumulados en la parte superior de la playa por olas de tormenta.

En la playa sumergida se colectaron las muestras con menor grado de clasificación, con rangos de variación de moderadamente bien clasificado a muy mal clasificado, y en donde se presenta la distribución granulométrica más dispersa variando de gránulos a arena fina. Es to podría indicar el carácter bimodal indicado con anterioridad, el -- cual estaría dado por la influencia del ambiente fluvial, de donde pro vienen los sedimentos gruesos (grava y gravilla) que son depositados y distribuidos localmente en la parte inferior del frente de playa. La Fig. 6 se obtuvo a partir de los valores de 55 muestras representativas del ambiente de playa barrera, para lo cual se excluyeron las muestras de postplaya, con el objeto de no influir con otro posible ambiente de

**MADUREZ TEXTURAL**  
**RASGOS DE BIMODALIDAD DEL SEDIMENTO EN LA**  
**PLAYA EL CAYACAL, GRO.**

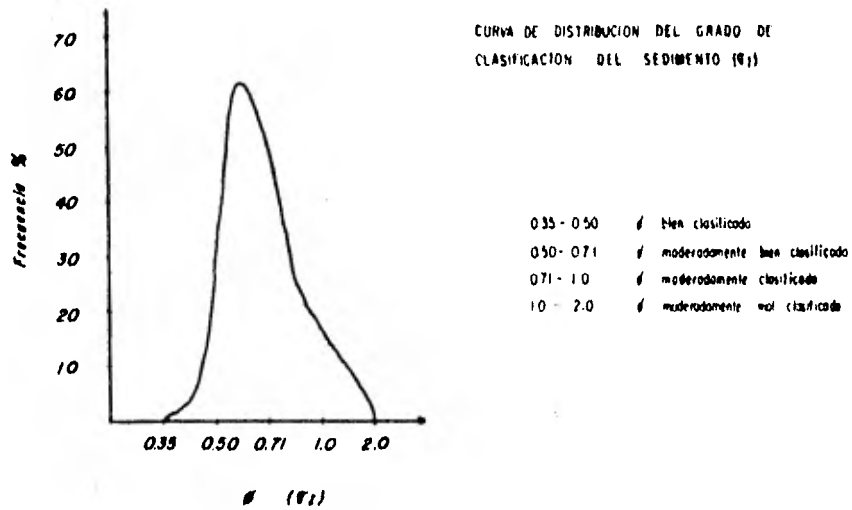
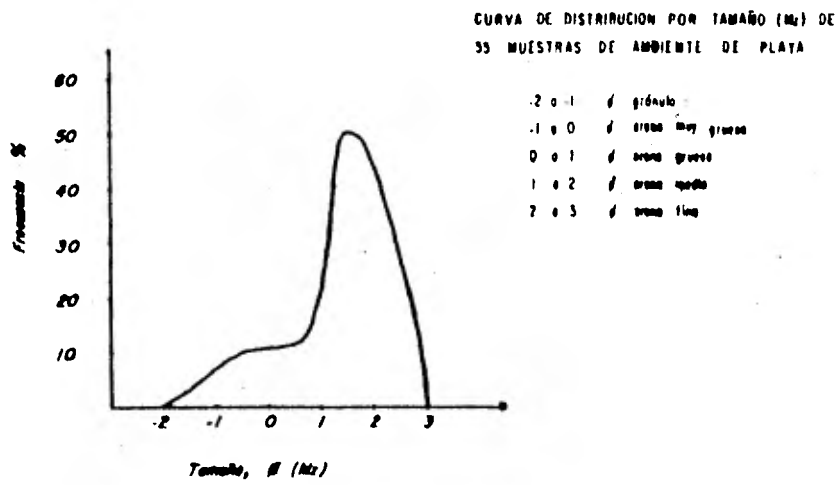


Fig. 6. Madurez Textural  
 Martín B., 1962

depósito. En la Fig. 6a, que corresponde al tamaño gráfico promedio (Mz), se observa cierta tendencia bimodal de sedimento de grano muy -- grueso y gránulo (-1 a -2  $\phi$ ). En la gráfica de desviación standard, este sedimento imprime cierta irregularidad a la curva de distribución normal del sedimento, lo que produce el carácter bimodal de esta zona dinámica de playa.

En la postplaya el sedimento presenta un grado de madurez que corresponde a la etapa de submaduro, con un grado de clasificación que varía de bien clasificado (-6/e), a mal clasificado (10/e). Esto se ha explicado por la interacción entre dos o más ambientes de depósito. Como ejemplo se puede citar la muestra -6/e que corresponde a un ambiente de duna con influencia de ambiente lagunar, pues presenta tamaño de -- grano fino con asimetría hacia los finos (Tabla 4). En el caso de la muestra AR/1 y AR/2 se trata de sedimento de origen fluvial con influencia de sedimento de playa, mientras que la muestra 10/e corresponde a un ambiente lagunar con influencia de sedimento de playa. Por este motivo se trató de analizar estas muestras desde un punto de vista individual y específico para cada caso, y no incluirlas dentro de un ambiente bien definido y generalizado como lo es el de playa.

## V. ANALISIS MINERALOGICO

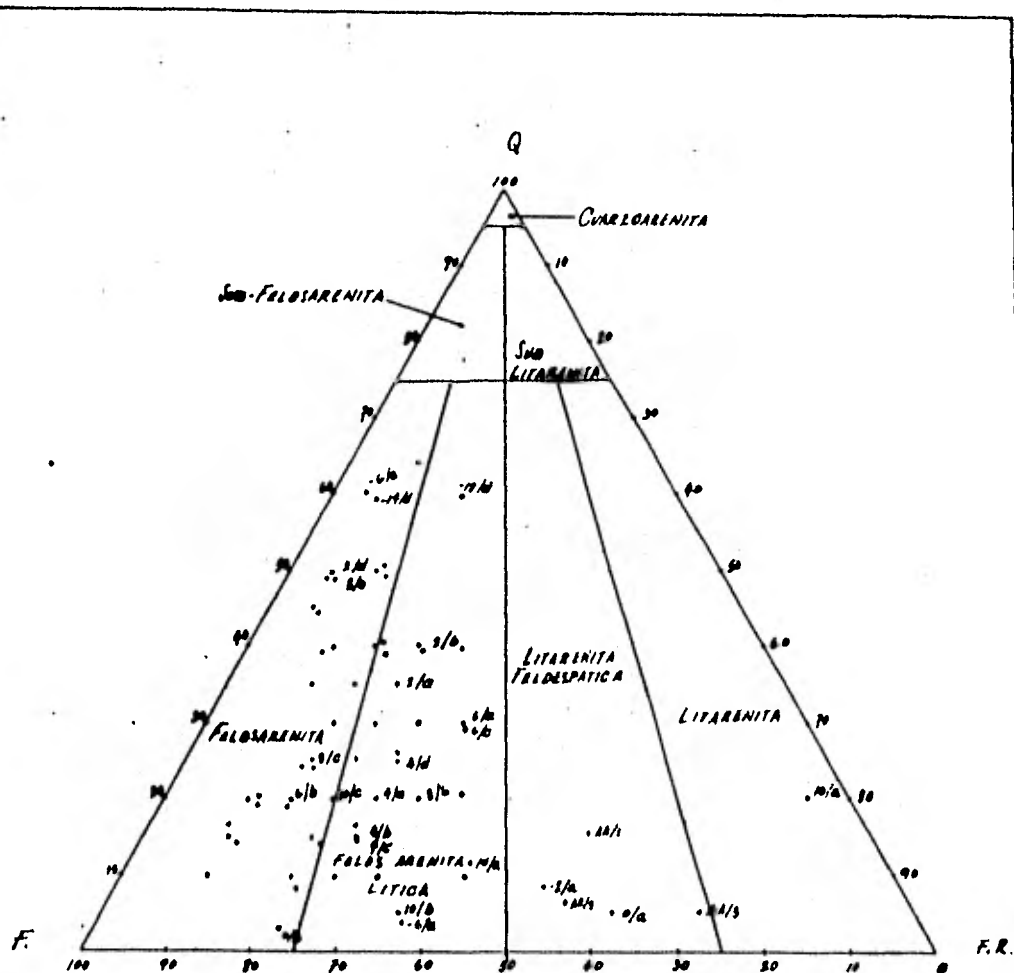
### IV.1 Composición Mineralógica

Para la clasificación mineralógica de las muestras se utilizó el método empleado por Folk, el cual consiste en determinar el "clan mineralógico", de acuerdo a los porcentajes de cuarzo, feldespato y fragmentos de roca presentes en el sedimento. De esta manera se observó - que la gran mayoría de las muestras corresponden a feldsarenita y feldsarenita lítica (Fig. 7). Algunas muestras procedentes de la zona de - playa sumergida y de arroyo, presentan composición de litarenita feldes - pática siendo sedimento de tipo gránulos y guijarros con mala clasifica - ción textural.

Las muestras con más alto contenido de cuarzo proceden de la zona de postplaya y duna, indicando un mayor grado de selección, debido a que parte de los feldespatos han sido alterados a arcillas por el intemperismo, ya que los climas húmedos junto al ambiente oxidante de playa, favorecen este proceso.

El feldespato potásico se presenta en una relación 2:1 con - las plagioclasas y ambos presentan abundantes inclusiones de magnetita, ilmenita y ocasionalmente hornblenda. Son abundantes los fragmentos - de roca ígnea principalmente granítica y otras de grano más fino y color oscuro que corresponden a diques que afectan al intrusivo graníti - co. En menor proporción se observaron fragmentos de rocas metamórfi - cas, principalmente esquistos de muscovita y algunos fragmentos muy re - dondeados de rocas volcánicas.





CLAVE —      Q                      F                      F. R.  
                   % a                      % b                      % c

Q- CUARZO  
 F- FELDSPATO  
 F.R.- FRAGMENTOS DE ROCA

FIG. 7. COMPOSICION MINERALOGICA DE LOS SEDIMENTOS (SEGUN FOLK, 1974)  
 MARTIN B. 1982

La hornblenda junto con la magnetita e ilmenita son los minerales accesorios más abundantes en los sedimentos estudiados, y están presentes tanto como inclusiones en los fragmentos de roca granítica - como en forma libre. En algunas muestras, principalmente las que provienen de esta zona del frente de playa, contienen hasta un 60% en peso de estos minerales.

Otros minerales observados con abundante frecuencia son epidota, piroxenos y hematita, y en menor proporción granate y apatita. El zircón y el rutilo, sólo se presentan en forma de trazas.

Los minerales observados en el sedimento de arroyo coinciden con los minerales presentes en la zona de playa, con excepción de que en el sedimento de arroyo se observaron formas angulosas a subangulosas principalmente en los feldespatos, plagioclasas, hornblenda y óxidos de Fe. En éstos últimos predominan las formas cristalinas (octaedros) sobre las formas anedrales, lo cual difiere ligeramente con los óxidos de Fe encontrados en el sedimento de playa, en donde se apreció que predominan los minerales amorfos en relación a los cristales bien formados de magnetita, hematita, ilmenita y martita. Esta diferencia podría explicarse en base a la presencia de los cuerpos graníticos alterados y con reemplazamiento en la zona de playa, los cuales están -- siendo erosionados por el oleaje, mientras que en el sedimento de arroyo, los óxidos de fierro provienen del intrusivo granítico sin alteraciones o mineralización de Fe.

En el sedimento de arroyo no se observaron cuarzos redondeados ni fragmentos de rocas volcánicas, lo que indica que estos sedimentos provienen de otra fuente y han sido transportados por las corrientes

de litoral.

Los fragmentos de rocas metamórficas, principalmente esquistos son frecuentes en el sedimento de arroyo, mientras que en el sedimento de playa son más escasos, debido a que éstos han sido fragmentados en formas minerales individuales.

#### IV. 2 Minerales Pesados

Con el objeto de conocer el comportamiento de la concentración de minerales pesados en las principales zonas de playa, se realizaron análisis de separación de minerales pesados utilizando bromoformo (p.e. = 2.85) en 25 muestras, distribuidas a lo largo del área.

Como se ve en la figura 8, el contenido de minerales pesados en esta localidad es excepcionalmente alto y los mayores valores de concentración fueron observados en la berma de playa y en la postplaya.

Los mecanismos de concentración de los minerales pesados en la zona de playa dependen directamente de las características morfológicas de ésta y de la energía del oleaje. Estos se presentan generalmente en forma de bandas y laminaciones de grano fino, alternadas con capas de sedimento de grano grueso, con menor grado de clasificación. El proceso de selección es efectuado por la energía del oleaje que realiza un lavado en forma de batea. Durante la marea alta, las olas en su carrera ascendente sobre la pendiente de playa tienen la energía suficiente para mover a los minerales pesados, mientras que la velocidad de reflujos es menor, debido a que una parte de la energía del agua en movimiento es disipada en el proceso de filtración en la arena de -

MINERALES PESADOS %

1.0 2.0 3.0 4.0 5.0

Zona de playa  
intermedia

MINERALES PESADOS %

1.0 2.0 3.0 4.0 5.0

Zona de Flejo y rubajo  
(Fondo de playa)

MINERALES PESADOS %

1.0 2.0 3.0 4.0 5.0

MINERALES PESADOS %

1.0 2.0 3.0 4.0 5.0

Clay

MINERALES PESADOS %

1.0 2.0 3.0 4.0 5.0

Fine-playa

e) Tamado de grano G

b) Tamado de grano G

c)

d) Tamado de grano G

a) Tamado de grano G

playa, cuya permeabilidad es función del tamaño del grano, (Kommar, - 1976). Shepard (1973), explica que la pérdida de energía en el flujo y reflujó de la ola es 10 veces mayor para playas con tamaño de grano de 1 milímetro, y la carga o filtración del agua en sedimentos menores de 1 milímetro es casi imperceptible para intervalos de tiempo tan cortos como lo es un período de oleaje, estableciéndose un equilibrio dinámico entre el movimiento ascendente y descendente del agua. La pendiente de playa está en estrecha relación con el tamaño de grano, siendo las playas de grano grueso las que presentan mayor pendiente, debiendo quizá a la acción erosiva del oleaje.

La remoción diferencial de las partículas por el viento puede ayudar a la concentración superficial de minerales pesados, separando en parte a la fracción liviana. Se ha observado que las dunas arenosas que se presentan en la zona de postplaya, tienen menor contenido de minerales pesados, indicando que el viento no es capaz de transportar tan eficientemente a los minerales pesados, quedando éstos sobre la superficie de playa.

En El Cayacal, los porcentajes extremos de concentración varían de un máximo de 85.1% en una muestra proveniente de la postplaya (0/e) - a 1.09% en una muestra colectada en la zona de playa sumergida, en donde el sedimento generalmente presenta muy bajo contenido de minerales pesados, siendo mal clasificado y de grano muy grueso. Los mayores porcentajes se concentran en las fracciones de tamaños 2  $\phi$  y 2.5  $\phi$ , correspondientes a arena de grano medio y grano fino respectivamente; no obstante los minerales de interés económico como ilmenita, rutilo, leucóxeno, magnetita y zircón, se localizan preferentemente en la frac

ción de 2.5  $\phi$  a 3.5  $\phi$ , como se ve en la figura 8. En las fracciones - de grano grueso (1.5  $\phi$ ) y grano medio (2. $\phi$ ) se concentran principalmente los minerales pesados de tipo inestable, principalmente hornblenda, piroxenos, epidota y granate.

El contenido relativamente alto de hematita segregada en la ilmenita indica bajo contenido de  $TiO_2$  en el concentrado de ilmenita, - y algunas magnetitas presentan abundantes exsoluciones de  $TiO_2$  constituyendo un grave impedimento para los procesos metalúrgicos durante un posible beneficio.

#### IV. 3 Proveniencia

Los minerales presentes en el sedimento de playa se pueden - agrupar en 2 fuentes dominantes, por un lado se tienen a los minerales provenientes del macizo granítico, y por otro lado se tiene la influencia de rocas metamórficas del tipo esquistos de sericita y gneis cuarzo feldespático.

El batolito de Petatlán, (de Cserna, 1978) presenta variaciones composicionales que van de granito a diorita de hornblenda y se encuentra afectado por numerosos diques post-orogénicos de composición - principalmente básica. En el área de trabajo este intrusivo presenta un notable enriquecimiento de minerales ferromagnesianos y la presencia - de algunos xenolitos de composición básica y ultrabásica, observados - en Loma Bonita y El Calvario. Esto condujo a una posible contaminación del granito con magmas básicos, lo que ocasiona la excesiva presencia de hornblenda, magnetita e ilmenita, los cuales están siendo erosionados y transportados a la playa por corrientes fluviales y de litorales.

El movimiento de la  
Ingle, J (1966)

movimiento del agua	olas con movimiento oscilatorio	olas en colapso	olas de traslación (Boras) corrientes de litoral flujo mar adentro, corr. rip	colisión	flujo y reflujo swash y backwash
zona dinámica	mar adentro (offshore)	zona de rompiente	zona de barrido de ola (surf)	transición	frente de playa
perfil					
tamaño sedimentos	gruesos	mas gruesos	gruesos	depósitos bimodales	mas gruesos
acción predominante	acumulación	erosión	transportación	erosión	acumulación y erosión
clasificación	buena	mala	intermedia	mala	buena →
energía	→ se incremento →	alta	intermedia	alta	→ ←

Diagrama esquemáticamente ilustrado. Muestra los efectos de los cuatro mayores zonas dinámicas en medio de playa. Las zonas achuradas representan zonas de alta concentración de sedimentos en suspensión.

\* Shiffman (1963-1965) indican que la zona Surf está limitada por dos zonas de alta energía, la zona de rompiente y la de traslación.

MLLW → Mean Lower Level of Water

Martin B., 1982

Fig. 9 ZONAS D

Los óxidos de Fe provienen principalmente de zonas de alteración del batolito y reemplazamiento metasomático de fierro en Japútica y El Calvario.

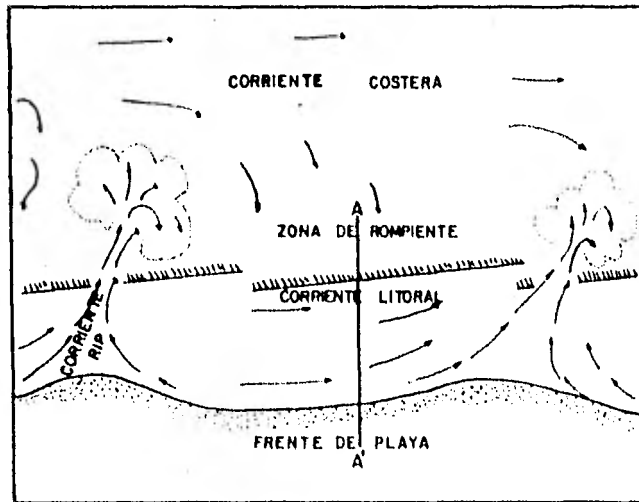
En muchos casos, las corrientes de litoral juegan un papel importante en el transporte lateral de los sedimentos en las playas. Estas corrientes se desarrollan a lo largo de la zona de barrido de ola, su velocidad está en función de su ancho y profundidad. En ausencia - de esta zona el movimiento longitudinal del agua se efectúa en zig-zag a lo largo de la zona de flujo y reflujó ó frente de playa (Fig. 9). Según Ingle, (1968) los sedimentos en estado de no equilibrio en cualquier posición por debajo de la zona de barrido, exhiben fuertes vectores de movimiento a lo largo de la costa. Estos constituyen el mayor porcentaje de arena en movimiento en el litoral (Fig. 10).

Shepard, (1973) indica que la fuente inmediata de casi todas las playas son los sedimentos que provienen de la plataforma marina, - no obstante que éstos de alguna u otra forma provienen originalmente - del continente. Otra fuente de menor importancia proviene de la ero--sión del oleaje sobre los acantilados, principalmente si éstos se han desarrollado sobre rocas blandas o depósitos de palcoplaya que se han formado debido a fluctuaciones glaciales del nivel de mar durante el - Pleistoceno. Los acantilados desarrollados en rocas más duras constituyen una fuente pobre de arena, pues la actividad erosiva del oleaje es mínima. .

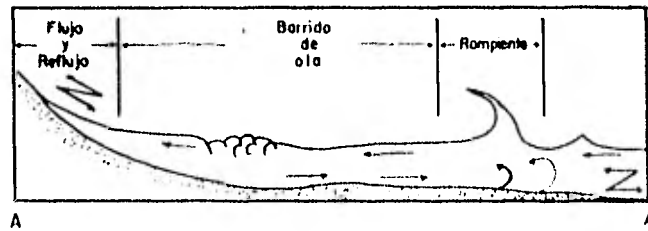
En el área de estudio, se observó que durante la época de --muestreo que la dirección de la corriente litoral es hacia el SE en la totalidad de las pruebas realizadas con pelotas de tenis.



a)



b)



a) Principales zonas dinámicas del litoral indicando el flujo del agua de mar, en planta.

b) Sección idealizada indicando los principales movimientos del agua, en la zona de litoral.

Tomada de, Ingle 1966

Fig. 10. Zonas de dinámica litoral

Martin H., 1982

Utilizando un microscopio binocular, en algunas muestras de playa se observaron escasos fragmentos de cuarzo con alto grado de re dondez, al igual que algunos fragmentos de rocas volcánicas y cristales de zircón con bordes esmerilados, lo que sugiere otra fuente más alejada o sedimentos de paleoplayas, ya sea sumergidas debido aun fenómeno de transgresión y actualmente estarían localizadas en la plata forma o de paleoplayas de regresión representadas por barras arenosas en la postplaya. En cualquier caso, la fuente primaria serían las rocas graníticas y metamórficas que actualmente afloran a nivel regional en la vertiente del Pacífico del Estado de Guerrero, y los sedimentos derivados de éstas han sido integrados de nuevo a los proceso de litoral. No obstante, es claro que la mayor parte del sedimento está siendo erosionado y depositado localmente con un transporte muy incipiente.

Se realizó un caminamiento a lo largo de todo el cauce principal del Arroyo El Cayacal, con el objeto de verificar la litología de la cuenca de drenaje. En la parte superior afloran esquistos de se ricita y muscovita con algunas variaciones de textura haciéndose de -- grano más grueso hacia el contacto, con el intrusivo granítico en donde presentan variación a textura gneisica.

En la parte inferior fueron observados algunos diques de com posición dacítica y diorítica, afectando a los esquistos con un incremento gradual de silicificación en las rocas metamórficas hacia el con tacto con el intrusivo.

La influencia de rocas metamórficas en el área de playa, se manifiesta por el alto contenido de granate, cordierita, clausenita, sillimanita, algo de micas (principalmente muscovita) y algunos fragmentos de

esquisto, si bien éstos tienden a disgregarse con mucha facilidad, quedando sólo minerales libres con algunas inclusiones. Los cuarzos provenientes de esta fuente presentan formas preferentemente tabulares y con pequeñas inclusiones de mica y hornblenda.

En algunas muestras de sedimentos de playa, se observaron trazas de sulfuros principalmente pirita y bornita, si bien no fue posible tener una relación clara entre éstos y los esquistos de muscovita, considerados como posible fuente.

La influencia de rocas graníticas se manifiesta con el carácter feldespático (felsarenita) del sedimento, así también como la abundante presencia de hornblenda y magnetita principalmente, además de fragmentos de rocas ígneas de grano grueso (granítico) y otras de grano fino, procedentes de los cuerpos hipabisales que afectan tanto al mismo intrusivo como a las rocas metamórficas del Paleozoico. Los cristales de cuarzo, feldespatos y plagioclasas contienen abundantes inclusiones de magnetita, hematita y hornblenda conformas subangulosas. Abundantes feldespatos potásicos presentaron formas subredondeadas a redondeadas y con mucho menor contenido de inclusiones, pero esto no sugiere otra fuente de aporte, puesto que los feldespatos en climas húmedos pueden sufrir intemperismo severo incluso en la misma roca cuando están expuestos en superficie, después como parte del suelo pasando por el cauce fluvial hasta llegar a la costa en donde se efectúa el mejor proceso de selección, (Folk, 1974).

Los fragmentos de rocas volcánicas (riolitas y andesitas), provienen de los afloramientos localizados hacia las estribaciones de

la Sierra Madre del Sur y muestran un alto grado de redondez, indicando un prolongado transporte. Si bien, éstos fueron observados sólo - esporádicamente y se considera como una fuente secundaria.

El litoral en donde se localiza la playa de El Cayacal, es - buena parte rocoso, con un bajo desarrollo de playa. Presenta barreras naturales al transporte lateral de los sedimentos por las corrientes - de litoral. La localidad de Punta Japútica (Plano 2) actúa como una - escollera natural obstruyendo el paso de las corrientes en dirección - sureste. En el otro extremo se tiene Punta Calvario que constituye el otro límite de esta "celda litoral". En este caso, los sedimentos no son transportados y seleccionados tan eficientemente como en otras pla - yas, en donde no existen estas características geomórficas del litoral, y en donde los sedimentos son transportados libremente, a lo largo de varios kilómetros de playa por las corrientes de litoral.

## V. ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

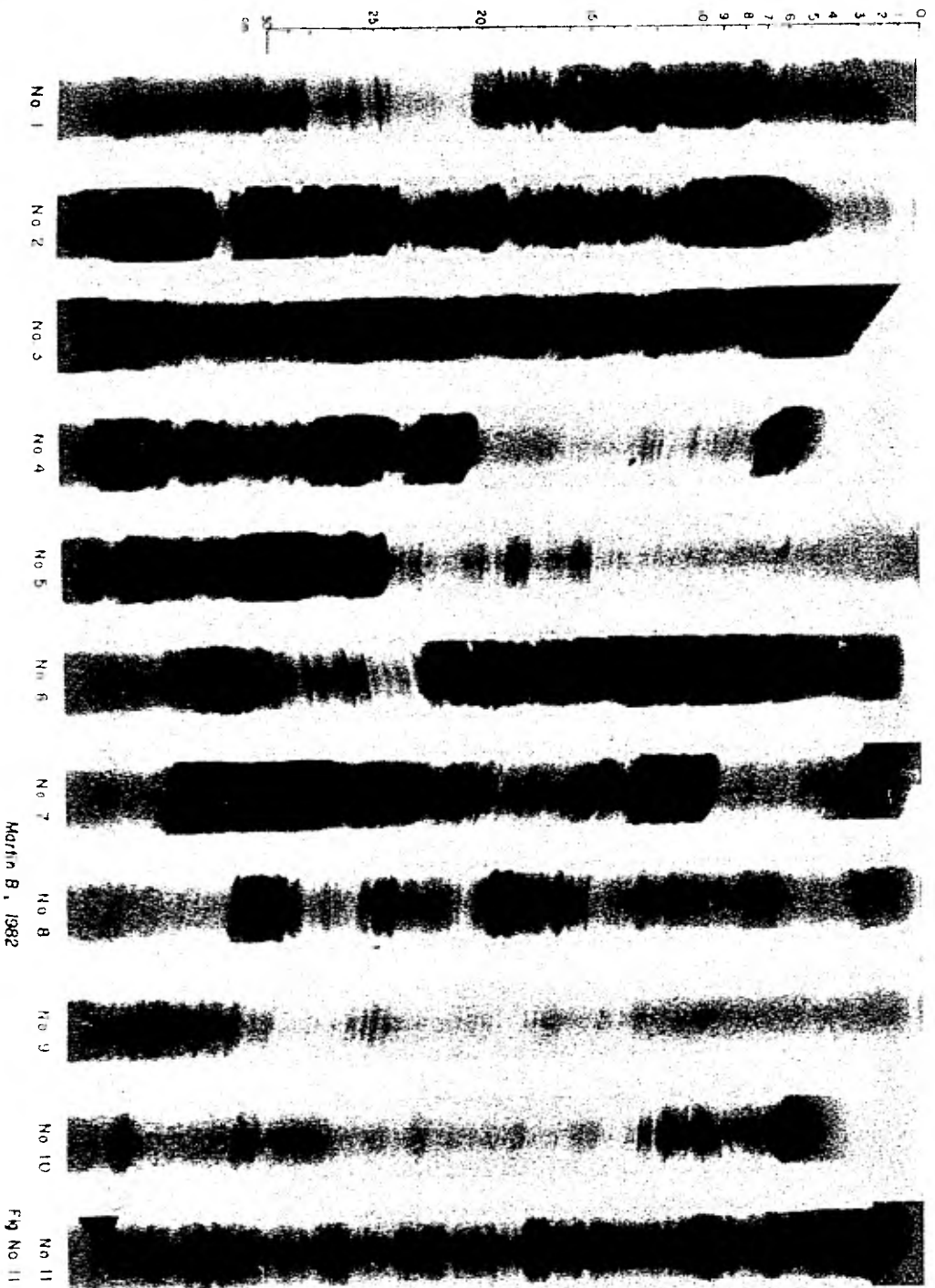
### V.1 Microestructuras

Las microestructuras sedimentarias de playa fueron observadas por medio de núcleos colectados principalmente en el escalón que indica el cambio entre la berma y el frente de playa (Fig. 2). Los núcleos se recuperaron con segmentos de tubos P.V.C., de 60 centímetros de espesor y se sacaron radiografías, a las cuales se pasaron a reducciones en positivo (Fig. 11). En ésta se puede observar que el rasgo principal lo constituyen laminaciones alternadas de sedimento claro y oscuro de diferente espesor, las cuales indican una gran variación en el régimen de depositación del sedimento de playa. Las laminaciones están constituidas por la selección de minerales cuarzo feldespáticos de baja densidad y por minerales oscuros de menor tamaño y mayor peso específico.

Según Clifton, (1969) la unidad de sedimentación en depósitos de playa está constituida por una capa basal caracterizada por la alta concentración de minerales accesorios pesados, generalmente oscuros, -- tal como magnetita e ilmenita, siguiendo otra capa de minerales oscuros de menor densidad (piroxenos y anfíboles), los cuales gradúan a -- arena de color claro y cuarzosa, reflejando disminución gradual en la densidad del sedimento. El contacto en la base de una banda oscura o de grano fino es relativamente abrupto en contraste con el contacto -- gradacional hacia el alto de la unidad.

De acuerdo con Komar, (1976) las laminaciones se producen en la zona del frente de playa, debido aparentemente al movimiento de re-

NUCLEOS DE PLAYA EL CAYACAL, GUERRERO  
RADIOGRAFIAS DE NUCLEOS



Martin B., 1982

flujo del agua. Bagnold, (1954, fide Komar, 1976) demostró que la selección por tamaño es más importante en relación a la selección por densidad. Este autor indica que debido a un "efecto de cizalla" entre la película de agua en movimiento y la superficie de sedimento en reposo, los granos de mayor tamaño tienen a moverse hacia zonas con menor efecto de cizalla, como es hacia la superficie, mientras que los minerales de menor tamaño permanecen en la zona de mayor esfuerzo y entonces "el resultado es una capa de arena con estratificación gradual inversa". Según Mc Kee, (1957) una lámina se desarrolla bajo la acción uniforme de la ola en donde existe un delicado balance entre la depositación durante el flujo y la erosión en el refluo del agua.

Al parecer todas las olas pueden presentar uno de los tres efectos siguientes: erosión sin depósito, erosión con cantidades variables de depósito y depósito sin erosión. Estas diferencias son respuestas a la interacción entre la cantidad de sedimento en suspensión, altura y velocidad de la ola, y por otro lado, el tamaño del grano, la elevación y la pendiente de playa, combinando con el ciclo de mareas (Clifton, 1969).

En la figura 11 se observa que en la mayoría de los núcleos, ciertos espesores presentan posición inclinada, lo que se ha interpretado como la pendiente del frente de playa, en el momento de depositación. La posición horizontal de algunos espesores de laminaciones, así como la aparente estratificación masiva que presentan algunos espesores de los núcleos 7 y 9 corresponderían a depósitos en la berma de playa.

La estratificación cruzada que se observa en la mayoría de los núcleos parece estar relacionada con el desarrollo de cuspiditos en la zona de frente de playa y a cambios en la dirección de arribo de la ola.

## V.2 Macroestructuras

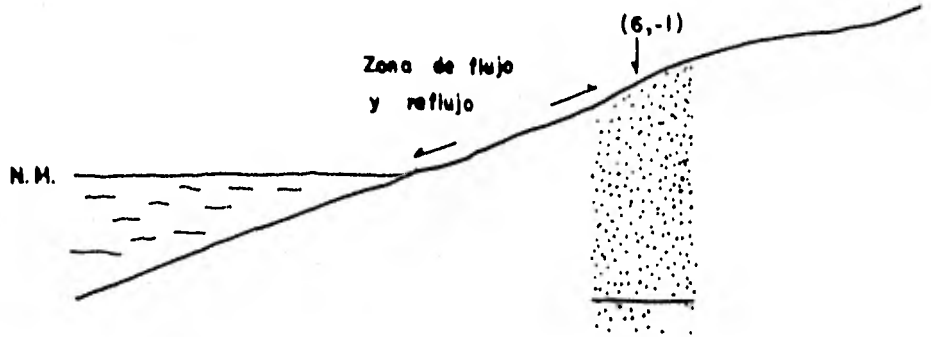
Estas se refieren básicamente a las interpretadas en las secciones de playa a partir de los datos de barrenación (Fig. 12). Las líneas de sección se localizan al noroeste del área de estudio y en éstas se puede observar que se trata de depósitos lenticulares de ambiente de playa barrera y lagunar, ésto último indicado por la presencia de limos con alto contenido de materia orgánica, incluyendo restos vegetales leñosos y fragmentos de concha de moluscos bivalvos. No obstante que la profundidad alcanzada en la barrenación es solamente de 5.40 metros, es claro que el sedimento arcillo-limoso representa el depósito de un ambiente lagunar, con desarrollo de manglares, baja salinidad y condiciones reductoras; el cual tiende a desaparecer debido a un fenómeno de regresión por actividad tectónica. Hacia el SE se aprecia la influencia del ambiente fluvial, representado por la desembocadura del Arroyo El Cayacal. El sedimento fluvial puede estar presente como un rasgo de bimodalidad en la parte inferior del frente de playa. El proceso de acumulación de material grueso en esta zona de playa es la deriva litoral de la fracción gruesa a lo largo de esta zona y al transporte mar adentro, debido al movimiento de reflujo de la ola, -- (Taira y Scholle, 1979).

El perfil de playa es un poco variable a lo largo del área.



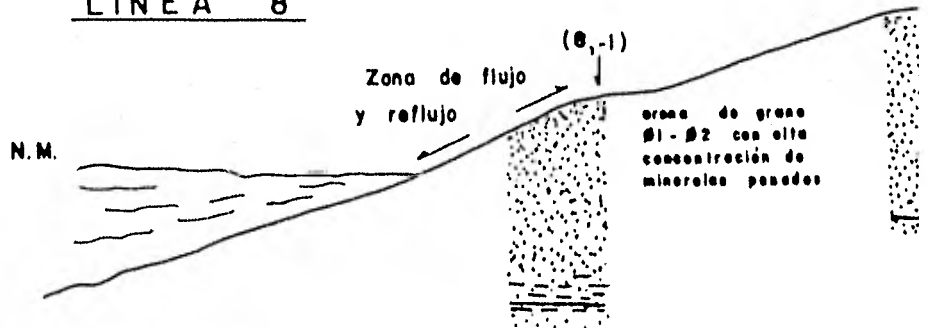
Fronte de playa ----- Berma de

LINEA 6



Fronte de playa ----- Berma de

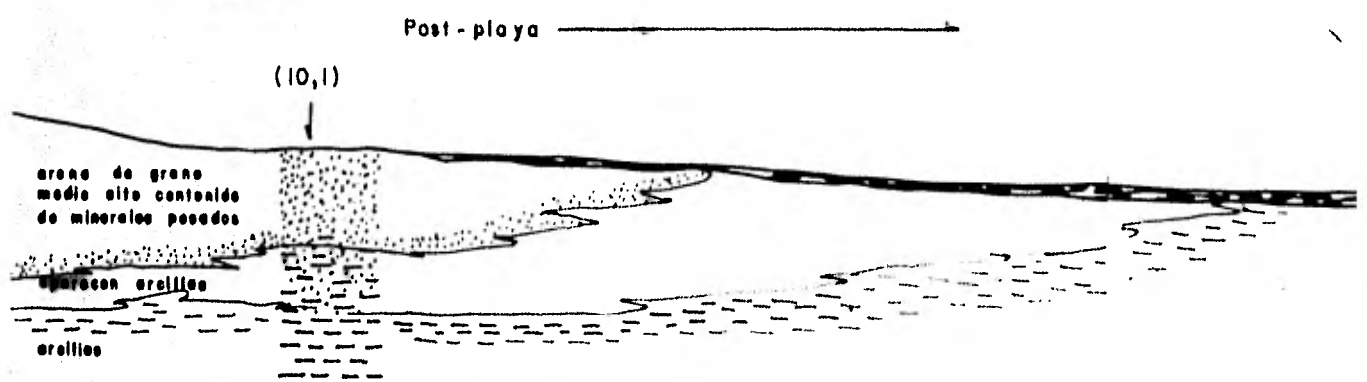
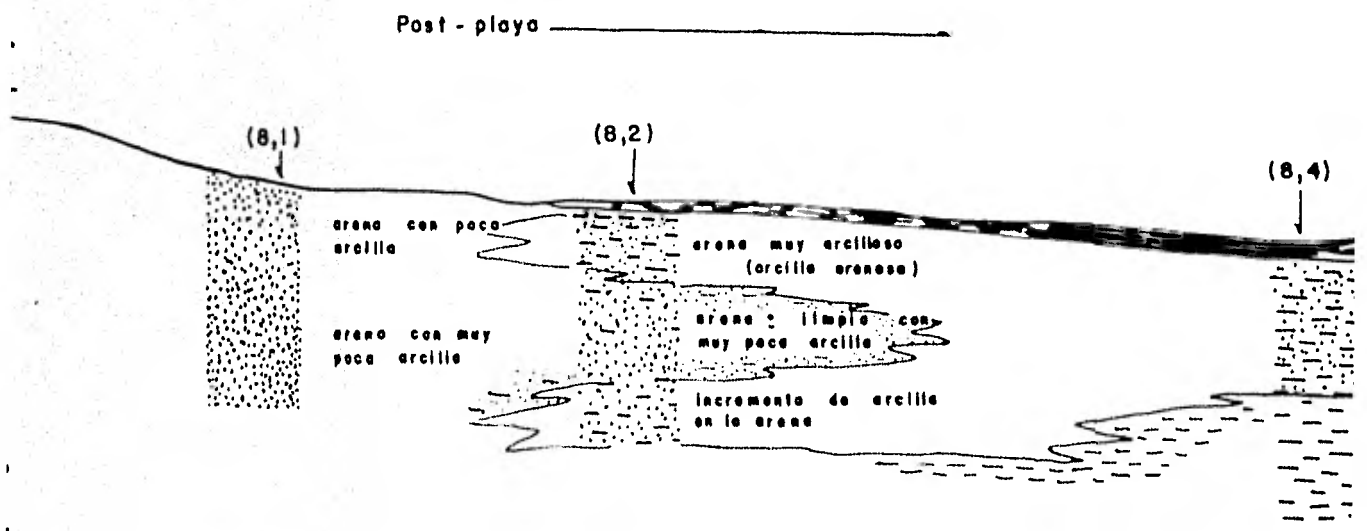
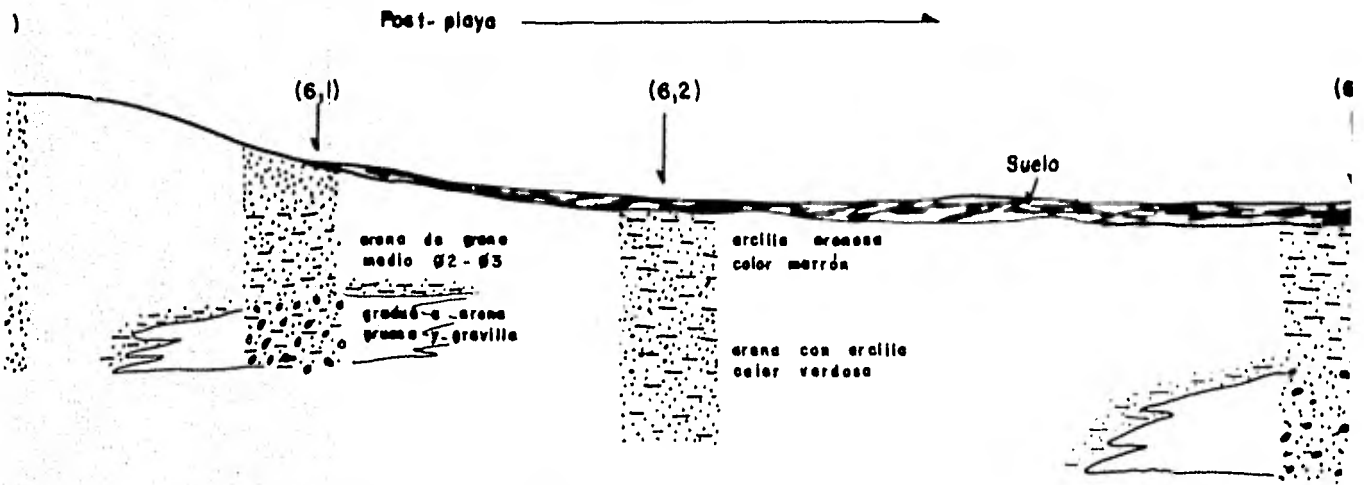
LINEA 8

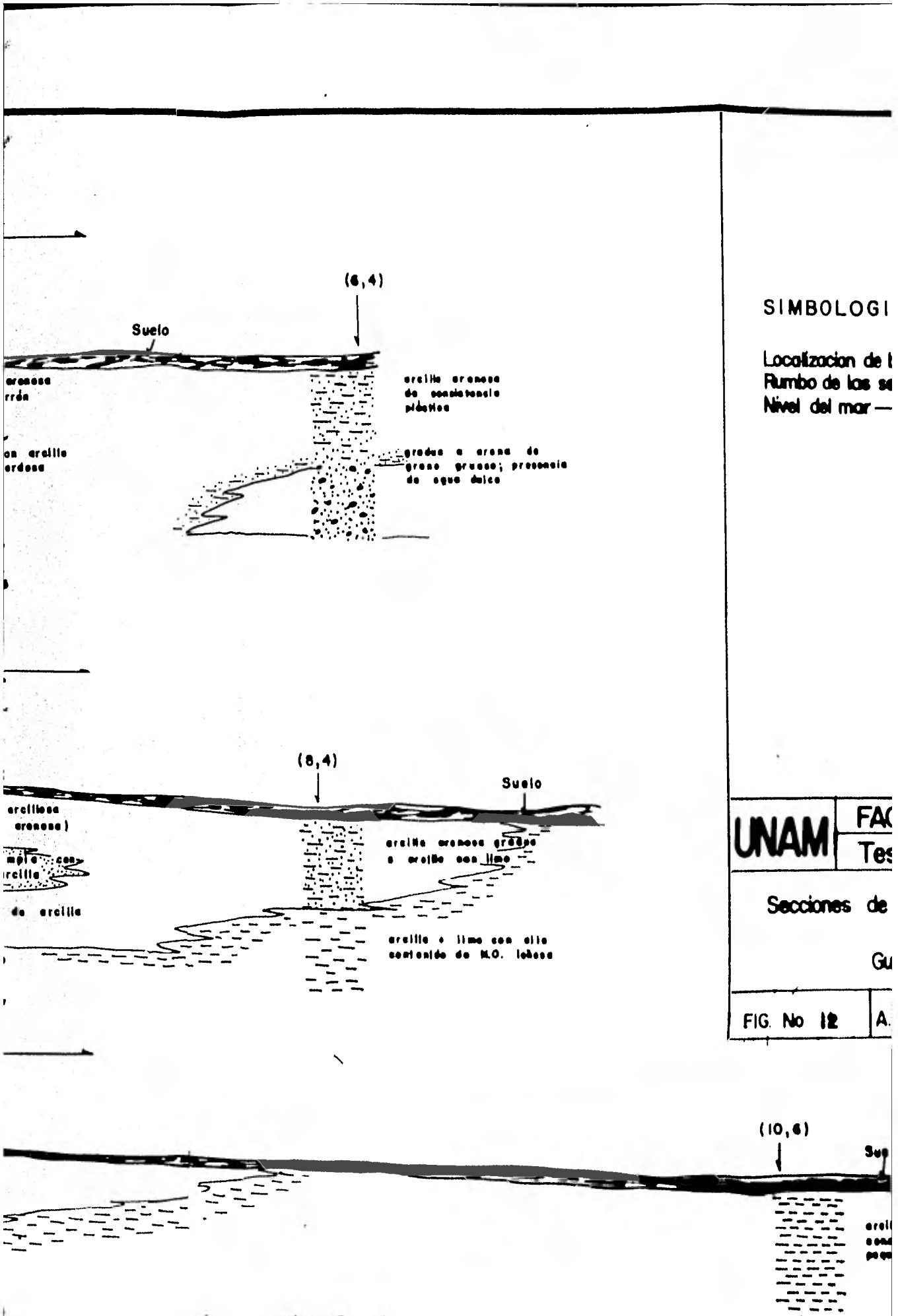


Fronte de playa ----- Berma de

LINEA 10







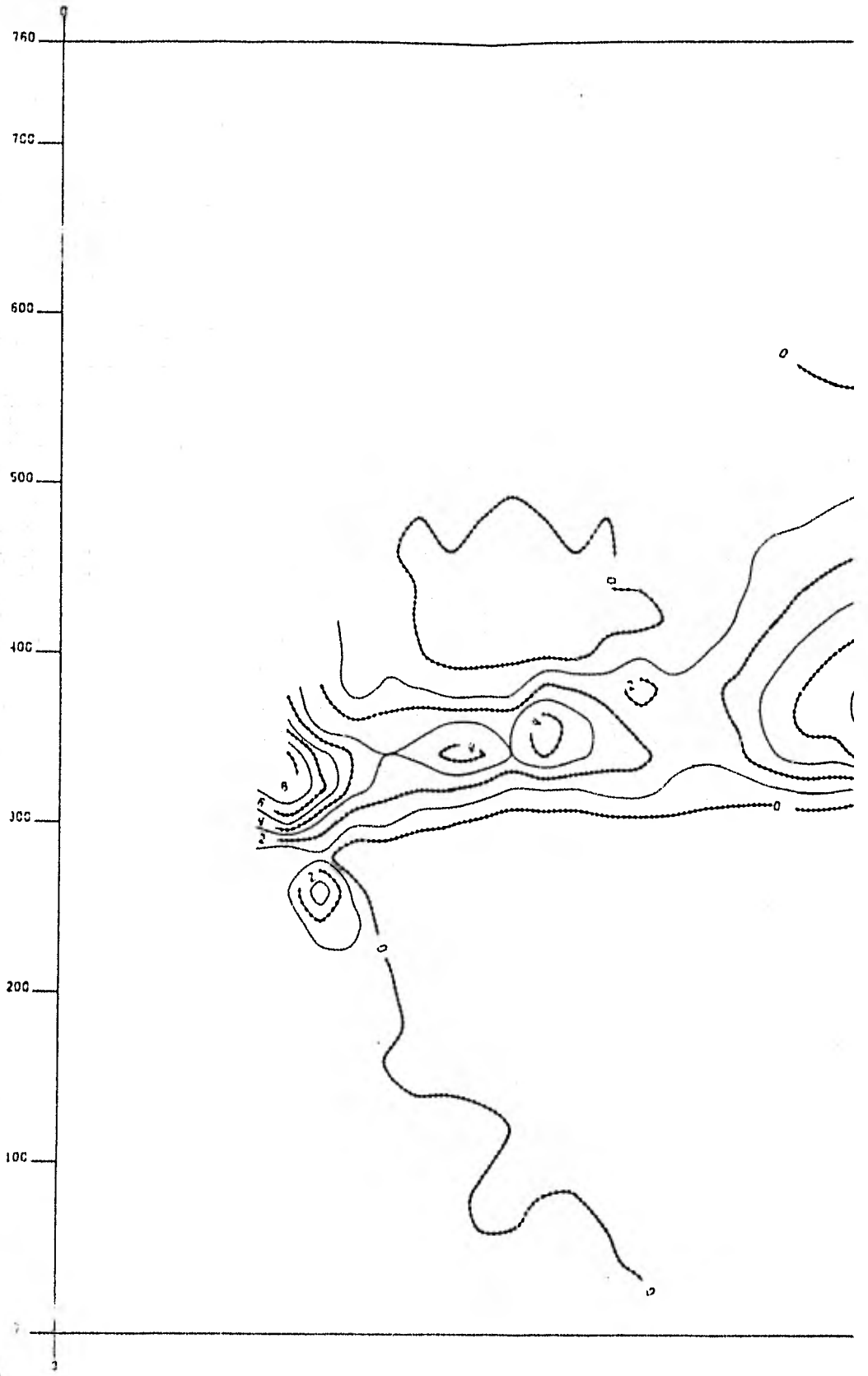
SIMBOLOGIA

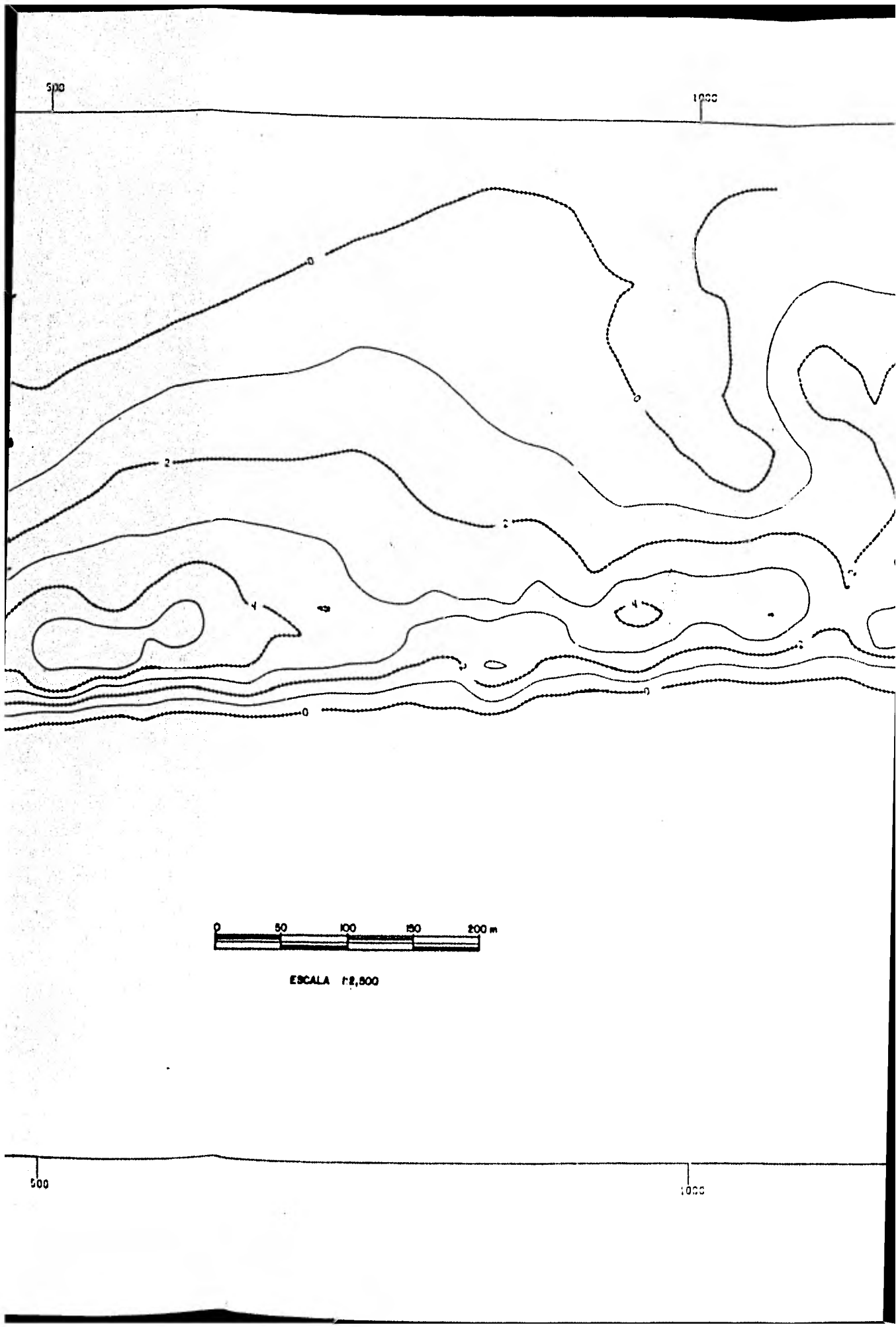
Localización de l  
Rumbo de las se  
Nivel del mar —

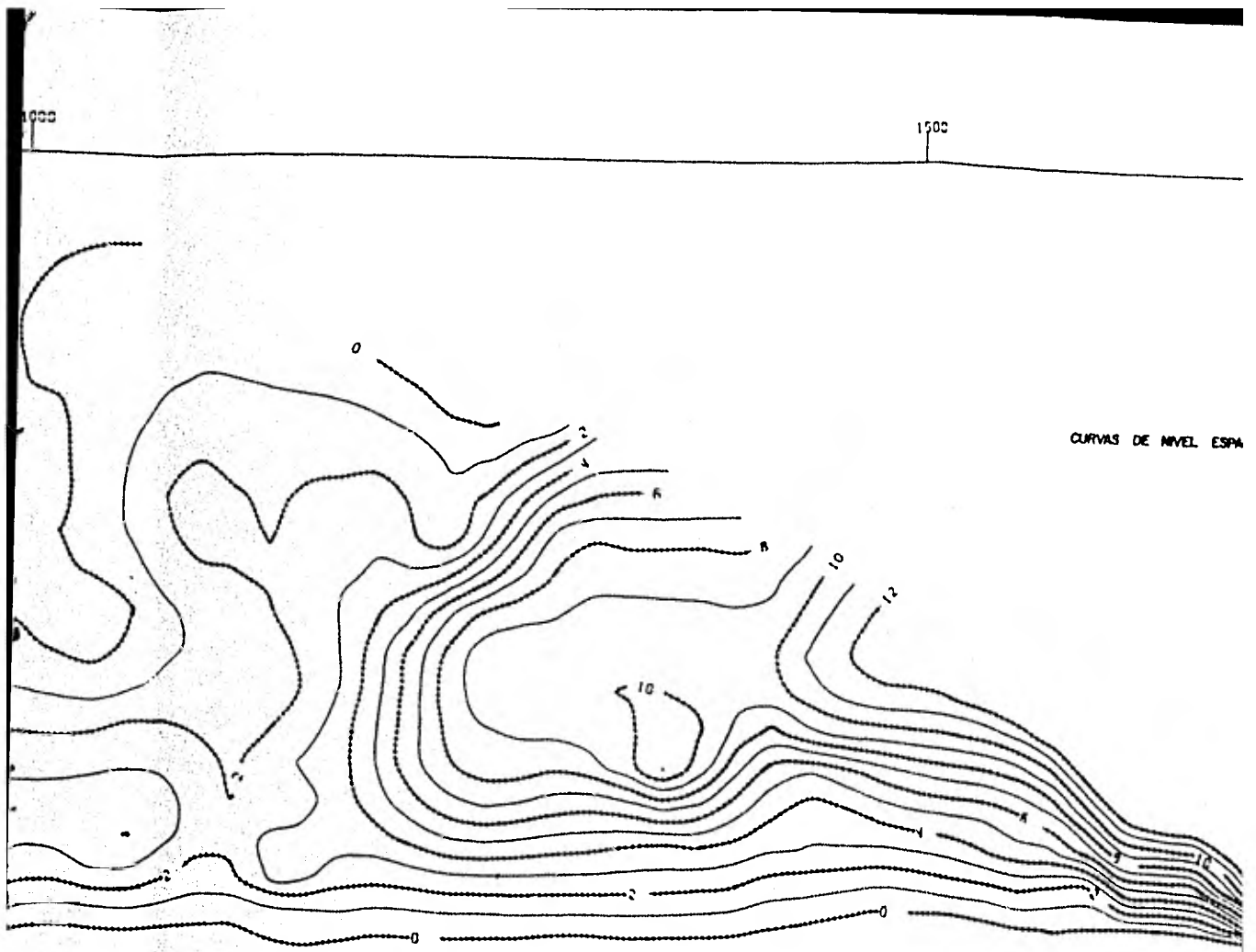
UNAM	FAC
	Tes
Secciones de	
Gu	
FIG. No 12	A.

Las mayores pendientes se observan en la porción central de la playa, disminuyendo hacia los extremos de esta celda litoral, debido posiblemente a que es en esta zona en donde el oleaje tiene mayor poder erosivo, atenuándose hacia los extremos debido a las salientes rocosas. Esto se reflejó en el tamaño gráfico promedio del sedimento del frente de playa, el cual corresponde a tamaños finos y medios. Por otro lado, la pendiente de playa está en función del tamaño de grano, (Shepard, - 1973) siendo las playas de grano grueso las que presentan mayores pendientes. Sonu, (1972) indica que los sedimentos de playa y las características del perfil, cambian cíclicamente de estados de destrucción o erosivos, a períodos de restauración o depositación.

PLANO TOPOGRAFICO DEL AREA DEL CAYACAL GRO. (ESC. 1 : 2,500)







CURVAS DE NIVEL ESPA

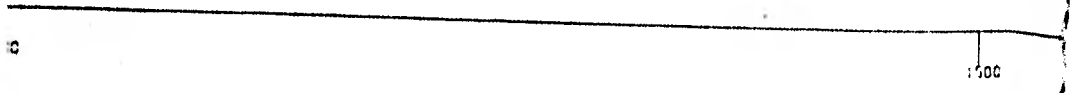
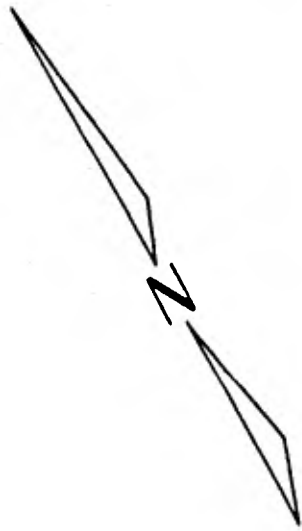


Fig. 13 PLANO TOP

Martin Barajas, 19

## VI. TECTONICA Y SEDIMENTACION

En el presente, la costa oeste de México parece constituir un arco frontal dentro del sistema arco-trinchera en una zona de convergencia de placas, (Karig, 1978).

La Sierra Madre del Sur constituye una provincia bien definida en cuanto a sus características petrotectónicas, las cuales en el área de estudio están representadas en gran parte por el Complejo Xolapa que aflora en la porción sur-oriental, ocupando la mayor parte de la vertiente del Pacífico en el estado de Guerrero.

Según Coney(1981) el 80% de la Sierra Madre del Sur está constituido por "terrenos sospechosos", los cuales en gran parte han sido agregados a las márgenes cratónicas de Norteamérica durante el Paleozoico. Estos terrenos son considerados "sospechosos", debido a que hasta ahora, su relación con el cratón de Norteamérica es incierta y no es posible establecerla por medio de reconstrucciones paleo-geográficas o correlaciones inequívocas a través del Fanerozoico. Por otro lado, estos terrenos no presentan raíces o relación directa a un basamento conocido. Contienen rasgos estructurales bien definidos que contrastan abruptamente con los modelos estructurales de los terrenos adyacentes, y sus límites son siempre profundas discontinuidades, las cuales son conocidas o pueden ser interpretadas como grandes fallas.

El Complejo Xolapa consiste principalmente de rocas metamórficas, plutónicas y migmatitas de posible edad Paleozoico Tardío. Al norte, el Complejo Xolapa está delimitado por el valle del río Balsas, cuya litología más distintiva consiste de una secuencia de rocas sedi-



mentarias marinas del Cretácico, extravasaciones volcánicas y depósitos continentales del Terciario.

Algunos datos sobre la localización de sismos en el estado de Guerrero, indican que el curso del río Balsas debe asociarse a la trayectoria de una falla de dimensiones continentales que muestra la carta sísmica (Figueroa, 1974).

Hacia el poniente se tiene el Complejo Metamórfico de Michoacán (Paleozoico ?), que está formado por rocas metavolcánicas andesíticas y basálticas (López Ramos, 1980).

El límite suroriental lo marca un contacto indefinido con el Complejo Oaxaqueño que constituye el basamento Precámbrico.

Kesler y Heath, (1970) indican que la porción norte del Complejo Xolapa consiste de esquistos de bajo grado, mientras que en la porción sur presenta mayor grado de metamorfismo y además la orientación del tren estructural (N 79°E) en la porción sur del Xolapa es muy similar a la determinada en el área del Precámbrico de Oaxaca, con lo que probablemente la porción sur del Complejo Xolapa constituye la extensión hacia el noroeste del basamento Precámbrico.

Al sur, el Complejo Xolapa se encuentra limitado por la trinchera Mesoamericana, la cual se localiza aproximadamente 10 kilómetros mar adentro y se manifiesta en un incremento pronunciado en la profundidad del agua, lo que coincide con una caída en la superficie del basamento (Kariq, 1978).

Actualmente, la Faja Neovolcánica de México se presenta localizada anómalamente en relación a la posición de la trincherera, presentando un ángulo de  $15^\circ$  con respecto al eje de la trincherera y sus aparatos volcánicos parecen no estar situados por arriba de los focos sísmicos (Molnar y Sykes, 1969). Según estos autores, esto podría explicarse por varios factores, como son: 1) Los magmas no están siendo generados en la zona sísmica profunda como generalmente se asume. 2) Los magmas siguen rutas de ascenso indirectas hacia la superficie, las cuales pueden estar controladas por zonas de debilidad. 3) Los intervalos de subducción deben haber cambiado significativamente en los últimos millones de años, de tal forma que México alcanzó la dorsal del Pacífico Oriental hace 10 millones de años. El segundo punto está apoyado por trabajos de Cserna, (1971) y Mooser. (1972) quienes estiman que existe una zona de debilidad Permo-Triásica localizada en la posición actual de la Faja Neovolcánica y que fue reactivada en el Mioceno-Plioceno, produciendo un vulcanismo andesítico-dacítico (Delgado, 1979).

Según Urrutia, (1975) la posición oblicua de la Faja Neovolcánica con respecto a la trincherera Mesoamericana, se explica en base a que la placa de Cocos no penetra en forma perpendicular a la trincherera, siendo mayores las velocidades de esparcimiento para la dorsal del Pacífico Oriental (Herron, 1972) con 4.5 cm/año que para la de Galápagos con 2.2 cm/año. Molnar y Sykes (1969), obtuvieron intervalos de desplazamiento de la Placa de Cocos de 3.2 cm/año para México y Guatemala y de 2.0 cm/año para el resto de América Central. Por otro lado, el cálculo de intervalos de movimiento de la Placa de Cocos, indica que la velocidad de subducción en la parte sureste de México y Guatemala -

es mayor que en la porción oeste de México, y la Placa del Caribe se mueve con menor velocidad en relación a la placa de Cocos (Molnar y Sykes, 1969).

La placa de Cocos se encuentra limitada por fallas transcurrentes inferidas por zonas sísmicas de menor intensidad. Según Molnar y Sykes (1969) las Crestas de Tehuantepec y de Cocos son zonas de sismicidad baja u ocasional, pero se encuentran sísmicamente activas. Por otro lado, la porción NW de la placa de Cocos está limitada por una junta triple formada por la Dorsal del Pacífico Oriental, la trinchera Mesoamericana y una falla transcurrente asociada al sistema de San Andrés (Fig. 14a).

Karig (1978) en su trabajo sobre la costa suroeste de México señala que la cercanía de la trinchera y los terrenos ígneos y metamórficos truncados a lo largo de la costa oeste de México, entre Cabo Corrientes y el Golfo de Tehuantepec, indican que parte de la margen continental ha sido removida en cierta forma durante los procesos de subducción. La morfología y estructura de la pared interna de la trinchera es típica de un sistema arco-trinchera aumentadas por acresión, no obstante que las unidades morfotectónicas son mucho menores que las observadas en otras regiones del planeta.

De acuerdo con Dickinson (1979) los cambios en el espesor de la corteza junto a un sistema arco-trinchera tienden a producir una corteza más gruesa. Esta tendencia favorece los levantamientos isostáticos y por lo tanto, la creación de tierras altas como mayor fuente de sedimentos. La formación de sedimentos susceptibles de depositarse a



gran escala, requiere movimientos verticales de la corteza de considerable magnitud.

En el caso de la Sierra Madre del Sur, las altitudes del basamento exceden los 3000 metros a una distancia de 60 kilómetros de la costa, sugiriendo que ha sido afectada por fuertes levantamientos durante el Cenozoico Tardío (Karig, 1978). El mismo autor indica que la presencia de una planicie costera, la plataforma continental bien desarrollada y la ausencia de terrazas marinas persistentes, sugieren que la mayoría de los levantamientos han sido pre-cuaternarios. Observaciones mareográficas hechas por Grivel y Arce (1971) muestran que en 1962 en Acapulco, dos sismos de 6.6 y 6.5 grados en la escala de Richter produjeron un levantamiento de la corteza calculado en 14 centímetros para la zona de Puerto Angel. Por otro lado, datos sobre sismicidad en el estado de Guerrero (Figueroa, 1974) y el desarrollo de terrazas marinas en el área Punta Maldonado, Gro., y la desembocadura del río Cozoaltepec en Oaxaca observadas por el autor, indican que los levantamientos han continuado hasta el presente.

Según Folk (1974) las arcosas tectónicas se han formado bajo condiciones de deformaciones verticales violentas, en donde el basamento granítico-gneisico alcanza rápidamente la superficie, continuándose con pulsaciones esporádicas para mantener una topografía rugosa. Las corrientes fluviales escarban valles profundos con un aporte considerable de sedimentos donde el ciclo de intemperismo de los sedimentos no ha terminado, y éstos son aportados continuamente a las zonas de playa.

Krynine (en Folk, 1974) ha demostrado que el tipo y grado de actividad tectónica determinan una cierta preferencia o asociación litológica del área fuente, relieve, procesos geomórficos e intervalos de subsidencia de la cuenca de depósito. Estos factores llegan a integrarse para producir asociaciones de ambientes sedimentarios característicos.

Según Folk (1974) la característica de las arcosas tectónicas es una mezcla de feldespatos frescos sin alterar, más feldespatos muy intemperizados de la misma especie y origen; el resto de la roca consiste en gran parte de cuarzo y arcilla, ya sea intersticial o en forma de capas intercaladas, además de minerales pesados de tipo inestable como hornblenda, piroxeno, granate, etc.

En áreas donde la composición del basamento es de rocas más básicas, es de esperar la presencia de plagioclasas, no obstante, en climas húmedos éstos se alteran mucho más rápidamente en relación al feldespato potásico.

El estudio de la composición mineralógica en el área de trabajo indica que el 50% de las muestras colectadas, corresponden a feldsarenitas y 39.4% a feldsarenitas líticas (Fig. 7). Sólo algunas muestras colectadas en la zona de playa sumergida y en el cauce del arroyo El Cayacal son litarenitas feldespáticas, lo que indica, de acuerdo con Folk (1974) y Carranza y Díaz (1980), un ambiente tectónico - inestable.

La presencia de feldespato potásico de formas muy redondeadas y otras de formas angulosas indican que parte de los feldespatos

son intemperizados in situ, y otra parte son erosionados y transportados rápidamente a la playa, conservando algo de su forma original, lo que concuerda con lo expresado por Krynine y Folk en relación a las arcosas tectónicas.

Las estructuras sedimentarias obtenidas por medio de barrenos a una profundidad promedio de 5.40 metros (Fig. 12), muestran algunas fluctuaciones entre sedimento de ambiente playa barrera y sedimento lagunar, éste último constituido por arcilla y limo arenoso; que -- gradúan a limos y arcillas con muy bajo contenido de arena y presencia de materia orgánica leñosa, olor fétido y color gris oscuro, lo que indicaría la existencia de una laguna marginal en proceso de desecación, posiblemente debido a levantamientos tectónicos, actualmente sólo queda un pequeño charco de agua salobre que es alimentado por olas de mare ( ? ) y agua de lluvia.

Con base en lo anterior, se concluye que el estudio sedimentológico de detalle de la playa El Cayacal, concuerda con estudios regionales que ha sido efectuados a lo largo de las costas de los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas principalmente (Carranza y Díaz, 1980) en donde se han determinado las condiciones tectónicas inestables y - activas de esta región.

## VII. IMPLICACIONES ECONOMICAS

Se considera que los sedimentos fluviales y de playa barrera son los que ofrecen mayores perspectivas desde el punto de vista de importancia económica potencial, ya que son los dos ambientes sedimentarios que presentan mayor energía hidrodinámica (Carranza, 1979). En el ambiente de playa barrera los mecanismos de concentración de minerales pesados dependen directamente de las características morfológicas del litoral y de la energía del oleaje (Martín, 1980), de esta forma los minerales pesados pueden ser concentrados constituyendo depósitos de placer económicamente explotables.

Tomando en cuenta que las condiciones actuales para la acumulación de minerales pesados han prevalecido en la mayoría de los casos durante el reciente pasado geológico, la importancia de los placeres de playa modernos es extensiva para los depósitos fósiles que se han formado bajo condiciones similares a las actuales, y que han sido cubiertos debido a fluctuaciones en el nivel medio del mar, de carácter principalmente regresivo por efecto de una constante actividad tectónica. En el caso del Pacífico en México, esta actividad asociada a un sistema arco-trinchera imprime características favorables para la presencia de placeres fósiles.

Por lo general los placeres de playa presentan una mineralogía "compuesta", debido a la posible diversidad de las fuentes de aporte, por lo que los grandes yacimientos en el mundo incluyen subproductos asociados a un mineral predominante.

En los depósitos de arenas, la ilmenita presenta varios gra-



dos de alteración, como resultado de la oxidación y lixiviación del --  
hierro.

La ilmenita en placeres de playa varía ampliamente en el contenido de  $TiO_2$ . Por ejemplo, las ilmenitas inalteradas en Sudáfrica presentan un contenido promedio de 48% de  $TiO_2$  junto a un 54% de  $TiO_2$  en Australia; 58 a 60% de  $TiO_2$  en material, consistiendo casi completamente de leucoxeno a partir de ilmenitas altamente alteradas (Lynd, 1978).

La producción mundial de rutilo, ilmenita, monacita y zircón, proviene principalmente de depósitos de placer. Australia ocupa el - primer lugar en la explotación de este tipo de yacimientos con más del 90% de rutilo, 82% de zircón y 27% de ilmenita, producidos en el mundo occidental (Lynd, 1978). Entre 1956 y 1977 los depósitos del oeste de Australia produjeron 8 133 035 toneladas de ilmenita, leucoxeno, zircón, rutilo, monacita y xenotimo. Sus reservas totales son de 39,500 millones de toneladas. Estos yacimientos ocurren en tres distintas - líneas de costa de diferente edad, (Lynd y Lefond, 1975).

En Java, (Indonesia) existe un yacimiento de arenas negras - ricas en hierro y titanio distribuidas en el sur meridional de la costa de Java. Este yacimiento se extiende a lo largo de 42 kilómetros de costa, con una anchera de 500 metros y un promedio de 3 metros de espesor. Estos depósitos de arenas negras han sido explotados por varios años, utilizando para ésto separadores magnéticos móviles. Anualmente se extraen 400 000 toneladas de concentrados con leyes de 56% de Fe y 8% de  $TiO_2$  (Hernz, et al, 1976).

Otros yacimientos de placer en playas modernas y antiguas son explotados económicamente en Kerala, India; Sri Lanka, en Ceilán; Brasil; Florida, E.U.A.; Egipto, Nueva Zelanda y Noruega. En todos - estos, los minerales de mena son ilmenita y/o rutilo y como subproductos se recuperaron zircón, monacita, leucoxeno, xenotimo y granate, - principalmente.

Según Lynd<sup>1</sup> y Lefond (1975) un depósito de esta naturaleza - debe contar con recursos suficientemente importantes para resistir -- períodos de depreciación de cuando menos 10 años. El capital inicial para la construcción de una planta de extracción y molienda, con una capacidad de procesamiento de 100 a 200 mil toneladas de ilmenita (o rutilo equivalente) por un año, estaba para ese tiempo -(1975)- en el rango de 20 a 30 millones de dólares. Por otro lado indican que la - recuperación de zircón, monacita y otros subproductos significan un - aspecto favorable para la explotación del yacimiento. La factivili- dad económica en determinadas reservas depende además de otros fac-- tores, entre los que se incluyen:

- 1) Costo de extracción y molienda en base a la profundidad de los cuerpos mineralizados; la disponibilidad de agua, energía eléctrica, mano de obra y la facilidad de efectuar embarques considerables de mineral.

- 2) Índice del tratamiento metalúrgico y disposición de los residuos de desecho.

- 3) Índice de recuperación en la extracción y molienda.

- 4) Costo del tratamiento del agua residual e indemnizaciones.

5) Distancia a los mercados y costo de transportación.

6) Capacidad de los mercados para absorber el tipo de mineral de titanio que se va a producir y el precio vigente de los minerales de titanio y subproductos.

En el caso del depósito de la playa de El Cayacal y El Calvario, el portador principal del titanio, la ilmenita, contiene apreciables cantidades de hematita segregada, por lo que es de esperar un contenido relativamente bajo de titanio en el concentrado de ilmenita. El contenido de zircón en las arenas de playa es bajo, por lo que no representa un atractivo económico en la recuperación como subproducto. Por otro lado, el área de concentración de pesados, aún tomando en cuenta el área de postplaya alcanza poco más de 1 kilómetro cuadrado, que comparada con la de otros depósitos en el mundo es muy reducida, por lo que son mínimas las posibilidades económicas del yacimiento en esta localidad.

Aún mas, en los análisis químicos no se detectaron concentraciones importantes de cromo y níquel como se esperaba, debido quizá a que estos minerales son intemperizados in situ formando <sup>Suelos</sup> ~~depósitos~~ lateríticos, los cuales se desarrollan principalmente en zonas húmedas y calientes como es el caso de esta región.

*Obs. como puede la formación de depósitos lateríticos depende de la actividad volcánica.*

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1o. El sedimento encontrado en la playa El Cayacal proviene de dos fuentes principales: a) del intrusivo granítico que en el área de estudio presenta variaciones composicionales de diorita de hornblenda a granodiorita de hornblenda, y en especial la presencia de zonas de reemplazamiento ricas en óxidos de hierro, de donde se explican los altos contenidos de ilmenita y magnetita en el sedimento de playa; y b) de rocas metamórficas de tipo esquisto de muscovita y gneis cuarzo-feldespático, posiblemente relacionadas con el Complejo Xolapa.

2o. El análisis textural indica que el sedimento es predominante de grano medio, moderadamente bien clasificado, casi asimétrico y mesocúrtico, y se encuentra en una etapa de madurez que corresponde a sedimento en una fase submadura.

3o. Los minerales pesados se localizan preferentemente en la fracción de grano medio y fino, siendo esta última la que contiene el mayor porcentaje de minerales pesados de interés económico como ilmenita, magnetita y zircón.

4o. En el depósito de El Cayacal, la ilmenita que es el principal mineral portador de titanio, contiene apreciables cantidades de hematita segregada, lo cual daría un bajo contenido de  $TiO_2$  en el concentrado de ilmenita. Por otro lado, la presencia de otros minerales de interés económico comúnmente asociados con este tipo de depósitos, como zircón, monacita, rutilo, etc., es muy reducida, y no presentan atractivo económico como subproducto.

5o. Los resultados del análisis mineralógico, textural y de estructuras sedimentarias concuerdan con otros trabajos de geofísica y sedimentología realizados en la costa sur del Pacífico de México, los cuales indican que la región se encuentra tectónicamente activa a consecuencia del movimiento de subducción de la placa de Cocos por debajo de la Trinchera Mesoamericana.

6o. Se recomienda realizar otros estudios sedimentológicos en áreas favorables para la localización de depósitos de placer, ya que es importante conocer el potencial económico de las arenas de playa y al mismo tiempo hacer extensiva esta importancia a los depósitos de paleoplayas, las cuales han quedado sepultadas como consecuencia de fluctuaciones en el nivel del mar por actividad tectónica.

7o. En este tipo de trabajos, se recomienda tomar en cuenta los resultados del análisis mineralógico, ya que podría ser utilizados para la prospección de otros yacimientos. Tal es el caso de algunos sulfuros observados en el sedimento de playa, de los cuales sería interesante conocer su fuente de origen.

## BIBLIOGRAFIA

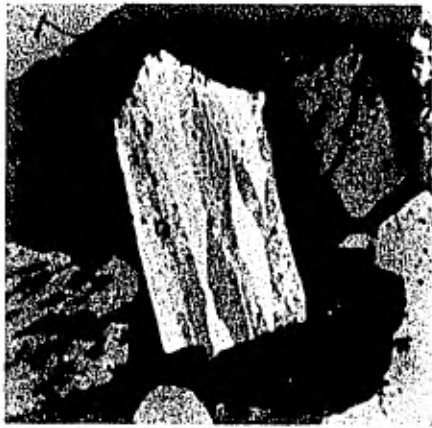
- Carranza-Edwards, A., 1979, Ambientes Sedimentarios Recientes de la - Llanura Costera, Sur del Istmo de Tehuantepec: U.N.A.M., Fac. de Ciencias, Tesis de Doctorado (Geología).
- Carranza Edwards A. y Díaz-García V., 1980, Estudio sedimentológico de las playas del Pacífico Sur mexicano, V Convención Geol. Nal. Soc. Geol. Mex.
- Clifton, H.E., 1969, Beach Lamination Nature and Origin: Marine Geology, V.7; 553-559
- Consejo de Recursos Naturales No Renovables 1965, Geología Regional y Yacimientos Minerales de la Porción Sur del Edo. de Michoacán de Guerrero, Méx.: Fondo Especial de la O.N.U.
- Coney, J.P., Jones, L.D., Monger, H.J., 1980: Cordilleran Suspect - Terranes, Nature, Vol. 288: 329-333.
- Coney, J.P., 1981, Accretionary Tectonics in Western North America in Relations of Tectonics to Ore Deposits in the Southern Cordillera: Arizona Geological Society Digest Nal. XIV Tucson, Arizona.
- De Cserna Zoltan., 1965: Reconocimiento Geológico en la Sierra Madre del Sur de México, entre Chilpancingo y Acapulco, Edo. de Guerrero, U.N.A.M., Inst. Geol. Bol. 62 p.p. 1-76.
- De Cserna Zoltan., Amstron, R.L., Yáñez-García y Solorio J. 1978: Rocas Metavolcánicas Paleozoicas de la región de Petatlán, Edo. de Guerrero, U.N.A.M. Revista Inst. Geol. Nal. 2 No. 1
- Delgado-Argote, A., 1979, Estudio Metalotectónico de Nayarit, utilizando imágenes de satélite: Tesis Profesional, Fac. de Ingeniería, U.N.A.M.
- Dickinson, W.R., 1974, Plate Tectonic and Sedimentation. Tectonic and Sedimentation Soc. Ec. Paleo. Min. Special. Publ. No. 22, 1-27
- Figueroa A. J. 1974, Sismicidad en el Edo. de Guerrero. Anales del Inst. de Geofísica, U.N.A.M.

- Folk, R.L., 1974, Petrology of Sedimentary Rocks: Hemphill Publ. Co. Austin, Texas. 182 p.
- García M.E., 1974, Atlas de la República Mexicana 2a. Edición Editorial Porrúa.
- Hernz J.K. et al, 1976, Sampling and evaluation of Fe-Ti bearing beach placer deposits in Java, Indonesia. Natural Resources and Development, Vol. 10: 50-61.
- Grivel P. F., y Arce-U.R., 1971, Levantamiento de la Corteza Terrestre en Pto. Angel, Oax., detectado por Observaciones Mareográficas. Geof. Intern. Vol. 11 No. 4.
- Ingle, J., 1968, The movement of Beach Sand: Edward Arnold, Publishers, London p.p. 1-30.
- Karig, D.E., Caronel R.K., Moore, G.F., 1978, Late Cenozoic Subduction and Continental Margin Truncation Along The Northern America Trench: Geol. Surv. of Am. Vol. 89: 265-276.
- Kesler, S.E. and Heath, S.A. 1970, Structural Evidence for Precambrian Rock in the Xolapa Complex Guerrero, Méx. Geol. Soc. America. Abs. for 1969 Spec. Paper 121:521.
- Kesler, S.E., 1973, Basement Rock Structural Trends in Southern Mexico Geol. Soc. America. Bull, U-84: 1059-1064.
- Klesse, Elmar (1968) 1970 Geology of the Ocotito-Ixcuinatoyac Region and of La Dicha Stratiform Sulphide Deposit. State of Guerrero. Bol. Soc. Geol. Mex. Vol. 31 No. 2: 107-140.
- Komar, 1976, Beach Processes and Sedimentation: Prentice-Hall Inc. Ed. Inglewood Cliff, N.J.
- Lomnitz-Cinna, 1974, Global tectonics and heartquake risk, Elseviere Publication: 320 p.
- López-Ramos, 1979, Geología de México, Tomo III.
- Lynd, L.W., Lefond, S.J., 1975, Titanium Minerals, Industrial Minerals and Rocks 4th Ed. p.p. 1149-1208.
- Lynd E. Lanstry, 1978, Mineral Commodity Profiles MCP-18 Bureau of Mines United States Department of the Interior.

- 
- Mac Kee, Edwin D., 1957, Primary Structures in some recent sediment. Bull. of Petrol. Geol. Vol. 41 No. 8: 1704-1747.
  - Martín-Barajas A., 1980, Distribución de Minerales Pesados en una Porción del Litoral de Guerrero-Oaxaca. C.R.M. VIII Seminario Interno Dic. 1980.
  - Molnar P. and Sykes, L.R., 1969, Tectonics of the Caribbean and Middle America Regions from Focal Mechanisms and Seismicity: Geol. Soc. Am. Bull. Vol. 80: 1039-1684.
  - Mooser Federico, 1972, Mexican Volcanic Belt Structure and Tectonics. Geof. Intern. Vol. 72 Núm. 2: 55-70.
  - Núñez-Espinal, J., Segura-García L., Salgado-Terán Virginio, Reconocimiento Geológico del Area Cromífera de Papanaoa-Petatlán, Gro. Revista Geomimet No. 114, Nov.-Dic. 1981.
  - Rocha, S. V., 1947, Depósitos de ilmenita ubicados en el Rancho del - Cayacal y Playas del Calvario y Cayacal, Gro., C.R.M. Archivo Técnico classif. 5.2/10 (1).
  - Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1976, Atlas de El Agua, Región Hidrológica No. 19.
  - Shepard, P.F., 1973, Submarine Geology. Harper & Row Publishers, New York, San Francisco London 3ed. Edition.
  - Sonu, C.J., 1972, Bimodal Composition and Cyclic characteristics of Beach Sediments in continuously changing profiles: Jour. Sed. Petrol. Vol. 42: 852-857.
  - Taira, Asahiko y Scholle, 1979, Origin of Bimodal Sands in Some Modern Environments: Jour. Sed. Petrol. Vol. 49, No. 3: 0777-0786.
  - Urrutia-Fucugauchi J., 1975, Estudio Tectonofísico de la Placa de Cocos, Tesis de Licenciatura de Fac. de Ing., U.N.A.M.



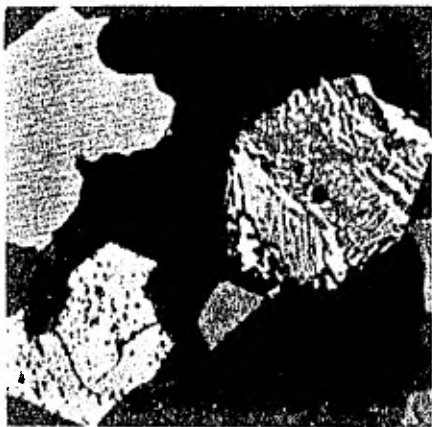
LAMINAS



Lám. 1



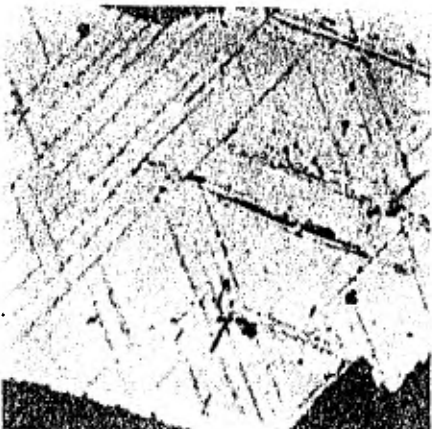
Lám. 2



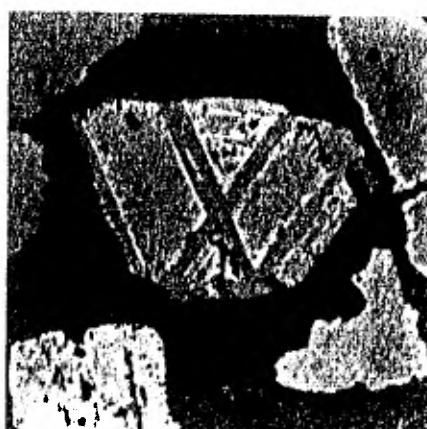
Lám. 3



Lám. 4



Lám. 5

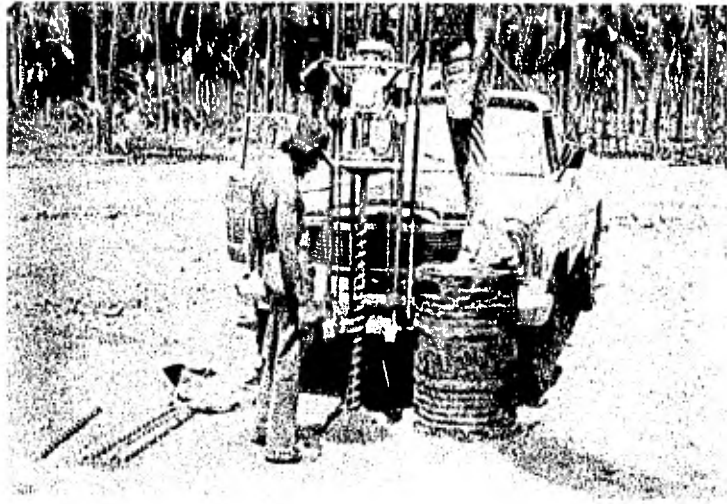


Lám. 6

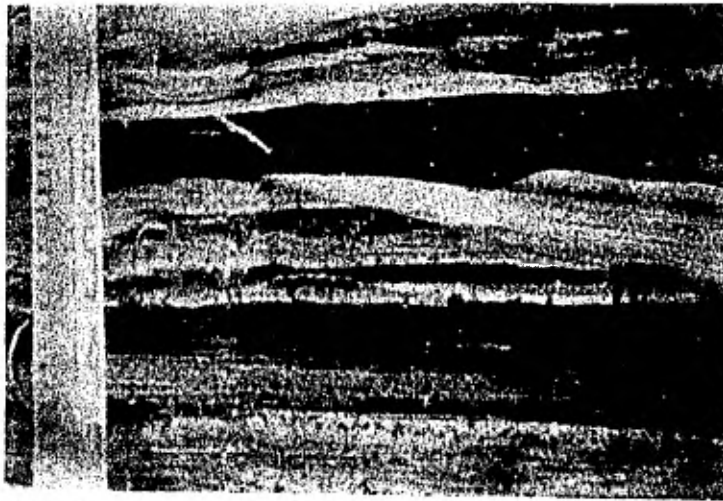
100 μ

LISTA DE LAMINAS

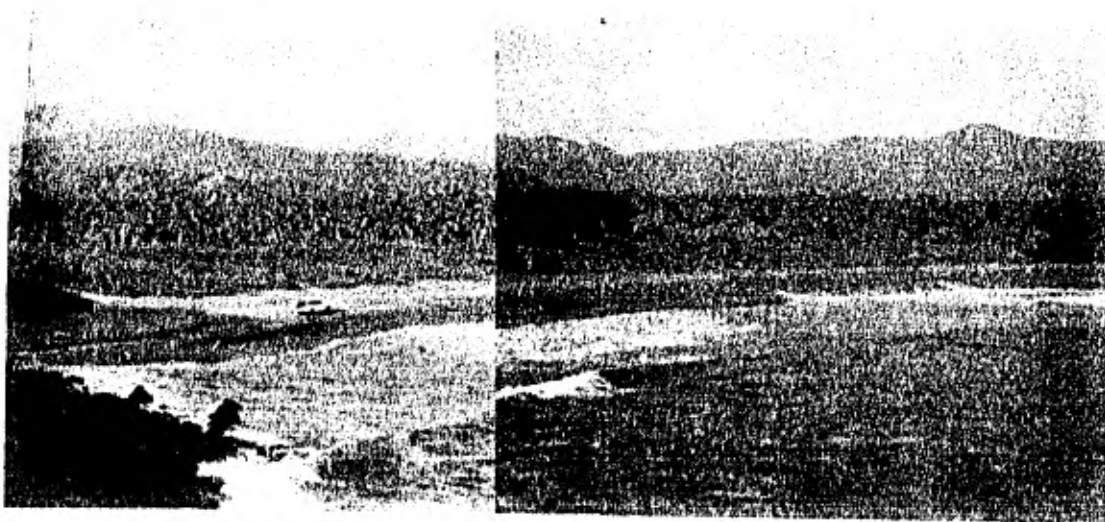
- Lámina No. 1 Entrecrecimiento de hematita (gris claro) e ilmenita - (gris). Se trata de segregaciones de hematita a partir de una ilmenita rica en Fe. La ilmenita presenta principios de transformación a leucoxeno (manchas oscuras).
- 2 Grano de silicato con pequeñas inclusiones de ilmenita (cristales filiformes) y magnetita (cristales isométricos).
- 3 Grano izquierdo, parte superior: titanomagnetita con segregación de ilmenita.  
Grano izquierdo, parte inferior: antiguo grano de magnetita que se transformó totalmente a martita.  
Grano derecho: entrecrecimiento eutéctico de ilmenita (gris oscuro) y magnetita (gris). La magnetita presenta principios de transformación a martita (gris claro).
- 4 Grano de titanomagnetita con martitización pronunciada (blanco grisáceo) y láminas de segregación de ilmenita.
- 5 Titanomagnetita con segregación de ilmenita (gris) orientada 111. Parcialmente muestra comienzos de transformación a leucoxeno (gris oscuro). La magnetita presenta transformación a martita (blanco) en forma paralela a las láminas de ilmenita.
- 6 Grano de titanomagnetita con segregación de ilmenita orientada 111 (gris) y martitización pronunciada (blanco) en los bordes de la ilmenita.
- 7 Los barrenos se realizaron con una máquina perforadora Winckie GW-15 y tornillos sin fin (auger bits) a una profundidad promedio de 5.40 metros.
- 8 Pozo a cielo abierto mostrando las bandas y laminaciones de minerales pesados en la parte posterior de la berma de playa. El estadal da una idea de la escala de las estructuras sedimentarias.
- 9 Vista panorámica hacia el SE de la playa El Cayacal. - Al fondo se puede observar Punta Calvario.



Lâm. 7



Lâm. 8



Lâm. 9

TABLAS

TABLA 1.- Límites de Parámetros Texturales

<u>Tamaño Gráfico Promedio</u>				<u>Desviación Standard</u>			
	de	-1	∅ gránulo		de	0.35	∅ muy bien clasificado
-1	a	0	∅ arena de grano muy grueso	0.35	a	0.50	∅ bien clasificado
o	a	1	∅ arena de grano grueso	0.50	a	0.71	∅ moderadamente bien clasificado
1	a	2	∅ arena de grano medio	0.71	a	1.0	∅ moderadamente clasificado
2	a	3	∅ arena de grano fino	1.0	a	2.0	∅ mal clasificado
 <u>Asimetría Gráfica Inclusiva</u>				 <u>Curtosis</u>			
1.0	a	0.3	muy asimétrica hacia los finos	que	0.67	muy platicúrtico	
0.3	a	0.1	asimétrica hacia los finos	0.67	a	0.90	platicúrtico
0.1	a	-0.1	casi asimétrico	0.90	a	1.11	mesocúrtico
-0.1	a	-0.3	asimétrico hacia los gruesos	1.11	a	1.50	leptocúrtico
-0.3	a	-1.0	muy asimétrico hacia los gruesos	1.50	a	3.0	muy leptocúrtico

Tomado de Folk, 1974.

TABLA 2.- PARAMETROS TEXTURALES

CLAVE	TAMAÑO GRAFICO PROMEDIO	DESVIACION STANDARD	ASIMETRIA	CURTOSIS
02/a	1.176	.683	-.122	1.143
-14/a	1.373	.566	.007	1.043
-08/a	.533	.841	-.122	1.063
-02/a	-.480	1.304	.191	.882
-10/a	.406	.901	-.047	1.107
-04/a	.936	.503	.060	1.084
-06/a	-1.980	1.082	.039	1.011
00/a	-.870	1.575	-.015	.855
10/a	-1.903	.651	-.035	.922
02/a	-.650	1.652	-.180	.827
08/a	-.736	1.513	-.081	1.227
04/a	1.620	.781	.050	1.153
-12/a	.113	.634	.072	1.136
14/a	-.146	.929	-.066	.919
12/a	2.013	.683	-.053	.871
-04/b	1.450	.721	.066	1.138
04/b	2.350	.592	.006	.891
02/b	1.280	.564	-.036	1.132
00/b	1.303	.482	.029	1.021
-12/b	1.720	.535	.108	1.249
-14/b	2.253	.539	-.197	1.001
-06/b	1.360	.563	-.096	1.261
06/b	1.466	.697	-.096	1.162
14/b	1.733	.710	-.002	1.026
-08/b	.583	.705	-.045	1.094
12/b	1.156	.693	-.075	1.171
-02/b	1.290	.679	.224	1.250
-10/b	1.503	.388	.002	.989
-08/b	1.866	.541	.177	1.122
10/b	2.036	.775	.124	.840
-04/c	1.580	.694	.093	1.080
12/c	2.190	.634	-.106	.945
00/c	1.816	.686	.134	1.080
-10/c	2.133	.662	.085	.939
-08/c	1.800	.895	-.080	.993
06/c	1.583	.636	.041	1.208
02/c	2.346	.779	.264	1.044
-12/c	1.296	.843	.227	1.143
-14/c	1.656	.640	.032	1.229
-02/c	1.700	.678	.152	1.123
14/c	1.730	.664	.113	1.031
04/c	1.836	.627	.152	1.080
10/c	2.006	.732	-.006	.842
-06/c	1.310	.596	.020	1.101
00/d	1.460	.838	.048	1.113
-06/d	.036	.841	.012	.917

...

CLAVE	TAMAÑO GRAFICO PROMEDIO	DESVIACION STANDARD	ASIMETRIA	CURTOSIS
02/d	2.373	.620	-.047	.864
06/d	2.370	.630	-.016	.815
-08/d	2.013	.444	-.117	.561
-10/d	.863	.787	-.101	1.062
14/d	2.326	.553	.125	1.721
12/d	2.106	.700	.112	.855
-12/d	2.230	.689	.083	.839
-04/d	2.223	.645	.017	.858
08/d	2.133	.664	.010	.888
10/d	1.433	.580	-.056	1.064
-02/d	2.476	.546	-.121	.854
04/d	1.623	.730	.052	1.205
-14/d	2.506	.620	.231	1.014
-04/e	2.063	.759	.060	1.182
10/e	2.140	.936	-.119	.721
-10/e	1.133	.890	.047	1.084
00/e	2.500	.611	-.199	1.007
-06/e	2.043	.580	.200	1.205
AR/1	1.440	.764	-.005	1.290
AR/2	.180	.997	.072	1.026
AR/3	.243	1.183	-.071	1.018



TABLA 3.- MADUREZ TEXTURAL

CLAVE	CONTENIDO % ARCILLA	GRADO DE CLASIFICACION	GRADO DE MADUREZ	AMBIENTE
6/a	-----	1.082	submaduro	playa sumergida
8/a	0.014	1.513	submaduro	playa sumergida
6/a	0.016	1.652	submaduro	playa sumergida
10/a	-----	0.651	submaduro	playa sumergida
00/a	0.022	1.575	submaduro	playa sumergida
4/a	0.001	0.781	submaduro	playa sumergida
-12/a	.008	0.634	submaduro	playa sumergida
14/a	0.008	0.929	submaduro	playa sumergida
12/a	0.029	0.683	submaduro	playa sumergida
2/a	0.002	0.683	submaduro	playa sumergida
-14/a	-----	0.566	submaduro	playa sumergida
- 8/a	0.007	0.841	submaduro	playa sumergida
- 2/a	0.117	1.304	submaduro	playa sumergida
-10/a	0.005	0.901	submaduro	playa sumergida
- 4/a	-----	0.503	submaduro	playa sumergida
12/b	0.011	0.693	submaduro	frente de playa
- 2/b	0.005	0.679	submaduro	frente de playa
-10/b	-----	0.388	maduro	frente de playa
- 8/b	0.003	0.541	submaduro	frente de playa
10/b	0.002	0.775	submaduro	frente de playa
- 4/b	0.014	0.721	submaduro	frente de playa
4/b	0.032	0.592	submaduro	frente de playa
2/b	0.132	0.564	submaduro	frente de playa
00/b	0.004	0.482	maduro	frente de playa
-12/b	.001	0.535	submaduro	frente de playa
-14/b	0.028	0.539	submaduro	frente de playa
- 6/b	-----	0.563	submaduro	frente de playa
6/b	-----	0.697	submaduro	frente de playa
14/b	0.007	0.710	submaduro	frente de playa
8/b	-----	0.705	submaduro	frente de playa
- 2/c	-----	0.678	submaduro	berma de playa
-14/c	0.007	0.640	submaduro	berma de playa
-12/c	0.037	0.843	submaduro	berma de playa
2/c	4.939	0.779	submaduro	berma de playa
14/c	0.004	0.664	submaduro	berma de playa
4/c	-----	0.627	submaduro	berma de playa
10/c	-----	0.732	submaduro	berma de playa
- 6/c	0.012	0.580	submaduro	berma de playa
- 4/c	0.001	0.694	submaduro	berma de playa
12/c	.016	0.634	submaduro	berma de playa
00/c	0.066	0.686	submaduro	berma de playa
-10/c	-----	0.662	submaduro	berma de playa
8/c	-----	0.916	submaduro	berma de playa
- 8/c	-----	0.895	submaduro	berma de playa
6/c	-----	0.636	submaduro	berma de playa
14/d	0.257	0.551	submaduro	berma de playa
-10/d	1.676	0.787	submaduro	berma de playa
-12/d	0.012	0.683	submaduro	berma de playa

CLAVE	CONTENIDO % ARCILLA	GRADO DE CLASIFICACION	GRADO DE MADUREZ	AMBIENTE
-04/d	0.074	0.645	submaduro	berma de playa
8/d	0.002	0.664	submaduro	berma de playa
10/d	0.013	0.580	submaduro	berma de playa
4/d	0.011	0.730	submaduro	berma de playa
-14/d	0.001	0.620	submaduro	berma de playa
00/d	0.093	0.838	submaduro	berma de playa
2/d	0.070	0.620	submaduro	berma de playa
6/d	0.046	0.630	submaduro	berma de playa
12/d	-----	0.700	submaduro	postplaya
- 2/d	.002	0.546	submaduro	postplaya
- 6/d	0.001	0.841	submaduro	postplaya
- 8/d	0.162	0.444	maduro	postplaya
00/e	0.149	0.611	submaduro	postplaya
- 6/e	0.841	0.580	submaduro	postplaya
- 4/e	0.663	0.759	submaduro	postplaya
10/e	0.173	0.936	submaduro	postplaya
-10/e	0.442	0.890	submaduro	postplaya

TABLA 4.- NOMENCLATURA DE LOS SEDIMENTOS

C L A V E	D E S C R I P C I O N
- 6/a	Feldsarenita lítica, gránulo, mal clasificada, mesocúrtica, casi asimétrica.
8/a	Feldsarenita, arena muy gruesa, mal clasificada, casi asimétrica, leptocúrtica.
6/a	Feldsarenita lítica, arena muy gruesa, mal clasificada, asimétrica hacia los gruesos, platicúrtica.
10/a	Litarenita, gránulo, moderadamente bien clasificado, casi asimétrica, mesocúrtica.
00/a	Litarenita feldespática, arena muy gruesa, mal clasificada, casi asimétrica, platicúrtica.
4/a	Feldsarenita lítica, arena media, moderadamente clasificada, casi asimétrica, leptocúrtica.
-12/a	Feldsarenita lítica, grano grueso, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, leptocúrtica.
14/a	Feldsarenita lítica, grano grueso, moderadamente clasificada, casi asimétrica, mesocúrtica.
12/a	Feldsarenita, gránulo, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, mesocúrtica.
2/a	Feldsarenita lítica, muy gruesa, mal clasificada, asimétrica hacia los gruesos, platicúrtica.
-14/a	Feldsarenita, grano medio, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, mesocúrtica.
- 8/a	Litarenita feldespática, grano grueso, moderadamente clasificada, asimétrica hacia los gruesos, mesocúrtica.
- 2/a	Litarenita feldespática, grano muy grueso, mal clasificada, asimétrica hacia los finos, platicúrtica.
-10/a	Feldsarenita lítica, grano grueso, moderadamente clasificada, casi asimétrica, mesocúrtica.
- 4/a	Feldsarenita lítica, grano grueso, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, mesocúrtica.
12/b	Feldsarenita, grano medio, moderadamente bien clasificado, casi asimétrica, leptocúrtica.

## C L A V E

## D E S C R I P C I O N

- 2/b	Feldsarenita, grano medio, moderadamente bien clasificada, asimétrica hacia los finos, leptocúrtica.
-10/b	Feldsarenita, grano medio, bien clasificada, casi asimétrica, mesocúrtica.
- 8/b	Feldsarenita, grano medio, moderadamente bien clasificada, asimétrica hacia los finos, leptocúrtica.
10/b	Feldsarenita lítica, arena de grano fino, moderadamente clasificada, asimétrica hacia los finos, platicúrtica.
- 4/b	Feldsarenita, grano medio, moderadamente clasificada, casi asimétrica, leptocúrtica.
4/b	Feldsarenita lítica, grano fino, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, platicúrtica.
2/b	Feldsarenita lítica, grano medio, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, leptocúrtica.
00/b	Feldsarenita, grano medio, bien clasificada, casi asimétrica, mesocúrtica.
-12/b	Feldsarenita, grano medio, moderadamente bien clasificada, asimétrica hacia los finos, leptocúrtica.
-14/b	Feldsarenita, grano fino, moderadamente bien clasificada, asimétrica hacia los gruesos, mesocúrtica.
- 6/b	Feldsarenita, grano medio, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, leptocúrtica.
6/b	Feldsarenita, grano medio, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, leptocúrtica.
14/b	Feldsarenita lítica, grano medio, moderadamente clasificada, casi asimétrica, mesocúrtica.
8/b	Feldsarenita lítica, grano grueso, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, mesocúrtica.
- 2/c	Feldsarenita lítica, grano medio, moderadamente bien clasificada, asimétrica hacia los finos, leptocúrtica.
-14/c	Feldsarenita, grano medio, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, leptocúrtica.
-12/c	Feldsarenita, grano medio, moderadamente clasificada, casi asimétrica, leptocúrtica.

## C L A V E

## D E S C R I P C I O N

2/c	Feldsarenita lítica, grano fino, moderadamente clasificada, - muy asimétrica hacia los finos, mesocúrtica.
14/c	Feldsarenita, grano medio, moderadamente bien clasificada, - asimétrica hacia los finos, mesocúrtica.
4/c	Feldsarenita lítica, grano medio, moderadamente bien clasificada, asimétrica hacia los finos.
10/c	Feldsarenita lítica, grano fino, moderadamente clasificada, - casi asimétrica, platicúrtica.
- 6/c	Feldsarenita, grano medio, moderadamente bien clasificada, - casi asimétrica, mesocúrtica.
- 4/c	Feldsarenita, grano medio, moderadamente bien clasificada, - casi asimétrica, mesocúrtica.
12/c	Feldsarenita, grano fino, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, mesocúrtica.
0/c	Feldsarenita, grano medio, moderadamente bien clasificada, - asimétrica hacia los finos, mesocúrtica.
-10/c	Feldsarenita, grano grueso, moderadamente bien clasificada, - casi asimétrica, mesocúrtica.
8/c	Feldsarenita, grano medio, moderadamente bien clasificada, - casi asimétrica, mesocúrtica.
- 8/c	Feldsarenita, grano medio, moderadamente clasificada, casi - asimétrica, mesocúrtica.
6/c	Feldsarenita lítica, grano medio, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, leptocúrtica.
14/d	Feldsarenita, grano fino, moderadamente bien clasificada, -- asimétrica hacia los finos, muy leptocúrtica.
-10/d	Feldsarenita lítica, grano grueso, moderadamente clasificada, asimétrica hacia los gruesos.
-12/d	Feldsarenita, grano medio, moderadamente clasificada, casi - asimétrica, leptocúrtica.
- 4/d	Feldsarenita, grano fino, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, platicúrtica.
8/d	Feldsarenita lítica, grano fino, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, platicúrtica.

## C L A V E

## D E S C R I P C I O N

10/d	Feldsarenita lítica, grano medio, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, mesocúrtica.
4/d	Feldsarenita lítica, grano medio, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, leptocúrtica.
-14/d	Feldsarenita, grano fino, moderadamente bien clasificada, asimétrica hacia los finos, leptocúrtica.
0/d	Feldsarenita, grano medio, moderadamente clasificada, casi asimétrica, leptocúrtica.
2/d	Feldsarenita, grano fino, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, platicúrtica.
6/d	Feldsarenita lítica, grano fino, moderadamente bien clasificada, casi asimétrica, leptocúrtica.
12/d	Feldsarenita, grano fino, moderadamente bien clasificada, asimétrica hacia los finos, platicúrtica.
- 2/d	Feldsarenita, grano fino, moderadamente bien clasificada, asimétrica hacia los gruesos, platicúrtica.
- 6/d	Feldsarenita, grano grueso, moderadamente clasificada, casi -- asimétrica, mesocúrtica.
- 8/d	Feldsarenita, grano fino, bien clasificada, asimétrica hacia los gruesos, muy platicúrtica.
00/e	Feldsarenita, grano fino, moderadamente bien clasificada, asimétrica hacia los gruesos, mesocúrtica.
- 6/e	Feldsarenita, grano fino, moderadamente bien clasificada, asimétrica hacia los finos, leptocúrtica.
- 4/e	Feldsarenita, grano fino, moderadamente clasificada, casi asimétrica, leptocúrtica.
10/e	Feldsarenita, grano fino, moderadamente clasificada, asimétrica hacia los gruesos.
-10/e	Feldsarenita, grano medio, moderadamente clasificada, casi asimétrica, mesocúrtica.
AR/1	Litarenita feldespática, grano medio, moderadamente clasificada, casi asimétrica, leptocúrtica.

---

C L A V E

D E S C R I P C I O N

---

AR/2      Litarenita feldespática, grano grueso, mal clasificada, casi -  
asimétrica, mesocúrtica.

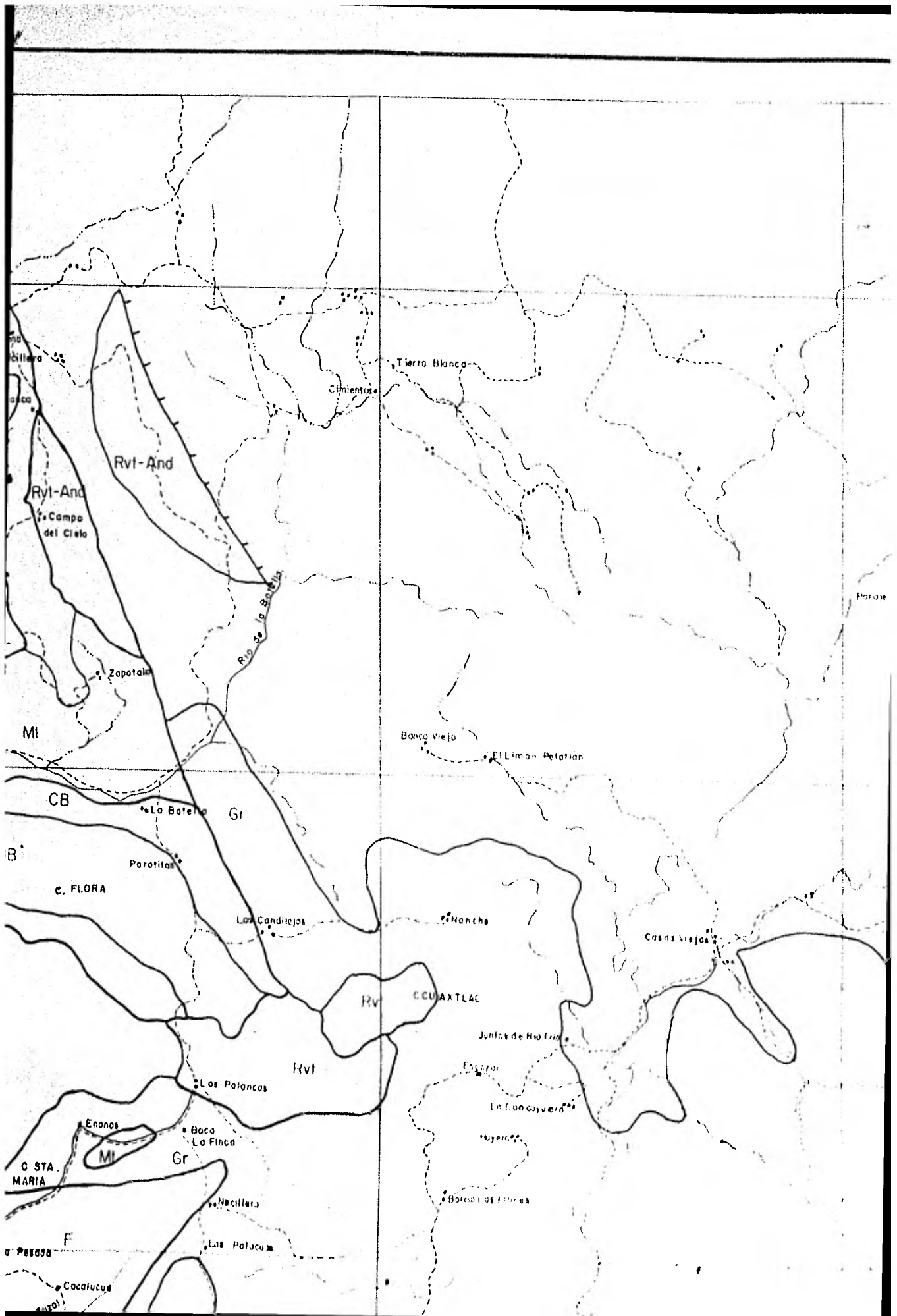
AR/3      Litarenita feldespática, grano grueso, mal clasificada, casi -  
asimétrica, mesocúrtica.

MUESTRA	MIN. ESENCIALES	MIN. ACCESORIOS	MIN. SECUNDARIOS	CLASIFICACION
P-1	cuarzo, feldespatos	sericita, muscovita hematita, cianita	limonita, min. arcillosos	esquisto de sericita y muscovita
P-2	cuarzo, feldespatos	sericita, hematita cianita	limonita, clorita, min. arcillosos	esquisto de sericita
P-3	andesina, oligoclasa	hornblenda, magneti ta, apatita	sericita, clorita	diorita de hornblenda
P-4	cuarzo, feldespato	muscovita, hematita sericita	clorita, limonita	esquisto de muscovita
P-5	cuarzo, feldespato	sericita, hematita muscovita	biotita, clorita	esquisto de sericita o filita
P-6	oligoclasa, andesina	hornblenda	epidota, sericita, hema tita, limonita, clorita	diorita de hornblenda
P-7	cuarzo, sericita	limonita, clorita	min. arcillosos	material de veta hidro- termal
P-8	oligoclasa, andesina	hornblenda	limonita, sericita, epi dota	diorita de hornblenda
P-9	cuarzo, oligoclasa - andesina	titanita, zircón	hematita, clorita, seri cita, epidota	pórfido riódacítico
P-10	oligoclasa-andesina	hornblenda, magne tita, ilmenita, zir cón	limonita, sericita, epi dota	diorita de hornblenda
P-12	oligoclasa, andesina	hornblenda, magne tita	limonita, sericita, bio tita	diorita de hornblenda
P-13	cuarzo, oligoclasa - andesina	biotita, hornblenda	hematita, limonita, clo rita, min. arcillosos	granodiorita de biotita



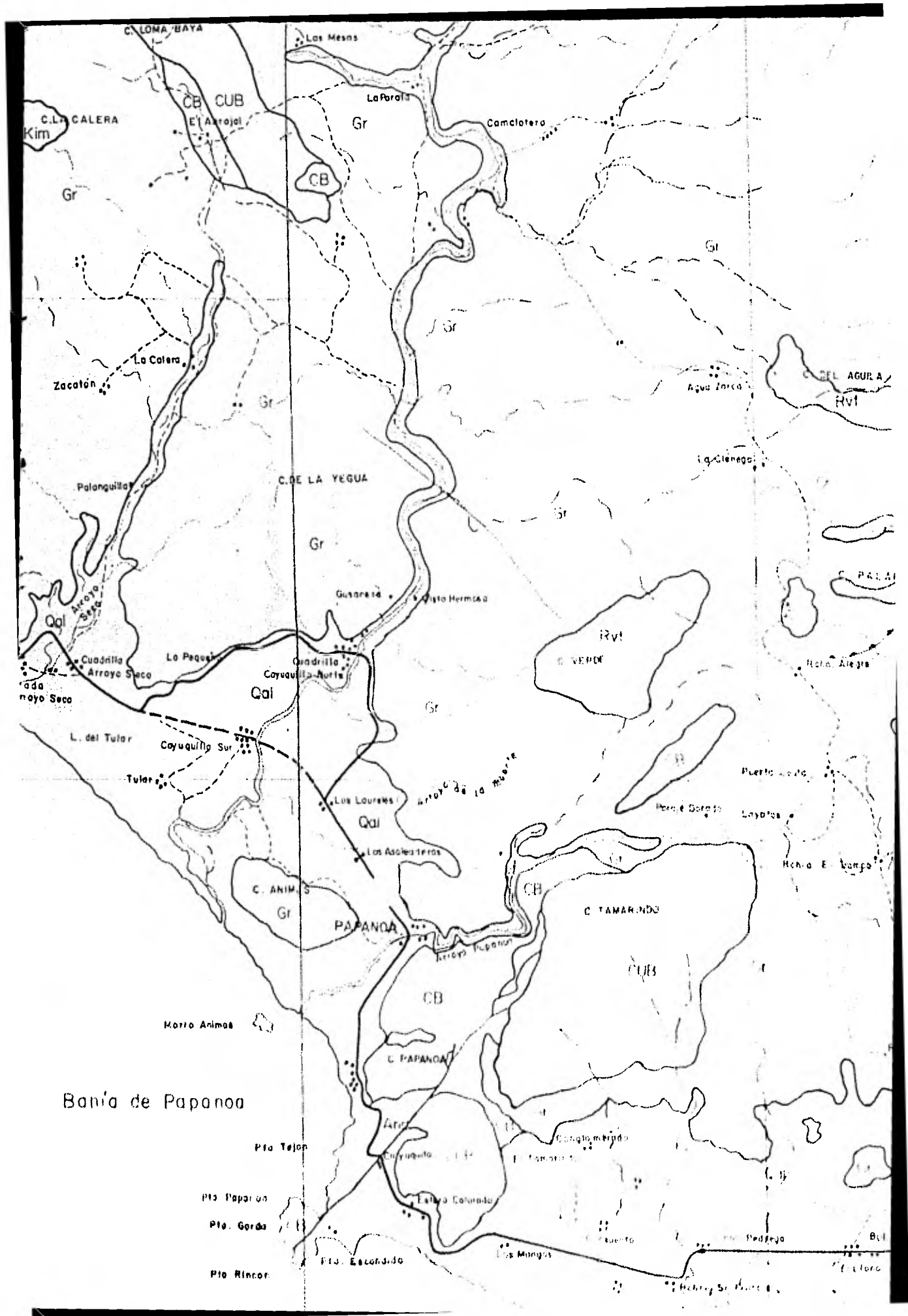
MUESTRA	MIN. ESENCIALES	MIN. ACCESORIOS	MIN. SECUNDARIOS	CLASIFICACION
P-14	andesina- oligoclasa feld.potásico-cuarzo	hornblenda,biotita epidota,apatito,opacos	clorita y biotita	Cuarzodiorita o tonalita
P-15	andesina, oligoclasa	hornblenda, magne- tita	sericita, hematita, clorita, limonita	microtonatita
P-16	oligoclasa, andesina	hornblenda, ilmeni- ta, magnetita	biotita, clorita, sericita, hematita	granodiorita de horn- blenda
P-17	oligoclasa, andesina cuarzo	hornblenda, magne- tita, ilmenita	sericita, clorita, hematita	
P-18	andesina-oligoclasa	hornblenda,epidota, apatito, magnetita	biotita, clorita	diorita de hornblenda











Bahía de Papanao

Morro Animas

Pta Tejon

Pta Papanao

Pta. Gorda

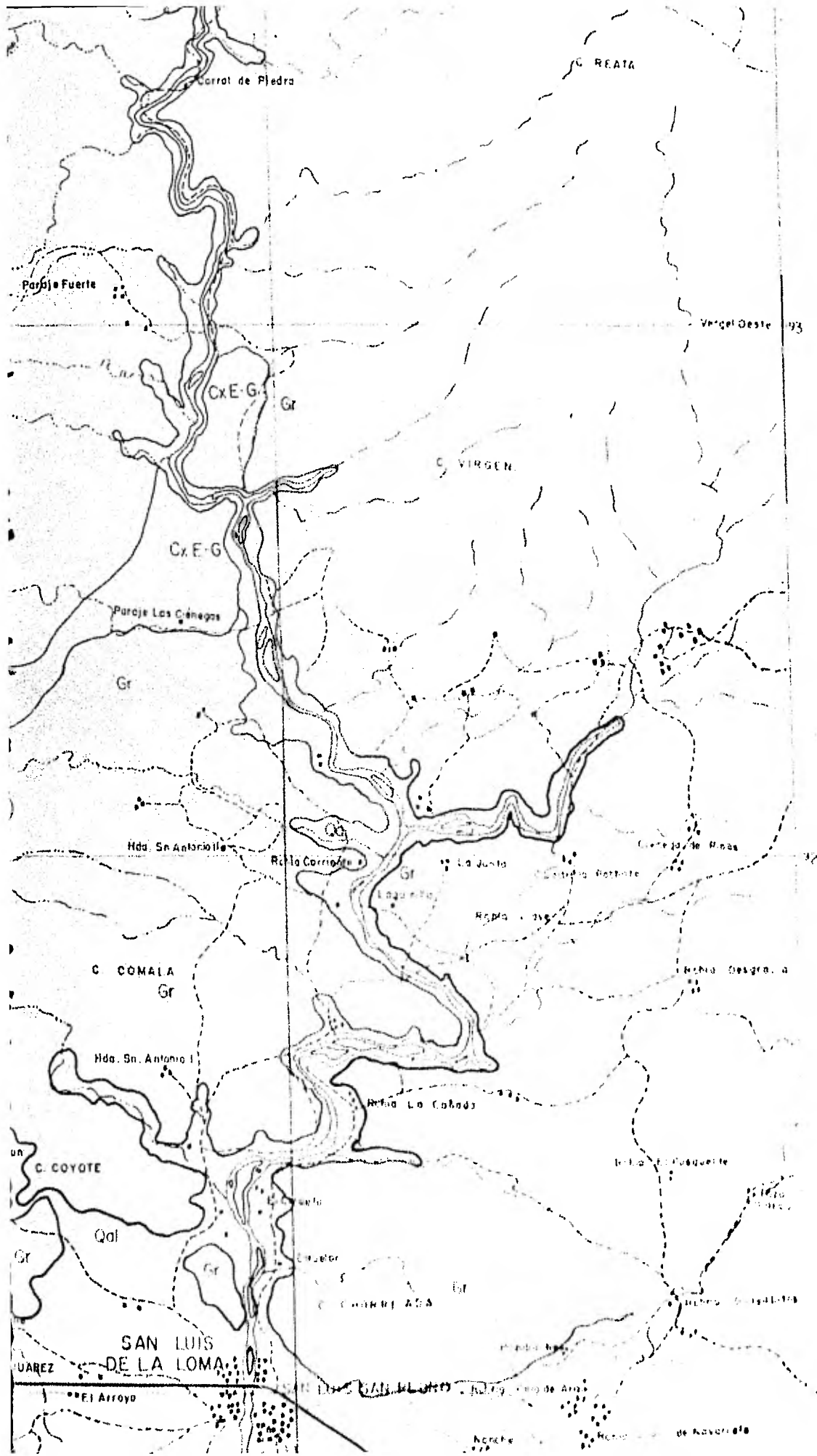
Pta Rincón

Pta. Escalón

Los Mangos

Pta. Pedregal

Pta. Caura



PALEOZOIC	CARBONI
	DEVONI
	SILURI
	ORDOVIC
	CAMBI

ESPESOR  
ES

SI



✕

SIN



UAREZ

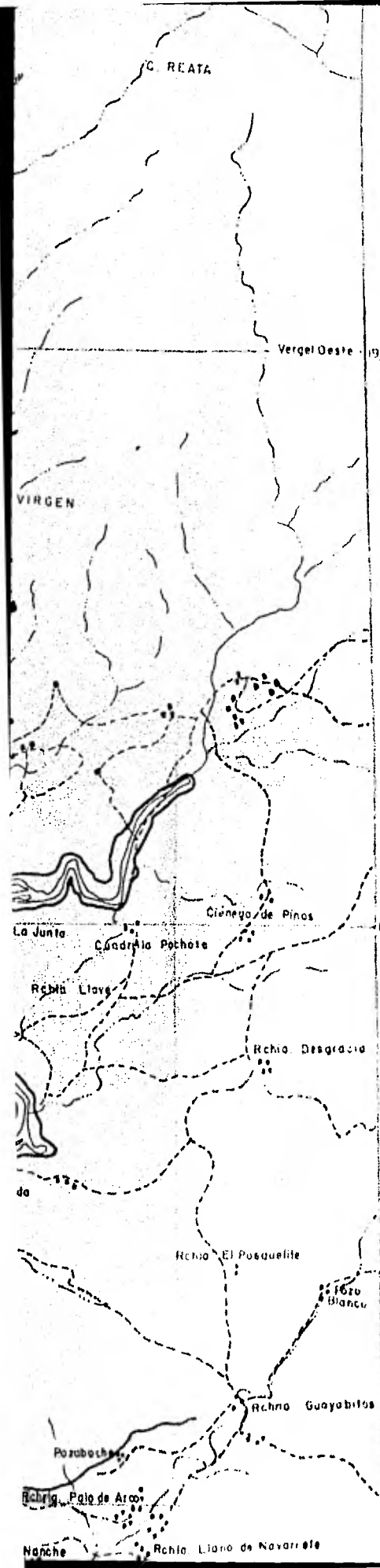
SAN LUIS DE LA LOMA

El Arroyo

San Luis de la Loma

Nanche

de Navarrete



PALEOZOICO	INFERIOR MEDIO SUP	CARBONIFERO		COMPLEJO VOLCANICO
		DEVONICO		
		SILURICO		
		ORDOVICICO		
		CAMBRICO		

ESPEORES APROXIMADOS  
 ESCALA 1:10,000

SIMBOLOS GEOLOGICOS

- Contacto Geológico
- Folia Normal
- Folia inversa
- Lineamiento
- Mina o cara

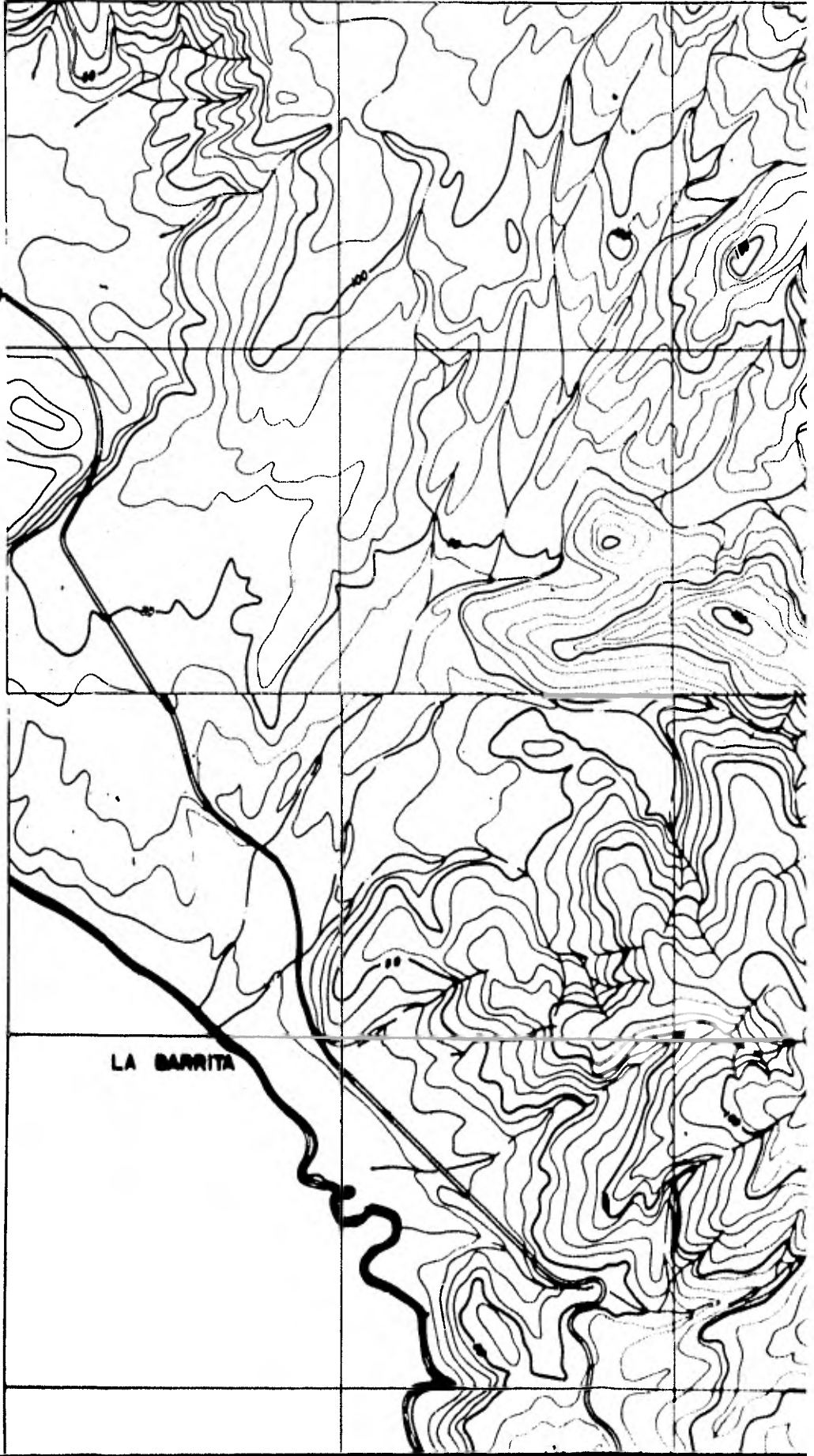
SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

- Carretera Federal
- Camina de Terraceria
- Camino Vecinal
- Poblado o Ranchario
- Rio
- Arroyo intermitente

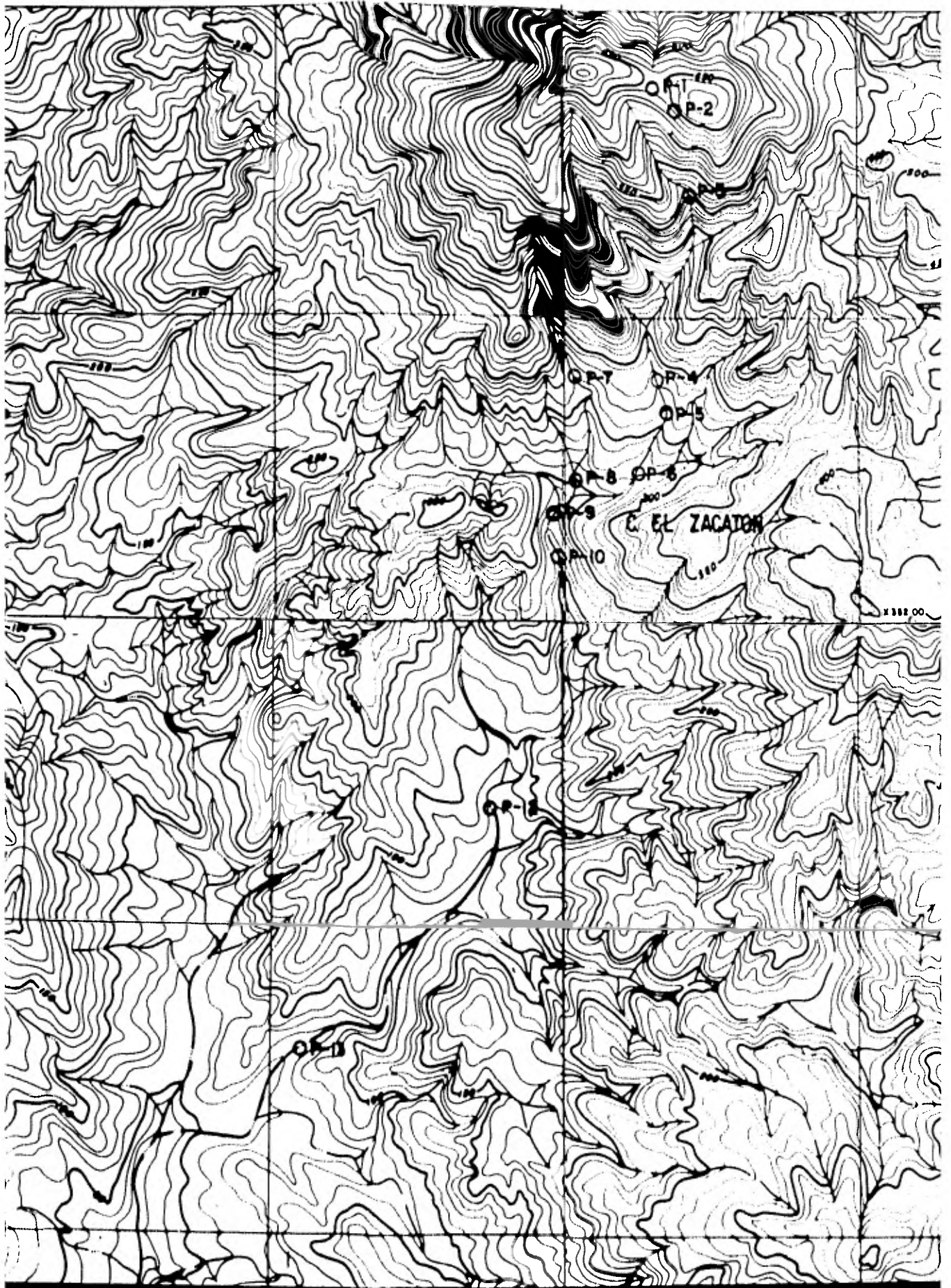
UNAM	FAC. DE
	Tesis P
PLANO GEOLOGICO	

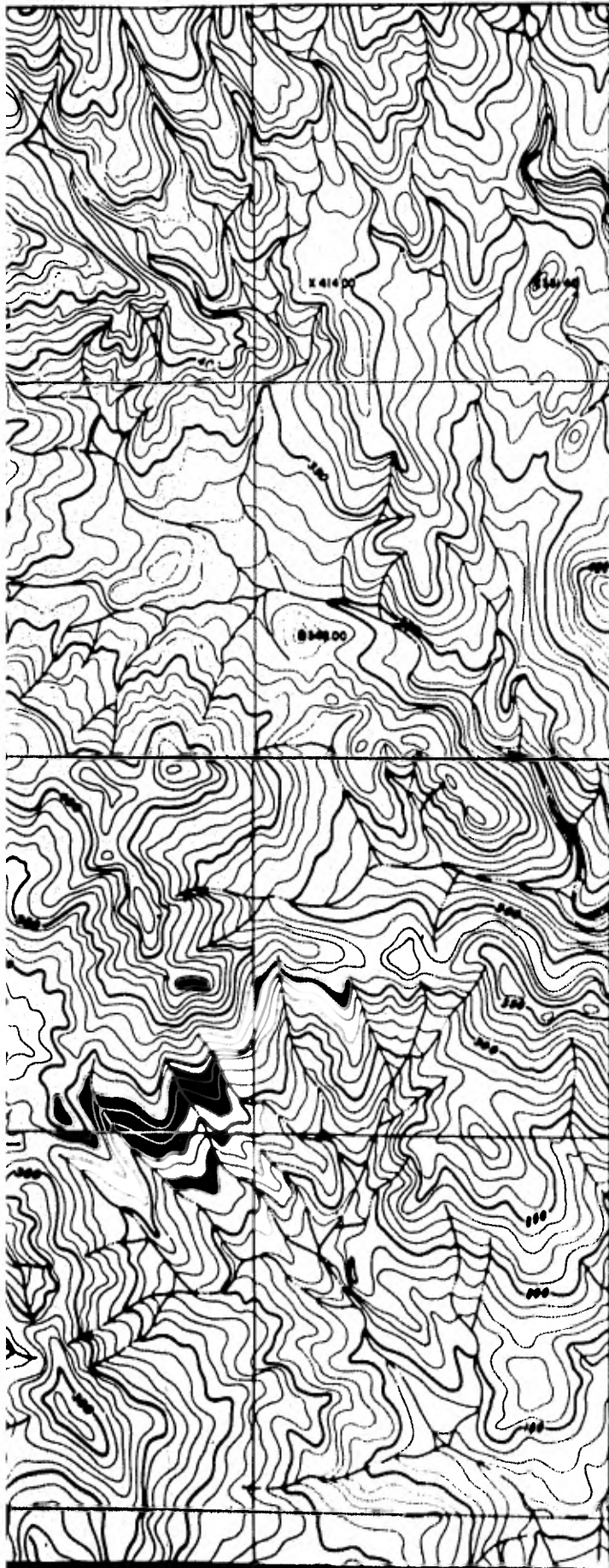


A ZHUATANEJO


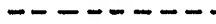



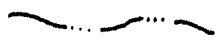



LA BARRITA





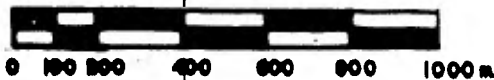
## SIMBOLOGIA

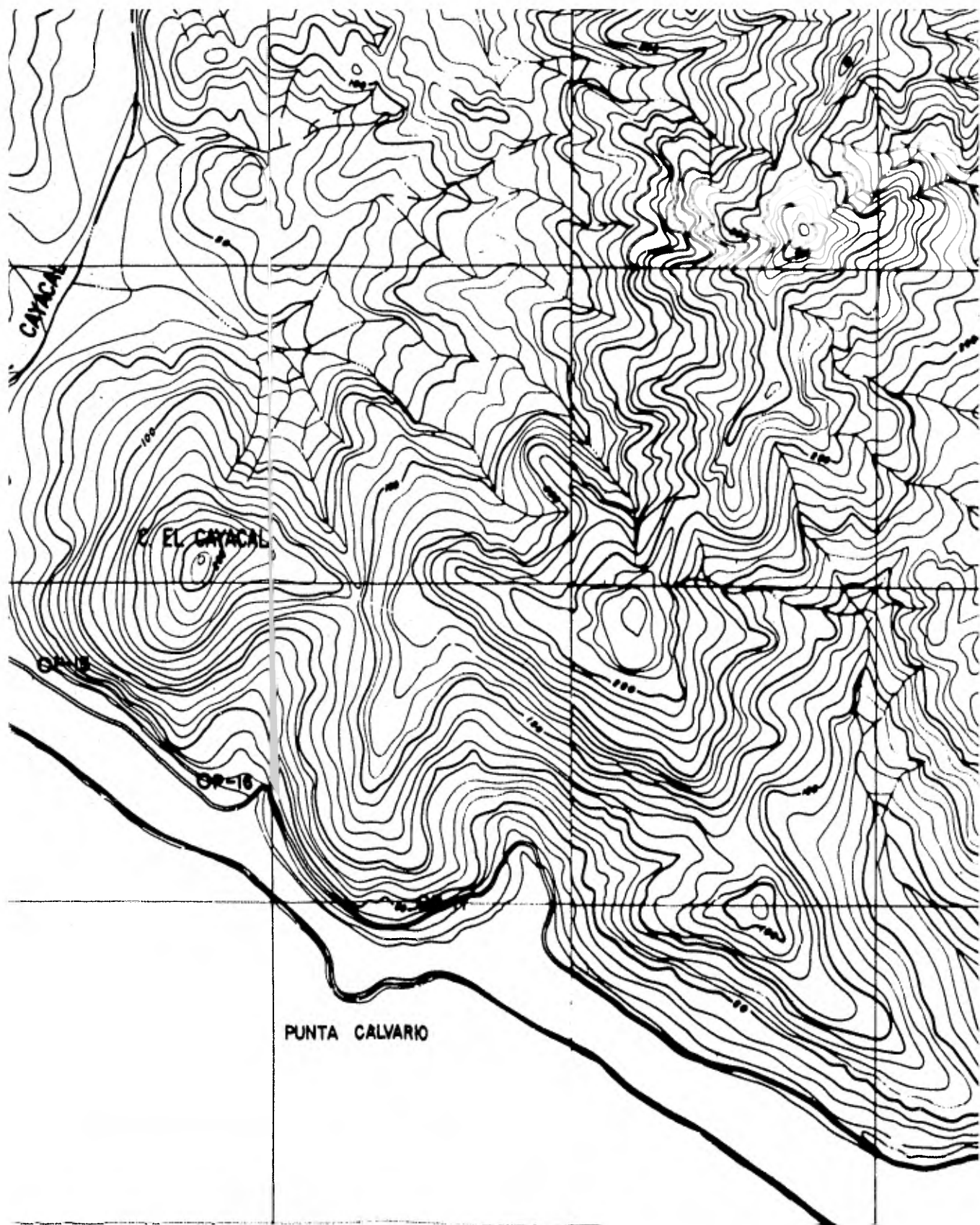
	Carretera
	Carretera
	Poblado o
	Curva de
	Rio perenn
	Arroyo int
	Muestra d

PUNTA CUESTA

PUNTA JAPUTICA

Escala : 1 20 000







<b>UNAM</b>	FAC. DE ING
	Tesis Profes
PLANO TOPOGRAFICO	
DEL CAYAC	
PLANO N° 2	A. Martin Baraj