

Sykes, L. R. and Ewing, J. I., 1965, the seismicity of the Caribbean region:  
Jour. Geophys. Research, v. 70, p. 5065-5073.

Taylor, G. C., 1960, Geología de la isla de Margarita: Venezuela, Dir. Geol.,  
Bol. Geol., Pub. Esp. 3, v. 2, p. 838-894.

Turner, F. J., 1968, Metamorphic petrology: New York, McGraw-Hill Book Co.,  
403 p.

Urbani, F., 1969, Primera localidad fosilífera del Miembro Zenda de la forma  
ción Las Brisas: Cueva El Indio, La Guairita, Estado Miranda: Asoc. Ve-  
nezolana Geología, Minería y Petróleo Bol. Inf., v. 12, p. 446-453.

Westermann, J. H., 1932, The geology of Aruba: Geog. en Geol. Med. Utrecht,  
Physiog. Geol. Reeks, N° 7, p. 129.

Wolcott, P. P., 1943, Fossils from metamorphic rocks of the Coast Range of  
Venezuela: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull, v. 27, p. 1632.

Zeil, W. y Pichler, H., 1967, Die Kanozoische Rhyolithformation im mittleren  
Abschnitt der Anden: Geol. Rundschau, v. 57, p. 48-81.

Zuloaga, G., 1953, La Blanquilla y Los Hermanos: Venezuela Acad. Cienc. Fis.,  
Mat. y Nat. Bol., N° 49-46 p.

#### GEOMORFOLOGIA Y SEDIMENTACION DE LA COSTA

#### ENTRE CABO CODERA Y PUERTO CABELLO<sup>1</sup>

Xavier Picard<sup>2</sup> y Donald Goddard<sup>2</sup>

#### R E S U M E N

Se presenta un estudio geomorfológico y sedimentológico de la costa en-  
tre Cabo Codera y Puerto Cabello. Se discute la influencia de los rasgos fi-  
siográficos, climatológicos y geológicos sobre la formación de acantilados.  
La costa puede dividirse en 2 segmentos, oriental y occidental subdivididos a  
su vez en tramos. El segmento occidental representa una costa hundida y cons-  
ta de los tramos de Cata y Puerto La Cruz. El tramo de Cata es una costa de  
rías, con valles inundados y el de Puerto La Cruz una costa de tectonismo con  
acantilados sumergidos hasta más de 200 metros. El segmento occidental está  
asociado con la cuenca de Turiamo. El segmento oriental está asociado con u-  
na plataforma continental amplia donde los acantilados tienen terrazas erosio-  
nadas por las olas. El segmento oriental es más variado y consta de los si-  
guientes tramos: Carayaca (sobre la Formación Tacagua), Cabo Blanco (sobre  
sedimentos del Grupo Cabo Blanco), Macuto (sobre conos aluvionales piemonti-  
nos), Los Caracas (sobre rocas metamórficas del Grupo Caracas), Chuspa (sobre  
los sedimentos de Las Capas de La Sabana) y Cabo Codera (sobre rocas metamór-  
ficas del Grupo Caracas).

Las condiciones de sedimentación a lo largo de la costa de la Cordillera  
son tales que domina la erosión y el transporte de sedimentos. Las playas  
existentes son meras estaciones de relevo del flujo de arena que migra hacia  
el oeste debido a la corriente de deriva litoral generada por el frente de o-  
las de los vientos alisios. En el segmento occidental las playas están forma-  
das sobre los aluviones en los valles inundados. Hay escasos desarrollos de  
manglares en los valles inundados cercanos a Puerto Cabello, así como escasas  
colonias de corales.

La Cordillera, considerada como fuente de sedimentos para la costa, es  
pobre. El área total es de 8.500 km<sup>2</sup> drenada por más de 38 quebradas y ríos  
con agua casi todo el año (donde no han sido intervenidos por el hombre). El  
volúmen de sedimentos que llega al mar es bajo, e influenciado por las varia-  
ciones climáticas. El conjunto de minerales pesados consta de epidoto, acti-  
nolita, granate, ilmenita y cantidades menores de clorita, hornablenda, hema-  
tita, magnetita, rutilo, círcón y turmalina. Se observa cierta dispersión ha-  
cia el oeste.

<sup>1</sup>Manuscrito recibido en noviembre de 1974.

<sup>2</sup>Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dirección de Geología, División de Geo-  
logía Marina.

La costa ha sido intervenida por la mano del hombre en forma espectacular desde 1950 en adelante. Se ha modificado sensiblemente la costa conocida como Litoral Central (que incluye la zona entre Arrecifes y Los Caracas) con carreteras, puertos, rellenos para edificaciones y playas artificiales.

### INTRODUCCION

El área investigada abarca unos 280 kilómetros de línea de costa de acantilados entre Cabo Codera y Puerto Cabello, en la Cordillera de la Costa de Venezuela. Este trabajo es el primero comenzado por la División de Geología Marina del Ministerio de Minas e Hidrocarburos, a raíz de su fundación en 1971, como fase inicial del estudio de la costa de Venezuela al oeste de Cabo Codera. La costa se estudió desde el punto de vista geomorfológico y la cordillera, como fuente de sedimentos para la cuenca marina adyacente. El trabajo consta de cuatro partes, la primera considera los aspectos fisiográficos y geológicos que controlan la cordillera, la segunda versa sobre la formación de acantilados y sus diversas características, la tercera describe la costa de la Cordillera y la cuarta considera los aspectos sedimentológicos del litoral de la Cordillera.

### Métodos de Trabajo

Los mapas base utilizados para el estudio fueron los de Cartografía Nacional escalas 1:100.000 y 1:25.000; los mapas geológicos regionales 1:100.000 publicados por diversos autores en boletines de Geología del M.M.H., el mapa Geológico de Venezuela, 1:500.000 en preparación por la Dirección de Geología (A. Bellizzia, Coordinador) y diversas misiones de fotografía aérea. En la Figura 1 están indicados los diferentes mapas mencionados. La costa fue visitada por carretera o con lancha donde no hay acceso por carretera. Se estudiaron los aspectos geomorfológicos y se recogieron muestras de sedimentos, para lo cual se seleccionaron entre Cabo Codera y Puerto Cabello 38 ríos o quebradas que proveen el drenaje de la Cordillera de la Costa hacia el mar Caribe. Se tomaron muestras de sedimentos de las playas principales (aproximadamente 30) y unas 72 muestras por dragado de arrastre, costa afuera, hasta 1 km. costa afuera.

### Sistema de Muestreo

En las playas y quebradas se tomaron muestras "puntuales" de sedimentos para análisis granulométricos y de minerales pesados; se tomaron unos 250 gramos para arenas y en casos de grava gruesa se tomó cerca de un kilo. Las muestras de fondo se obtuvieron por dragado de arrastre, lo cual se efectuó desde una lancha con motor fuera de borda, a baja velocidad. El recolector baja al fondo ayudado por dos plomos de 5 kilos, que sirven para mantener cierta tensión, el recolector se arrastra luego sobre el fondo y recoge material a lo largo de la trayectoria de arrastre, (Fig. 2). La ubicación de las muestras de fondo se obtuvo por triangulación obteniendo el azimut de 3 líneas medidas con brújula Brunton; la localización en los planos de trabajo (1:25.000) es de unos 250 metros de precisión para las localidades más alejadas de la costa, considerando aceptable dentro de los límites del trabajo (una muestra cada 2 km) y que el material recuperado es acumulativo en la distancia arrastrada sobre el fondo.

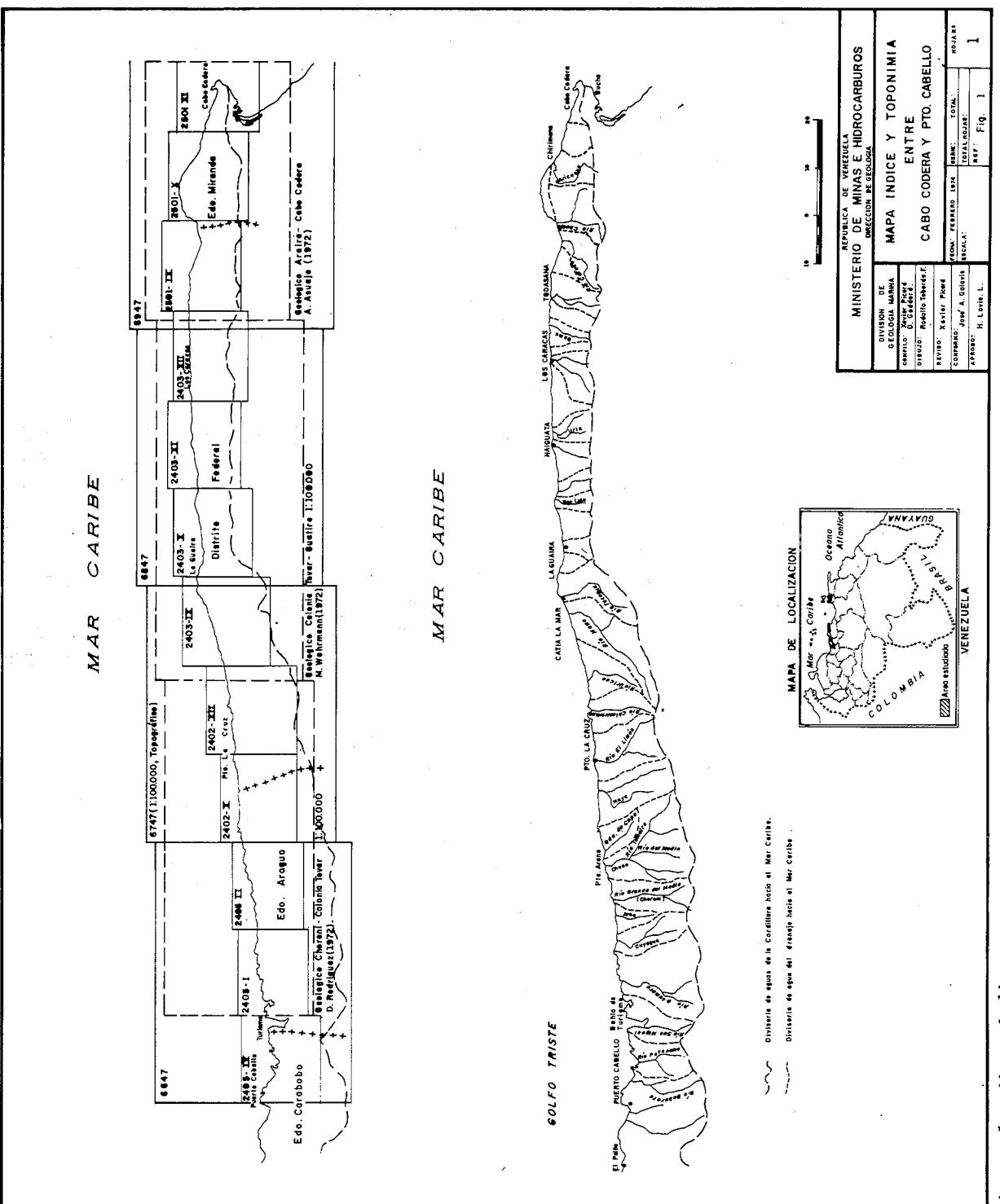


Figura 1. Mapa Índice.

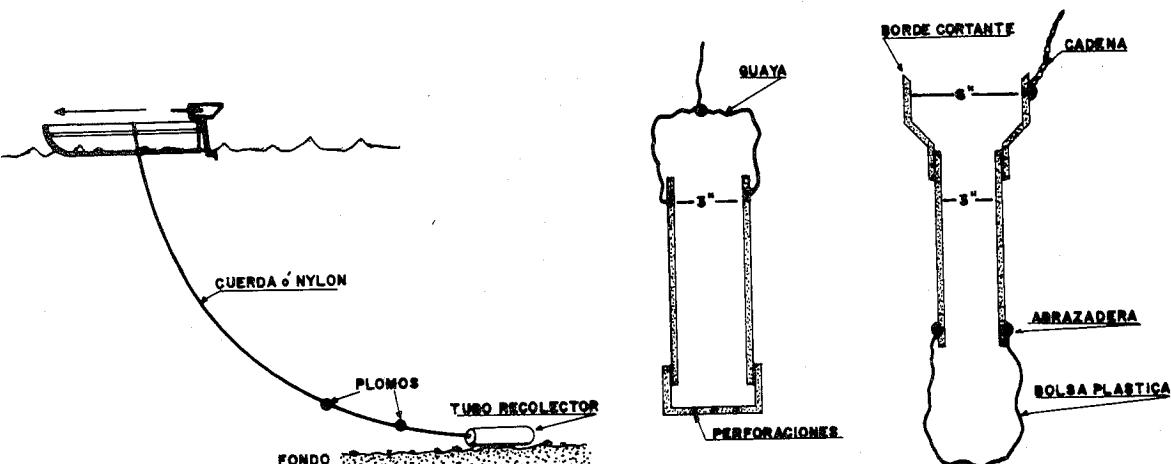
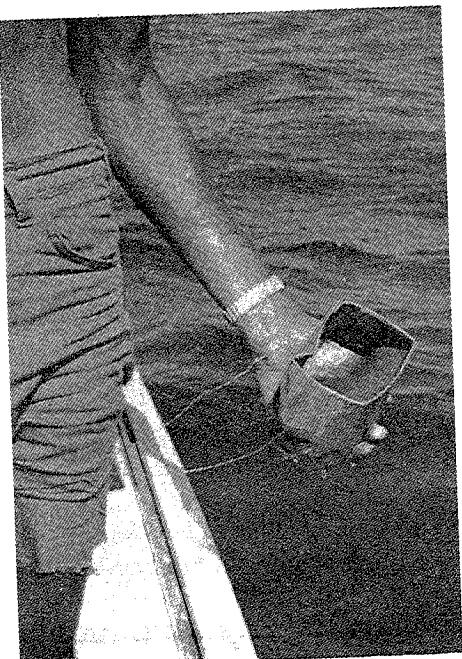
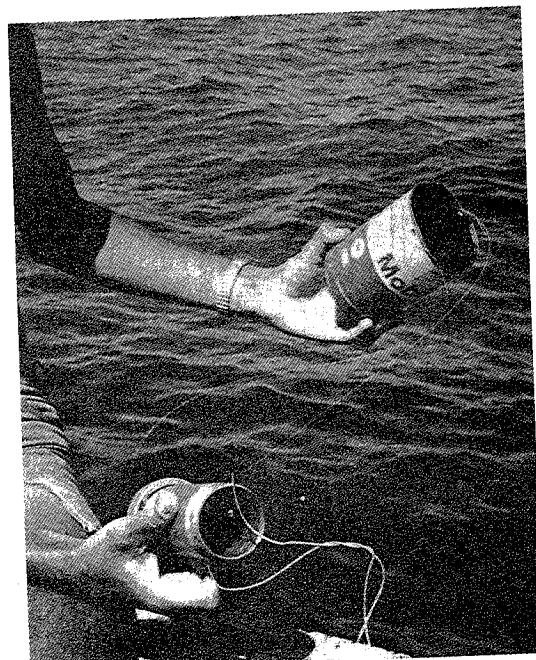


Figura 2. Método de dragado por arrastre utilizado durante el trabajo. La perforación del fondo tiene por finalidad establecer un filtro de arena, con este recolector se pierden los finos. Con el recolector de la derecha, se requiere más tiempo y se corre el riesgo de romper la bolsa, pero se recuperan los finos.

El sistema de recolector fue evolucionando desde una lata de conserva con el fondo perforado (Fig. 3a) hasta un tubo de acero de 3 pulgadas con tapa perforada (Fig. 3b) y finalmente un recolector más pesado de tubo de acero, con cortador y un sistema intercambiable de bolsas plásticas. El tiempo



a) Recolector de lata.



b) Recolector de tubo y otro de la ta.

Figura 3. Sistema de recolección de sedimentos de fondo.

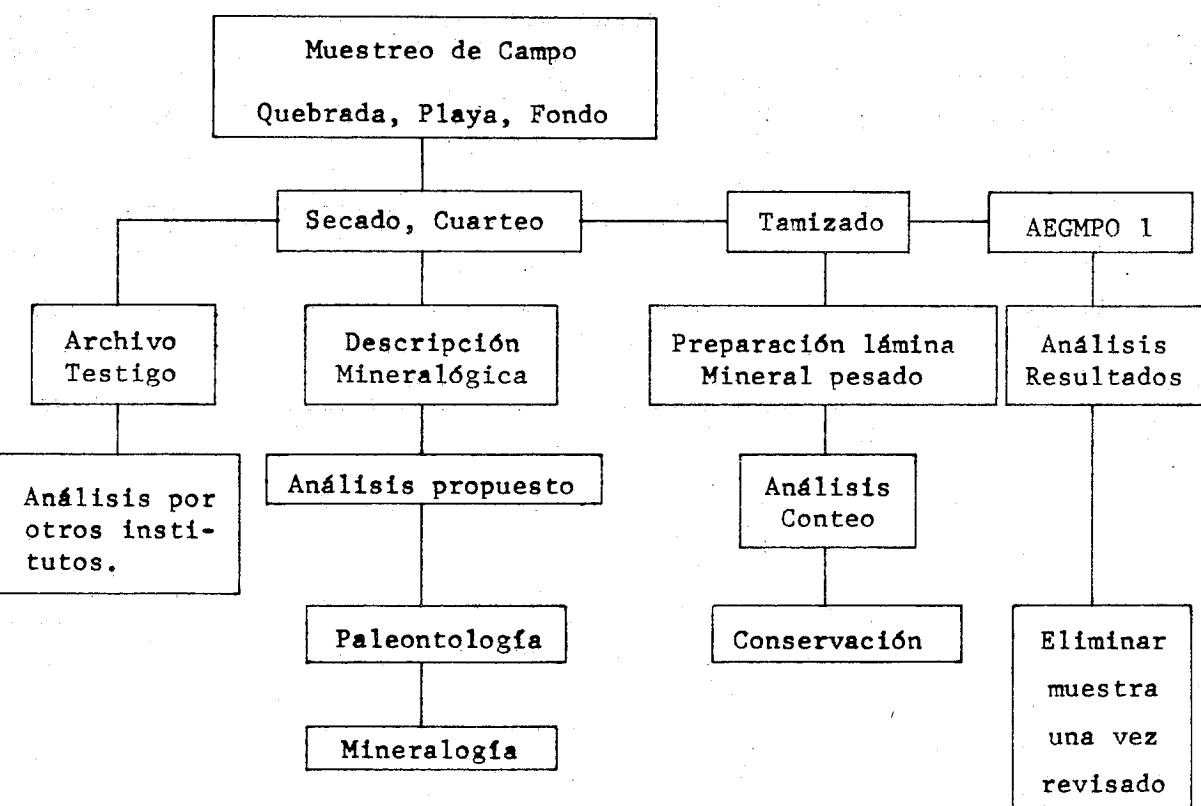
de arrastre para la lata perforada era de unos 10 minutos, recobrándose el recolector totalmente lleno. Para el recolector con bolsa de plástico se requiere un tiempo mayor. La profundidad máxima para recuperar una muestra óptima de sedimento con estos recolectores es de 50 metros. La obtención de muestras mejoró notablemente al utilizar el tubo de acero, lográndose una recuperación total de sedimentos.

#### Trabajo de Laboratorio

Se efectuaron más de 100 tamizados de arenas de playa y muestras de fondo y se calcularon los parámetros granulométricos por el método de los momentos. La fracción comprendida entre (125 y 88) se lavó durante 10 minutos con HCl al 10% caliente y 10 minutos con  $\text{HNO}_3$  al 5% para eliminar carbonatos y patinas de oxidación, con este método se disuelve entre otros el apatito. Se separaron los minerales pesados con bromoformio.

Se estudiaron en forma sistemática todos los minerales presentes en las muestras.

#### DIAGRAMA DE FLUJO



### Reconocimiento

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Dirección de Geología y a la División de Geología Marina su apoyo técnico y profesional durante la realización de este trabajo. En especial al Dr. José Antonio Galavís por su constante apoyo y eficaz orientación, y por la lectura crítica del manuscrito. A los colegas Peter Moticska, Magally de Graterol, Juana de Arozena por su ayuda y asesoramiento en el Laboratorio petrográfico. A Roger Bonet, Michel Ibarreche y Agustín Navarro del Centro de Computación del M.M.H. por su constante labor en la implementación de los programas utilizados en este trabajo. Al Lic. Pablo Almeida de Intecmar por su identificación de moluscos recientes y su asesoramiento en el campo biológico. A la Técnico Beatriz Marchán, de la División de Geología Marina por su eficaz labor con los estudios granulométricos y técnicos de preparación de láminas de minerales pesados, así como a Nestor Mata Blanco, quien se incorporó en fases finales del trabajo. Gilfredo González colaboró en repetidas oportunidades con los autores de este informe.

### MARCO FISIOGRAFICO

La Cordillera de la Costa es una serranía de rumbo aproximado Este-Oeste. La divisoria de aguas de la cuenca de drenaje hacia el mar Caribe es paralela a la línea de costa, con un promedio de 1.800 metros de elevación; tiene un ancho de 20 kilómetros en el segmento oriental, donde el pico más elevado es el de Naiguatá con 2.765 m. El segmento occidental tiene un ancho de 30 km., su pico más elevado es el Agustín Codazzi de 2.425 m. y el empate de los dos segmentos ocurre en el Abra de Catia cerca de Caracas. El drenaje es consecuente, perpendicular a la costa, a excepción del río Mamo, de rumbo N50E, y unos 60 km. de largo (Fig. 4A).

El clima está condicionado por la latitud, los vientos alisios del noreste y el frente intertropical; la cordillera de la costa sirve de límite aproximado de la influencia de estas dos masas de aire (Zambrano, 1970). Durante el solsticio de verano (junio, julio, agosto), los alisios se cargan de humedad del océano y esta humedad se precipita en las cadenas montañosas en lo que se conoce como lluvias orográficas; simultáneamente el frente intertropical hacia el norte, precipita su humedad sobre el continente. En este período llueve en la región continental.

En el equinoccio de otoño (septiembre, octubre, noviembre), los alisios continúan cargando agua del océano aun templado y llueve en la región marítima. Durante el invierno (diciembre, enero y febrero), los alisios soplan más fuerte pero llegan con poca agua y llueve solo ocasionalmente. En el equinoccio de primavera (marzo, abril y mayo), el aire sigue frío y llega a la costa seco y no llueve en la región marítima, mientras que en el frente intertropical se inician las lluvias en el continente.

La precipitación media anual en la cordillera se indica (Fig. 4B); las isoyetas siguen aproximadamente la topografía de la cordillera. Hay sin embargo, un área anómala en la región de Chuspa con más de 1.300 mm anuales, esto se refleja también en la vegetación (Fig. 4C).

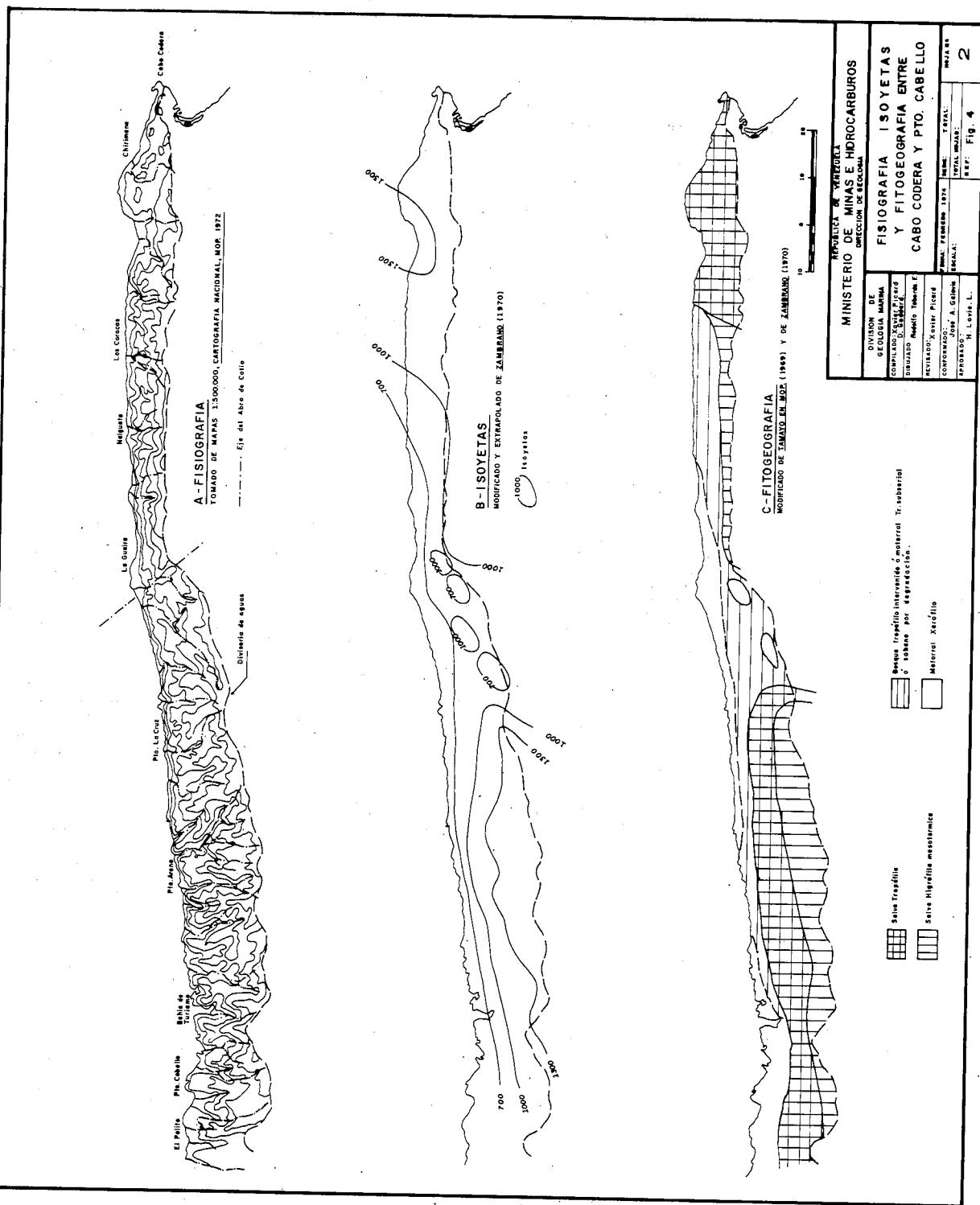


Figura 4. Fisiografía, isoyetas y fitogeografía entre Cabo Codera y Puerto Cabello.

En la parte central, entre Naiguatá y Puerto Maya cerca del nivel del mar hay una zona de baja precipitación con clima semi-árido tropical. Esto se debe al efecto de convección del aire al soplar los alisios relativamente más fríos sobre el Caribe más cálido; este aire, cargado de humedad ascendente y la humedad se condensa en las cumbres de la cordillera mientras una parte continúa hacia el continente por el Abra de Catia. El mismo fenómeno ocurre en el área de Puerto Cabello.

La vegetación que resulta de esta condición climática según un mapa fitogeográfico modificado de Venezuela (Fig. 4C) del profesor Tamayo (1969). Las selvas tropófila e higrófila están situadas a ambos lados del Abra de Catia y coinciden con las zonas de mayor precipitación anual. El suelo que se desarrolla en estas condiciones es de perfil profundo, con meteorización química, limitado por la fuerte pendiente topográfica. Los ríos de estas dos regiones son de aguas limpias y con flujo casi continuo todo el año. En la zona de baja precipitación (menos de 1.000 mm) inmediata al Abra de Catia hay bosques tropófilos intervenidos, matorrales tropófilos subseriales y sabanas por degradación de la pri-serie. Esta zona está fuertemente influenciada por la actividad humana (centro urbano de Caracas-La Guaira). Los ríos son de drenaje intermitente y muchos están represados. La temperatura media varía entre 27° cerca del nivel del mar hasta menos de 20° en las cumbres de la cordillera.

La acción continua de los alisios produce un espectro de olas que inciden oblicuamente sobre la costa, resultando en una corriente litoral hacia el oeste ininterrumpidamente durante el año. En la Guaira (estación meteorológica de Maiquetía) los vientos observados son los alisios del ENE y NE (Freile, 1968) con las variaciones normales de los suaves vientos termales nocturnos que son del SO, S y SE. La velocidad del viento se mantiene constante, debido a la ausencia de obstáculos que lo frenen. La velocidad media anual del viento es de 8.4 km/hr., máxima de 13.9 km/hr. en mayo y mínima de 5.6 y 5.5 en septiembre y octubre. No son frecuentes los vientos de gran intensidad. Hay vientos ocasionales frente a Maiquetía de dirección OE. La corriente de deriva litoral se observa muy bien en las fotografías aéreas. Ocasionalmente soplan vientos conocidos con el nombre de calderetas. Provienen de masas de aire caliente del llano que ascienden por la cordillera y van enfriándose, al llegar a la fila maestra bajan violentamente hacia el mar. Se han observado en La Guaira y son conocidos en Puerto Cabello.

La Geomorfología submarina frente a la Cordillera de la Costa ha sido descrita por Malone (1967). El segmento oriental tiene plataforma submarina amplia de menos de 400 metros de profundidad denominada Meseta de La Guaira y el segmento occidental tiene una depresión de más de 1.350 metros denominada Cuenca de Turiamo, asociada a la Fosa de Bonaire. La zona de transición entre la plataforma y la depresión coincide con el cañón del Río Mamo (Seliger de Civieux, 1969), el cual parece estar relacionado con la zona de Falla de Tacagua (Abra de Catia).

#### MARCO GEOLOGICO DE LA CORDILLERA DE LA COSTA

La Costa entre Cabo Codera y Puerto Cabello está desarrollada a lo largo de la Cordillera del Caribe (Cordillera de la Costa), formada por una elevada serranía de rocas Mesozoicas metamorfizadas y algunos sedimentos del Terciario

superior cerca de la línea de costa. Para el trabajo realizado a lo largo de la costa de la Cordillera, se consideran relevantes dos aspectos de su geología. El primero relacionado con la geomorfología de la costa, es decir, la actitud de las unidades estratigráficas ante la acción erosiva del oleaje para formar los acantilados y zonas de playas. El segundo considerando la Cordillera de la Costa como fuente de sedimentos para los detritos acumulados en la zona litoral y en la provincia sedimentaria adyacente.

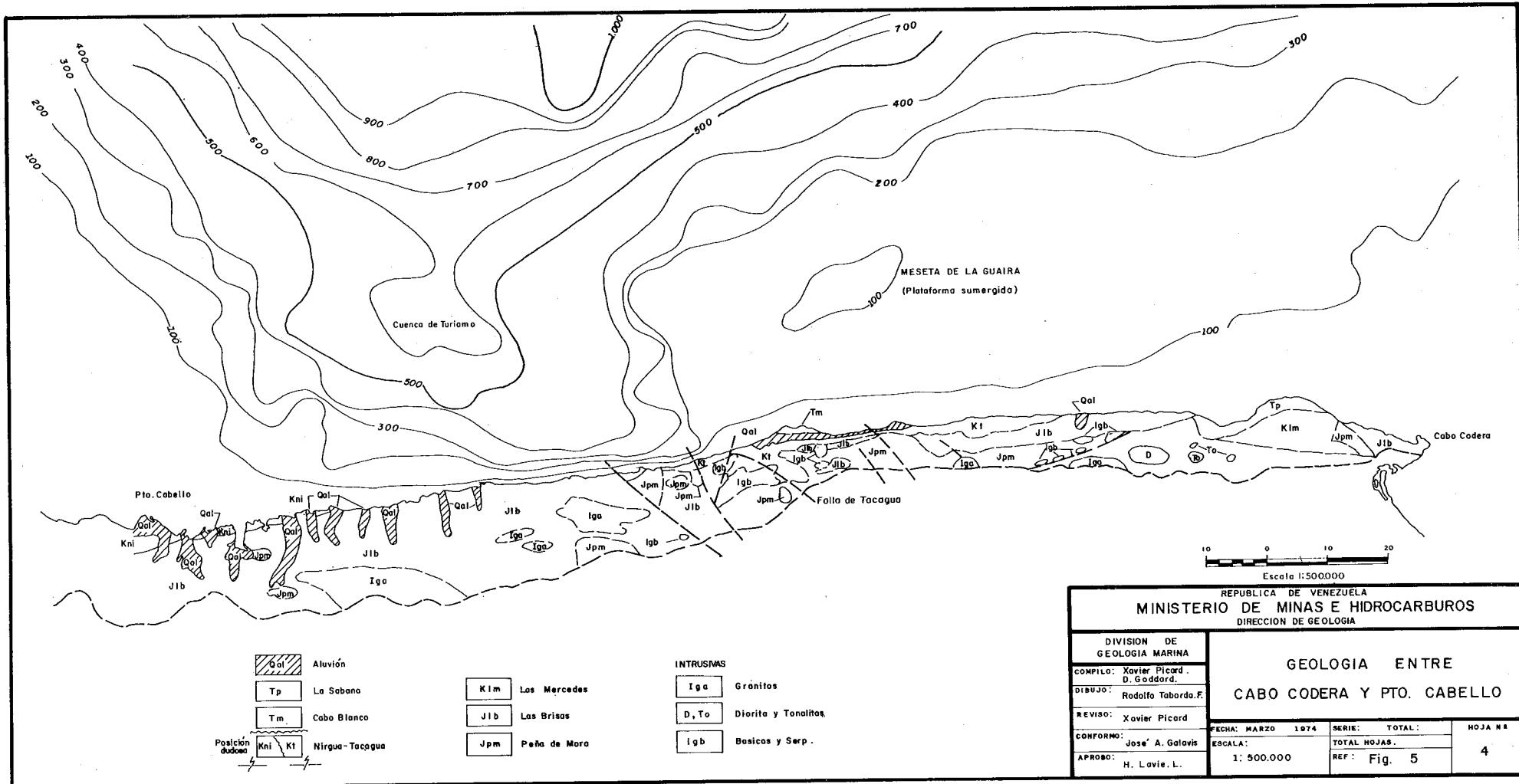
#### Rocas Metamórficas

Esta zona montañosa representa un complejo de rocas sedimentarias con metamorfismo regional y algunas rocas intrusivas. Menéndez (1966) divide a la Cordillera de la Costa en fajas tectónicas que de norte a sur son: a) Faja de la Cordillera de la Costa, b) Faja de Caucagua-El Tinaco, c) Faja de Paracotos y d) Faja de Villa de Cura. En la Faja de la Cordillera de la Costa (Serranía del Litoral) aflora el Grupo Caracas con grandes pliegues abiertos, de rumbo N75E y fallas de estratificación; la parte central tiene cuerpos de rocas graníticas e incluye además cuerpos alargados de serpentinita, paralelos a la estratificación. Su límite sur es la falla de la Victoria. La hoya que drena hacia el Mar Caribe cubre parte de la Faja de la Cordillera de la Costa. La información que se cita a continuación (Fig. 5) proviene de los mapas 1:200.000 y 1:500.000 de A. Bellizzia (1971) y de los trabajos regionales de Morgan (1969), Rodríguez G. (1972), Wehrman (1972) y Asuaje (1972).

La zona de drenaje cubre afloramiento de las formaciones Peña de Mora, Las Brisas, Antímano, Las Mercedes, Tacagua y de la Formación Nirgua en la región de Puerto Cabello. Hay granitos y zonas granitizadas, intrusiones de rocas intermedias en la Sabana, D. F. (Urbani y Quezada, 1972), algunos cuerpos ultrabásicos, serpentinitas en zonas de falla y se mencionan eclogitas asociadas a los cuerpos ultrabásicos en Puerto Cabello (Morgan, 1969), y en la región de Carayaca y Galipán, asociadas con las anfibolitas en el nivel estratigráfico de la Formación Antímano. El conjunto tiene metamorfismo regional de las facies de los esquistos verdes (albita-epídota), con variaciones locales hasta la facies de la anfibolita epidótica (Menéndez, 1966), con aisladas eclogitas, eclogitas anfibólicas paragoníticas, glaucofánicas y esquistos glaucofánicos, Bellizzia (1972).

Las unidades de rocas metamórficas que forman acantilados son de oeste a este las formaciones Nirgua, Las Brisas y Tacagua. En el tramo de Cabo Codera hay acantilados sobre rocas del Grupo Caracas (formaciones Peña de Mora, Las Brisas y Las Mercedes).

La Formación Nirgua es una intercalación de esquistos, mármoles, anfibolitas y algunas eclogitas; los espesores son variables entre 0,5 y 10 metros, la unidad fue descrita por Bellizzia y Rodríguez (1968). La Formación Nirgua suprayace transicionalmente a la Formación Las Brisas del Grupo Caracas, y se correlaciona con la Formación Antímano, Morgan (1969), indica que en la región de Puerto Cabello las formaciones Las Brisas y Nirgua (que describe como formaciones Las Mercedes y Tacagua) están plegadas en una estructura sinclinal-anticlinal. Los planos más notables son el de estratificación primaria generalmente paralela a la foliación, en escala de centímetros; a menor escala, hay clivajes de tensión y bandas rizadas (kink banding). Las diaclasas



REPUBLICA DE VENEZUELA MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS DIRECCION DE GEOLOGIA			
<b>GEOLOGIA ENTRE CABO CODERA Y PTO. CABELLO</b>			
COMPILO: Xavier Picard . D. Goddard. DIBUJO: Rodolfo Taborda.F. REVISO: Xavier Picard CONFORMO: Jose' A. Galavis APROBÓ: H. Lavie, L.			DIVISION DE GEOLOGIA MARINA
FECHA: MARZO 1974 SERIE: TOTAL: ESCALA: TOTAL HOJAS: 1: 500.000 REF: Fig. 5			HOJA N° 4

más comunes del área están inclinadas 60-70°, paralelas al rumbo de la foliación y diaclasas verticales de rumbo N50 a N10E. Hay fallas longitudinales de rumbo N70E, subparalelas a la costa y fallas oblicuas de rumbo N 20 O y N 40 O. En los acantilados, la foliación es de rumbo N80E, subparalela a la costa con buzamientos de 60° a 70° hacia el norte. En esta parte los pliegues menores llegan a ser muy complejos, con planos axiales paralelos a la foliación y adelgazamiento de las unidades de los flancos de los pliegues, notablemente de los mármoles y unidades grafíticas, y con frecuencia las anfibolitas y eclogitas intercaladas se fracturan en grandes bloques (boudines) embebidos en la secuencia incompetente. La intensidad del plegamiento disminuye hacia el contacto inferior con la Formación Las Brisas.

A lo largo del rumbo, el contacto Nirgua-Las Brisas corta la linea de costa (Fig. 6) y los acantilados se desarrollan sobre la Formación Las Brisas, la cual constituye el frente más largo de acantilados en la costa de la Cordillera. La unidad descrita por Aguerrevere y Zuloaga (1973), es una intercalación progresivamente más pelítica hacia el tope, de gneises, esquistos y filitas, de cuarzo, feldespato y micas, con espesores variables de 20 a 100 cm.,



Figura 6. Contacto entre las formaciones Las Brisas y Nirgua en el tramo de Cata. Las Brisas a la izquierda. La intercalación de capas competentes en la Formación Las Brisas producen acantilados más resistentes que los de la Formación Tacagua.

a veces con gruesas secuencias arenosas. El rumbo de la unidad es subparalelo a la costa, con buzamiento hacia el mar de 50° - 70°; esta posición estructural es continua a lo largo de los tramos de Cata y Puerto La Cruz. La complejidad estructural es mayor en el tramo de Los Caracas. Las diaclasas verticales tienen rumbo entre N 10 O y N 20 E, y hay diaclasas perpendiculares a la

foliación. Las fallas que se encuentran siguen el patrón de falla oblicua a la Cordillera (N20°). El sistema de fallas longitudinales paralelos a la costa, es el que determina la costa "rectilínea" de la Cordillera.

La Formación Tacagua forma los acantilados de la zona central, tramos de Carayaca y Los Caracas. La unidad aflora en la quebrada de Tacagua; fue descrita por Dengo (1951) como compuesta de esquistos verde claro de sericita, albita y epidoto. Wehrman (1972) indica que la unidad suprayace transicional a la Formación Las Mercedes y localmente puede reemplazarla. Redefinie la unidad como una secuencia de esquistos cuarzo-muscovíticos-grafitosos-calcáreos intercalados con lentes macizos de esquisto cuarzo-feldespático-epidótico de color verde. La unidad está muy replegada, con adelgazamientos apicales y boudinage de los esquistos verdes. La foliación es delgada del orden de 5 cm. con vetas de calcita y cuarzo paralelas y transversales. Los bou dines de roca verde están literalmente molidos por diaclasas separadas menos de 5 cm. y parecen ubicarse en núcleos de pliegues donde constituyen zonas de mayor resistencia a la erosión marina. La foliación es de rumbo general N70E, con buzamientos variables tanto hacia el mar como hacia el continente, no son raras las inclinaciones de más de 50°. Las diaclasas varían según el lugar pero las verticales de rumbo N100-N20E, son comunes. Hay numerosas fallas y fracturas oblicuas a la cordillera, de rumbo N30-400.

En el tramo de Cabo Codera los acantilados están desarrollados sobre el Grupo Caracas, (Formación Peña de Mora, Las Brisas y Las Mercedes). La Formación Peña de Mora fue descrita por Aguerrevere y Zuloaga (1937) y definida por Wehrman (1972) como un complejo igeometamórfico de litología variable de gneises, cuarcitas, mármoles y rocas ígneas, equivalente lateral probable de la Formación Las Brisas alterada en la profundidad del núcleo de la cadena de la Cordillera. En el tramo de Cabo Codera el 90% de los acantilados están desarrollados sobre la Formación Las Brisas, con rumbos oblicuos a la costa y buzamientos variables. La Formación Las Mercedes forma los acantilados de rocas metamórficas en el pueblo de Chirimena (5% del área); esta formación fue descrita por Aguerrevere y Zuloaga (1973) y consta de esquistos calcáreos grafíticos, con calizas y esquistos cuarzo-micáceos-grafíticos.

#### Rocas Sedimentarias

En el segmento oriental de la costa de la Cordillera afloran dos zonas de sedimentos del Terciario Superior. En el tramo de Chuspa afloran las capas de la Sabana (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1970), y las del Grupo Cabo Blanco (Weisbord, 1957) en el tramo del mismo nombre. La actitud ante la acción erosiva de las olas de estas secuencias sedimentarias es de formar acantilados poco elevados, fácilmente degradables y con retroceso rápido, a veces al alcance de olas en períodos tormentosos.

Capas de La Sabana - Los sedimentos de La Sabana están compuestos de arenas mal escogidas y conglomerados de guijarros, con intervalos ocasionales de lutitas calcáreas más o menos arenosas; los conglomerados son más abundantes hacia la base (Bermudez, 1966). Las capas son espesas y localmente alcanzan espesores de hasta 3,5 metros con buzamientos de hasta 30°. Se extienden en una franja angosta entre La Sabana y Chirimena, en discordia sobre el Grupo Caracas. Bölli y Krause (1964) determinan una edad Mioceno en base a foraminíferos planctónicos, bentónicos y radiolarios hallados en unas capas cercanas del pueblo de La Sabana. La edad se considera Mioceno Superior-Plioceno

(Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1970). El aspecto general de las capas es de gravas fluviatiles con lodolitas guijarrosoas y frecuentes capas laminadas con niveles de ferrolita que pueden representar una sedimentación Plio-Pleistocena de conos aluvionales en el pie-demonte marino de la cordillera, tal como son los sedimentos aluvionales en Macuto, Naiguatá, etc.

Grupo Cabo Blanco - Los sedimentos terciarios y cuaternarios de la zona de Cabo Blanco han sido descritos por Dengo (1951), Rivero (1956), Weisbord (1957), segunda edición del Léxico Estratigráfico de Venezuela (1970) y Gibson Smith (1971). La secuencia aflora al norte del aeropuerto, levantada por una falla este-oeste y forma los acantilados del tramo de Cabo Blanco. El grupo consta de abajo hacia arriba de las siguientes formaciones: Las Pailas, Playa Grande, Mare y Abisinia (hoy totalmente desaparecida).

Formación Las Pailas - La parte inferior está compuesta de lodolita, limolita y arenisca fina intercalada con areniscas gruesas y conglomerados; la parte superior consiste principalmente de conglomerados y areniscas gruesas con intervalos ocasionales de sedimentos finos; la sección alcanza 375 metros pero el espesor máximo es indudablemente mayor. La edad se estima como Plioceno (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1970) y la unidad infrayace discordantemente ( $\pm 40^\circ$ ) a la Formación Playa Grande.

Formación Playa Grande - Comienza en la base con un conglomerado marrón; la formación está dividida en Miembro Catia y Miembro Maiquetía a falta de una correlación estratigráfica entre parte norte y sur de la zona de Cabo Blanco. El Miembro Catia consiste de lodolitas, limolitas, areniscas y conglomerados intercalados con coquinas, con macro-fósiles y microfósiles. Muchas capas son calcáreas. El espesor no se conoce pero un estimado mínimo es de 285 metros. El Miembro Maiquetía se refiere a un conjunto de lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados al norte y oeste del aeropuerto y que infrayace discordantemente a la Formación Mare. El Miembro Maiquetía contiene abundantes moluscos y en varias partes afloran arrecifes de Lithothamnium. En algunos sitios se han medido hasta 30 metros de sedimentos de este miembro. La Formación Playa Grande se incluye totalmente en el Pleistoceno (Léxico Estratigráfico, 1970).

Formación Mare - Son depósitos marinos de aguas someras de edad Pleistoceno. Tienen un espesor de 15 a 20 metros. La parte inferior consiste de gravas y arenas fosilíferas y la parte superior contiene limos poco compactos, homogéneos de color canela, altamente fosilíferos. Weisbord (Léxico Estratigráfico, 1970) describió 142 especies de gasterópodos, y 82 pelecípodos de esta formación (el más abundante es Macrocallista maculata).

Formación Abisinia - Consiste de arcillas calcáreas, areniscas de grano fino, areniscas guijarrosoas o gravas finas y arenas micáceas rojas localmente fosilíferas. Los sedimentos son discordantes sobre Playa Grande o Mare y su edad es Pleistoceno. Los afloramientos de la unidad han desaparecido por las obras de la Urbanización Playa Grande y más recientemente por las obras del aeropuerto de Maiquetía.

Para la determinación de la edad del Grupo Cabo Blanco existen problemas de correlación entre las hechas con macrofósiles aplicando el principio Lyleiano y las determinaciones hechas en base a zonaciones de foraminíferos

planctónicos (Gibson Smith, 1971). Su determinación correcta será muy importante para conocer la historia geológica de la Cordillera desde el Terciario Superior al Reciente. El Grupo Cabo Blanco parece representar una sedimentación de conos aluvionales piemontinos (Formación Las Pailas), luego de lo cual, al ganar territorio sobre el mar conjuntamente con probables variaciones del nivel marino, se acumularon sedimentos fluviales de edad Playa Grande asociados con lagunas litorales con arrecifes Lithothamnium, bancos de Pecten posiblemente retrabajados, lodoletas probablemente asociadas a manglares y depósitos playeros y litorales con abundantes fósiles en la Formación Mare, su equivalente lateral. La Formación Abisinia representa eventos similares de edad posterior. La secuencia ha sufrido tectonismo debido a las fallas al pie de la cordillera. Una serie de eventos semejantes puede caracterizar la sedimentación cuaternaria de Punta Caraballeda en el tramo de Macuto.

#### Fuente de los Sedimentos

Las condiciones fisiográficas climáticas y geológicas del área de drenaje (8.500 km<sup>2</sup>) hacia el mar Caribe que cubre la Cordillera de la Costa entre Cabo Codera y Puerto Cabello, influyen de tal forma que los volúmenes de sedimentos que llegan al mar son bajos, con poco material fino, el cual es lavado y transportado rápidamente por las corrientes litorales.

El conjunto de minerales que se encuentra es de cuarzo, plagioclasa sódica, feldespato potásico, muscovita, cloritas y epidoto provenientes de la secuencia metasedimentaria del Grupo Caracas, de los cuerpos intrusivos en el núcleo de la faja tectónica de la Cordillera de la Costa y de los minerales del metamorfismo (esquisto verde a anfibolita epidótica). El cuarzo tiene extinción ondulatoria característica del cuarzo de rocas metamórficas, algunos granos tienen extinción normal. Entre los minerales accesorios son comunes los anfíboles (actinolita y hornablenda) y granate almandino, derivados de las anfibolitas y eclogitas. Hay además accesorios como zircón, turmalina y rutilo. La zoisita es común, generada en asociación con el epidoto en algunas masas graníticas (Wehrman, 1972). Los minerales de arcilla identificados son caolín e illita.

El tamaño de grano es función de numerosos factores, entre los cuales se cuenta el gradiente topográfico y el clima. Los bloques ciclópeos (Fig. 7) suelen llegar al mar en las ocasionales tormentas (ciclos de 20 a 25 años, apreciación personal) que caen sobre la vertiente marina de la cordillera con duración de más de 24 horas.

#### FORMACION DE UNA COSTA DE ACANTILADOS

Una costa de acantilados se debe esencialmente a erosión marina sobre elevaciones continentales. Para este desarrollo, se necesita la concurrencia de varios factores, los geológicos a gran escala, los de pequeña escala, la litología, las condiciones marinas y climatológicas y la existencia de material abrasivo.

#### Factores Geológicos Primarios

Los factores geológicos primarios son el patrón tectónico del área,



Figura 7. Bloque ciclópeo en los sedimentos piemontinos de Camurí Chico, en el tramo de Macuto.

fallamiento y plegamiento. Escarpados de falla paralelos a la costa producen costas de acantilados esencialmente rectilíneas (Cordillera de la Costa). El fallamiento oblicuo o perpendicular a la costa produce costas de acantilados indentados y son a veces responsables de puntas y entrantes que se observan a lo largo de la costa de la Cordillera. Los grandes pliegues producen gradientes de endurecimiento y variaciones en la posición relativa de los estratos, presentando diferentes facetas a la erosión marina. La mayor parte de las estructuras de la cordillera tienen lineamientos este-oeste, tanto fallamiento como pliegues amplios y la secuencia de acantilados es esencialmente paralela a este lineamiento.

En escala local el patrón tectónico proporciona ciertas características, como son la actitud o buzamiento, micropliegues (sobre todo en rocas metamórficas), diaclasas y fallamiento oblicuo. Los estratos verticales o con fuerte buzamiento hacia el mar son fácil presa de la erosión marina. Los estratos horizontales o suavemente inclinados tierra adentro presentan mayor resistencia a la erosión marina, (Fig. 8, 9). Las diaclasas y fracturas menores son un factor preponderante en la erosión marina, a través de estas fracturas, las olas actúan rápidamente erosionando y socavando el material rocoso, es probable que la erosión marina comience por las zonas de diaclasas, (Fig. 10, 11) especialmente cuando la ola puede armarse de material abrasivo. Tanto el factor abrasivo como la importancia del tectonismo están indicados por Wilson en Steer (1971).

La densidad de diaclasas varía de un lugar a otro y este es uno de los factores tectónicos que contribuyen a romper la homogeneidad del frente del acantilado dejando puntas, y abriendo entrantes. Los escollos aislados son erosionados progresivamente más tarde.

El plegamiento y su intensidad proporciona a la acción erosiva de las olas los aspectos ilustrados en la Figura 11; el efecto más importante es el

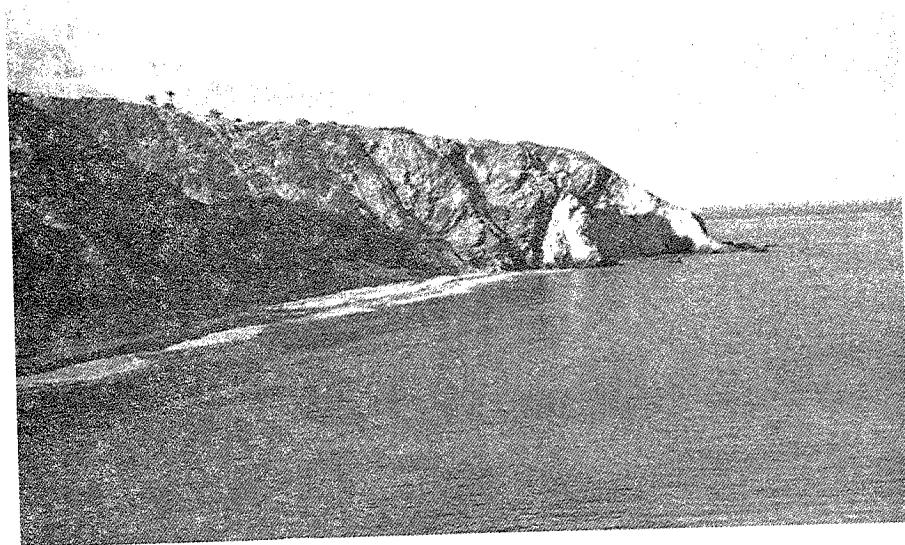


Figura 8. Contacto entre roca verde y esquistos dentro de la Formación Tacagua, Playa Weekend. El contacto tiene rumbo N60W, 70S, el alineamiento de las puntas es N20E. Ejemplo de la influencia de la posición estructural de las capas frente a las olas para formar acantilados.

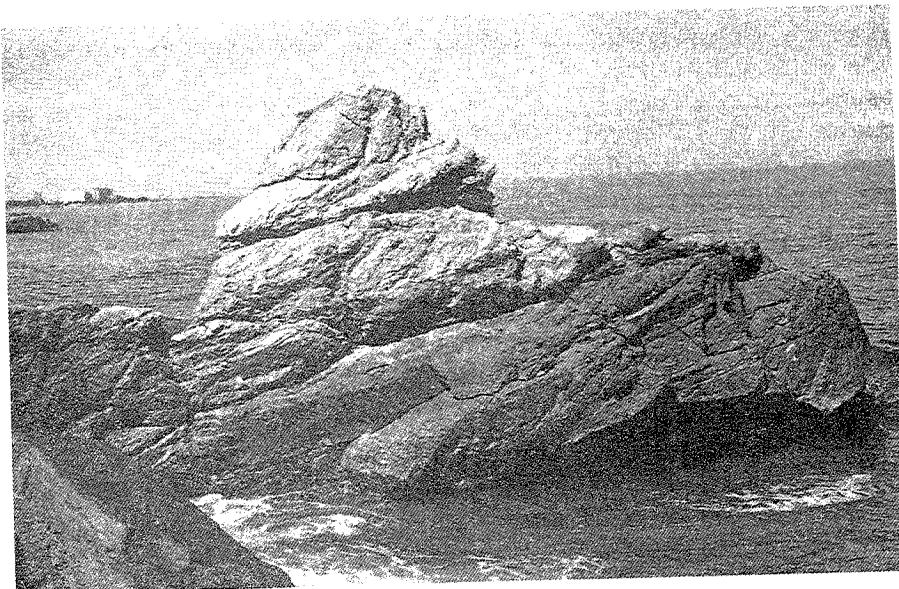


Figura 9. Formación Tacagua, la Foliación es N70E, 30S. En este caso, los estratos poco inclinados presentan frentes más resistentes a la erosión permitiendo mayor acción sobre las zonas de diaclasa y fracturas.

de variar la posición de los estratos a lo largo del frente erosivo, presentando estratos de diversa resistencia. Esto condiciona al igual que las diaclasas, la existencia de zonas más resistentes que otras y por lo tanto áreas más fácilmente erosionables dejando puntas, escollos y entrantes, como es el

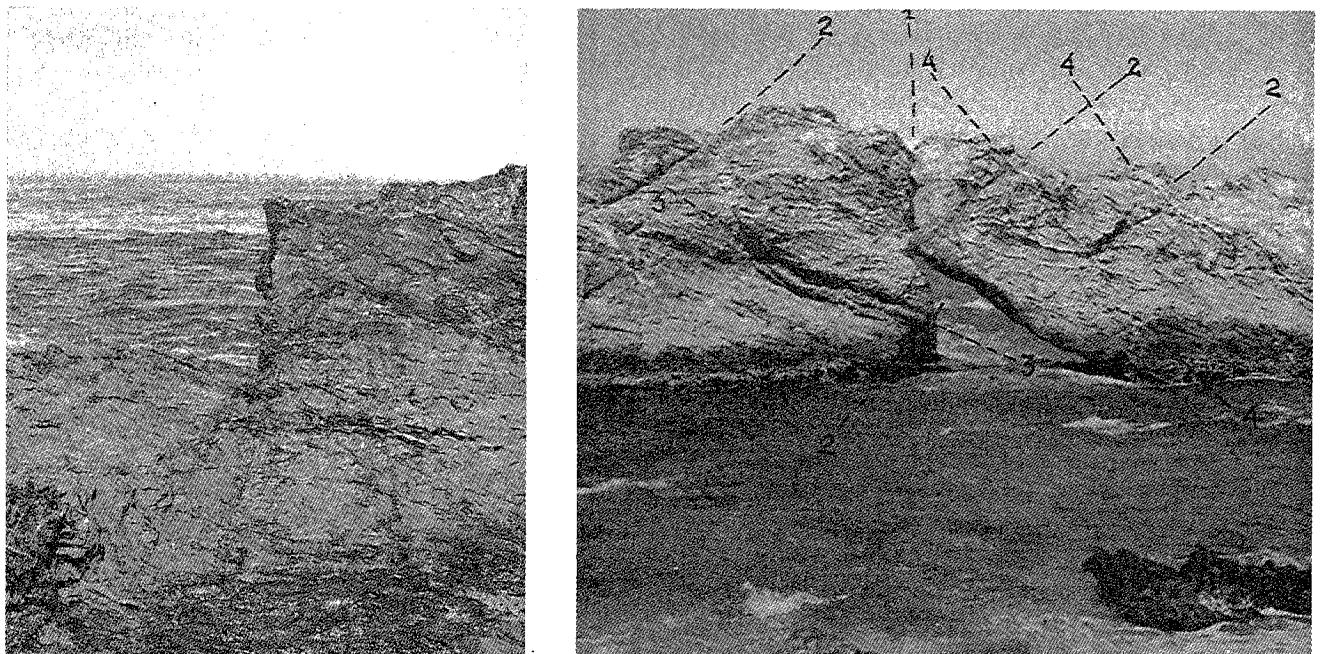


Figura 10. Formación Tacagua. Efecto de las diaclasas sobre la erosión marina. Izq., diaclasa N20W vertical a lo largo de la cual ha actuado más rápidamente la erosión. Derecha, puente natural desarrollado por socavamiento a lo largo de diaclasas (2) N10E, 50W (3) N20W, 2SE (4) N40W, 35N con vetas y una fractura (1) NS, vertical.

caso del tramo de Los Caracas, donde se combina diaclasado y plegamiento como factor tectónico para la formación del acantilado.

#### Factores Geológicos Secundarios

La litología puede proporcionar asociada con el tectonismo, infinitas combinaciones de acción erosiva imaginables. Una roca de litología uniforme producirá acantilados regulares, no indentados y la dureza de la roca influirá sobre la velocidad de erosión; un acantilado sobre granito resistirá más que uno sobre caliza o sedimentos cuaternarios no consolidados.

En la Cordillera de la Costa no hay buenos ejemplos de acantilados desarrollados sobre rocas homogéneas debido al complejo tectonismo del área. En las islas de Los Testigos, al este de la isla de Margarita hay rocas ígneas intrusivas cortadas por diques de rocas volcánicas más blandas; los dos ejemplos de acantilados desarrollados sobre rocas homogéneas (Fig. 12) dan idea del contraste en rapidez relativa de erosión entre la volcánica y la intrusiva. Sobre las calizas además del efecto abrasivo de la ola armada, actúa el proceso de meteorización química.

Las rocas blandas son fácilmente erosionables, retrocediendo ante el embate de las olas rápidamente, quedando luego solo al alcance de las olas durante tormentas. Hay algunos ejemplos de este fenómeno sobre el relleno de la Carretera Macuto-Los Caracas.

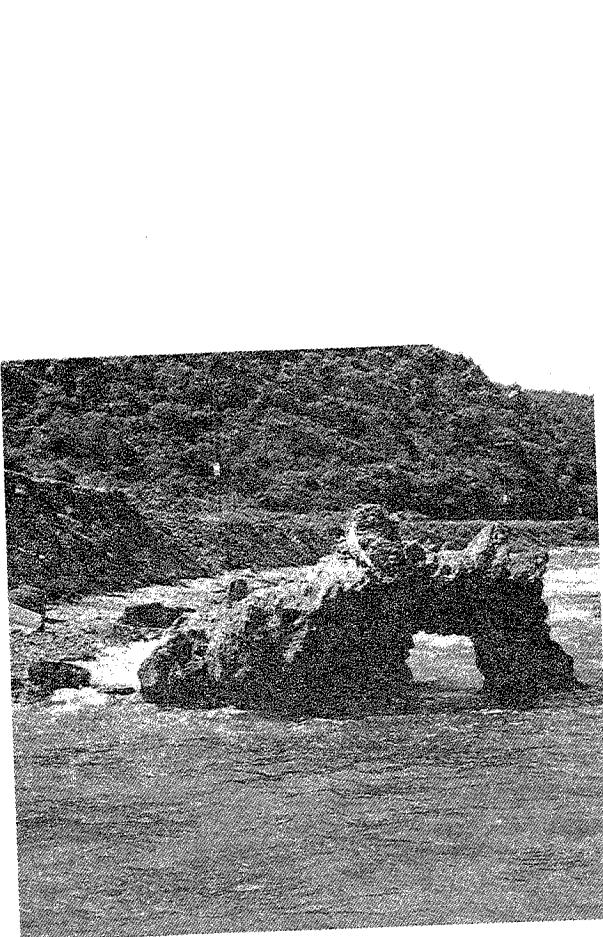


Figura 11. Pliegues en la Formación Tacagua, moldeados por la acción erosiva del oleaje. Izq., puente natural, al este de Camurí Grande en el tramo Los Caracas. Der., influencia del endurecimiento producido por el plegamiento en el plano axial y la erosión producida en las intercalaciones blandas sin cuarzo, asimismo la erosión es mayor en una fractura perpendicular al pliegue.

El fenómeno más común es la intercalación litológica. Toda la serie de acantilados de la Cordillera de la Costa está desarrollada sobre intercalaciones litológicas con complicaciones tectónicas. Las capas verticales tienen características erosivas muy notables, siempre se alcanzará un frente de capa con roca resistente, la cual será atacada principalmente en los puntos débiles: diaclasas, fracturas, luego una vez sobrepasado el punto débil, la acción erosiva se extiende detrás del cuerpo resistente a lo largo del rumbo de la capa blanda. Esto deja entrantes, bahías, puntas y escollos, los cuales son luego erosionados por el oleaje (Fig. 13).

No todas las secuencias de roca son verticales. Hay una variedad completa de actitudes de buzamiento desde la posición vertical hasta la horizontal. Son menos resistentes las capas verticales y de alto buzamiento y más resistentes las horizontales o suave buzamiento (tanto buzando hacia como contra el mar).

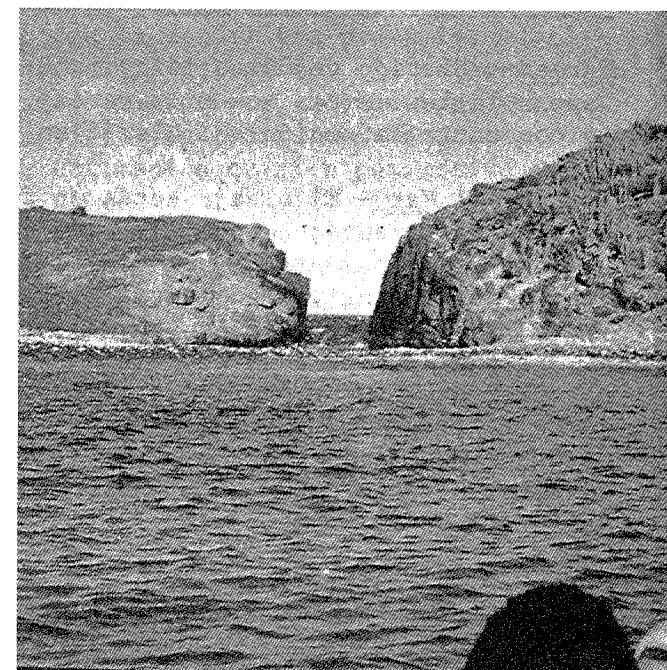


Figura 12. Acantilados sobre la diorita hornabléndica y los diques de andesita, isla de Los Testigos, Dependencias Federales. Obsérvese el marcado contraste entre el abra abierta por la erosión marina sobre el dique de volcánicas y la roca plutónica mucho más resistente.

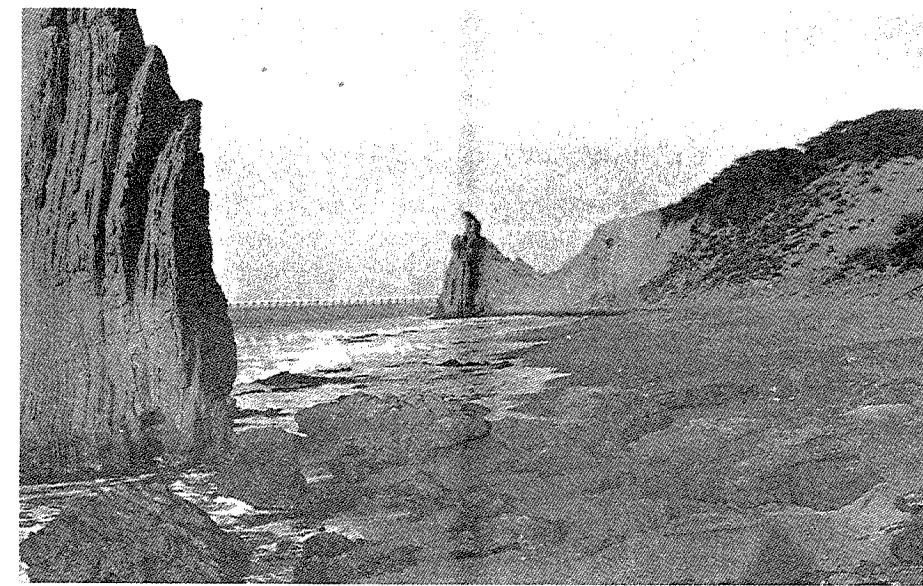


Figura 13. Acantilado vertical desarrollado sobre el Conglomerado de Coro en el Muaco, Estado Falcón. Remanentes erosionales de areniscas y limolitas después de ser erosionadas en mayor proporción capas arcillosas al sur del remanente que se observa en el primer plano.

#### Factores Marinos Misceláneos

Mareas - El tipo de marea interviene sobre la formación del acantilado. En Venezuela las mareas son micromareas del orden entre 20 a 50 centímetros. Esto concentra la acción del oleaje en forma prolongada sobre el mismo punto.

Estado del Mar - El oleaje actúa en función de la intensidad, duración y dirección del viento; cuando las olas batan la roca, producen en ese instante un momentáneo aumento de presión que permite la penetración de aire y agua dentro de grietas y fisuras de la roca, lo cual contribuye a la erosión.

Las olas generadas en períodos de tormenta y de fuertes marejadas tienen un poder erosivo muy grande. Los geólogos se han ido convenciendo poco a poco de la gran importancia que tienen los fenómenos catastróficos sobre el record sedimentario; una tormenta puede destruir decenios de actividad constructiva por olas normales. Sobradamente conocidos son los efectos de los mares de leva sobre la carretera del Litoral.

Presencia de Material Abrasivo - Una ola armada de material abrasivo (arena, grava, guijarros) tiene un efecto erosivo muy grande señalado por Wilson (en Steers, 1971). El continuo vaivén con material abrasivo desgasta la roca y un rompiente tormentoso con olas armadas de piedras lanzadas contra el acantilado es notablemente destructivo. Es frecuente encontrar marmitas de gigante en zonas de playa con acantilados (Bird, 1969; Picard, 1973) las cuales se producen por la grava que hay en las playas de acantilado al moverse en remolino (Fig. 14).

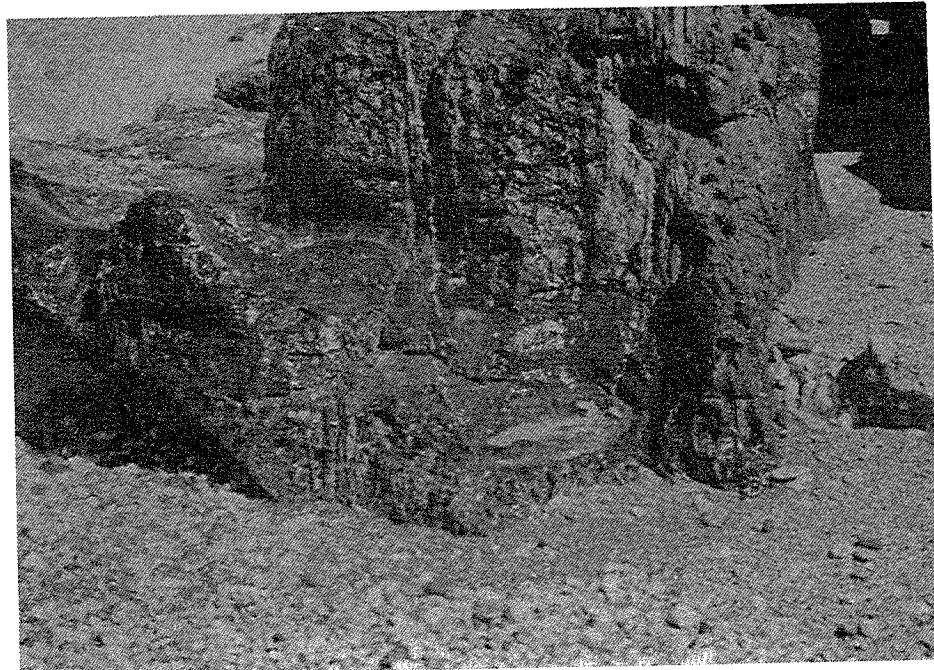


Figura 14. Efecto de la abrasión de las olas armadas por la grava de la playa. El vaiven del material movido por las olas produce frecuentemente remolinos que erosionan marmitas de gigante como es el caso en el extremo inferior derecho de la roca. La erosión es eficaz moliendo la roca; dejando huellas totalmente pulidas de la acción y socavando la base.

Clima - El clima es un factor importante; en la cordillera predomina el clima tropical húmedo y sub-árido, en algunas zonas litorales. La meteorización química por aspersión de agua de mar y aguas meteóricas, seguida por evaporación facilitando el proceso erosivo (Fig. 15). En los tramos de Cata y Puerto La Cruz existen buenos ejemplos de meteorización química por acción del agua salada.

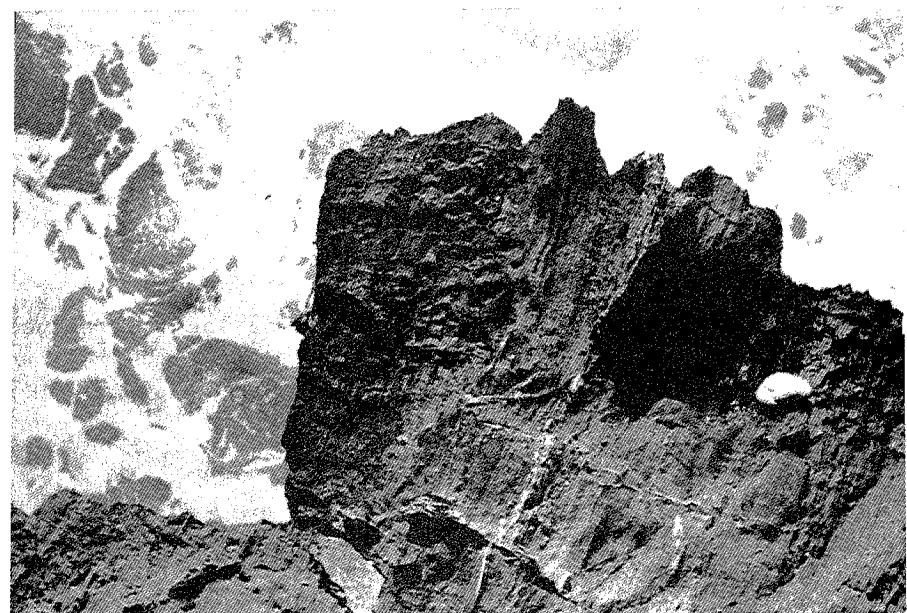


Figura 15. Remanentes de erosión debidos a meteorización química por aspersión y evaporación del agua del mar, sobre roca verde de la Formación Tacagua.

Actividad Biológica - La actividad biológica de moluscos, algas y otros organismos contribuyen a la meteorización mecánica y química de la roca. Los gasterópodos como las Neritidae y Lithorinidae suelen colonizar la zona entre mareas y en su proceso alimenticio literalmente "comen" la roca abriendo huecos y hondonadas. Las Fisurelas (lapas de mar) y los chitones (armadillos) en especial se alojan en huecos en forma de un casquete esférico de dimensiones uniformes; los autores han observado depresiones de unos 6 cm. de diámetro, socavados en la roca por chitones.

#### LA COSTA ENTRE CABO CODERA Y PUERTO CABELLO

La Costa entre Cabo Codera y Puerto Cabello es casi rectilínea, orientada N75E y se caracteriza por una cadena montañosa que se levanta desde la playa en forma espectacular. Maloney (1965) considera que la Cordillera de La Costa tiene una costa joven formada a lo largo de una cadena montañosa levantada y modificada por las olas.

#### Acantilados y Playas

La costa de la cordillera es una costa de acantilados con intercalaciones de playas en valles y entrantes. Hay una zonación característica de oeste

a este, relacionada con la geomorfología submarina (Fig. 5). En el cuadro II se indica la clasificación propuesta en este trabajo.

- Acantilados
  - occidentales: hundidos, escarpado de falla
    - a) erosionado sobre rocas metamórficas con plataforma de erosión marina.
    - b) erosionado sobre rocas sedimentarias.
  - orientales: levantado
    - a) desarrolladas sobre aluviones de ríos, generalmente en la zona occidental.
    - b) desarrolladas sobre conos aluvionales piemontinos (Macuto).
- Playas
  - constructivas
  - temporales
    - desarrolladas a expensas de los sedimentos erosionados y acumulados momentáneamente al pie del acantilado.

#### CUADRO II

La zonación de los tramos de la costa se muestran (Fig. 16). Los acantilados occidentales se caracterizan por estar hundidos, tener cuevas y buñuelos, suelen estar sumergidos más de 4 metros y en algunos sitios hasta más de 180 metros (Fig. 17). El perfil de zonación de meteorización continental, zona de aspersión ocasional donde ocurre meteorización química por sales marinas, zona de aspersión constante no suficiente para desarrollo de actividad biológica, zona entre mareas con algas, moluscos y crustáceos, y zona marina cubierta por agua.

Los acantilados orientales tienen plataforma de erosión marina, más o menos extensas con numerosos remanentes erosionales. La presencia de la plataforma de erosión en esta área permite la acumulación de sedimentos en entrantes y bahías, y facilita el transporte de sedimentos por la corriente de deriva litoral.

Las playas que se desarrollan a lo largo de la costa se encuentran casi siempre asociadas con sedimentos del Terciario Superior. En las playas de los valles aluvionales se desarrolla una playa "de barrera", intermitente, rota en invierno. El otro tipo de playa asociado con ríos suele ser de arenas transportadas por las corrientes litorales y acumuladas temporalmente en entrantes protegidos del viento. El resto de las playas arenosas son las que se desarrollan por erosión de sedimentos antiguos, donde la acción de las olas erosiona los sedimentos que luego son redistribuidos por las corrientes litorales produciendo largas playas clásticas como en los tramos de Chirimena y Cabo Blanco.

#### DESCRIPCION DE LOS TRAMOS DE LA COSTA

El límite occidental de la costa de la Cordillera es el área plana de

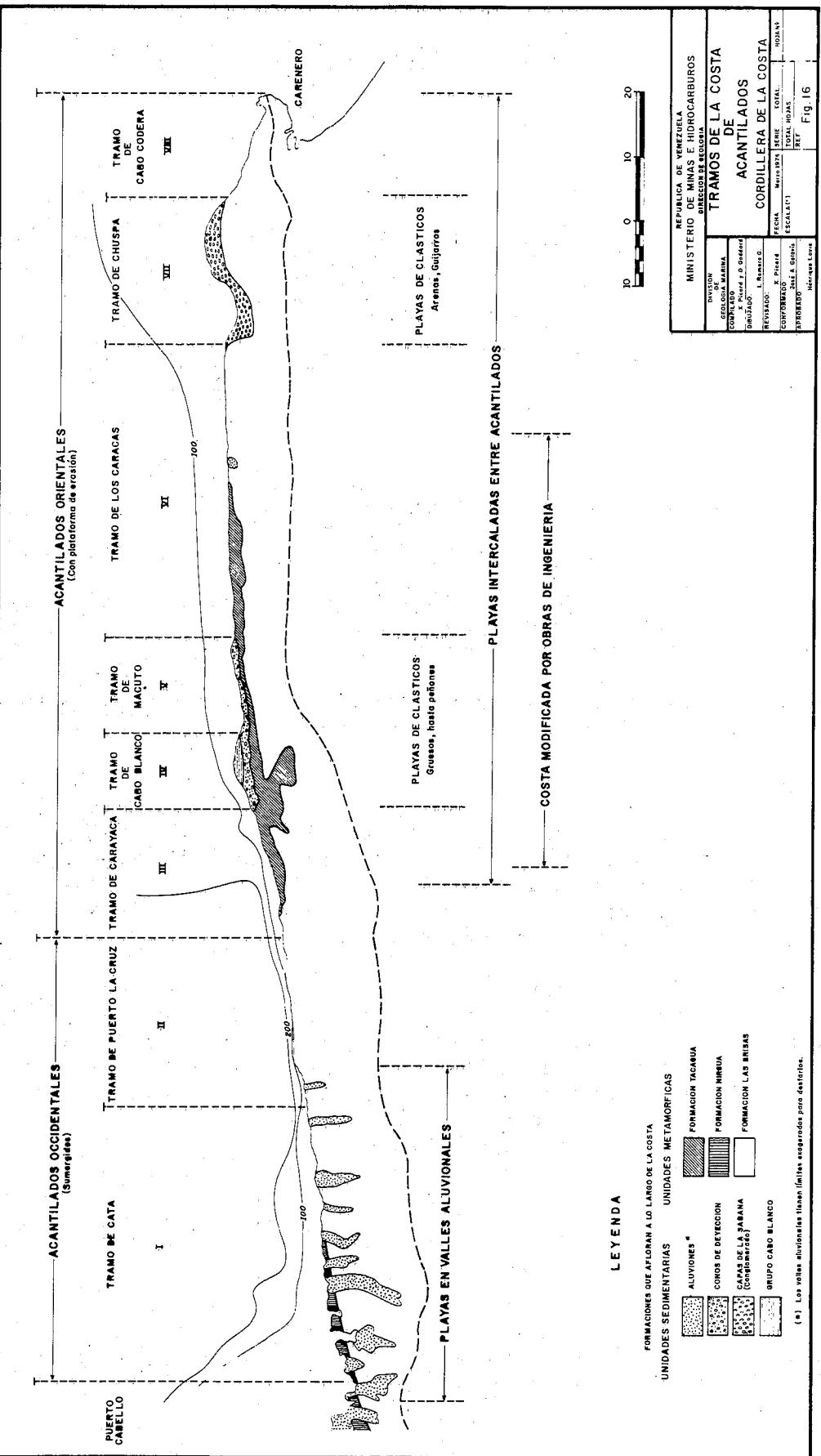


Figura 16. Tramos de la costa de acantilados. Cordillera de La Costa.

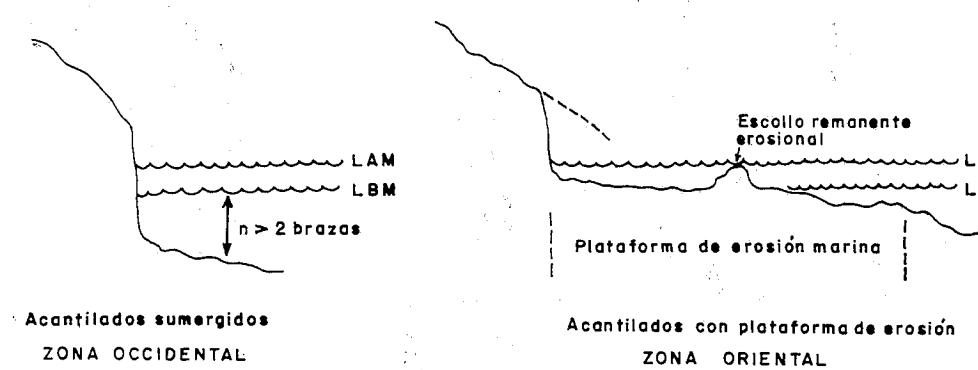


Figura 17. Esquema de diferencias de los dos tipos de acantilados de la costa.

Puerto Cabello que abarca desde Morón hasta Patanemo. En ese tramo hay lagunas litorales con manglares, islas coralinas, zonas de acumulación de playas con clásticos traídos por la deriva litoral (ejemplo: playa de Quizandal cerca de Borburata). En las lagunas hay llanuras de barro y salinas. El segmento occidental es el más corto, y abarca dos tramos, diferenciados por el grado de hundimiento relativo; el tramo de Cata y el Tramo de Puerto La Cruz.

#### Tramo de Cata

Según la clasificación propuesta en 1948 por Shepard (1973), el tramo de Cata es una costa primaria (modelada por agentes continentales), de erosión continental y costa de ría (de valles fluviales inundados). Dicha costa presenta el efecto de subsidencia (último efecto observable). Malone (1965) describió esta costa como de rías.

El tramo de Cata abarca desde Patanemo hasta Chuao, unos 95 kilómetros de costa con una serie de valles inundados, el más notable de los cuales es Turiomo, (Fig. 18). Los acantilados están desarrollados sobre la Formación Nirgua hasta Choroní, y de allí en adelante sobre la Formación Las Brisas. Los acantilados están sumergidos de 2 a 10 metros de profundidad, suele haber rocas diseminadas en el fondo, provenientes de derrumbes y arena en movimiento hacia el oeste arrastrada por la deriva litoral. Hay algunos escollos como remanentes erosionales, casi siempre sumergidos, más frecuentes hacia Puerto Cabello. Los ríos tienen rasgos fisiográficos que se continúan sobre la Plataforma (Fig. 19). Las playas están desarrolladas favorablemente en los aluviones de los ríos de valles hundidos, los cuales generalmente drenan un área granitizada dentro del Grupo Caracas, lo que aporta abundante arena, cuarzo-feldespática. Se puede ver claramente en la figura 18 que el área inundada es función del aporte aluvional dependiente a su vez del área de drenaje. Si se compara la sedimentación arenosa de la playa grande de Choroní y la de corales y manglares de la Ciénaga de Ocumare se puede analizar la interacción de los factores sedimentarios: energía del ambiente, aporte de

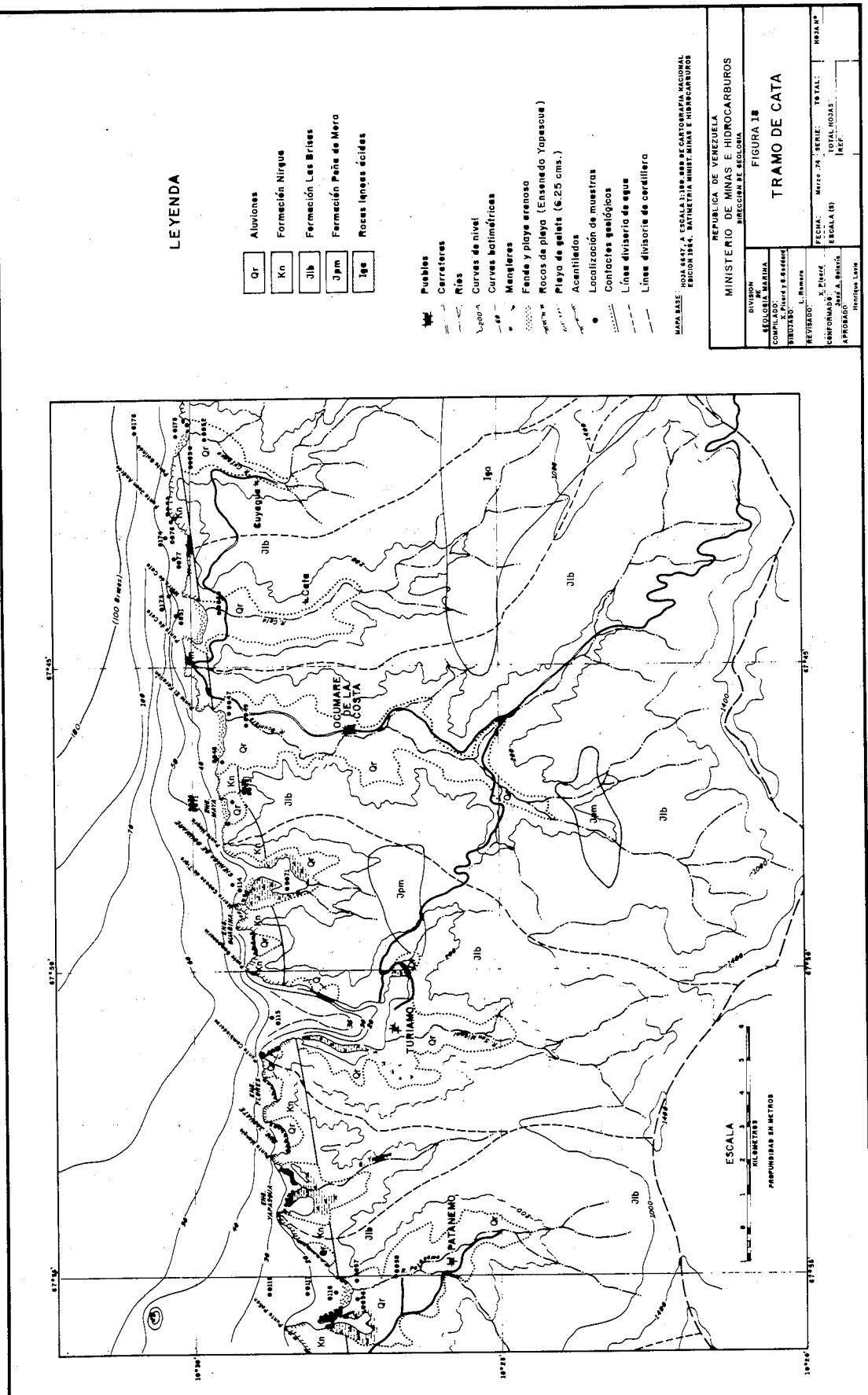


Figura 18. Tramo de Cata.

- 64 -

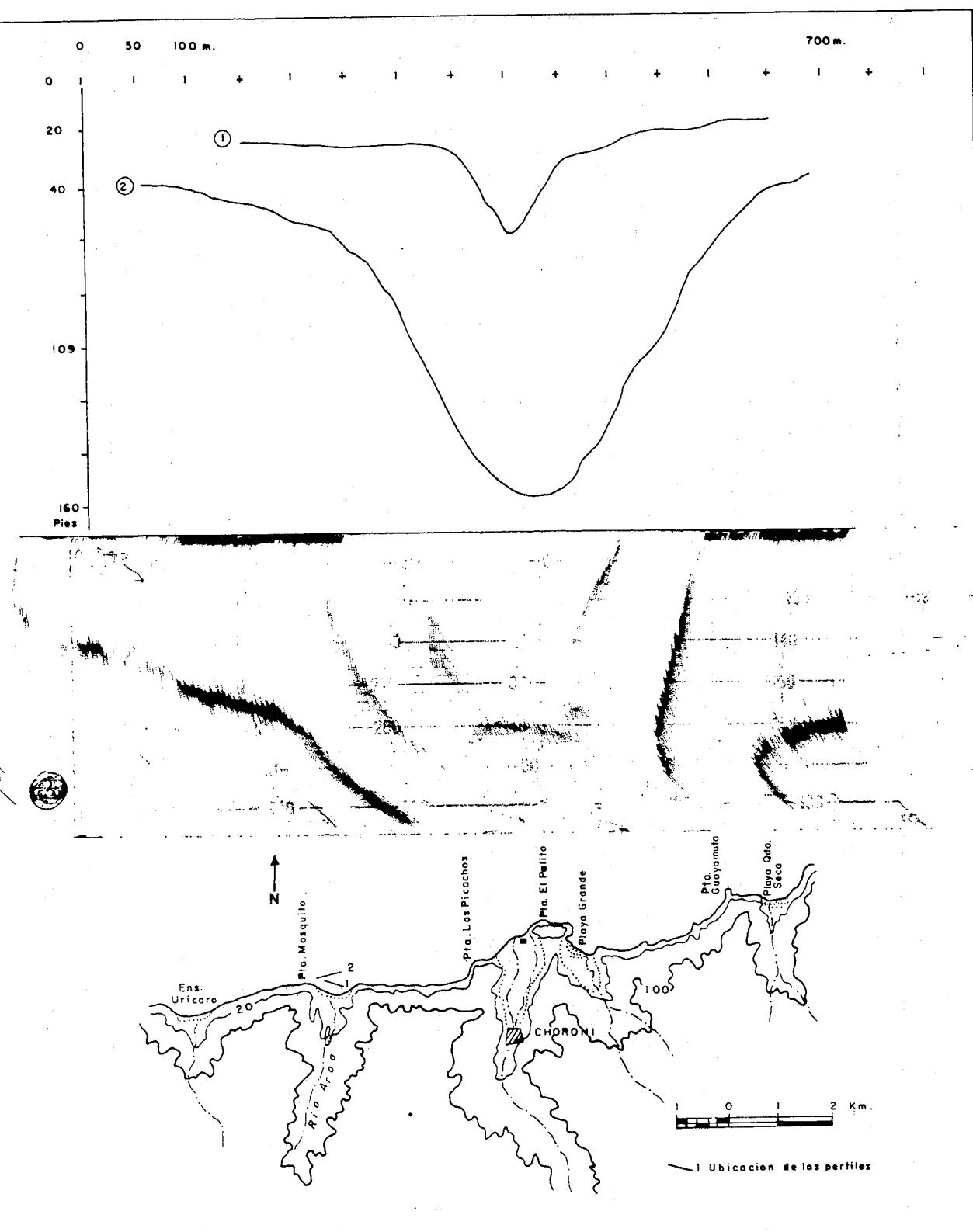


Figura 19. Tramo de Cata. Valle sumergido frente al Río Aroa. Perfiles con ecosonda Ben-dix.

sedimentos y actividad biológica.

La sedimentación calcárea del tramo de Puerto Cabello se continúa espontáneamente hasta la Ciénaga de Ocumare con colonias de corales en diversas ubicaciones en las bahías, las cuales suelen tener manglares. Hasta Chuao, se encuentran colonias de corales en zonas aisladas y protegidas, conocidas localmente como Caracol de Choroni y Caracol de Chuao.

El mejor ejemplo de valle hundido es la Bahía de Turiamo, la localidad tipo del tramo de Cata es la Bahía de Cata, por la accesibilidad tanto del valle aluvional como de los acantilados en la parte de mar abierto (Fig. 20).

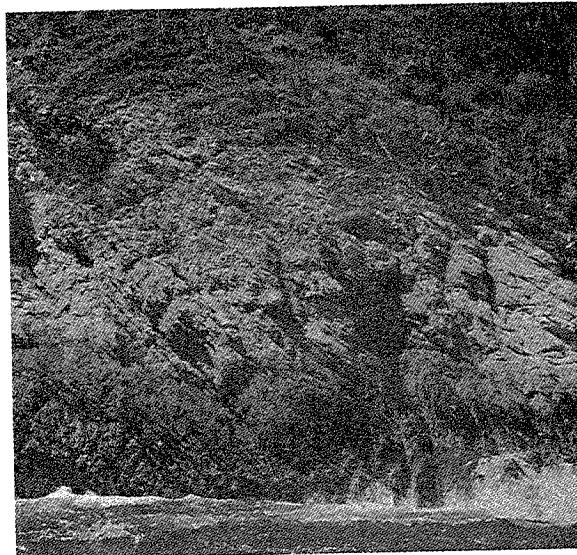


Figura 20. Bahía de Cata, localidad tipo del tramo Cata, valle fluvial hundido.

### Tramo de Puerto La Cruz

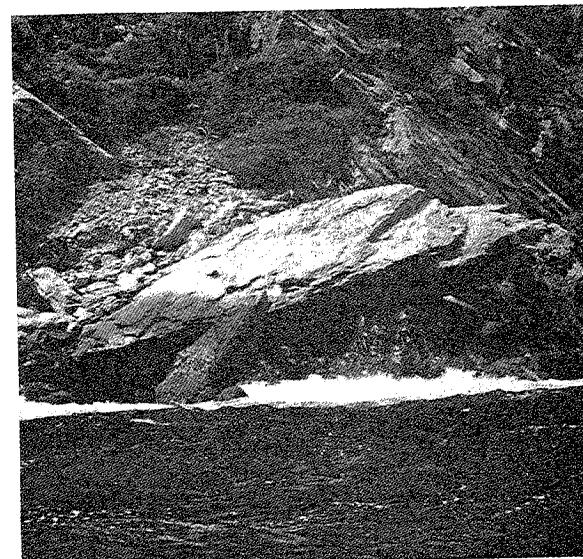
El tramo de Puerto La Cruz es, según Shepard (1973), una costa de tecto mismo, desarrollada a lo largo de una falla paralela a la costa. La costa sigue siendo de subsidencia.

El tramo de Puerto La Cruz D.F., queda incluido entre Chuao y Chichirivi che D.F. La costa se caracteriza por un escarpado de falla. Los acantilados están desarrollados sobre la Formación Las Brisas, en la cual la intercalación de gneises, esquistos y filitas de buzamiento hacia el mar, ha permitido el colapso de bloques, respiraderos (bufones) y cuevas debidas a erosión diferencial, (Fig. 21). La profundidad de inmersión del acantilado aumenta progresivamente desde Chuao, con unos 4 a 6 metros hasta Puerto La Cruz D.F. con más



Zonas

- E meteorización continental.
- D interfaz; actúa el salitre.
- C aspersión ocasional.
- B aspersión continua.
- A entre mareas.



Colapso de un bloque, luego de haber sido minada su base por la acción de las olas. En él se observa la zona D, desarrollada después del colapso. La meteorización química por acción del salitre ha dejado un filigrana de huecos.

Figura 21-A. Tramo de Puerto La Cruz zonas de meteorización marina en un acantilado.

de 180 metros. En este tramo, el aspecto de la costa es de hundimiento con 2 valles inundados, el de Puerto La Cruz (donde se alcanzan profundidades hasta de 80 metros dentro del valle (Fig. 22) y el de Puerto Maya. Las escasas playas se desarrollan en los aluviones de los valles inundados y sobre pequeños conos aluvionales y zonas de derrumbes. Otra característica resaltante

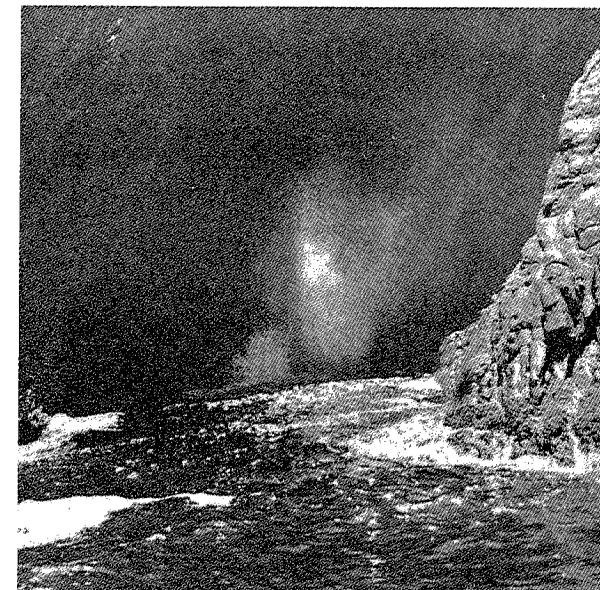
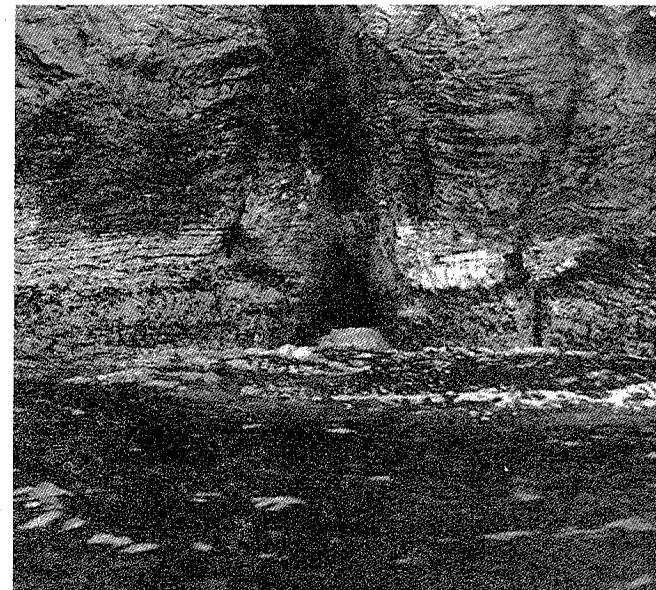


Figura 21-B. Tramo de Puerto La Cruz. Erosión marina en zonas de diaclasas. Izquierda: cueva desarrollada por control de diaclasa, en la Formación Las Brisas. Derecha: cueva de mayores dimensiones debido a foliación y diaclasas, en el fondo de la cueva hay un bufadero que al recibir un impacto de una ola lanza un chorro de agua a presión hacia arriba.

del tramo además de los acantilados es la gran cantidad de conos piemontinos y derrumbes presentes (Fig. 23), los cuales desplazan hacia el mar clásticos de dimensiones variables con muy poco transporte. Es factible suponer que algunos de estos depósitos puedan deslizarse hacia los abismos de la fosa de Bonaire. La muestra GM-DF-0157, tomada frente a Puerto La Cruz, fue recuperada a una profundidad de 300 metros a solo 1/2 km. de la costa.

### SEGMENTO ORIENTAL

El segmento oriental de la costa de la cordillera, coincide con una zona de mayor proporción de plataforma continental y a una región de actividad tectónica ascendente. Los tramos de acantilados son 6, tres desarrollados sobre rocas sedimentarias y tres sobre metamórficas. Además en el segmento está la zona conocida como Litoral Central, área densamente poblada y con instalaciones portuarias, playas artificiales y la carretera de La Costa.

### Tramo de Carayaca

Este es el primer tramo de los acantilados orientales con plataforma de erosión marina. Según Shepard (1973) se puede clasificar como costa secundaria, modelada por agentes marinos: Costa de erosión por olas; acantilados

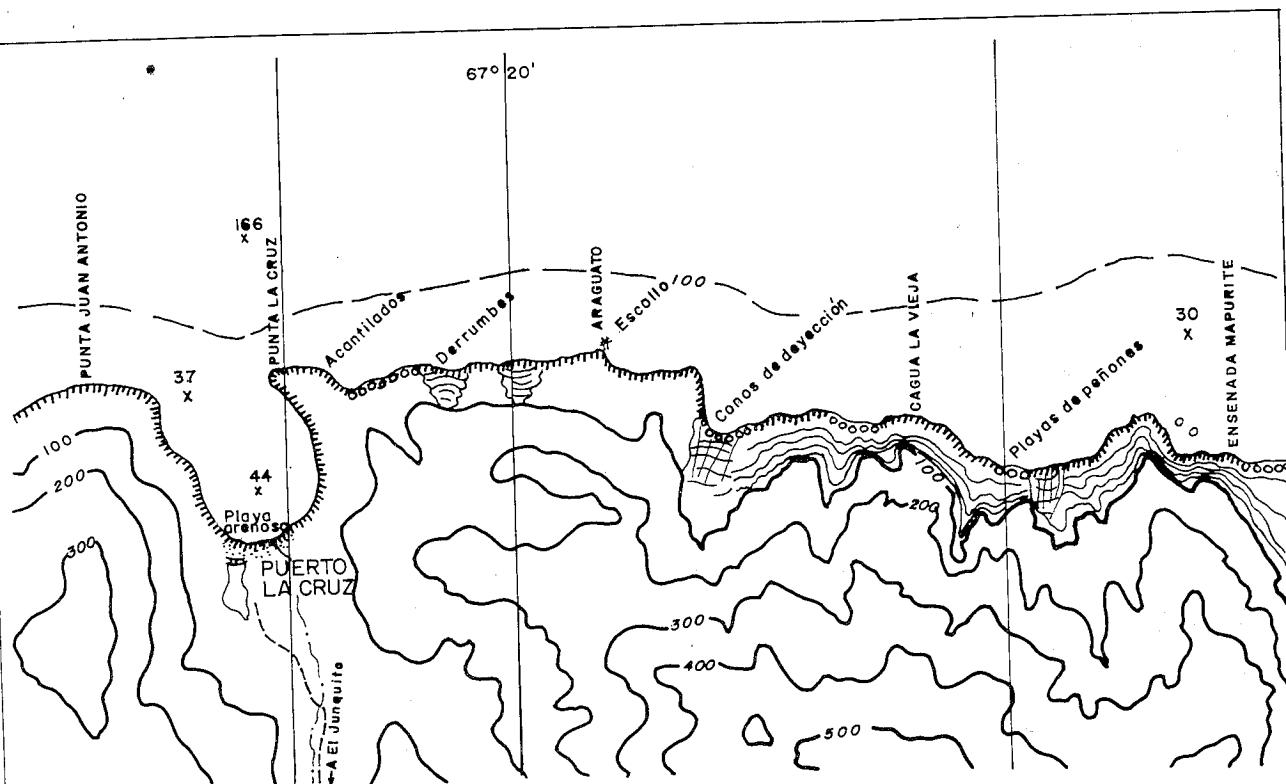


Figura 22. Tramo de Puerto La Cruz. Detalles característicos de este tramo son acantilados sumergidos, valle inundado, derrumbes y conos de deyección con playas de peñones desarrollados sobre éstos. Escala 1:25.000. Sondeos en brazas.

de rumbo sub-paralelo cuyo efecto neto es erosional.

Entre Chichiriviche D.F. y el Río Mamo, el tipo de costa es diferente a los anteriores. Desde Chichiriviche disminuye progresivamente la profundidad del fondo y se desarrollan plataformas de erosión por olas, escollos de remanentes erosionales en las puntas y cuevas socavadas por las olas en zonas de fracturas y diaclasas (Sociedad Venezolana de Espeleología, 1973) en varias playas del tramo, eje.: Las Tunitas, Arrecifes, Cuenque o Week-End. En este tramo los acantilados están desarrollados sobre los esquistos verdes de la Formación Tacagua (Fig. 24), los cuales forman un perfil típico de acantilado de esta zona (Fig. 24) con sus correspondientes remanentes erosionales (Fig. 25).

En algunos entrantes, eje.: La Salina, Tagua, etc., al oeste de Arrecifes hay roca de playa posiblemente levantada (Goddard y Picard, 1973) con desarrollo de arrecifes de Lithothamnium (Fig. 26). La arena de las playas proviene esencialmente del río Mamo, transportada hacia el oeste por la deriva litoral.

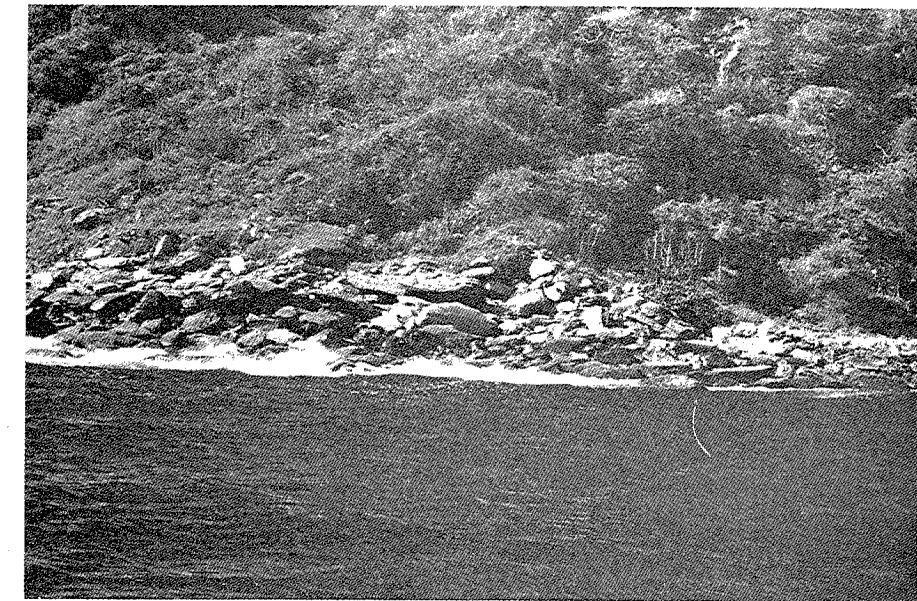


Figura 23. Tramo de Puerto La Cruz. Cono de deyección sobre el cual se desarrolla una de las escasas playas del tramo.



Figura 24. Acantilados de playa Las Tunitas. Perfil típico de acantilado, con remanentes erosionales. Al fondo, segundo plano, desembocadura del río Mamo. En el último plano se observa el área de Cabo Blanco.

#### Tramo de Cabo Blanco

La costa de Cabo Blanco es una costa secundaria de erosión por olas, con acantilados desarrollados sobre rocas sedimentarias, por lo cual es una costa erosiva con acantilados en retroceso.

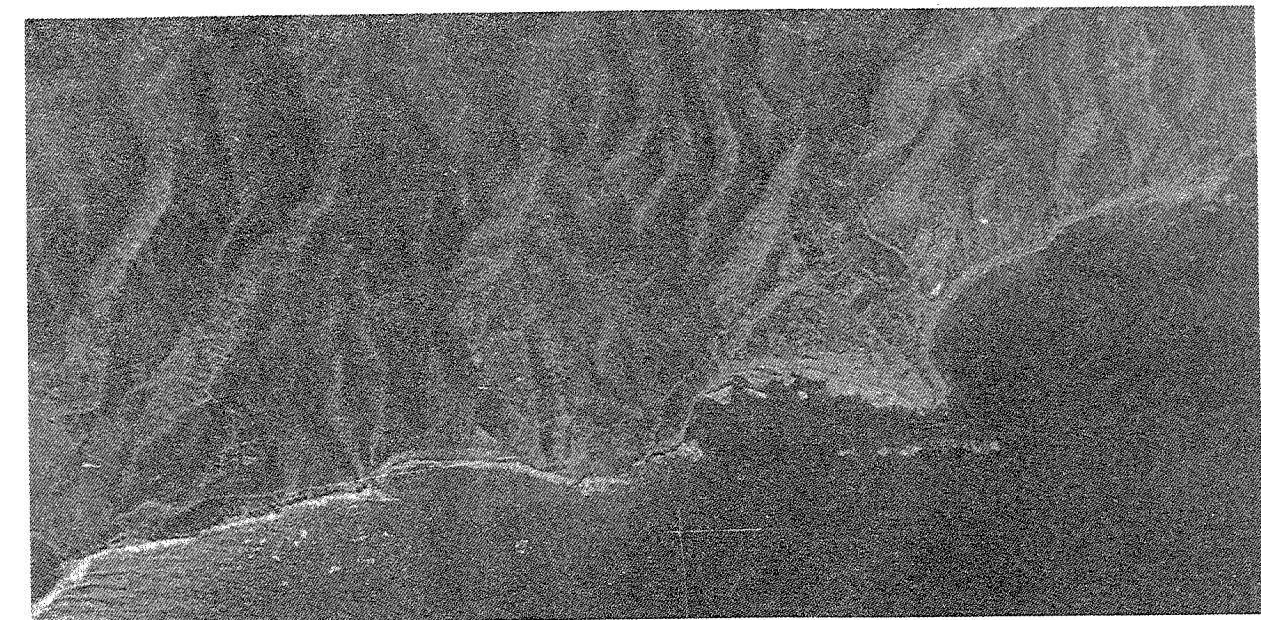
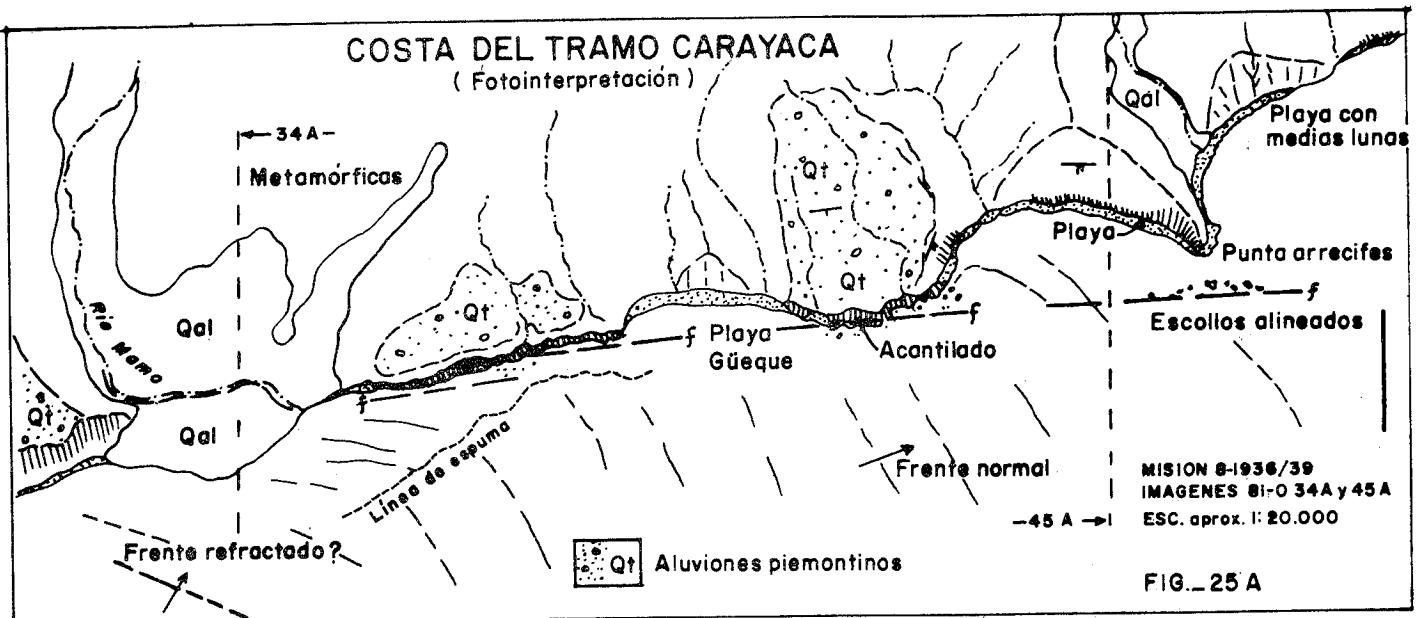


Figura 25. Tramo de Carayaca. Mamo-Las Tunitas-Arrecife. Relación entre los sedimentos del río Mamo, llevados por la corriente de deriva litoral hasta las playas de Week-End (o Guenque) y de Arrecifes.

Este tramo comprendido entre el río Mamo y La Guaira tiene su costa desarrollada sobre los sedimentos del Terciario Superior del Grupo Cabo Blanco. Hay una terraza de roca de playa levantada (al oeste de la desembocadura de la Quebrada Tacagua), en la parte marina a un lado hay sedimentación calcárea. La zona está intensamente modificada por construcciones públicas y privadas (Figs. 27, 28).

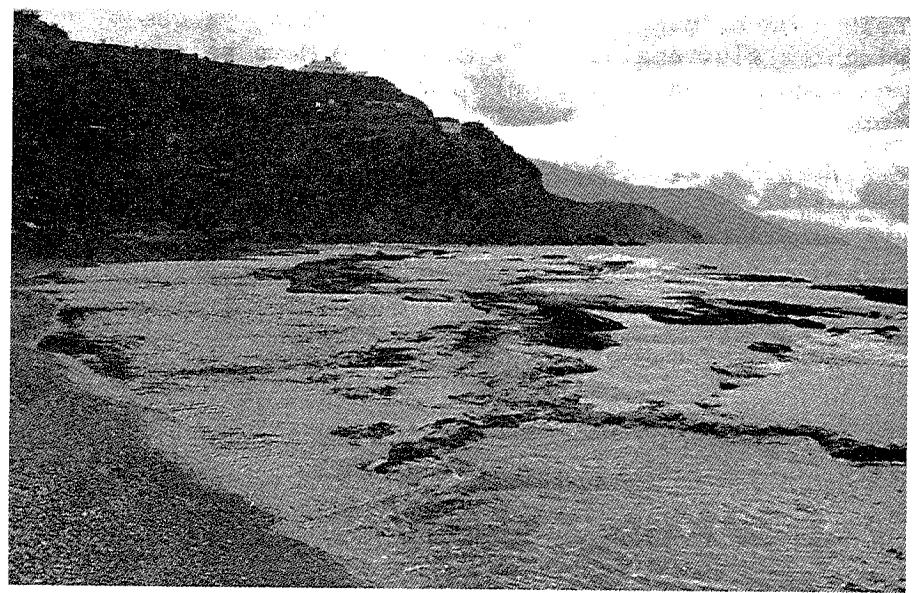


Figura 26. Playa de Taguao D.F. en el tramo de Carayaca, donde se puede observar la roca de playa y parte de la carretera.

Los acantilados están alejados de la línea de marea alta y tienen una plataforma de erosión marina elevada, completamente modificada por la acción del hombre. En algunos casos durante tormentas las olas suelen alcanzar la base de los acantilados especialmente en el lado oriental.

Las playas de Catia La Mar están formadas por arena proveniente de la Quebrada Tacagua y llevadas hasta allí por la deriva litoral, y acumuladas en zonas protegidas (sotavento). Los otros cuerpos de arena (escasos) provienen

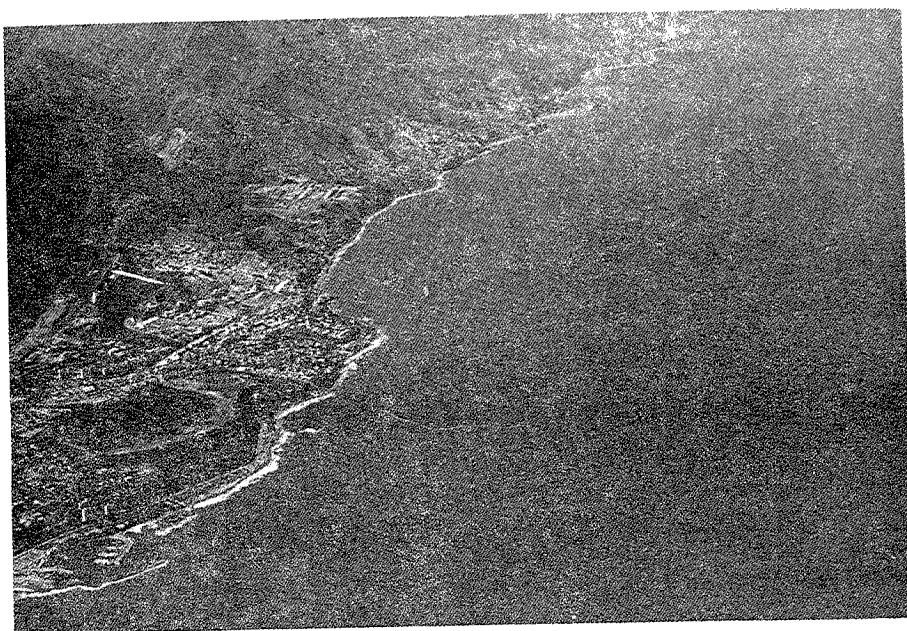


Figura 27. Tramos de Carayaca y Cabo Blanco. El límite se coloca en el cono aluvional del Río Mamo, ya que los sedimentos aluvionales de la Meseta de Mamo se comportan de modo similar a los del Grupo Cabo Blanco.

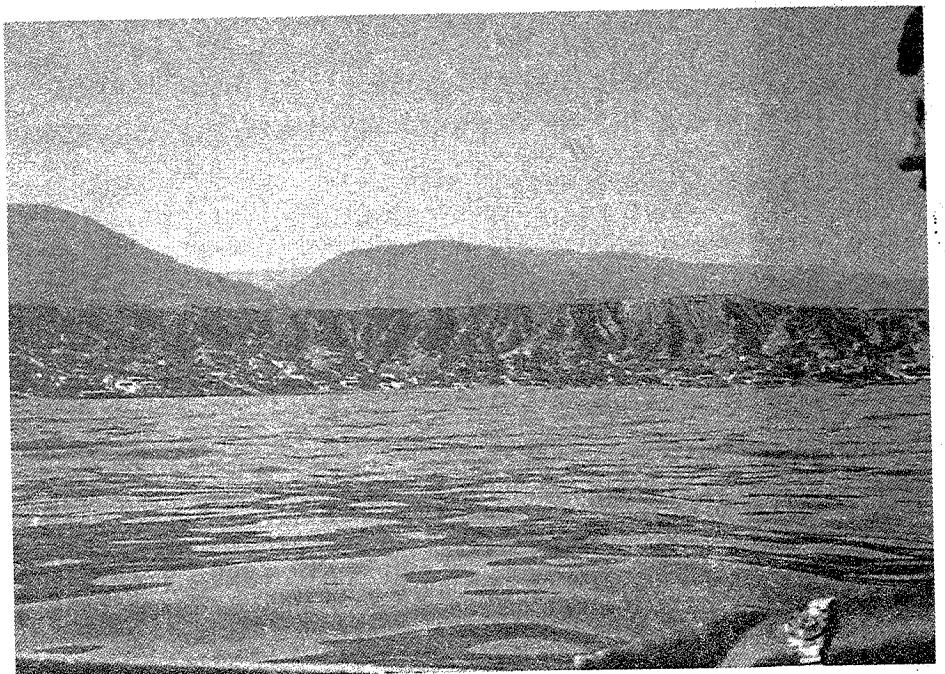


Figura 28. Tramo de Cabo Blanco, frente a Mare Abajo. Acantilados retirados, delante de los cuales hay una densa población. Al fondo el valle de la Quebrada Tacagua en el piedemonte de la Cordillera.

de la erosión del Grupo Cabo Blanco.

#### Tramo de Macuto

Este tramo se puede considerar según Shepard (1973) como costa primaria, modelada por agentes continentales, del tipo de costa de deposición continental, costa compuesta de conos aluvionales.

En este tramo comprendido entre La Guaira y Tanaguarena, la costa está construida sobre sedimentos piemontinos acumulados en forma fisiográfica se continúa por debajo de las 30 brazas, (Fig. 29). La provincia aluvional y piemontina está mejor desarrollada entre Tanaguarena y La Guaira donde los conos piemontinos derivados de la serranía del Avila caen directamente al mar; esta secuencia se continúa desde Catia La Mar hasta la desembocadura del río Mamo, aunque por conveniencia se ha incluido esta última parte en el tramo de Cabo Blanco.

Las playas están desarrolladas sobre los sedimentos piemontinos y el material acumulado es un depósito de retardo (Fig. 30), remanente que queda después de cernido el material fino, y que sirve de protección contra la erosión de las olas normales. El material fino es arrastrado por la corriente litoral y se acumula provisionalmente en los entrantes protegidos (eje.: El Balneario de Macuto).

El desarrollo de esta costa sobre conos aluvionales es un fenómeno interesante, posiblemente indicador de un efecto de levantamiento relativo que al alejar la línea de playa permitió la acumulación continental de los conos de deyección. Maloney (1965) indica que los conos de deyección debieron acumularse en el piedemonte de la cordillera durante la última fase de la glaciaciación cuando el mar bajó unos 100 metros aproximadamente. Las fotografías aéreas muestran claramente la línea de falla que marca el cambio brusco de pendiente entre los aluviones y las rocas metamórficas. Esta línea marca la zona donde se desarrollaron los acantilados tiempo atrás, tal como continúan presentemente su desarrollo en el tramo de Los Caracas, más al este. La fotointerpretación (Fig. 31) y una vista oblicua (Fig. 32) hacia el este que cubre los tramos de Macuto y de Los Caracas muestra la continuidad de la zona de falla mencionada.

#### Tramo de Los Caracas

Aplicando la clasificación de Shepard (1973) esta costa es de acantilados subparalelos en retroceso, o sea erosiva.

Entre Tanaguarena y La Sabana D.F., la costa es similar a la del tramo de Carayaca; los acantilados están desarrollados sobre los esquistos verdes de la Formación Tacagua hasta cerca de Los Caracas y sobre los esquistos, gneises y filitas de la Formación Las Brisas hasta La Sabana. Los acantilados tienen terrazas (Fig. 33) de erosión marina suavemente inclinada hacia el mar, las cuales siguen por lo menos 30 metros mar adentro. En las puntas hay remanentes erosionales, en forma de escollos y puentes naturales. Este tramo es ideal para el estudio de las relaciones de formación de acantilados.

En el tramo de Los Caracas hay dos conos aluvionales que han avanzado

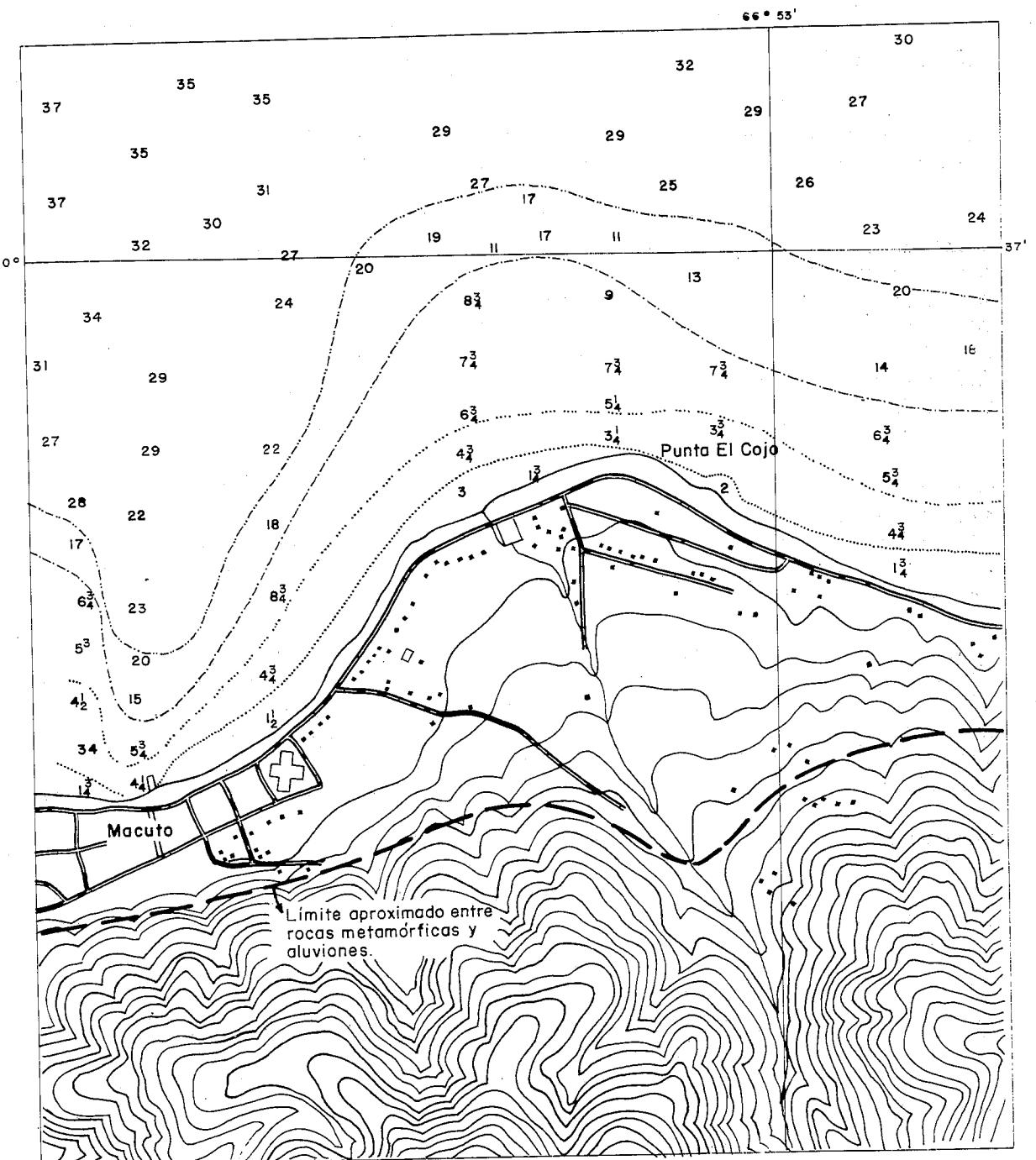


Figura 29. Tramo de Macuto. Expresión Topográfica submarina del cono de deyección de El Cojo. Tomado de la carta N° 5750 del Servicio Hidrográfico de los Estados Unidos, edición de 1952, escala aprox. 1:12.000, Sondeos en bramas.

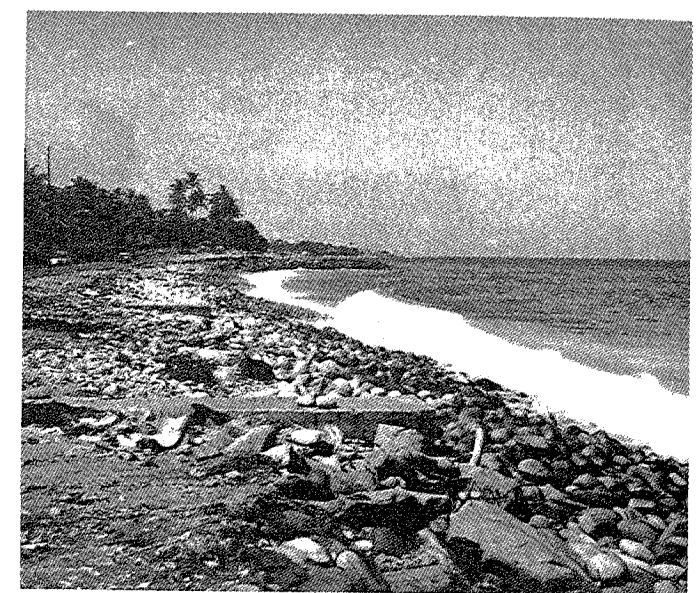


Figura 30. Tramo de Macuto. Depósito de retardo desarrollado sobre sedimentos piemontinos del cono de deyección de El Cojo en la playa Los Corales.

hacia el mar ganando territorio, son el de Naiguatá y el de Camuri Grande que se pueden observar en la foto de la figura 32. Las playas están desarrolladas en los valles aluvionales como el de Los Caracas, y en general a base de la arena que viaja arrastrada por la corriente litoral hacia el oeste. Las playas en este tramo son muy escasas y están a sotavento de los conos de deyección.

#### Tramo de Chuspa

El tramo de Chuspa es una costa de acantilados desarrollada sobre sedimentos fluviales o sea costa erosiva.

Entre La Sabana y Chirimena, los acantilados están desarrollados sobre los sedimentos Terciarios de La Sabana; están algo retirados de la línea de playa en las zonas a Barlovento y bañados directamente por el mar en la parte arqueada al este de Chuspa. Las playas de esta zona son de arena gruesa y grava derivada de la erosión de los sedimentos Terciarios, y en parte apor tados por las quebradas principales del área (Fig. 34). Quedan remanentes erosionales en forma de escollos al oeste de La Sabana.

La erosión de los sedimentos Terciarios produce gravas que son transportadas por las quebradas hacia el mar, allí son retrabajadas y distribuidas por las corrientes litorales produciendo playas de arenas gruesas y guijarros. En Chirimena hay una playa arenosa de 8 kilómetros de largo (Fig. 35) asociada a la erosión de los sedimentos de las capas de La Sabana, una terraza aluvional desarrollada en la desembocadura del río Aricagua y a la incidencia paralela del frente de olas normal. En estas playas el ángulo de reposo es cercano a los  $30^{\circ}$  e indica una alta energía de oleaje. En esta zona, el acantilado es atacado por las olas solo en caso de marejada, ya que está alejado

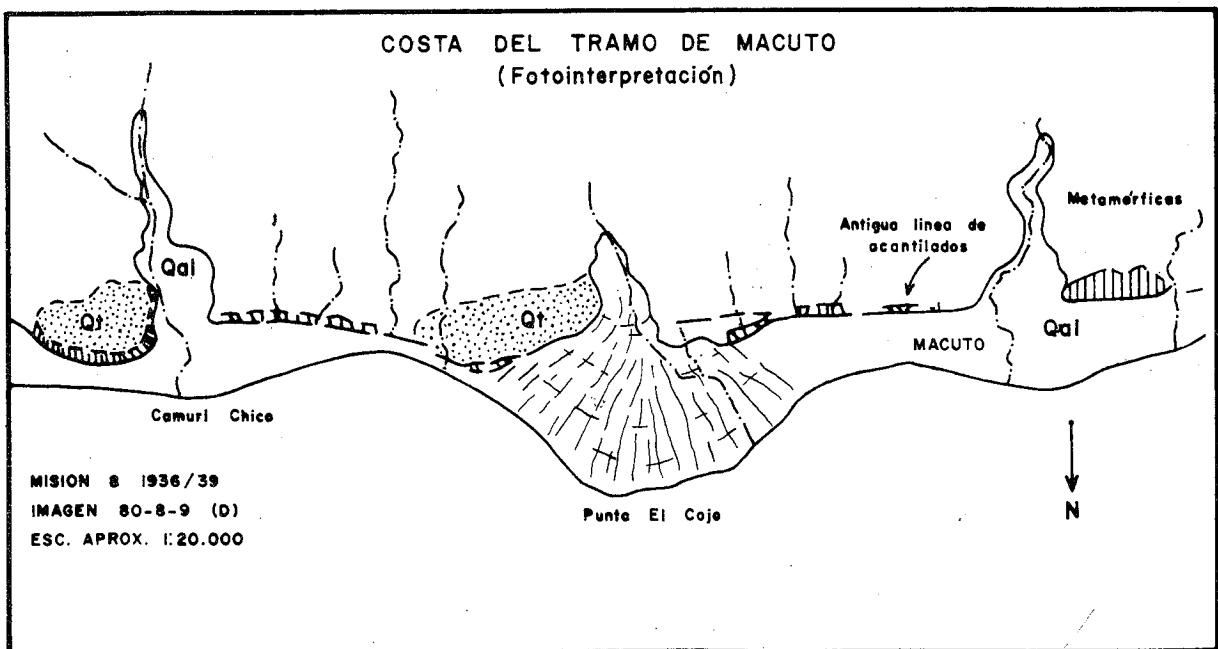
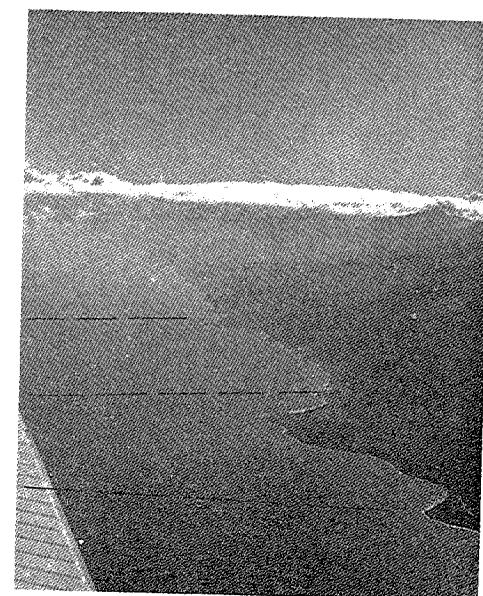


Figura 31. Tramo de Macuto-Zona de Macuto y Punta El Cojo.

de la playa unos 8 metros.

En la zona de Punta Masparro los conglomerados son erosionados directamente por las olas, produciendo una intercalación de acantilados de conglomerado y playas arenosas y guijarrosas. Hacia el oeste cambia la orientación de la costa donde hay mayor proporción de playas. La playa Caribe, cerca de Chuspa, es famosa por sus arenas finas y limpias.



Naiguatá

Tanaguarenas

El Cojo (Macuto)



Figura 32. Tramos de Macuto y Los Caracas. Nótese la alineación de acantilados en el tramo de Los Caracas.

Entre Chuspa y La Sabana se desarrolla una playa rectilínea de casi 8 km. seguida por otras de 1 kilómetro, producidas por la redistribución del material de descarga de las quebradas Chuspa, Caruaö y La Sabana. En esta zona los acantilados son también atacados por las olas de las marejadas; el ejemplo más notable es la población de La Sabana, construida sobre una terraza cortada sobre los sedimentos de las capas de La Sabana, que forman un acantilado de hasta 20 metros de altura, en cuya base hay unos 10 metros de playa.

Figura 33. Tramo de Los Caracas. Terraza de erosión marina.

ta roca de playa está asociada con la laguna de Punta Banquito (Goddard y Pi-  
card, 1973), esta laguna parece estar asociada con un valle inundado.

En esta zona, especialmente en el extremo oriental, existen desarrollos de roca de playa, hay una de más de 500 metros de largo señalada en la (Fig. 35). La presencia de es-

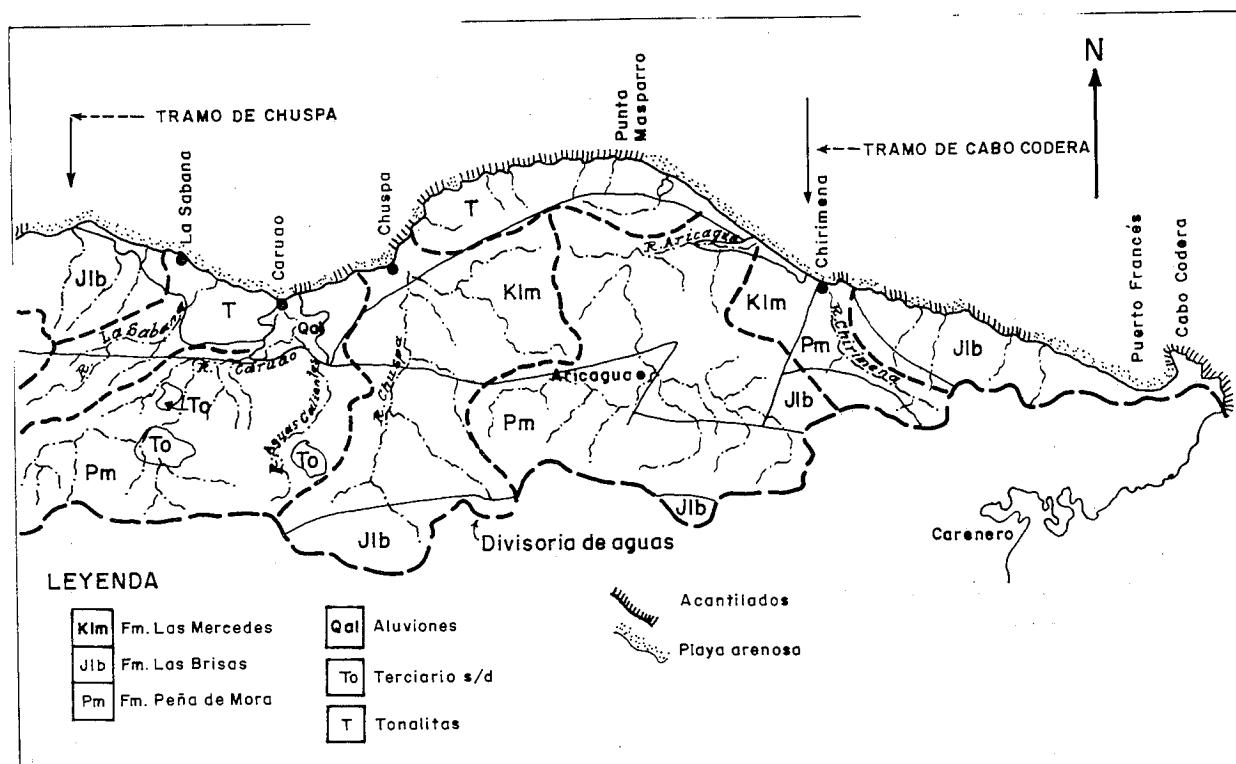


Figura 34. Aspecto de los Tramos de Chuspa y Cabo Codera, con indicación de las divisorias de agua del drenaje hacia el mar Caribe. Esc. aprox. 1:250.000.

#### Tramo de Cabo Codera

Este tramo que abarca desde Chirimena hasta el Cabo Codera, repite la asociación de acantilados en retroceso o sea sujeta a erosión, observada en los tramos de Carayaca y Los Caracas, con terrazas de erosión marina y remanentes erosionales en las puntas. Los acantilados están desarrollados sobre rocas del Grupo Caracas. En Puerto Francés hay un depósito fluvial montado en la parte superior del acantilado.

Este tramo está orientado N 60° O mirando hacia el este, de manera que sobre él inciden casi perpendicularmente las olas producidas por los alisios. Los acantilados mejor desarrollados están en Cabo Codera donde la pendiente topográfica es fuerte. Hay remanentes erosionales notables en el sitio de Isla Caracoles, unos 8 km. al este de Chirimena y en Punta Goleta en el propio Chirimena (Fig. 36). Casi siempre las playas arenosas están asociadas con una pequeña quebrada. Cuando hay sedimentos poco consolidados en proceso de erosión se acumula una mayor proporción de clásticos en la playa, los cuales suelen recubrir la terraza de erosión marina como ocurre en Isla Caracoles, donde se desarrolló una barra arenosa que permite vadear a pie el trecho de

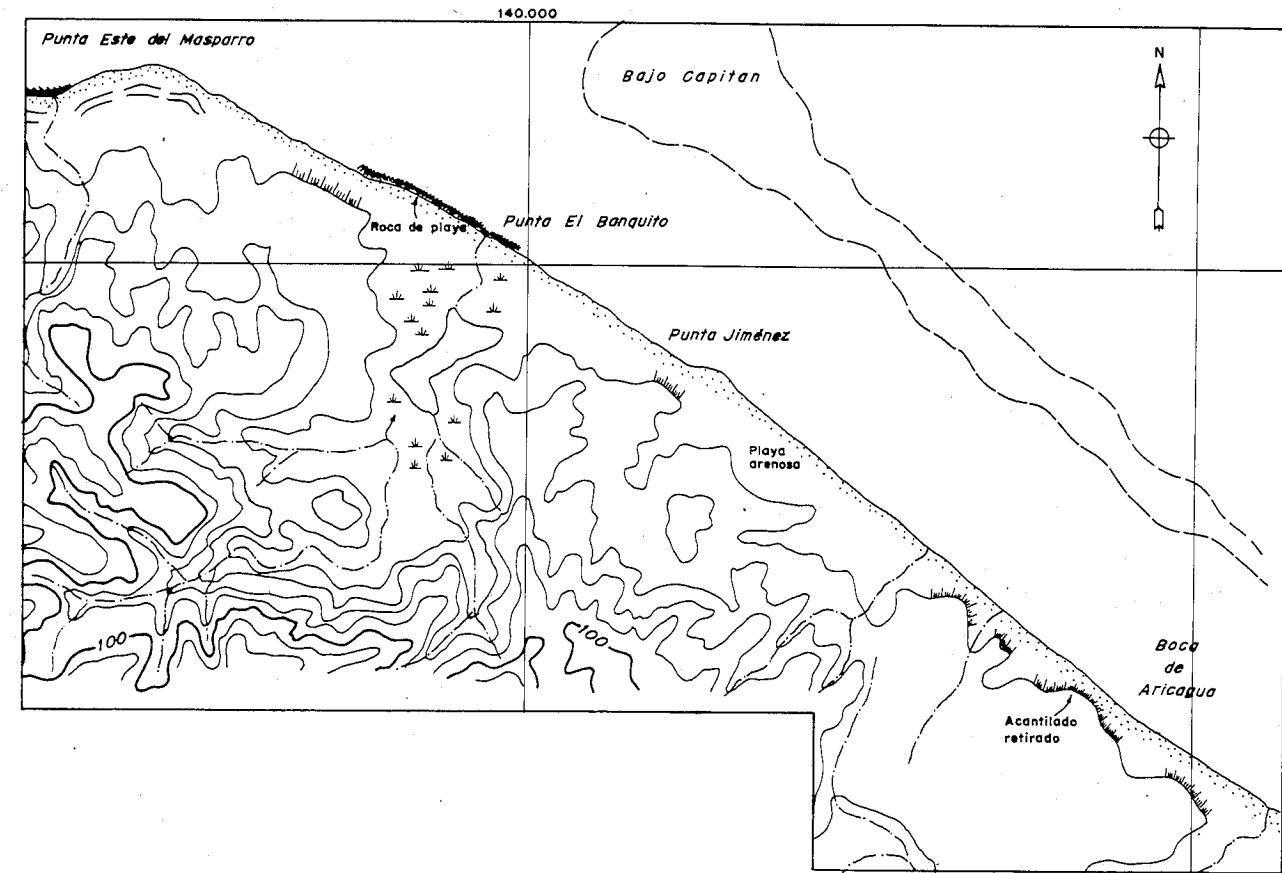


Figura 35. Tramo de Chuspa, lado oriental, detalle de playa arenosa y acantilados sobre los sedimentos terciarios.

mar entre la costa y la isla. En la vista tomada (Fig. 37) sobrevolando el Cabo Codera, se pueden observar algunos de los aspectos descritos.

En Carenero comienza la zona sedimentaria de Barlovento, en este tramo limítrofe hay un conjunto de lagunas litorales con manglares y algunas colonias de corales. Hay aparentemente un sistema que controla y filtra el sedimento fino arrastrado por la deriva litoral y el sistema en cuestión es probablemente el manglar. La zona es muy interesante, con terrazas levantadas, y un ambiente de laguna litoral.

#### CLASIFICACION DE LA COSTA

La costa de la Cordillera de la Costa descritas anteriormente pueden ubicarse en la clasificación de costas propuestas en 1948 por Shepard (1973). La clasificación es esencialmente descriptiva y se basa en el aspecto más relevante de la historia de la costa así como en el factor más dominante. En el Cuadro III se indica la clasificación aplicada a la costa de la Cordillera.

Valentín (1952) propuso un sistema de estudio de costa desde un punto de

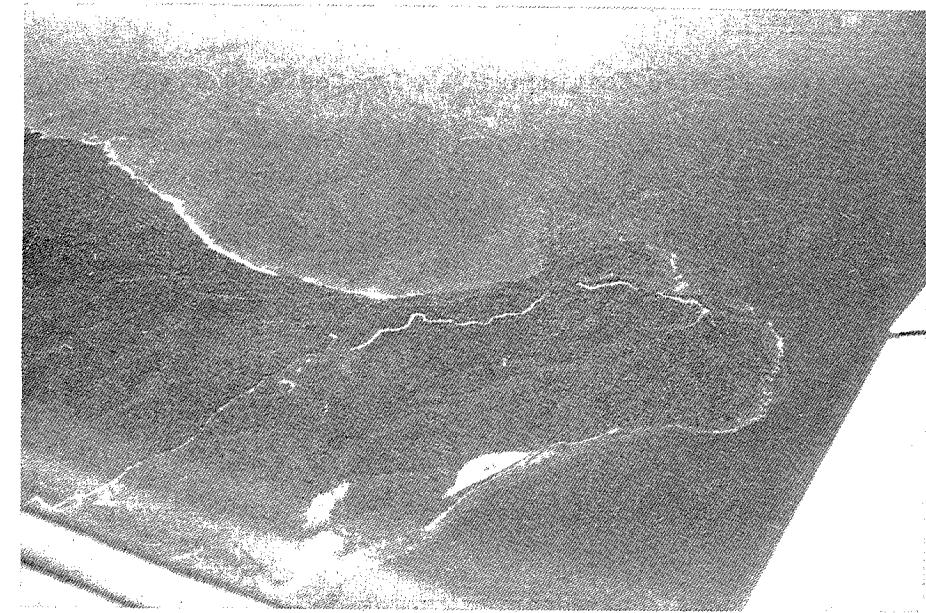
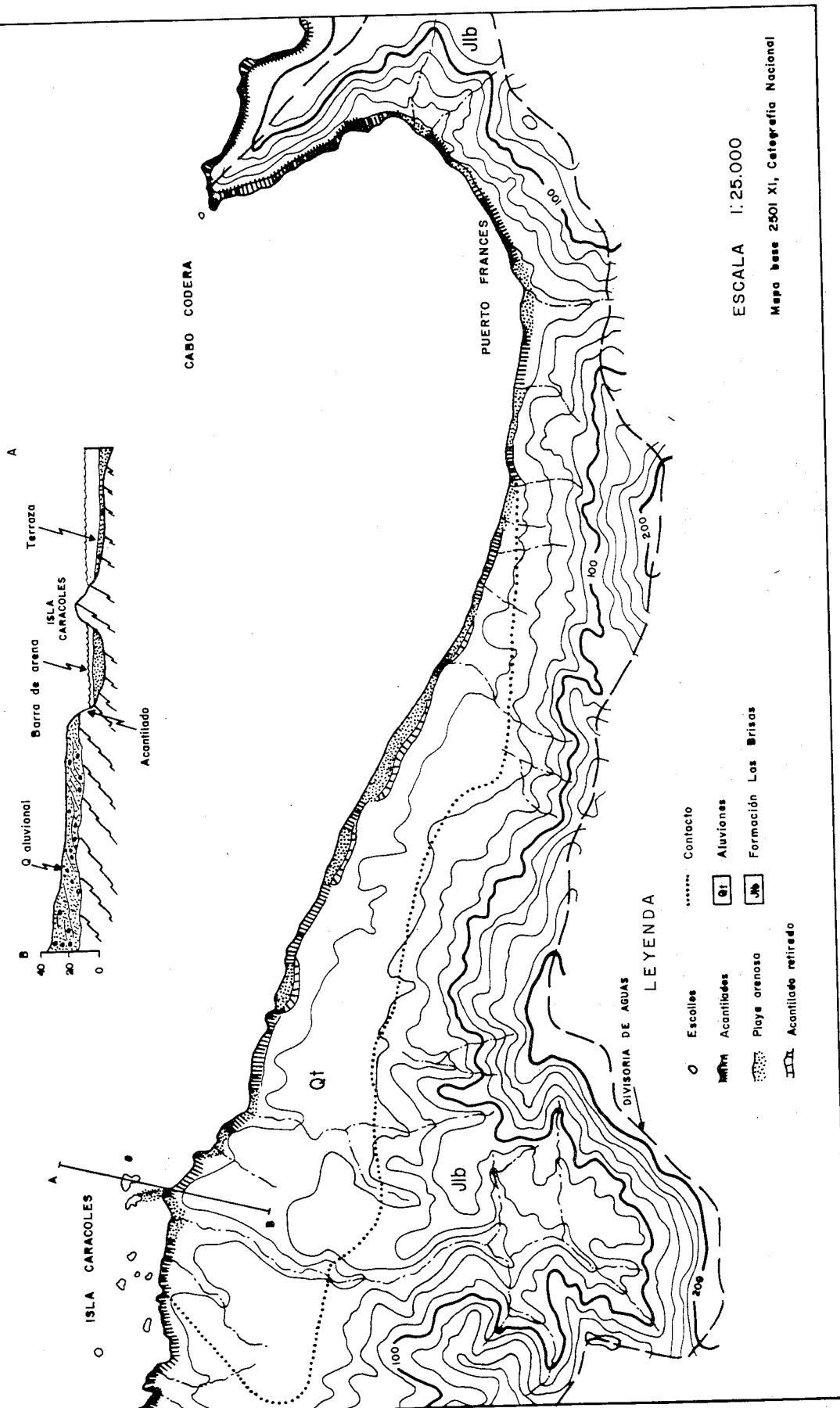


Figura 37. Tramo de Cabo Codera. Vista aérea. Playas de Puerto Francés, acantilados en el cabo, escollos en el extremo nor-oeste y zona de lagunas litorales de Carenero.

vista dinámico, en el cual se puede analizar la variación del estado de la costa. El diagrama (Fig. 38) conocido como diagrama de Valentín, donde el centro del círculo (punto 0) es un punto perfectamente estático. La línea ZOZ' marca una bisagra en la cual la costa ni avanza ni retrocede bien sea porque la emergencia es anulada por la erosión (OZ) o porque la sumersión es cancelada por la deposición (OZ'). Los cambios más marcados ocurren en la línea AOR; en A la costa avanza rápidamente por emergencia y deposición. En R el mar avanza por hundimiento y erosión. El avance de costa efectivo ocurre en las zonas limítrofes de Puerto Cabello y Carenero. Hay un avance discreto en el Tramo de Macuto (V) donde los conos de deyección avanzaron rápidamente durante la glaciaciación y han sido progresivamente inundados por el ascenso del nivel del mar, pero todavía se puede considerar como ganancia efectiva de territorio al mar (Maloney, 1965). La costa más retirada es la de los tramos de Cata y Puerto Cruz donde además del hundimiento actúa la erosión. Los otros tramos están afectados por levantamiento y erosión aunque retroceden más rápidamente los acantilados desarrollados sobre rocas sedimentarias (eje. Cabo Blanco y Chuspa).

La variación del nivel del mar durante el lapso Pleistoceno-Holoceno y las pulsaciones tectónicas que han afectado la Cordillera han dejado huellas. Weisbord (1957) encuentra terrazas levantadas a varios niveles de 3-5, 62, 80 y 135 m., en el área de Cabo Blanco. Schubert (comunicación personal), menciona que en Choroni (Tramo de Cata) hay una terraza levantada a unos 30 metros sobre el nivel del mar.

Cuadro III - Clasificación de la Costa de la Cordillera Segundo Shepard

Costa Primaria (modelada por agentes continentales)

- a) Costa de erosión Continental 1) Costa de Ría, tramo de Cata (I)
- b) Costa de deposición continental 1c) Costa compuesta de conos aluvionales Macuto (V)
- d) Costa de tectonismo la) Falla paralela a la costa tramo de Puerto La Cruz (II)

Costa Secundaria (modelada por agentes marinos)

- a) Costa de erosión por olas 1a) Acantilados de rumbo subparalelo
- la.a) en rocas metamórficas tramos de Carayaca (III)  
Los Caracas (VI)  
Cabo Codera (VIII)  
Cabo Blanco (IV)  
Chuspa (VII)
- la.b) en rocas sedimentarias tramos de

b) Costas de construcción marina y por organismos marinos

- 4) Costa de manglares tramos de Puerto Cabello  
Carenero

Los números entre paréntesis se refieren a la Fig. 16.

CONSIDERACIONES SEDIMENTOLOGICAS

La Cordillera de la Costa tiene un área muy reducida de unos 8.500 km<sup>2</sup> con drenaje hacia el mar. El drenaje es sobre una provincia de rocas metamórficas, con pendiente fuerte, clima tropical húmedo y cubierta por una densa vegetación. Las playas están desarrolladas sobre sedimentos antiguos, material sedimentario Holoceno y con sedimentos de los ríos que drenan la Cordillera. El material de las playas es retrabajado por el oleaje y arrastrado por la corriente de deriva litoral generada por los alisios. Las playas están formadas por material grueso o sea depósitos de retardo remanentes del cernido del material fino en proceso de migración.

Para tener una idea de la distribución de los sedimentos a lo largo de la costa, se tomaron muestras en 38 quebradas, 30 playas y 72 muestras (Fig. 38) de fondo marino en las proximidades de la costa.

Condiciones de Sedimentación

Los factores que controlan la acumulación de sedimentos en una cuenca son: aporte de sedimentos continentales (terrigenos T), energía del ambiente

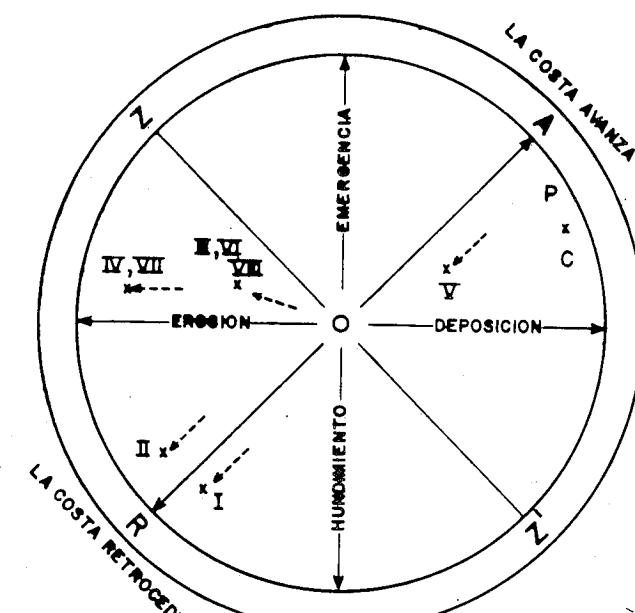


Figura 38. Diagrama de Valentín  
Este diagrama señala las variaciones que deben afectar una costa. Los tramos de la cordillera corresponden a un retroceso de línea de costa. El tramo de Macuto un leve avance, Puerto Cabello y Carenero un avance más efectivo.

- I Tramo de Cata
- II Tramo de Puerto La Cruz
- III Tramo de Carayaca
- IV Tramo de Cabo Blanco
- V Tramo de Macuto
- VI Tramo de Los Caracas
- VII Tramo de Chuspa
- VIII Tramo de Cabo Codera
- P=Puerto Cabello
- C=Carenero

de sedimentación tales como olas y corrientes (E), aporte sedimentario autóctono a la cuenca debido a actividad biológica (B), la capacidad de subsistencia, tectonismo y/o variaciones eustáticas del nivel del mar (S). Una vez definidos estos factores las condiciones de sedimentación para la cordillera puede expresarse con la siguiente desigualdad, con validez en la zona costera.

$$\text{Sedimentación (T + B)} \angle \text{Erosión (E + S)}$$

La subdivisión de los acantilados en orientales y occidentales coincide con dos provincias geomorfológicas del margen continental próximo a la Cordillera.

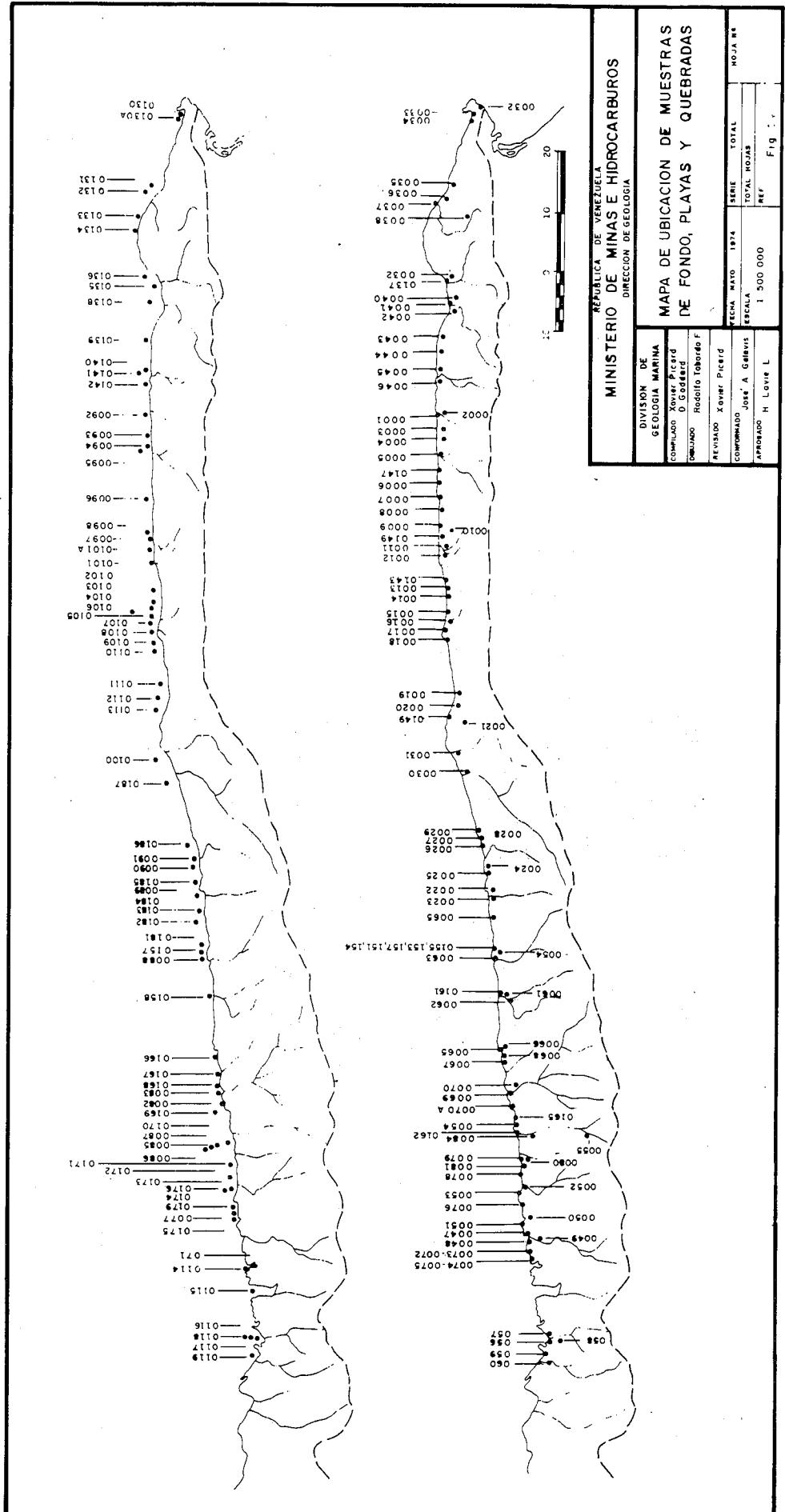


Figura 39. Mapa de ubicación de muestras de fondo, playas y quebradas.

Al Este se encuentra la Meseta de La Guaira (Maloney, 1967) y al Oeste la cuenca de Turiamo, separados por el cañón del río Mamo, hecho señalado por Sellier de Civrieux (1969), Galavis y Louder (1970) y Aguerrevere (1972). Frente a la Meseta de La Guaira están los acantilados con plataforma de erosión por olas y frente a la cuenca de Turiamo están los acantilados sumergidos, esto influye sobre el factor E y condiciona una clasificación geomorfológica para el estudio de la sedimentación.

#### SEDIMENTOS DE LOS ACANTILADOS OCCIDENTALES

El oleaje incide directamente contra los acantilados occidentales prácticamente sin rompiente ya que no tocan fondo. Las playas existentes son las desarrolladas sobre los conos aluvionales y derrumbes. Las playas arenosas más conocidas por su utilización recreacional son las de Ocumare, Cata y Choroní. Los sedimentos son esencialmente de cuarzo y feldespatos con micas y minerales accesorios. Hay actividad biológica de corales y manglares en algunos valles inundados (Fig. 18).

#### Playas en los Valles Aluvionales

Las playas en los valles aluviales de la cordillera están construidos sobre sedimentos fluviales. Los del tramo de Cata están mejor desarrollados debido a que los ríos tienen un área de drenaje relativamente amplia sobre rocas del Grupo Caracas (Fig. 18). Hay correlación entre la extensión de los aluviones y el área de drenaje del cauce respectivo, como puede verse comparando el valle relleno por aluviones del río Ocumare y la bahía profunda, con escaso drenaje de Turiamo. La acción del oleaje y las corrientes litorales construyen con los sedimentos fluviales una playa cóncava hacia el mar, de radio amplio.

La incidencia oblicua de los alisios produce un frente de olas que incide sobre los valles aluviales (y entrantes de la cordillera) directamente en el extremo oeste, allí el agua se apila y se forma un gradiente hidrostático disminuyendo hacia el este. Este desnivel hidrostático produce una corriente paralela a la costa que tiende a compensar el desequilibrio (Fig. 40). Si se considera el fenómeno regionalmente, al encontrar la corriente de deriva litoral un entrante, se forma un remolino dentro de la ensenada, en dirección contraria a la corriente litoral. Este patrón de energía produce una zonación de tamaños de grano a lo largo de la playa: grano grueso en el lado oeste y grano fino en el lado este. El frente de olas de los alisios no es único (Hernández, 1973); la existencia de frentes de diferentes procedencias produce patrones de interferencia que se reflejan en la playa formando medias lunas con grano fino en el centro y grano grueso en las puntas. El río es llevado por este patrón de energía a desembocar en el lado este del valle, salvo cuando está protegido de la acción marina. El efecto de las mareas sobre las playas no ha sido observado puesto que el rango es entre 0.25 y 0.50 metros.

En el perfil ideal de las playas (Fig. 40) el área comprendida normalmente entre la rompiente primaria y la rompiente secundaria está comprendida y solo existe una rompiente casi en la zona de colisión con el flujo laminar de retorno en el vaiven. La amplitud de esta zona es variable según las playas, pudiendo existir una zona de marejada entre el rompiente primario y secundario.

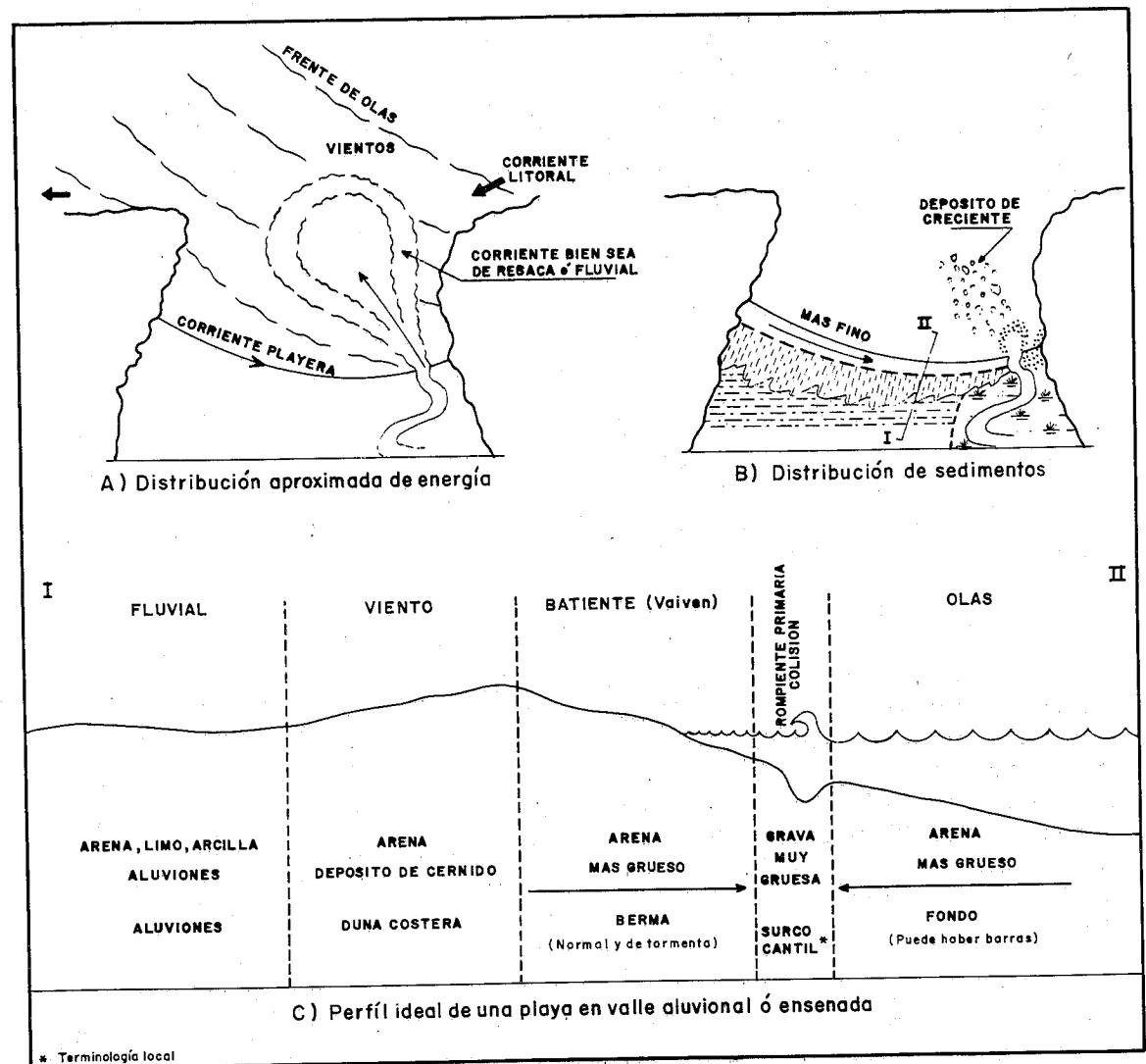


Figura 40. Morfología ideal de una playa en valle aluvional o ensenada de la Cordillera de la Costa. El perfil de playa contiene ideas de Ingle (1966). El espectro de olas incidentes sobre la cordillera incluye otros frentes de olas además del de los alisios.

En el perfil indicado hay una concentración de energía que permite la acumulación de material grueso en el surco.

Los sedimentos que forman las playas provienen de la erosión de los acantilados (material grueso), de la deriva litoral (material arenoso fino) del aporte fluvial (material heterogéneo) y material calcáreo de la actividad biológica (donde ésta prolifera). Los gradientes de energía descritos redistribuyen este material a lo largo de la playa de acuerdo al perfil de la misma. Los sedimentos de la playa son eventualmente arrastrados por corrientes de resaca, flujos de creciente del río u otro mecanismo hacia profundidades donde

no pueden ser reincorporados al ciclo de playa, generalmente van a un cañón submarino (Fig. 19). Parte del material fino puede ser erosionado por deflación eólica y acumularse más lejos en forma de dunas. Las arenas de playa son en general moderada a bien escogidas (Folk, 1959).

A principios de 1972 en la desembocadura del río Puerto La Cruz (Fig. 41) se estaba construyendo una barra en forma de media luna típica de desembocadura de delta en un flujo hipocéntrico o sea, densidad de flujo menor que la densidad de la cuenca receptora (Bates, 1953). La barra de media luna formada a expensas de la carga del fondo del río avanzaba sobre un conjunto

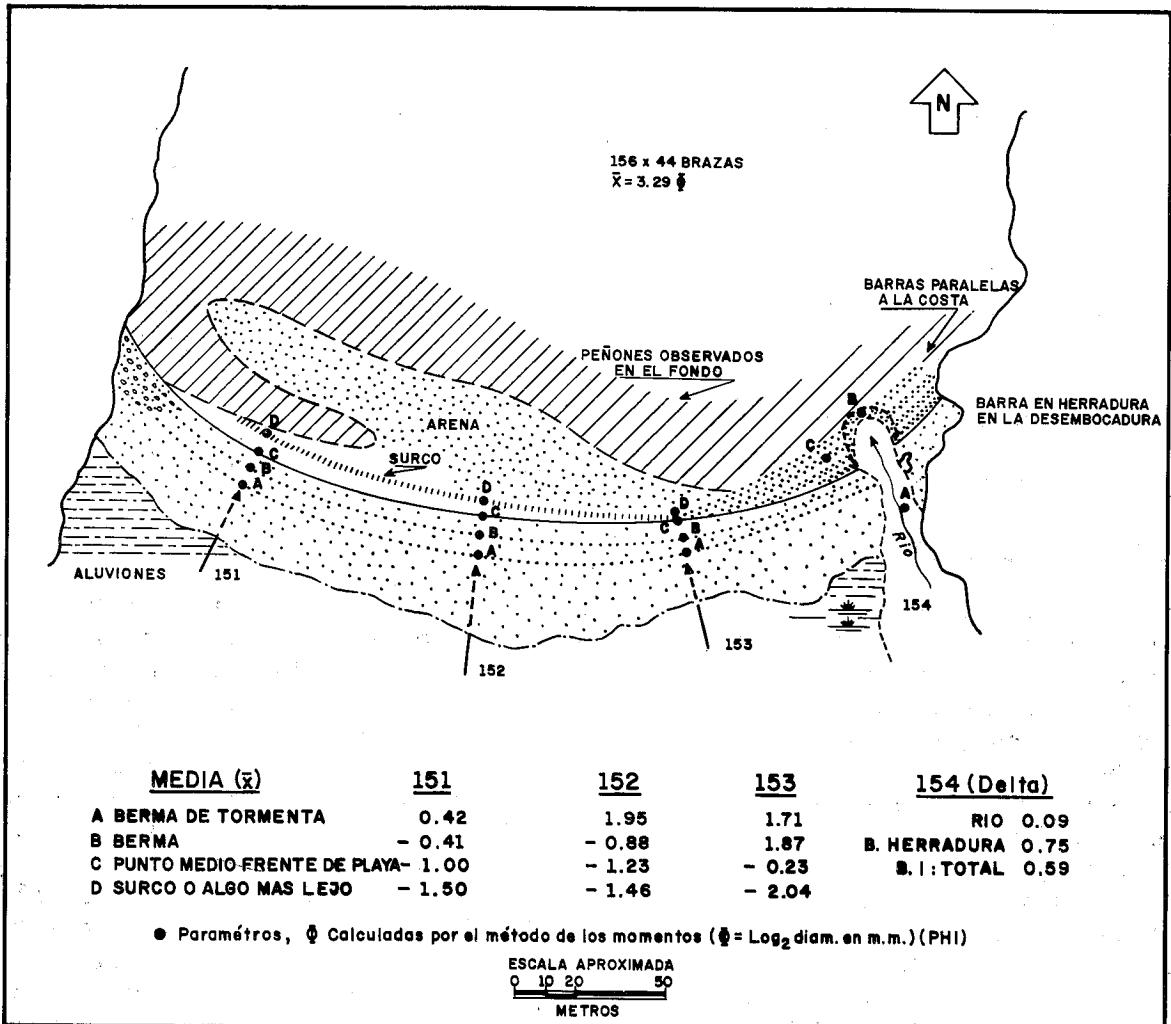


Figura 41. Distribución de los sedimentos en la playa del valle aluvional de Puerto La Cruz D.F., el 7 de marzo de 1972. El río formaba un delta sobre un conjunto de barras paralelas a la costa. La berma es más gruesa en el extremo oeste y el surco tiene granos gruesos más cerca de la desembocadura del río.

de rizaduras paralelas a la costa, probablemente construidas durante una fase de menor descarga fluvial. En otras oportunidades de visita a Puerto La Cruz, las condiciones de energía del ambiente de sedimentación (olas) y el

aporte de sedimentos (carga de fondo) no era adecuada para formar un cuerpo sedimentario como el observado en marzo de 1972 (Fig. 42).

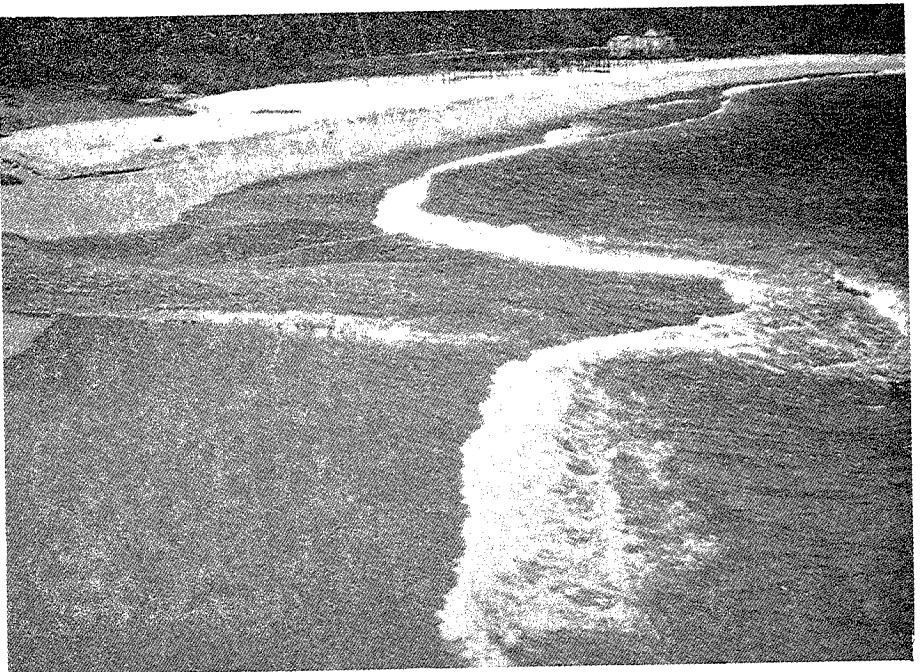


Figura 42. Playa de Puerto La Cruz D.F., el 7 de marzo de 1972.

#### Playas en los Acantilados Occidentales

Los factores que afectan a la desigualdad de sedimentación expresada como  $(T + B) < (E + S)$  en la cordillera de la costa pueden variar en tal manera que producen microambientes efímeros como el descrito en Puerto La Cruz (factor tiempo). En la parte oeste del tramo de Cata las condiciones son apropiadas para el desarrollo de corales y lagunas con manglares (Ciénaga de Ocumare, Turiamo, ensenada Yapascua, Patanemo, etc.). Todos estos factores producen gran diversidad de ambientes, y la investigación de los que tengan actividad biológica notable deberían ser objeto de un estudio detallado a fin de averiguar sus condiciones de equilibrio. En el segmento occidental hay a demás "playas" desarrolladas sobre derrumbes y conos aluvionales especialmente en el tramo de Puerto La Cruz (Fig. 22, 23). El material ciclópeo (más de 1 metro de diámetro) que llega a la línea de playa puede eventualmente en caso de tormenta (?) ser arrastrado hacia el mar y caer en algún cañón submarino donde será transportado hacia las profundidades de la cuenca de Turiamo. Hay además en algunas playas ciertos desarrollos de roca de playa reseñados por Goddard y Picard (1973).

#### Sedimentos de Fondo, Acantilados Occidentales

Los sedimentos de fondo analizados son arenas finas con escogimiento moderado y una simetría hacia lo grueso (Folk, 1959). El tamaño promedio varía entre  $3.8\phi$  y  $0.2\phi$  (25 muestras) con media  $2.5\phi$ . Su composición es esencialmente de cuarzo con proporciones variables de materiales terrígenos lábiles y  $\text{CaCO}_3$  de origen biogénico. Las muestras fueron tomadas cerca de la costa

y en los histogramas de frecuencia se observa que hay muestras bimodales, debido a la mezcla del aporte continental y de material fino, limo y arcillas probablemente aportado por las corrientes marinas. Hace falta un estudio sistemático con mayor densidad de muestras que el realizado en este trabajo, para obtener una mayor visión sobre la distribución de sedimentos costa afuera de la cordillera. Con el muestreo realizado (Fig. 39) se busca averiguar la dependencia entre los sedimentos de fondo próximo a la cordillera y los sedimentos aportados por el drenaje de la misma.

#### SEDIMENTOS EN LOS ACANTILADOS ORIENTALES

Las playas desarrolladas en los acantilados orientales reflejan la influencia de la distribución geográfica de cuerpos sedimentarios del terciario superior, Grupo Cabo Blanco y Capas de La Sabana, de los conos aluviales piemontinos en el Tramo de Macuto y los conos aluvionales de Naiguatá y Camurí Grande en el Tramo de los Caracas. Todos estos cuerpos sedimentarios están asociados con el tectonismo y levantamiento de la Cordillera de La Costa. Los sedimentos acumulados se caracterizan por ser conos aluvionales piemontinos y otros son playas las cuales se forman en valles aluvionales, en los entrantes y ensenadas derivadas de las variaciones locales en la migración de las arenas arrastradas por la corriente de deriva litoral (Fig. 40).

#### Playas en Rocas Sedimentarias

El área de mayor acumulación de sedimentos Plio-Pleistoceno, comprendida entre el río Mamo y Tanaguarena coincide con el área de mayor influencia tectónica y mayores elevaciones de la Cordillera. La Falla de Tacagua parece ser el límite occidental de la zona y puede estar alineada con el cañón del río Mamo. Los sedimentos acumulados en esta zona comprenden conglomerados "ciclópeos" término aplicado a aquellos que tengan cantos rodados de más de 1 metro cúbico, y conglomerados, arenas, limos y arcillas, típicos de conos aluvionales (Bull, 1972). En Cabo Blanco la sedimentación marina y litoral quedó expuesta por tectonismo, donde luego se continuó acumulando aluvión piemontino (como en Macuto, Naiguatá y Camurí Grande). En el último período glacial el nivel del mar estaba unos 50 metros más bajo que el actual lo cual facilitó la progradación de los aluviones hacia el norte.

La composición litológica de los conos aluvionales es de gravas guijarrosas en capas gruesas con lechos de peñones a veces ciclópeos, intercalados de gravas, arenas, limos, arcillas mal estratificados. Las gravas están frecuentemente imbricadas y tienen alta proporción de matriz limo-arenosa. La composición de los cantos rodados es muy variable pero predominan los gneises félidos, esquistos cuarzo micáceos, rocas verdes y gran cantidad de cuarzo, feldespato, moscovita y minerales ferromagnesianos en la fracción arenosa.

Las playas desarrolladas sobre esta provincia geomorfológico-sedimentaria son depósitos de retardo producidos por cernido del material fino del frente del acantilado erosionado, el material que queda, retardado en su movimiento, es grueso y consta de peñones, guijones y rocas grandes como ocurre desde Tanaguarena hasta el río Mamo (Fig. 30). La fracción fina es incorporada al material transportado por la corriente de deriva litoral y migra continuamente hacia el oeste; a veces es atrapada temporal o permanentemente a lo

largo de su trayecto.

Las playas que son utilizadas para recreación son por lo tanto trampas de arena de dos tipos; las playas en ensenadas naturales, (Catia La Mar y La Zorra), o en las trampas artificiales como el Balneario de Los Caracas, Macuto, Marina Grande.

La segunda región de sedimentos Plio-Pleistoceno es la del tramo de Chuspa donde afloran las capas de La Sabana. Las capas de La Sabana representan conos aluvionales piemontinos, posiblemente asociado a un drenaje más largo que el de la zona Cabo Blanco-Macuto. Tienen capas de conglomerados de guijarros y guijones (6 a 25 cm) pero no se observaron conglomerados de peñones en el frente de acantilados. El área de drenaje desarrollados sobre ellos es más amplia que en los de Cabo Blanco y Macuto lo que contribuye a que las playas al pie de los acantilados desarrollados sobre estos sedimentos sea de grava y arenas.

La playa rectilínea de Chirimena, tiene corrientes de resaca o retorno en numerosos lugares. Más hacia el noroeste, entre Punta Maspalito y Chuspa las playas son del tipo trampa arenosa en ensenadas; estaciones de relevo de la deriva litoral hacia el oeste. Desde Chuspa hasta Todasana se repiten playas rectilíneas arenosas-guijarrosas sobre las que las olas inciden de frente y se producen corrientes de resaca.

#### Otras Playas-Acantilados Orientales

Las playas más comunes después de las playas de "retardo" son aquellas formadas en las trampas de arena de las ensenadas y entrantes. La arena se acumula por el mecanismo sugerido (Fig. 40). A lo largo de la Cordillera, hay una corriente litoral producida por la incidencia oblicua a la costa del frente de olas generado por los alisios. El segmento oriental que posee una plataforma continental amplia (Fig. 5) donde la corriente litoral arrastra arena por distancias considerables, y se acumula en entrantes durante períodos cortos. Hay seguramente rasgos geomorfológicos a lo largo de la plataforma cercana a la costa que interrumpen y drenan este flujo de arena. Para ilustrar este proceso, un observador colocado en el mirador de Los Caracas puede ver hacia el este la desembocadura del río Botuco y la turbidez del agua entre el rompiente y la desembocadura; el agua turbia migra hacia el oeste dando vuelta a la punta. En la playa del río Botuco hay grava, guijones y peñas observables en la fotografía tomada desde el punto de observación (Fig. 43). La arena es transportada de modo similar hacia el oeste, pero como carga de fondo; puede observarse la playa (trampa de arena) artificial inmediatamente desde la punta de El Mirador. Allí el frente de olas que incide sobre los rompientes se quiebra y sufre difracción amortiguando su velocidad e introduciendo por este mecanismo arena dentro de la ensenada. Al oeste de esta playa desemboca el río Los Caracas que provee más sedimentos al río de arena de la corriente de deriva litoral.

Hacia el oeste de arrecifes, en el tramo de Carayaca, la arena que se mueve en la corriente de deriva litoral proviene del río Mamo y se acumula en los entrantes favorables (Fig. 25). En el sitio denominado La Salina, hay una roca de playa muy bien desarrollada (Fig. 26) la cual se puede observar en las fotografías aéreas; estas rocas de playa están asociadas a un cono de deyección

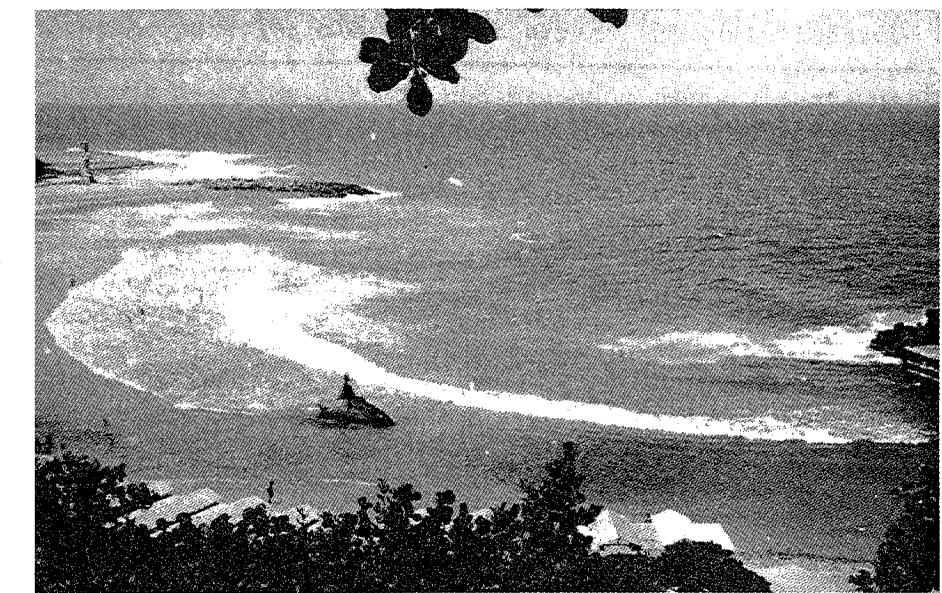
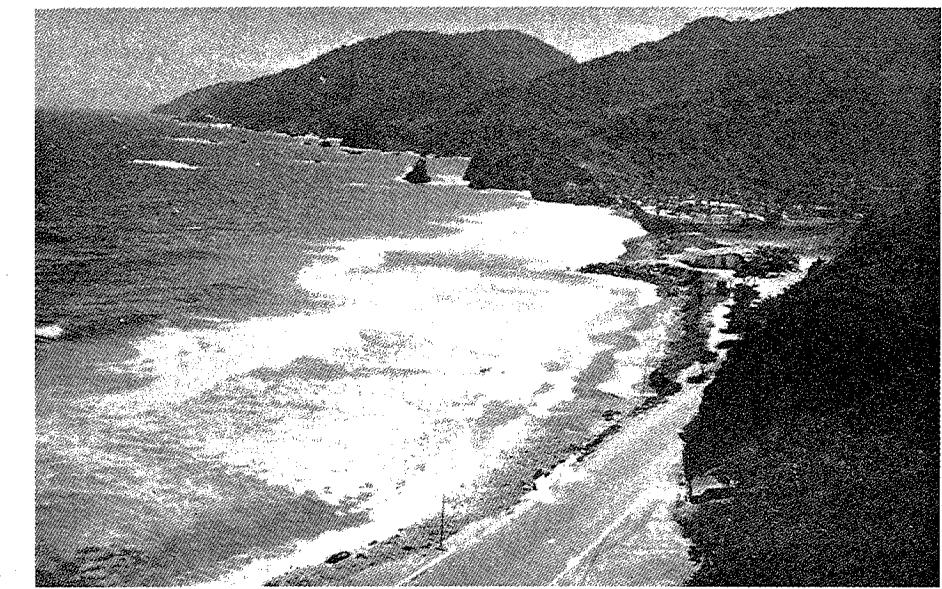


Figura 43. Playas de Los Caracas en el tramo del mismo nombre, para ilustrar el efecto de la corriente de deriva litoral.

que produjo la trampa favorable, se depositó arena y se formó una laguna litoral muy efímera, La Salina, con dunas playeras (desafortunadamente para el geólogo, hoy está urbanizado), todo esto favoreció la formación de la roca de playa y al desarrollo de un saliente. La roca de playa de La Salina es una roca formada por la precipitación del  $\text{CaCO}_3$  del agua dulce, subterránea, actuando como cemento en el lugar de contacto con el agua marina (Goddard y Picard, 1973). El fondo al frente de La Salina es de arena en proceso de mineralización transportada por la corriente litoral (Fig. 44).

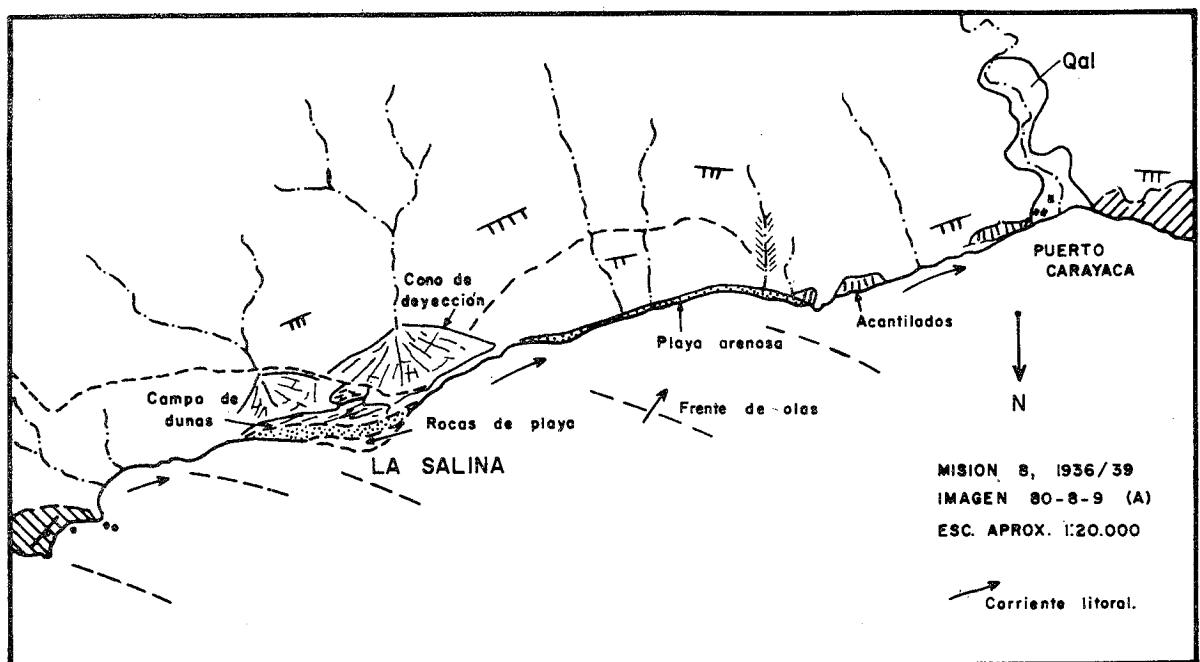
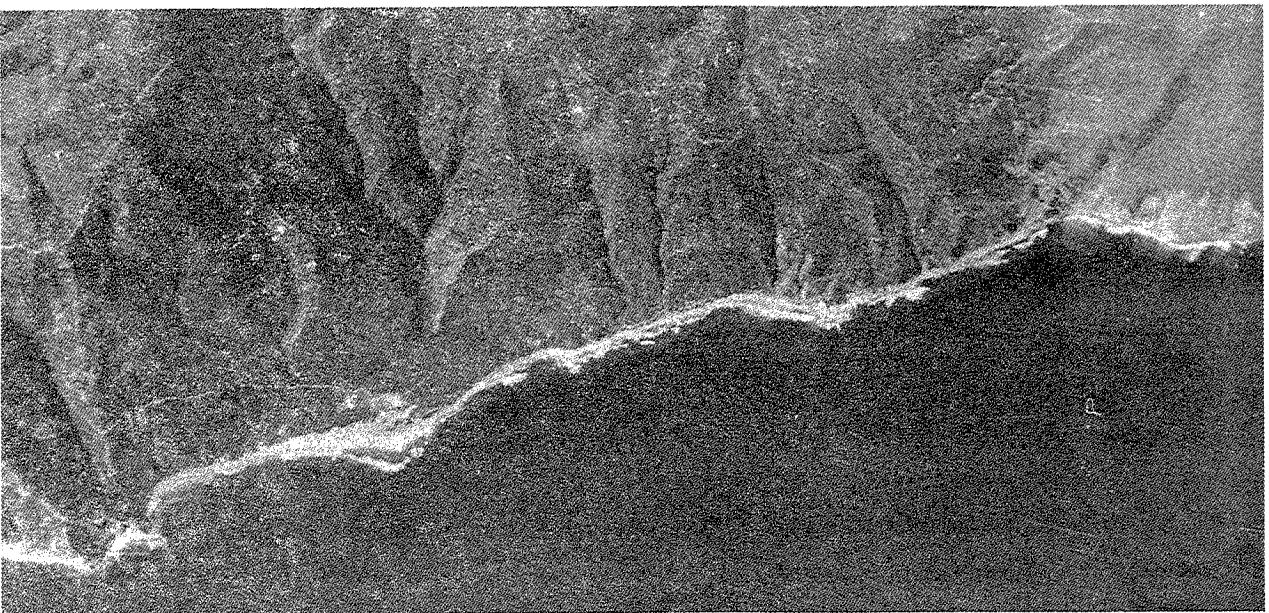


Figura 44. Playas en el Tramo de Carayaca, producidas por acumulación de arena en proceso de migración en la corriente litoral.

#### Sedimentos de Fondo, Acantilados Orientales

Los sedimentos de fondo recuperados en el frente de acantilados orientales son arenas finas con escogimiento moderado y asimetría hacia lo grueso (Folk, 1959). El tamaño promedio de 29 muestras varía entre 0,78 $\phi$  y 3,96 $\phi$  con

una media de 2,05 $\phi$  (arena fina). El escogimiento varía entre 1,62 $\phi$  y 0,49 $\phi$  (pobre a bueno) con media de 0,99 $\phi$  (moderado). Las muestras fueron tomadas a lo largo de 120 kilómetros de costa o sea una muestra por cada 4 km. La composición es de cuarzo con proporciones variables de terrígenos y CaCO<sub>3</sub>. Un análisis de muestras considerando como variable a los factores granulométricos señala una correlación geográfica de 6 muestras alrededor de Punta Caraballeda (correlación = 0,934 significativa a 95%). Las otras correlaciones obtenidas se deben a otros factores, no relacionados geográficamente. En las muestras de fondo del segmento occidental no se observó correlación atribuida a geografía. Los factores que condicionan la granulometría no son de tipo geográfico y la densidad de muestreo no permite obtener otras conclusiones al respecto.

#### COMERCIALIZACION DE ARENA DE PLAYA

A lo largo de toda la Costa de la Cordillera se acostumbra extraer arena en las playas para diversos fines entre los cuales se contemplan los siguientes:

- 1) Agregado para los bloques de concreto (Distrito Federal).
- 2) Agregado de materiales de construcción (Generalmente utilizada incorrectamente, sin desalar).
- 3) Gravas seleccionadas para filtros industriales.
- 4) Gravas y arenas para filtros de rejillas de pozos.
- 5) Piedras (cantos rodados) para uso ornamental (Playa el Tigrillo).

La Dirección de Minas de este Ministerio ha otorgado permisos de explotación y fiscaliza las labores de extracción con la cooperación de las Capitanías de Puerto Correspondientes a cada Jurisdicción. La División de Geología Marina ha sido consultada en varias oportunidades. A la luz de los conocimientos adquiridos durante la realización de este estudio, todavía no se pueden proponer soluciones definitivas. Para ello se requiere un estudio más detallado en las áreas específicas, en las cuales es recomendable considerar los siguientes aspectos:

- 1) Descarga fluvial y porcentaje de sedimentos del drenaje asociado a una playa. Se conoce empíricamente la influencia del clima (lluvia) sobre la presencia o no de arenas en una playa.
- 2) Patrón regional de la corriente de deriva litoral y localización de los sitios de drenaje del "río de arena" para otorgar permisos de extracción "aguas arriba" del drenaje, en un punto cercano de este.
- 3) Conocer el volumen estimado de arena de la playa considerada:

Apunte fluvial + Apunte de deriva - Drenaje de deriva - Volumen comercializado = Remanente de arena en la playa.

- 4) Factores socio-económicos. Estos obligan a los operarios de extracción a trabajar en playas no reglamentadas o a operar aun cuando el agente no tenga su permiso en regla (Fig. 45).



Figura 45. Extracción de grava en playas del Tramo de Los Caracas, al pie del talud de relleno de la Carretera de La Costa.

Los factores que controlan el transporte de sólidos en la deriva litoral son numerosos, al efecto Font (1973) señala que la capacidad de transporte de sólidos por el oleaje sobre una playa rectilínea de arena, es función del ángulo de incidencia del oleaje en aguas profundas. Cuando el transporte real iguala a la capacidad de transporte, la playa es de arena. La capacidad máxima de transporte del oleaje ocurre para ángulos de  $45^{\circ}$  a  $50^{\circ}$ , para otros ángulos el transporte real es una fracción de la capacidad de transporte.

En el Litoral Central (Los Caracas-Arrecifes) se estiman unos  $800 \text{ m}^3/\text{día}$  la capacidad de transporte sólido litoral del oleaje  $300.000 \text{ m}^3/\text{año}$ , (Font, 1973). Una playa totalmente de arena se forma cuando el transporte real es igual a la capacidad de transporte. En el Litoral Central no hay playas arenosas notables, lo que sugiere un volumen real transportado muy inferior a la capacidad. Esto condiciona la erosión de la arena, dejando playas con rocas. Si se extrae arena al transporte real, la desigualdad se hace mayor, y aumenta la capacidad de erosión.

Es evidente que la extracción de arena si afecta el volumen de arena existente en una playa. Falta investigar cuales playas tienen más probabilidades de poseer volumen de arena favorable, y analizar cuidadosamente cada caso para evitar destruir situaciones de equilibrio. Es probable que tengan impacto las variaciones climáticas que afectan el aporte fluvial sobre los volúmenes de sedimentos que introducen al sistema.

Un caso de sedimentación ocurrió en Camurí Grande, la ensenada artificial

se fue rellenando por refracción (Galavis, 1973, comunicación personal). La arena allí acumulada fue dragada por el MOP y utilizada para alimentar de arena a las playas artificiales en Playa de Los Angeles a sotavento de Camurí Grande. Según Shepard (1973) "las modificaciones que se efectúan a lo largo de una costa, tienden a alterar las situaciones de equilibrio que allí existían". Anota que "la construcción de malecones, muelles u otros tipos de estructuras de protección para desarrollar puertos en un punto de una costa rectilínea ha tenido efectos desastrosos en muchas playas". Menciona varios ejemplos en la costa de California, U.S.A., como en Santa Bárbara donde la construcción de un puerto fue severamente amenazada de sedimentación excesiva, ya que se constituyó en trampa de arena que interrumpía el flujo normal de arena a lo largo de la playa. Esto produjo sedimentación dentro del puerto y erosión de la playa aguas abajo del puerto en la dirección de la corriente litoral. Fue necesario que el cuerpo de Ingenieros de U.S.A. estableciera un sistema de succión de arena en el puerto y de transporte hasta la playa afectada, en volúmenes similares al existente antes de construir el puerto. La "construcción de canales de navegación cortando islas de barrera también es desastrosa".

#### MINERALES PESADOS

Se estudiaron los minerales pesados de las muestras recogidas a lo largo de la Costa de La Cordillera para averiguar relaciones probables entre la fuente de sedimentos y la dispersión de sedimentos cerca de la costa. Se tomaron muestras en las quebradas, cerca de su desembocadura al mar ya que en ese lugar está representado lo que el drenaje ha recogido en el área drenada y es una muestra integrada de los sedimentos incluyendo minerales pesados que llegan a la cuenca luego de la meteorización y erosión. Los minerales inestables no llegarán a la cuenca y en cambio si pueden estar presentes en muestras de roca que puedan seleccionarse al efecto (Galehouse, 1967). Además de las muestras de las quebradas se tomaron muestras de playa y de fondo (Fig. 39). Se identificaron 16 minerales pesados agrupados en minerales de origen metamórfico tales como epidotos, anfíboles, granates y cloritas, óxido de hierro y titanio, y especies misceláneas tales como círcón y turmalinas.

#### Grupo del Epidoto

El epidoto es el mineral pesado más abundante en los sedimentos estudiados. Los granos son angulares, muestran poca abrasión y es común encontrar granos euhedrales. Los colores varían mucho, desde verde claro, verde oscuro, verde pistacho (pistacita) a amarillos claros e intensos, a veces son mate y otras transparente. La variación de colores parece ser debida a las diferentes proporciones en el contenido de hierro del epidoto. Llegan a formar parte considerable en algunas arenas, concentrada en forma laminada en arenas de playa. Además del epidoto es frecuente encontrar zoizita en cantidades subordinadas; se le identificó por sus colores de interferencia anormales. Se han observado algunas inclusiones de rutilo en el epidoto.

La distribución geográfica de la frecuencia del epidoto a lo largo de la región se indica (Fig. 46). Se puede observar que la distribución es más sencilla en el segmento occidental que en el oriental y que la proporción de

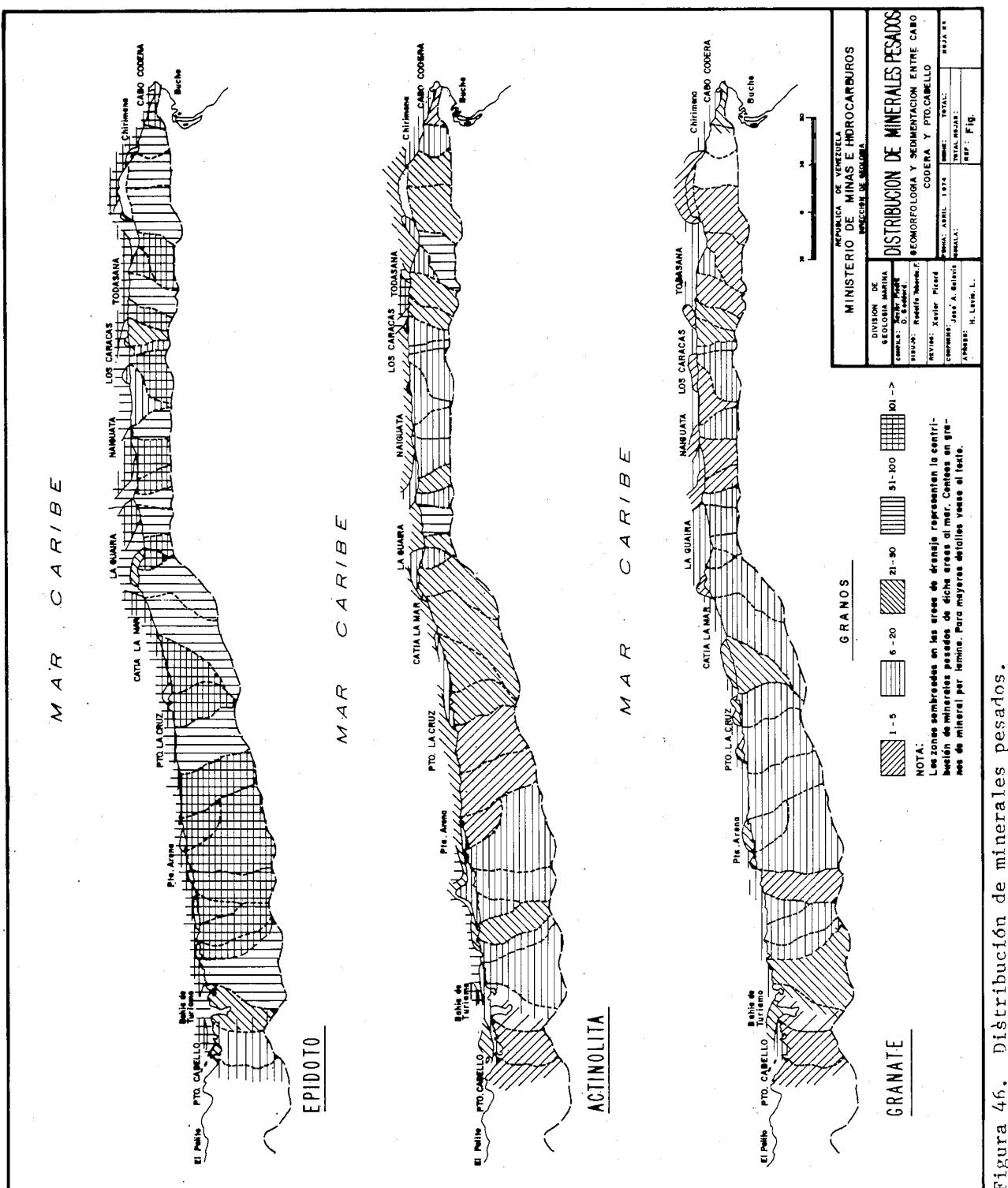


Figura 46. Distribución de minerales pesados.

epidoto aumenta en los sedimentos de fondo. En el segmento oriental se puede apreciar además desfasamiento entre las proporciones existentes en la fuente de origen con relación a la existencia en las muestras de fondo, ocasionado por la corriente de deriva litoral hacia el oeste.

#### Anfíboles

En los sedimentos estudiados el anfibol más abundante, es el de la serie actinolita-tremolita, o sea el anfibol metamórfico asociado a rocas cárreas; este es el más común en las anfibolitas de las formaciones Tacagua y Nirgua. Su coloración varía de completamente transparente (tremolita, con menos de 2% de hierro) hasta el verde muy oscuro, casi opaco de la actinolita con exceso de hierro. Los granos forman agregados aciculares y muestran estriaciones y extremos truncados. Se han observado algunos ejemplares con inclusiones de rutilo. La tremolita se observó en algunas muestras de las quebradas, en el tramo de Macuto; el resto de las muestras contienen actinolita verde a verde oscuro.

La distribución geográfica de la actinolita (Fig. 46) está indicada. Se puede observar que en el segmento de acantilados orientales hay una mayor frecuencia que en el occidental. Las muestras con más abundancia de actinolita provienen del fondo frente a Oritapo y en las quebradas cerca de La Guaira. En el segmento occidental comienza a notarse dicha abundancia en las muestras de fondo frente a la zona de afloramientos de la Formación Nirgua. En general se observa también un aumento de frecuencia en las muestras de fondo comparadas con las de las costas y quebradas. Se identificó además hornablenda verde-marrón, sin embargo el mineral es escaso en los sedimentos estudiados. Hay una concentración de hornablenda de más de 20 gramos por lámina en las muestras 30 y 187 que corresponden al Río Mamo, el cual drena un área con rocas básicas (Fig. 5). El glaucofano, otro anfibol metamórfico mencionado en la Cordillera de la Costa (Dengo, 1951) fue encontrado en tres muestras muy bajas.

#### Granates y Cloritas

El granate hallado en los sedimentos estudiados es el granate almandino y aparece regularmente en todas las muestras. Los granos son irregulares, fracturados, algunos euhedrales, con coloraciones rosadas a incoloros. Está asociado con la ilmenita en las laminaciones de minerales pesados y en las acumulaciones de arena negra frecuente en muchas playas, donde se puede observar una aureola de granates alrededor del cuerpo de arena negra. La distribución geográfica, de la frecuencia del granate se ilustra (Fig. 46). Hay menos frecuencia de granates en el segmento oriental que en el occidental, esto puede ser debido al hecho de que en el segmento occidental aflora cerca de la costa la Formación Nirgua, en la que se mencionan eclogitas graníticas. Deberían haberse encontrado en los sedimentos relacionados con el Río Mamo algunos granates ya que este Río drena una región similar geológicamente a las de Uricao y Carayaca inmediatamente al oeste (Fig. 1 y 5).

Las cloritas no fueron identificadas por especie mineral, y se contaron todas como un grupo, incluyendo al cloritoide. Se requiere un estudio más detallado de las micas que el que se ha efectuado durante este trabajo el

cual solo busca un reconocimiento general. Se ha observado una relación geográfica de las muestras con alta frecuencia de clorita, más de 25 granos por lámina, con arenas de fondo cercanas a acantilados de la Formación Las Brisas en el Tramo de Puerto La Cruz, entre Puerto La Cruz y Chuao. En las otras arenas la frecuencia notada es entre 5 y 15 granos en 18 muestras y menos de 5 en el resto de ellas, sin correlación geográfica apreciable.

#### Oxidos de Hierro y Titanio

Los óxidos encontrados en los sedimentos estudiados son hematita, magnetita e ilmenita entre los opacos y rutilo y brookita entre los transparentes. En el grupo de los opacos se encuentra generalmente leucoxeno, o sea titanita finamente granulada o fibrosa, producto de la alteración de minerales de titanio; la titanita es un silicato de titanio y calcio.

La magnetita se identificó cuando mostraba evidencia de forma cristalina, a veces octaedros euhedrales, con fractura concoidea, de color gris aceo con la luz reflejada. La magnetita se encuentra concentrada notablemente en muestras de las quebradas y de las playas y muy esporádicamente en las muestras de fondo. No hay preferencia geográfica aparente. La hematita es más fácil de identificar por su color rojizo y es común en todas las muestras tanto de quebrada y playa como de fondo. No se observó correlación geográfica notable. La ilmenita, mineral opaco de brillo metálico fue identificado por difracción de rayos X. La ilmenita de los sedimentos de la Cordillera de La Costa suele tener visos azulados con luz reflejada. La ilmenita es el componente principal de las arenas negras encontradas en numerosas playas de la costa. Algunas capas de arena negra suelen alcanzar 1 metro de espesor. La ilmenita se encuentra en forma notable en los sedimentos de fondo al norte de Chuspa (Fig. 47) y frente a la ensenada de Cepe.

La distribución geográfica de la frecuencia de los minerales opacos en granos por lámina, donde se puede observar cierta abundancia en las muestras de fondo en las arenas relacionadas con drenaje sobre los cuerpos de rocas ígneas de los tramos de Cata en el occidente y de Chuspa al oriente se muestran (Fig. 47). La distribución de la ilmenita sugiere un incremento en las muestras de fondo, cosa que no ocurre con los otros minerales opacos.

Puede resultar de interés económico hacer un estudio más detallado sobre la distribución de ilmenita en las áreas del tramo de Chuspa y de Cata, ya que pueden haber placeres de ilmenita y otros minerales pesados acumulados en el fondo cercano a la Cordillera.

Entre los óxidos de titanio se identificó el rutilo en casi todas las muestras, en cantidades pequeñas y subordinado a él se identificaron algunos ejemplares de brookita variedad rómica. Los cristales de rutilo encontrados tienen frecuentemente maclas en codo y cristales columnares estriados característicos, de brillo adamantino a submetálico, variedad impura con hierro, de color amarillo quemado a marrón oscuro. Es común encontrar rutilo como inclusión en epidoto, actinolita y cuarzo. La distribución geográfica de la frecuencia del rutilo también se muestra (Fig. 48). Es notable la concentración en el área central de la Cordillera, desde La Guaira hasta Chichiriviche, que coincide con el área con mayor densidad de rocas básicas en la cordillera. (Fig. 51).

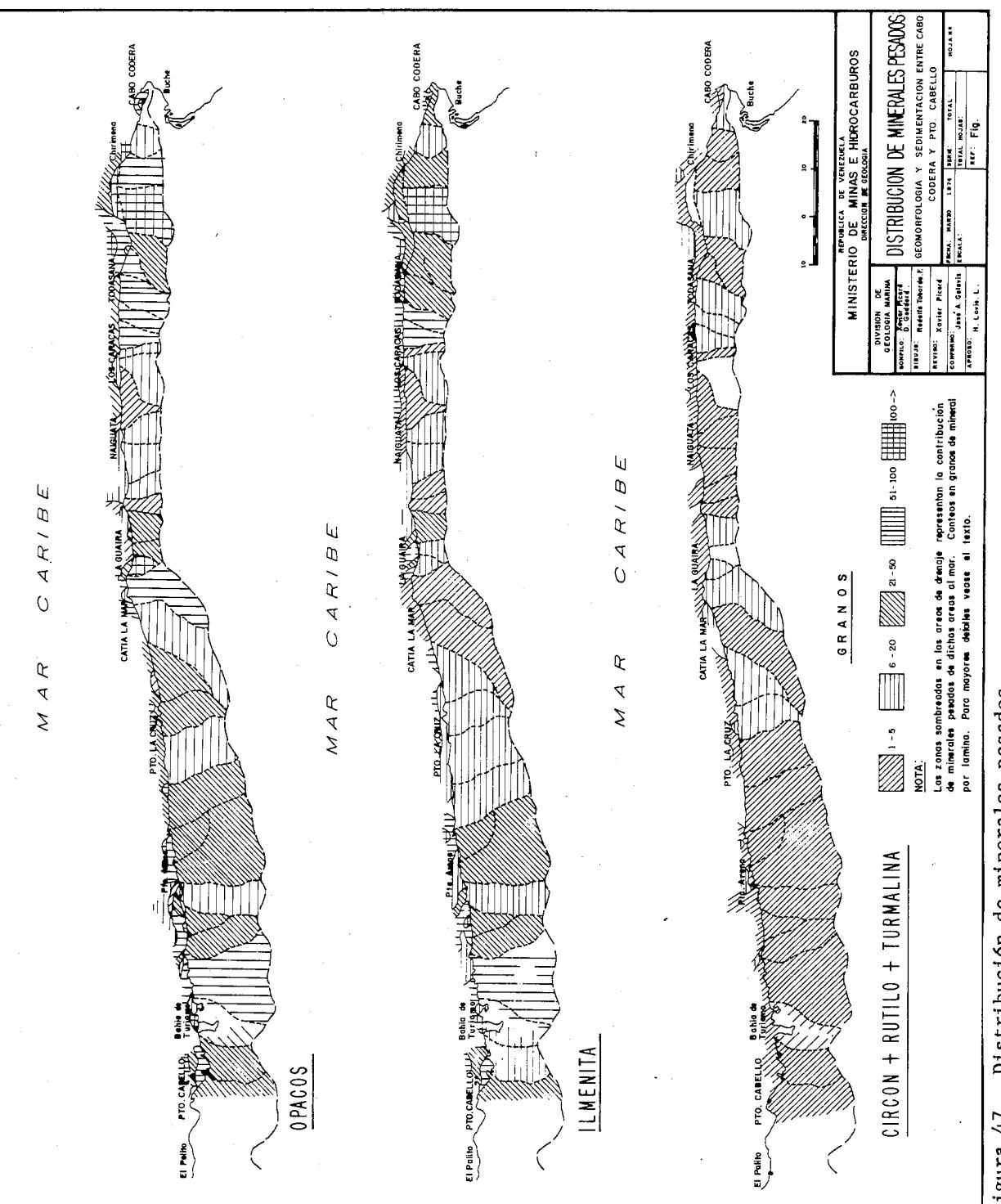


Figura. 47. Distribución de minerales pesados.

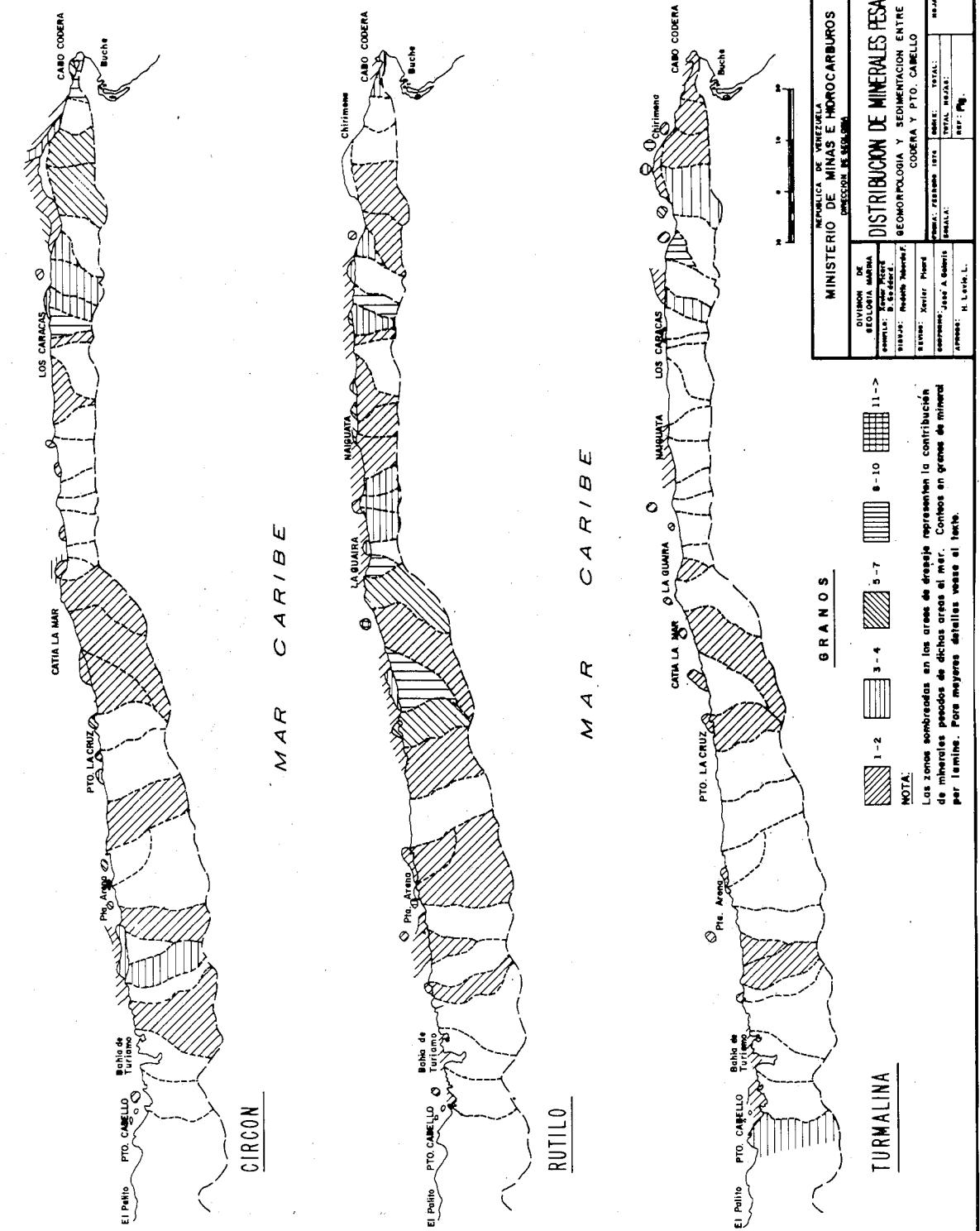


Figura 48. Distribución de minerales pesados.

#### Minerales Pesados Misceláneos

En este grupo se incluyen el círcón y la turmalina ya que son sumamente escasos en todas las muestras estudiadas. Hay cierta frecuencia mayor en los tramos de Chuspa y Cabo Codera. Para proporcionar una idea de la escasez de estos minerales se representó la distribución geográfica de su frecuencia (Fig. 48).

El círcón encontrado es euhedral, a veces con inclusiones. También se encuentra como inclusiones en cuarzo y moscovita. La turmalina encontrada es la turmalina férrea, oscura, o sea la chorlita o chorlo negro, cuyos cristales son euhedrales o redondeados, con terminaciones prismáticas en un extremo, con pleocroismo fuerte; a veces se encuentra como inclusiones en cuarzo y muscovita.

#### ANALISIS ESTADISTICO

Dentro del programa general de la División de Geología Marina se contempla el implementar métodos de geología estadística. Durante la realización de este trabajo se aplicaron varios programas de computación en Fortran IV, con la cooperación de personal del Centro de Computación del M.M.eH. Uno de estos programas es el que calcula parámetros granulométricos por el método de los momentos (AEGMPO-1). Para los minerales pesados se aplicaron métodos de análisis factorial y de agrupación con una función de distancia descrita por Parks (1966). Para la aplicación del programa de agrupación fue necesario dividir las muestras en dos grupos. El criterio utilizado fue geomorfológico. Se agruparon las muestras de sedimentos del segmento oriental y los del segmento occidental. A cada uno de estos grupos se le hizo un análisis de agrupación.

#### Segmento Occidental

Para las 69 muestras con 13 variables, de este segmento se obtuvo con análisis de modo-Q, en una clasificación de 4 grupos, tres de ellos correlacionados significativamente ( $r = 0.60$ , el límite significativo para 95% de probabilidades es 0.55). El cuarto grupo de 9 muestras está formado por 3 subgrupos no correlacionados entre sí. Los tres grupos principales indican que hay relación notable entre los conjuntos de minerales pesados presentes en las muestras de quebradas y de playa. No ocurre lo mismo con los conjuntos de las muestras de fondo; éstos no parecen estar geográficamente asociados con las playas ni quebradas. Koldewijn (1958) menciona que no observa dispersión hacia la plataforma de los sedimentos costaneros de Trinidad. Se proyecta estudiar los minerales pesados del margen continental al norte de la Cordillera de la Costa, con muestras facilitadas por el Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente. Este análisis puede servir para comparar los conjuntos de minerales encontrados durante este trabajo, e investigar más detenidamente si existe dispersión desde la costa hacia la Plataforma. El análisis de modo-R agrupa todas las variables con  $r = 0.8$  (significativo a 99% = 0.4) menos al epidoto y la ilmenita.

### Segmento Oriental

En este segmento se consideraron 74 muestras con 16 variables. El grupo más grande (39 muestras) está correlacionado con  $r = 0.75$  (significativo a 99%,  $r = 0.62$ ); este grupo está distribuido geográficamente al oeste de Todasana, y muestra cierta relación entre las muestras costaneras y las de fondo. Esta relación puede deberse a lo poco profundo de la plataforma en la zona muestreada, lo que debe facilitar la dispersión de los sedimentos costaneros hacia la plataforma. Al este de Todasana no se observa relación geográfica entre los grupos de conjuntos de minerales pesados en las muestras; hay 5 grupos no correlacionados entre si, esto puede deberse a la presencia de los sedimentos de las capas de La Sabana y otros factores no discernibles con este estudio general. El análisis de modo-R agrupa las variables excluyendo al epidoto; agrupación muy similar a la encontrada en el segmento occidental.

Para investigar si se puede discernir la zonación geográfica en la costa de La Cordillera, propuesta en base a criterios geomorfológicos y de geología de superficie, utilizando otros criterios, se aplicó un método de clasificación con función discriminante (Klovan y Billings, 1967). Para esto se utilizó un programa de computación (BMD04M) que aplica análisis discriminante para dos grupos. Se analizaron los grupos de muestras del segmento oriental y occidental con 13 variables y 3 casos de selección con 2, 3 ó 4 variables escogidas. En ningún caso se obtiene una discriminación de los dos grupos en forma satisfactoria para los autores; el mejor resultado es con la muestra total donde se logra discriminar los dos grupos con 25% de error. Hay superposición de los grupos en 114 muestras, quedando separadas 16 del segmento occidental y 21 del oriental. Esto apoya la hipótesis de poder considerar la Cordillera de La Costa como una fuente de sedimentos uniforme.

### CONCLUSIONES

Los resultados del estudio geomorfológico de la costa de la Cordillera de la Costa se pueden destacar los siguientes aspectos:

- 1) La subdivisión de la costa en dos segmentos tiene relación con la geomorfología submarina; el segmento occidental de costa hundida está situado frente a la cuenca de Turiamo y su plataforma continental es extremadamente angosta y está ausente en el tramo de Puerto La Cruz. La costa del segmento occidental con terraza de erosión por olas está asociada con la plataforma continental y la meseta de La Guaira.
- 2) Las dos unidades geomorfológicas están separadas por la zona de fallas de Tacagua en tierra firme y el cañón del Río Mamo en el fondo marino.
- 3) La subdivisión de la costa en tramos está relacionada con las unidades geológicas presentes en el frente de acantilados donde varían las condiciones de respuesta en rocas sedimentarias y rocas metamórficas.
- 4) El impacto ambiental alcanzado por las obras existentes en el Litoral

Central (Arrecifes-Los Caracas) es muy notable; es difícil reconocer rasgos geomorfológicos en fotografías aéreas de misiones posteriores a 1960, cuando si son observables en misiones anteriores.

- 5) La Cordillera es pobre como fuente de sedimentos, y el volumen probable es bajo ya que las áreas de drenaje de unas 30 quebradas sobre 280 kilómetros de longitud de costa es pequeño. Además las rocas erosionadas son metamórficas, lo que proporciona granos de minerales y fragmentos de rocas.
- 6) Las corrientes marinas al norte de la cordillera son de dirección oeste y han sido observadas en dirección contraria. Los vientos dominantes son los alisios que generan un frente de olas que incide oblicuamente a la costa de la cordillera. Esto produce una corriente litoral que transporta sedimentos hacia el oeste.

### BIBLIOGRAFIA

- Aguerrevere, S., 1972, Expresión topográfica del fondo submarino frente a La Guaira y sus relaciones con algunos terremotos, Conf. Caribe VI, Margarita, Mem. p. 372-374.
- Aguerrevere, P. I. y Zuloaga, G., 1973, Observaciones geológicas en la parte central de la Cordillera de la Costa, Venezuela, Bol. Geol. y Min., Caracas, Tomo 1, Nº 2-4, p. 3-22.
- Asuaje, A., 1970, Informe sobre el estado actual de las playas del litoral central entre Los Caracas y Arrecife y los factores que contribuyen a su formación. Inf. privado, M.M.H., 16 p.
- \_\_\_\_\_, 1972, Geología de la Región de Guatire-Cabo Codera. Cong. Geol. Venez. IV, Caracas, Mem. Tomo III, p. 1289-1290 (Resumen y Mapa).
- Bates, C. C., 1953, Rational Theory of Delta formation. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., vol. 37, p. 2119-2162.
- Bellizzia G., A., 1971, Mapa Geológico de Venezuela, 1:500.000; M.M.H. Dirección de Geología, (en preparación) presentado Conf. Caribe VI, Margarita.
- \_\_\_\_\_, 1972 Sistema Montañoso del Caribe, borde sur de la Placa Caribe. ¿Es una cordillera alóctona? Conf. Geol. Carib. VI, Margarita, Mem. p. 247-258.
- \_\_\_\_\_, y Rodríguez G., D., 1968, Consideraciones sobre la estratigrafía de los estados Lara, Yaracuy, Cojedes y Carabobo. Bol. Geol. Caracas, Vol. 9, Nº 18, p. 515-563.
- Bermúdez, P. J., 1966, Consideraciones sobre los sedimentos del Mioceno Medio al Reciente de las costas central y oriental de Venezuela, Bol. Geol. Caracas, Vol. 7, Nº 14, p. 333-411.
- Bird, E. C. F., 1969, Coasts. An introduction to systematic Geomorphology, M. I.T. Press, London, Vol. 4, 246 p.

- Bolli, H. M. y Krause, H. H., 1964, Microfossils from the younger tertiary of La Sabana, Distrito Federal, Asoc. Venez. Geol. Min. y Petrol., Bol. Inform., vol. 7, N° 5, p. 130-133.
- Bull, W. B., 1972, Recognition of Alluvial deposits in the stratigraphic record. en Recognition of ancient sedimentary environments Ed. por K. Rigby y W. K. Hamblin, Soc. Ec. Paleont. Mineral. Sp. Publ. N° 16, p. 65-83.
- Dengo, G., 1951, Geología de la región de Caracas. Bol. Geol. Caracas, Vol. 1, N° 1, p. 39-115.
- Folk, R. L., 1959, Petrology of Sedimentary rocks. Hemphill's book Co., Austin, 151 p.
- Font, J., 1973, Problemas de sedimentación marítima, en Seminario sobre Ingeniería de Costas. Soc. Ven. Ing. Hidráulica, Col. Ing. de Venezuela, folleto multigrafiado p. IV - 1 - a IV - 29.
- Freile, A. J., 1968, Regiones climáticas de Venezuela. Bol. Geol. Caracas, Vol. IX, N° 19, p. 3-136.
- Galavis, J. A. y Louder, L. W., 1970, Preliminary studies on geomorphology, Geology and Geophysics on the continental shelf and slope of Northern South America. World Petrol. Cong. VIII, Moscú Septiembre 1970, preprint, 26 p.
- Galehouse, J. S., 1967, Provenance and paleocurrents of the Paso Robles Formation, California, Geol. Soc. Amer. Bull., Vol. 78, p. 951-978.
- Gibson-Smith, J., 1971, (Publ. 1972), Cabo Blanco and Boeing, Boeing. Asoc. Venez. Geol. Min. y Petrol., Bol. Inform., Vol. 14, N° 10, p. 236-246.
- Goddard, D., 1973, Estudio de sedimento de fondo frente a la Escuela Naval. Inf. privado, M.M.H., 13 p.
- \_\_\_\_\_, y Picard, X., 1973, Rocas de playa en la costa entre Cabo Codera y Cabo San Román, Paraguaná, y en algunas islas de Venezuela. Inf. privado M.M.H., 25 p.
- Hernández A., N., 1973, Pronóstico del Oleaje, Cap. II en Seminario sobre Ingeniería de Costas, Soc. Ven. Ing. Hidráulica, Coleg. Ing. de Venezuela, p. II-1, II-23.
- Ingle, J. C., Jr., 1966, The movement of beach sand, Elsevier, Amsterdam, 221 p.
- Klovan, J. E. y Billings, G. K., 1967, Classification of geological samples by Discriminant-Function analysis. Canadian Soc. Pet. Geol., Bull., vol. 15, N° 3, p. 313-330.
- Koldewijn, B. W., 1958, Sediments of the Paria-Trinidad Shelf. Reports of the Orinoco shelf expedition vol. III. Mouton & Co. Ed., La Haya, Países

- Bajos, 109 p.
- Koldewijn, B. W., 1967, Geomorphology of the continental margin of Venezuela. Part 3. Bonaire Basin ( $66^{\circ}$ W, to  $70^{\circ}$ longitud). Bol. Inst. Oceanogr. Universidad de Oriente, Vol. VI, N° 2, p. 286-302.
- Menéndez V., D. V., 1966, Tectónica de la parte central de las Montañas Occidentales del Caribe, Venezuela. Bol. Geol., Caracas, Vol. 8, N° 15, p. 116-139.
- Ministerio de Minas e Hidrocarburos, 1956, Léxico estratigráfico de Venezuela, Bol. Geol., Caracas, pub. esp. N° 1, 728 p.
- \_\_\_\_\_, 1970, Léxico estratigráfico de Venezuela, Bol. Geol., Caracas, pub. esp. N° 4, 756 p.
- Ministerio de Obras Públicas, 1969, Atlas de Venezuela, Edit. Cart. Nacional, Caracas, 216 p.
- Morgan, B., 1969, Geología de la Región de Valencia, Carabobo, Venezuela, Bol. Geol., Caracas, Vol. 10, N° 20, p. 3-136.
- Noel, B. A., 1956, Desarrollo del Litoral Central. Revista Colegio Ing. de Venezuela, N° 246, p. 31-37.
- \_\_\_\_\_, 1963, Acrecentamientos y erosiones como consecuencia de obras marítimas construidas en el Litoral Central del Distrito Federal, Venezuela. Coastal Engineering, 8va. Conf. México, Ed. J. W. Johnson, publ. The Eng. Foundation, p. 616-644.
- Parks, J. M., 1966, Cluster analysis applied to multivariate geologic problems. Jour. Geol. Vol. 74, N° 5, pt. 2, p. 703-715.
- \_\_\_\_\_, 1970, Fortran IV Program for Q-mode cluster analysis on distance function with printed dendrogram. Comput. contrib. N° 46. D. E. Merriam ed., Kansas State Univ., Lawrence, 32 p.
- Picard, X., 1974, Consideraciones sedimentológicas, Archipiélago de Los Testigos. Informe privado, Ministerio de Minas e Hidrocarburos, 20 p. Bol. Inf., Asoc. Venez. Geol. Min. y Petr.
- \_\_\_\_\_, 1973, Geología de la Cuencia de Guarenas-Guatire. Sedimentación continental Intracordillerana, Venezuela. Cong. Latin. Geol. II, Caracas, (preprint), 32 p.
- \_\_\_\_\_, y Goddard, D., 1972, Estudio de la dispersión de los sedimentos en el Litoral Central de Venezuela, informe de avance, Acta Cient. Venez. Caracas, Vol. 23, supl. N° 1 (XXII Reunión ASOVAC, Maracaibo, Junio), Resumen, p. 56.
- \_\_\_\_\_, 1972b, Sedimentación de carbonatos en las islas Larga, Alcatraz y Santo Domingo, Edo. Carabobo. Asoc. Venez. Geol. Min. y Petr., Bol. Info., Vol. 15, N° 4 y 6, p. 54-64.

Rodríguez G., D., 1972, Geología de la región de Choroni-Colonia Tovar y Lago de Valencia. Cong. Geol. Venez. IV, Caracas, Mem. Tomo III, p. 1783-1784.

Sellier De Civrieux, J. M., 1969, Cañones submarinos frente a la Cordillera de la Costa, Venezuela. Proc. 3d. Meeting, CICAR, Curazao, p. 291-295.

Shepard, F. P., 1973, Submarine Geology, 3ra. edición, Harper & Row, 517 p.

Soc. Venez. Espeleología, 1973, Catastro espeleológico de Venezuela, Caracas, Bol. Vol. 4, Nº 1, p. 39-87.

Steer, J. A., Edit. 1971, Introduction to Coastline development M.I.T. Press, London, 229 p.

Urbani, F. y Quezada, A., 1972, Migmatitas y rocas asociadas del área de La Sabana, Cordillera de la Costa. Cong. Geol. Venez. IV, Caracas, Me. Tomo IV, p. 2375-2400.

Wehrmann A., M., 1972, Geología de la región Guatire-Colonia Tovar. Cong. Geol. Venez. IV, Caracas, Mem. Tomo IV, p. 2093-2121.

Weisbord, N. E., 1957, Notes on the geology of the Cabo Blanco area, Venezuela, Bull. Amer. Paleont., Vol. 38, Nº 165, p. 5-25.

Zambrano, A., 1970, Estudio fisiográfico regional de la Cuenca del Tuy. Bol. Geol. CCS, Vol. XI, Nº 21 p. 3-206.

ASOCIACION VENEZOLANA DE GEOLOGIA, MINERA Y PETROLEO

Solicitud de Inscripción

Comité de Miembros - AVGMP

Apartado 60.400, Caracas

el \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 19\_\_\_\_

Yo, \_\_\_\_\_  
(Nombre completo)

deseo someter a la consideración de la Junta Directiva de la Asociación mi admisión como miembro \_\_\_\_\_ en el entendido de que aceptaré lo prescrito en el Estatuto y Reglamento al ser admitido.

Fecha de nacimiento \_\_\_\_\_ Nacionalidad \_\_\_\_\_

Estado Civil \_\_\_\_\_ Teléfono \_\_\_\_\_

Dirección de correos \_\_\_\_\_

Ocupación y título \_\_\_\_\_

Organismo para quien trabaja \_\_\_\_\_

Dirección del mismo \_\_\_\_\_

Teléfono \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (Firma)

Miembro Presentante

\_\_\_\_\_ (Firma)

\_\_\_\_\_ (Dirección)