

Bol. Cient. CIOH	Cartagena (Colombia)	No. 8	Pg. 83 - 107	Julio 1988	ISSN 0120-0542
------------------	-------------------------	-------	--------------	------------	----------------

## ESTUDIO GEOLOGICO LITORAL CARIBE COLOMBIANO FASE III (ISLA DEL ROSARIO)

### INTRODUCCION

La tercera etapa del programa de Investigación que viene desarrollando el CIOH en coordinación con la Misión Técnica Francesa desde 1979, corresponde a los estudios de la sedimentación aportada por el Canal del Dique a sus deltas natural y artificial.

### I. OBJETIVOS

El estudio de la cuenca sedimentaria del delta del Dique consiste principalmente en definir las relaciones existentes entre los procesos dinámicos, y los ambientes sedimentarios así como la naturaleza y la extensión de las acumulaciones sedimentarias.

El delta del Dique es un ejemplo donde las influencias del río y del oleaje se combinan. En esta primera etapa de su estudio se pretenden reconocer los mecanismos de acumulación y presentar un modelo sedimentológico.

Entre los objetivos específicos que se determinarán en esta primera fase están:

- \* Estudio de la repartición especial de los sedimentos y entidades morfológicas.
- \* Descripción de la hidrología de la zona marina en época de lluvia.

### II. BATIMETRIA Y MORFOLOGIA

#### A. METODOLOGIA

Inicialmente se efectuó el levantamiento batimétrico de la zona de estudio, utilizando las ecosondas ELAC LAZ72A de 30 Hz y RAYTHEON 719 B (Mapa 1).

Debido al fuerte movimiento, los estudios morfológicos se centraron casi exclusivamente en la zona marina.

Con el fin de actualizar la línea de costa, estos trabajos se completaron con estudios de fotografías aéreas, mapas de radar y del Agustín Codazzi.

## B. RESULTADOS

El delta del Dique tiene una extensión aproximada de 3.770 km<sup>2</sup>, está formado por tres unidades morfológicas (Mapa 2):

### 1. La llanura deltáica

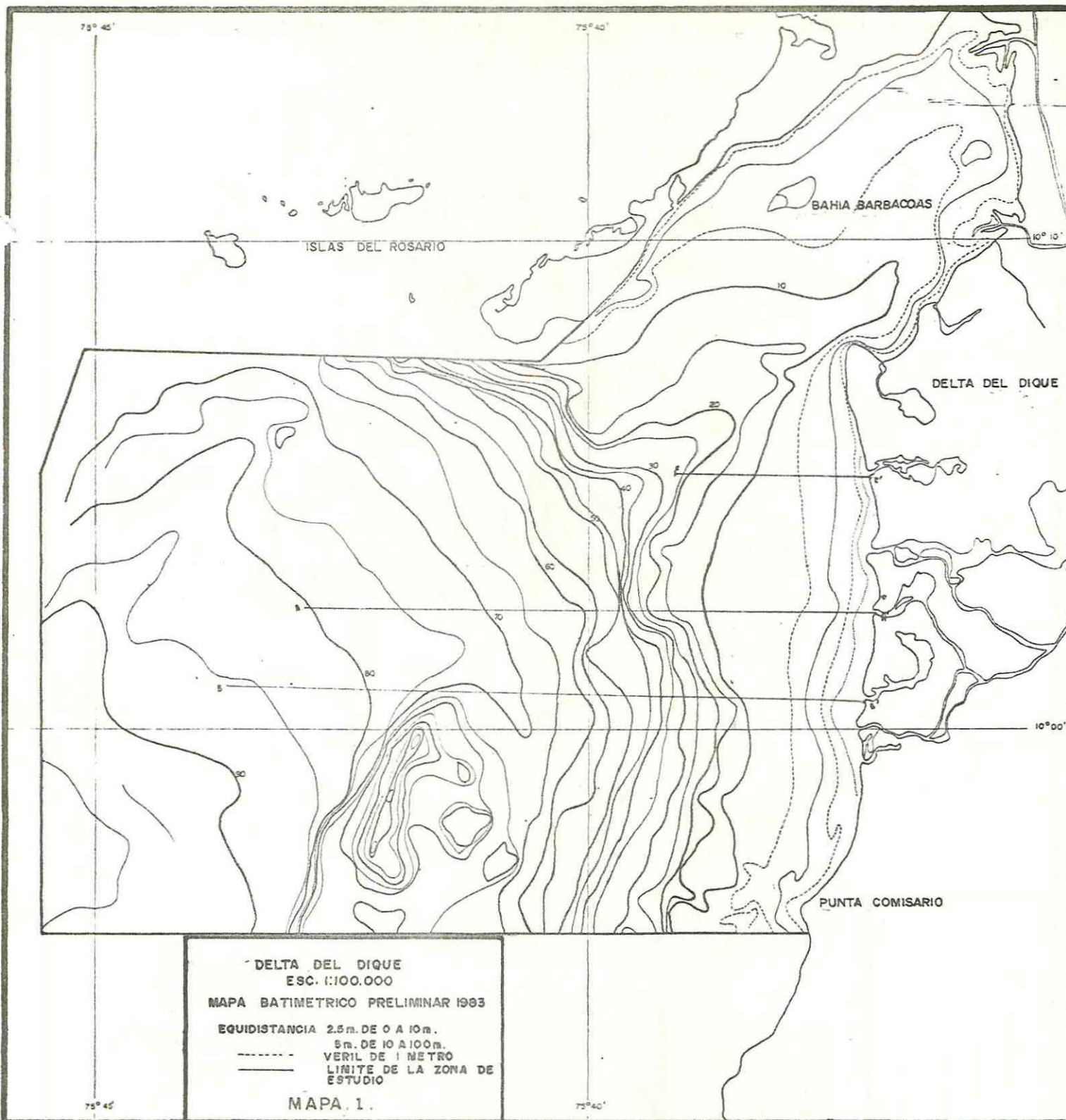
Esta llanura de aproximadamente 500 km<sup>2</sup>, representa la parte emergida del delta, está cubierta por una densa vegetación. Tiene la forma característica de la letra griega  $\Delta$ . Está limitada agua arriba por el vértice del delta (cerca del caño Correa), limitado lateralmente por el Canal del Dique al este y por algunos lomos al sur. Su límite externo (el mar) está marcado por la línea de costa.

Dentro del triángulo formado por la llanura deltáica, se pueden definir tres zonas con base en la repartición de los distributarios (Mapa 2):

- Una zona norte, con los dos distributarios artificiales.
- Una zona sur activa con distributarios naturales.
- Una zona intermedia con distributarios abandonados.

Se debe anotar que en el delta, la llanura deltáica inferior no existe por que la marea tiene una amplitud promedio de 27 cms, por lo cual así toda la llanura deltáica está ocupada por la llanura deltáica superior (o llanura fluvial), cuya parte agua arriba está formada por arcillas compactadas y la punta agua abajo de arcillas blandas cubiertas de manglares.

La zona norte artificial, presenta dos distributarios: Caño Lequerica y Caño Matumilla. Estos dos caños tienen una morfología típica de distributarios de un sistema fluvial. Esta morfología resulta del desarrollo de estos distributarios al fondo de la bahía de Barbacoas, en la cual el oleaje no tiene ninguna influencia.



DELTA DEL DIQUE  
 ESC. 1:100.000  
 MAPA BATIMETRICO PRELIMINAR 1983  
 EQUIDISTANCIA 2.5m. DE 0 A 10m.  
 5m. DE 10 A 100m.  
 VERIL DE 1 METRO  
 LIMITE DE LA ZONA DE ESTUDIO

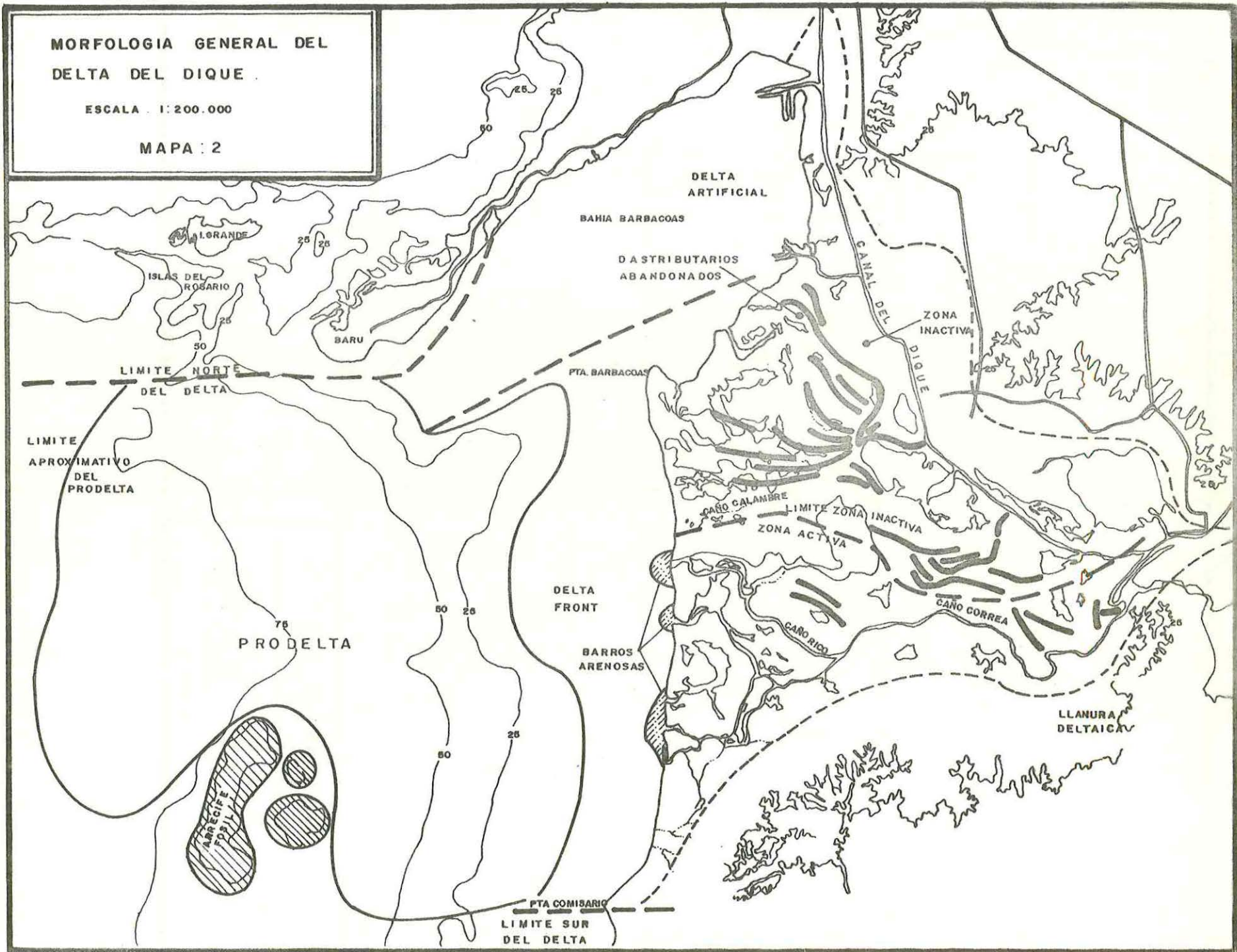
MAPA 1.



MORFOLOGIA GENERAL DEL  
DELTA DEL DIQUE

ESCALA 1:200.000

MAPA 2



La bahía está protegida del oleaje procedente de N, NW y W por las Islas del Rosario, Barú y bajo Tortuga. Sólo el oleaje que viene del S y del SW pueden tener una acción sobre esta zona, los cuales representan únicamente del 5 al 10% del oleaje total.

Además, los dragados regulares hechos por el Ministerio de Obras Públicas mantienen las desembocaduras y la profundidad de los distributarios, lo que evita la evolución natural de los sistemas.

La zona sur es la única activa, está alimentada por un distributario único (Caño Correa), que se separa en varios brazos para alimentar sus desembocaduras; dos de los cuales se desactivaron hace poco.

Estos distributarios no tienen la regularidad que caracteriza los distributarios de un sistema fluvial puro. Están bordeados a cada lado por una zona un poco elevada: las Levees naturales.

A su llegada al mar, los distributarios desarrollan desembocaduras muy típicas (Figura 1), formadas por acumulación de cordones arenosos.

Generalmente se puede observar la presencia de los pequeños "levees" submarinos localizados a ambos lados del canal que llegan hasta la barra arenosa.

Además, en esta unidad se encuentran un cierto número de ciénagas que están rellenas ya sea por un mecanismo de desbordamiento de los distributarios y descarga de las partículas en suspensión o por la conexión directa de éstas con los distributarios.

El sector intermedio corresponde a la antigua zona activa, pero un movimiento tectónico subió una parte del delta y produjo una defluvación de los caños hacia el Sur.

Esta elevación podría resultar de un movimiento vertical debido al volcanismo de lodo (H. Duque, 1973), principal stress tectónico de la Costa Atlántica colombiana.

## 2. El delta FRONT



Más afuera de la llanura deltáica se encuentra una plataforma poco profunda, limitada hacia el W por un talud que se inicia con el veril de 12 m. El ancho de esta plataforma varía entre 2,5 y 7,5 Km (Mapa 2); presenta una superficie muy plana (Figura 2).

En la zona costera se encuentran las barras arenosa de depósitos de las desembocaduras.

### 3. El prodelta

El prodelta representa la parte más extensa del sistema deltáico actual y se presenta como un talud que conecta la plataforma del delta Front con el piso de la plataforma continental (Mapa 2 - Figura 2).

La particularidad de este prodelta es que se desarrolla sobre una plataforma arrecifal con un relieve muy accidentado. Por eso este delta joven no tuvo hasta ahora la posibilidad de rellenar todas las depresiones y absorber los puntos. Razón por la cual encontramos una superficie del prodelta tan regular como los demás deltas descritos en la literatura.

La pendiente promedio del prodelta varía en función de la zonas de alta y baja progradación (Mapa 2 - Figura 2). Además en un mismo perfil la pendiente del prodelta interno es muy fuerte (de 1 a 1.8%), en comparación del prodelta externo (de 0.2 hasta 0.3%).

## III. SEDIMENTOLOGIA

### A. MUESTREO

Las zonas muestreadas corresponden al área continental del delta, los sectores marinos, costeros y los caños Lequerica y Matunilla (Mapas 3 y 4).

Para la recolección de las muestras sedimentológicas se utilizaron la draga Shipeck y el cono Berthois.

### B. TECNICAS DE LABORATORIO

Una vez el sedimento es llevado al laboratorio se coloca

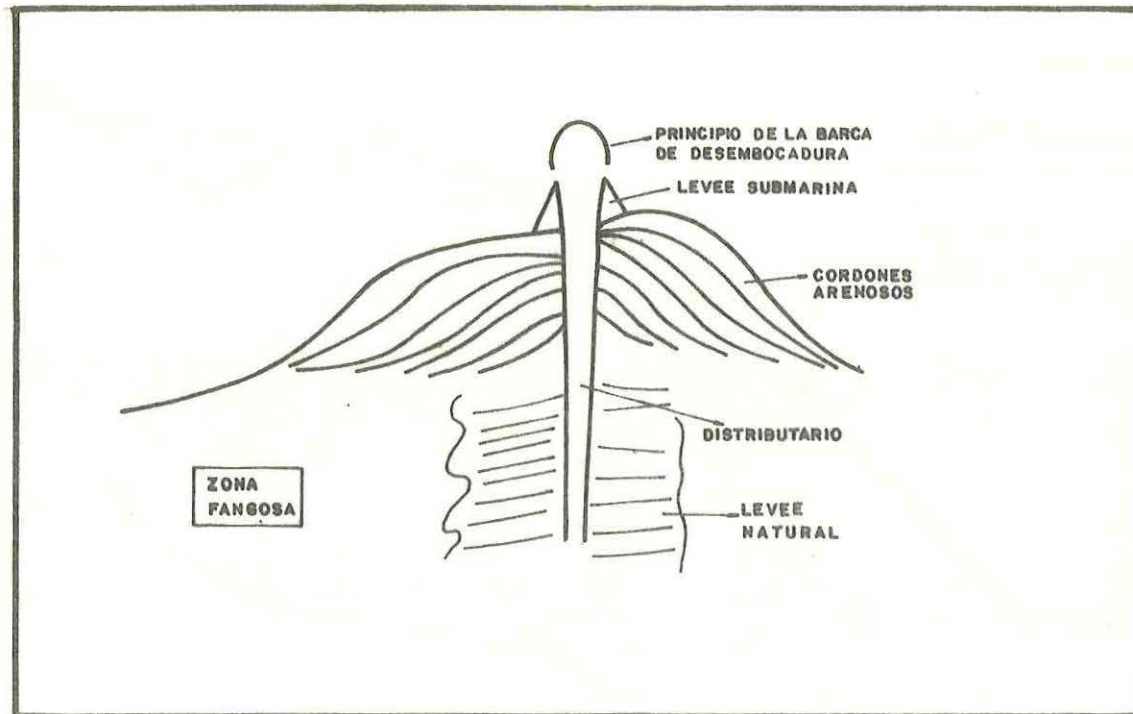


Figura 1 ESQUEMA MORFOLOGICO GENERAL DE LAS DESEMBOCADURAS ACTIVAS.

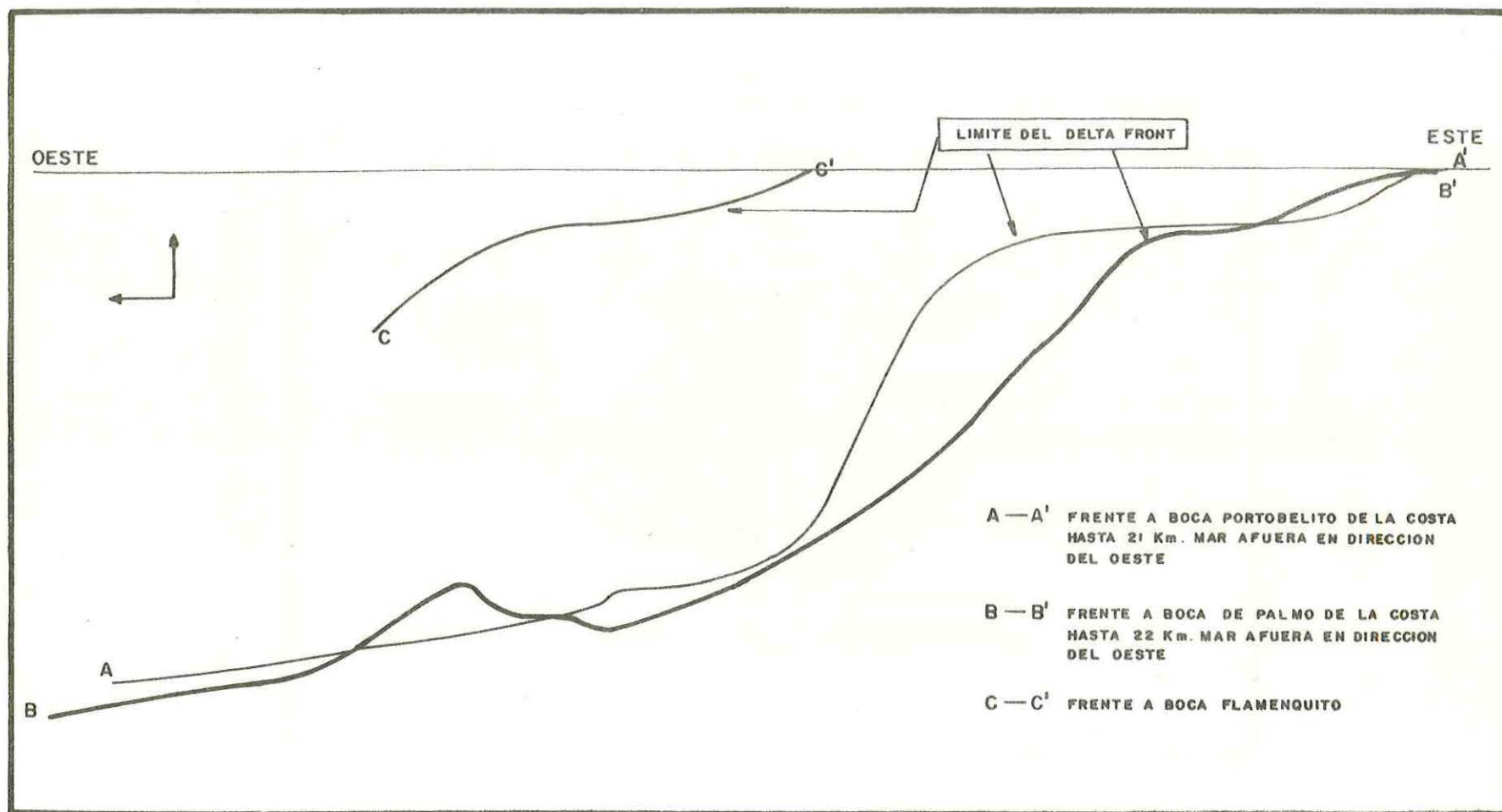


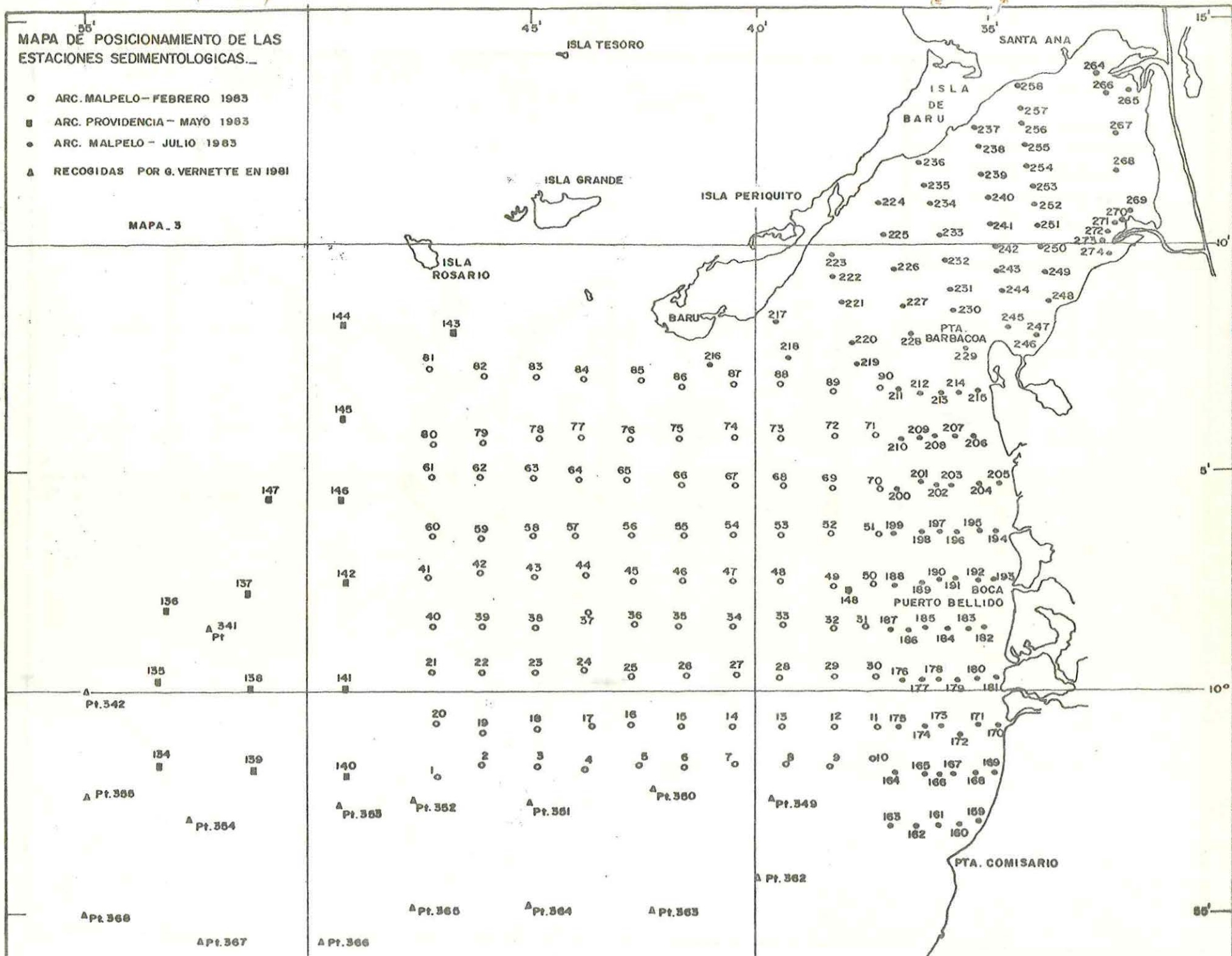
Figura: 2 CORTE BATIMETRICO A TRAVES DEL DELTA FRONT Y PRODELTA DEL DELTA DEL DIQUE

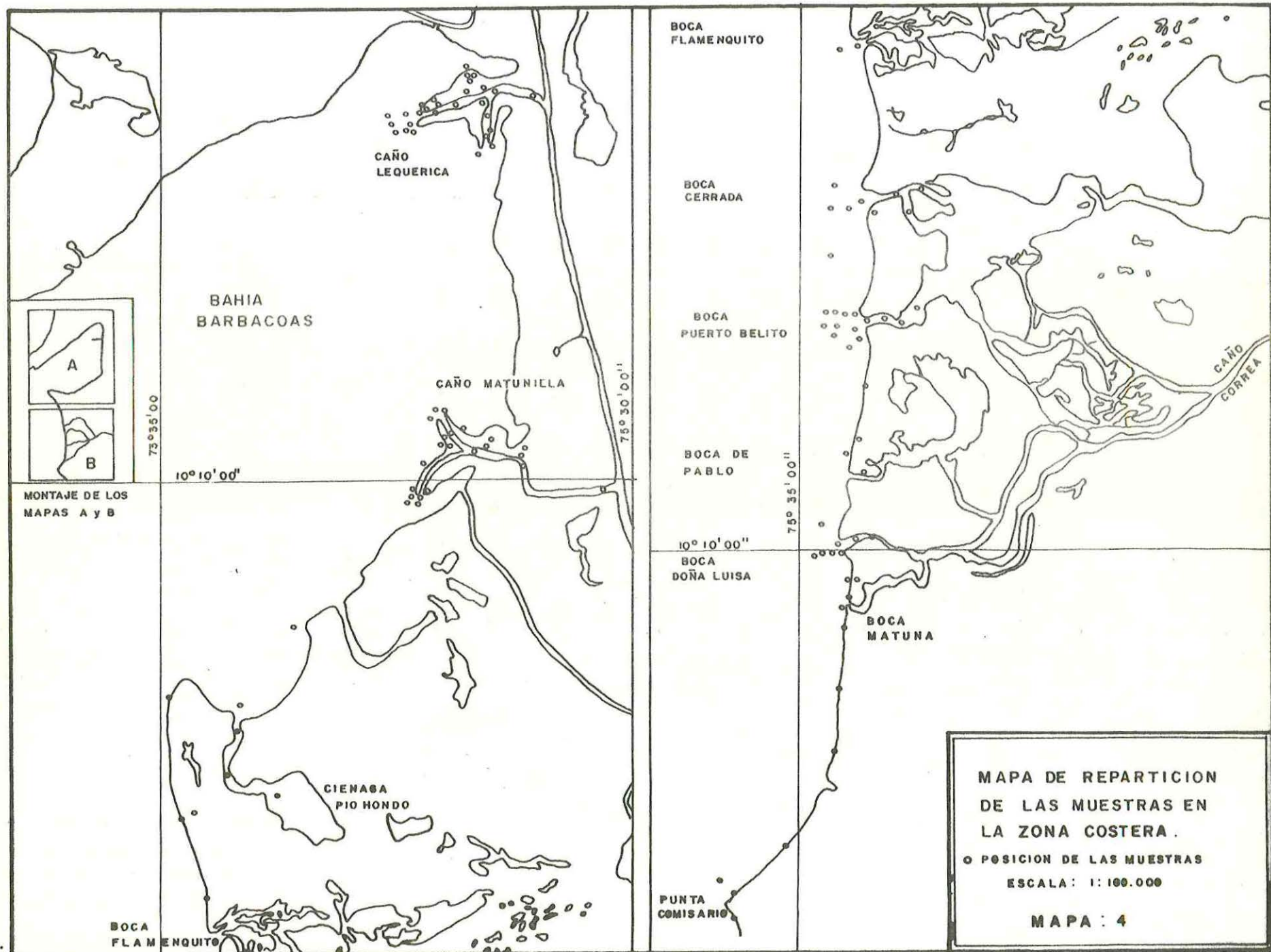


MAPA DE POSICIONAMIENTO DE LAS ESTACIONES SEDIMENTOLOGICAS...

- ARC. MALPELO - FEBRERO 1983
- ARC. PROVIDENCIA - MAYO 1983
- ARC. MALPELO - JULIO 1983
- ▲ RECOGIDAS POR G. VERNETTE EN 1981

MAPA\_3







en vaso de precipitados para secarlo, luego se toma: un gramo bien seco para la calcimetría con un calcímetro de Bernard, 100g para la separación bajo el agua de las fracciones superior e inferior a 63 micras. Se secan al horno las dos fracciones y se pesan. Si las fracciones representan más de 10% del peso total se sigue el análisis con granulometría para la fracción superior a 63 micras y sedigrafía por la fracción inferior a 63 micras.

Para cada muestra de la zona marina se le realizó la calcimetría de las fracciones separadas.

### C. RESULTADOS

El sector marino unicamente fue estudiado en detalle. La zona continental ha sido poco investigada debido a las dificultades que se presentaron para penetrar la vegetación de esta área.

#### 1. Características de los sedimentos en la llanura deltáica

- El fondo de los caños está cubierto por una arena gris fina.

- Los distributarios inactivos estan rellenos por arcillas orgánicas.

- Los "diques" naturales presentan una serie de sedimentos que varían de arena fina cerca del canal hasta limos finos en su parte más interna.

Hasta el momento no se encontraron estructuras sedimentarias bien conservadas. Sin embargo se presentaron laminaciones con superposición de arcillas y arena fina. El pequeño sedimento está totalmente reorganizado por la bioturbación (annelidos y raíces de plantas).

El sedimento es marrón ocre casi rojo, producto de la gran oxidación .

Los depósitos de las desembocaduras conforman una acumulación de cordones arenosos (Figura 1), con una cierta cantidad de conchas. Es una arena bien clasificada sin arcillas ni limos.

En el pantano (swamp), el sedimento es blando constituido



por arcillas orgánicas muy finas.

La ciénagas están conformadas por dos tipos de sedimentos, producto del mecanismo de relleno de ellas:

- Ciénagas rellenas por las aguas de desbordamiento de los distributarios con depósitos de arcillas orgánicas.

- Ciénagas conectadas con un distributario, en este caso tenemos la formación de un micro delta de textura arenosa y depósitos de limo y arcillas en la cercanía y de arcillas en el restos de la ciénaga.

## 2. Características sedimentarias del delta Front

La sedimentación del Delta Front está controlada por fenómenos hidrodinámicos.

En este sector las barras de desembocadura presentan una parte próxima arenosa y una parte distante arcillosa. Además la plataforma misma presenta hacia afuera los depósitos de arena y en dirección de la costa arena lodosa y lodo.

Para explicar esta extraña repartición hemos intentado presentar otros parámetros sedimentológicos como:

- \* Calcimetría del sedimento (Mapa 6) .
- \* Calcimetría de la fracción superior a 63 micra (Mapa 7) .
- \* Calcimetría de la fracción inferior a 63 micra (Mapa 8) .
- \* Repartición del  $\log_{10}$  de la relación entre el peso de fracción inferior a 63 micras (Mapa 9).

Esta serie de mapas permiten establecer las siguientes conclusiones:

- La concentración en carbonato de calcio en la fracción a 63 micras es casi siempre inferior a 5% (Mapa 8).

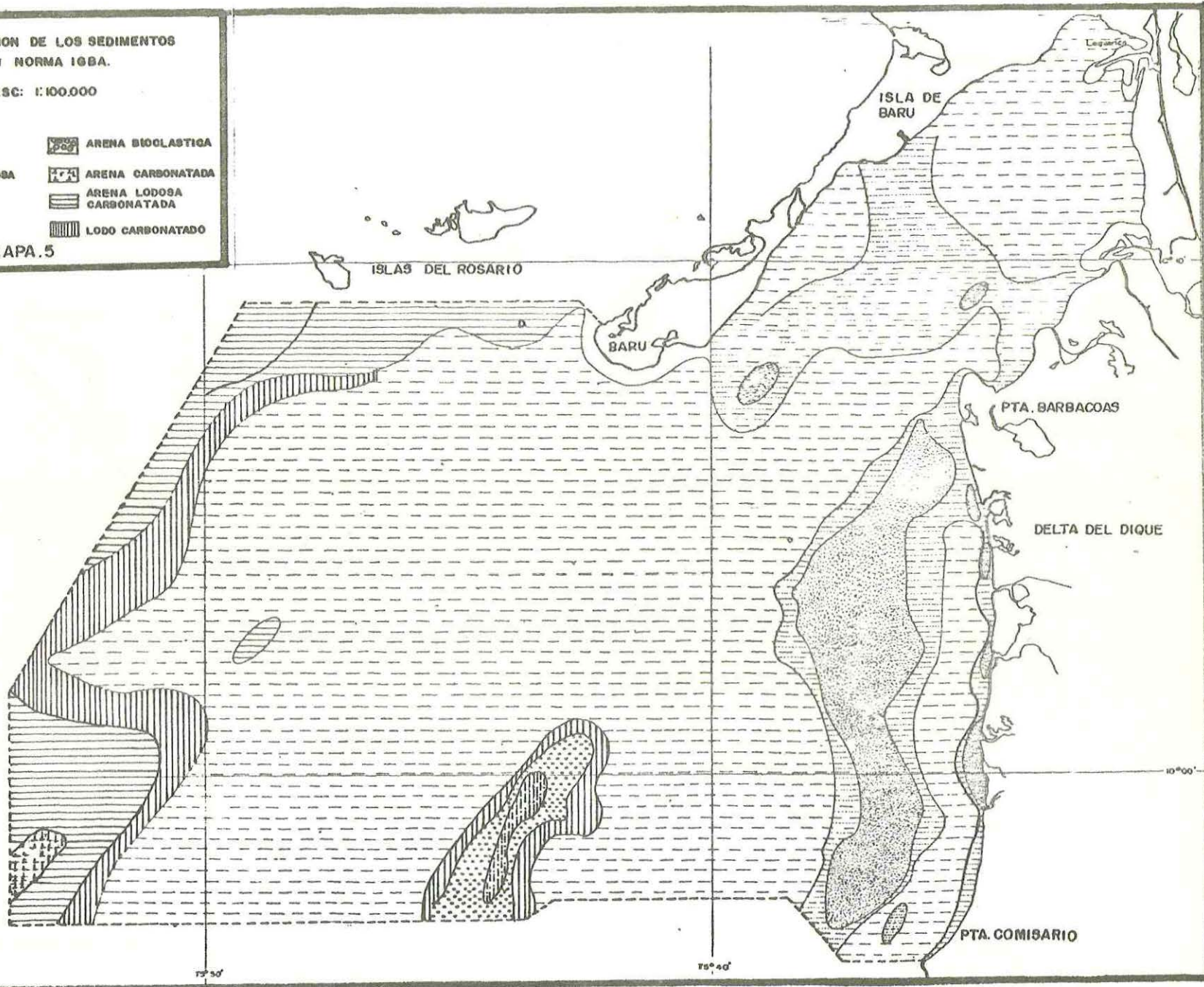
- Examinando la curva del 5% (Mapa 8), nos damos cuenta de un aporte de carbonatos finos del sur al norte, el cual está relacionado con la contracorriente de panamá.

REPARTICION DE LOS SEDIMENTOS  
SEGUN NORMA IGBA.

ESC: 1:100.000

	ARENA		ARENA BIOLASTICA
	ARENA LODOSA		ARENA CARSONATADA
	LODO		ARENA LODOSA CARSONATADA
	ROCA		LODO CARSONATADO

MAPA.5



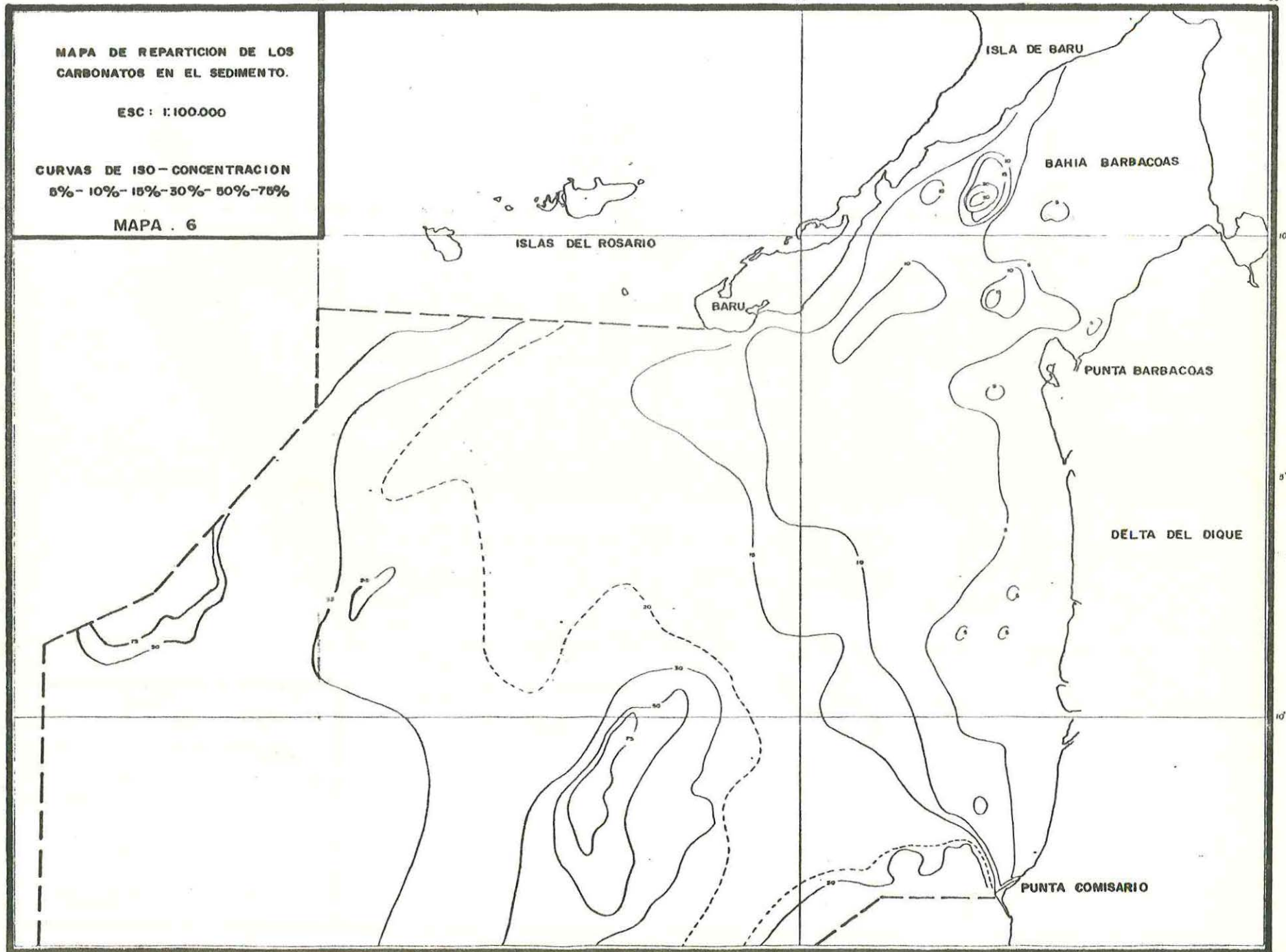


MAPA DE REPARTICION DE LOS  
CARBONATOS EN EL SEDIMENTO.

ESC : 1:100.000

CURVAS DE ISO-CONCENTRACION  
5%- 10%- 15%- 30%- 50%- 75%

MAPA . 6



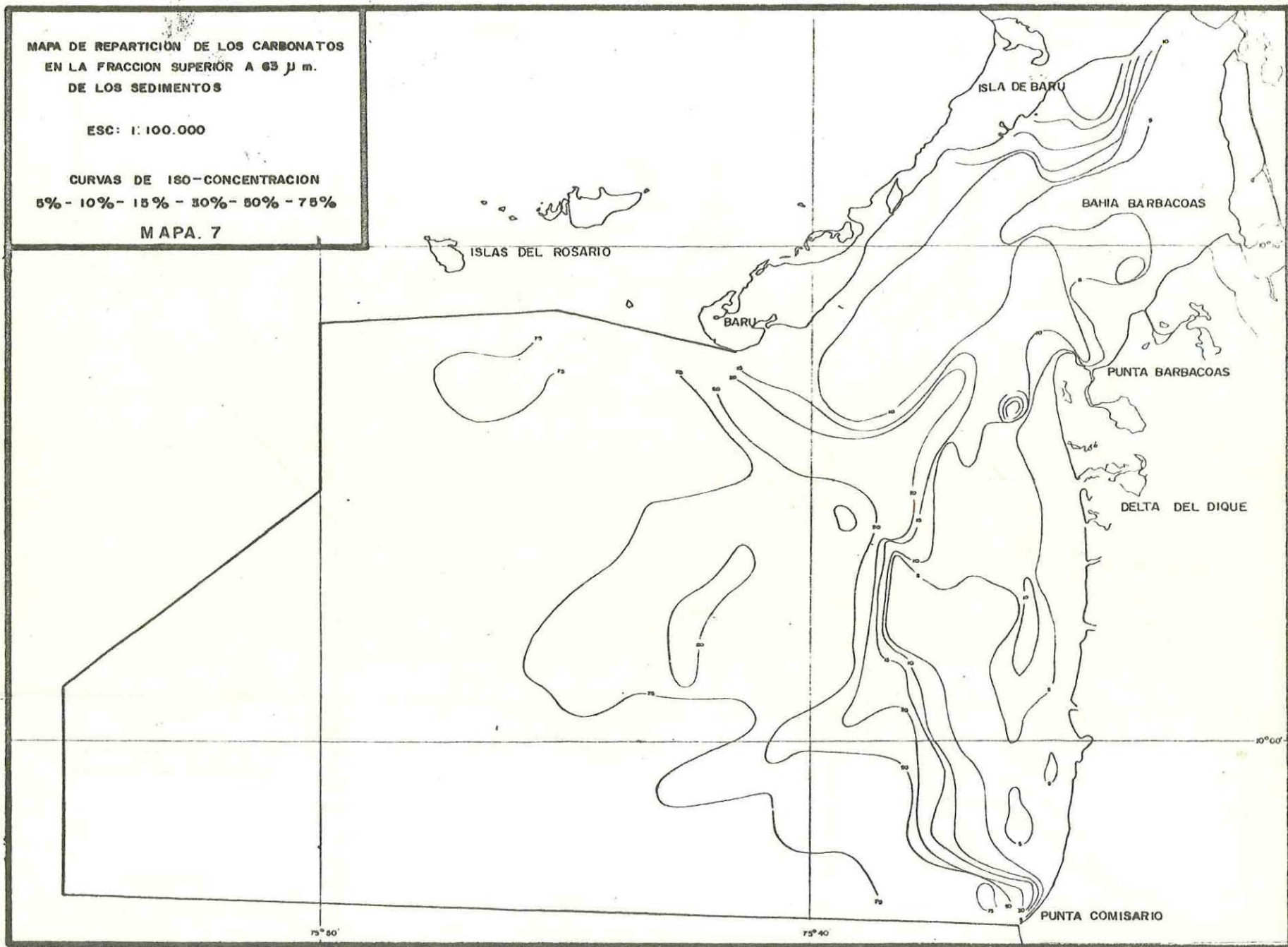


MAPA DE REPARTICIÓN DE LOS CARBONATOS  
EN LA FRACCIÓN SUPERIOR A  $63 \mu m$ .  
DE LOS SEDIMENTOS

ESC: 1:100.000

CURVAS DE ISO-CONCENTRACION  
5% - 10% - 15% - 30% - 50% - 75%

MAPA. 7

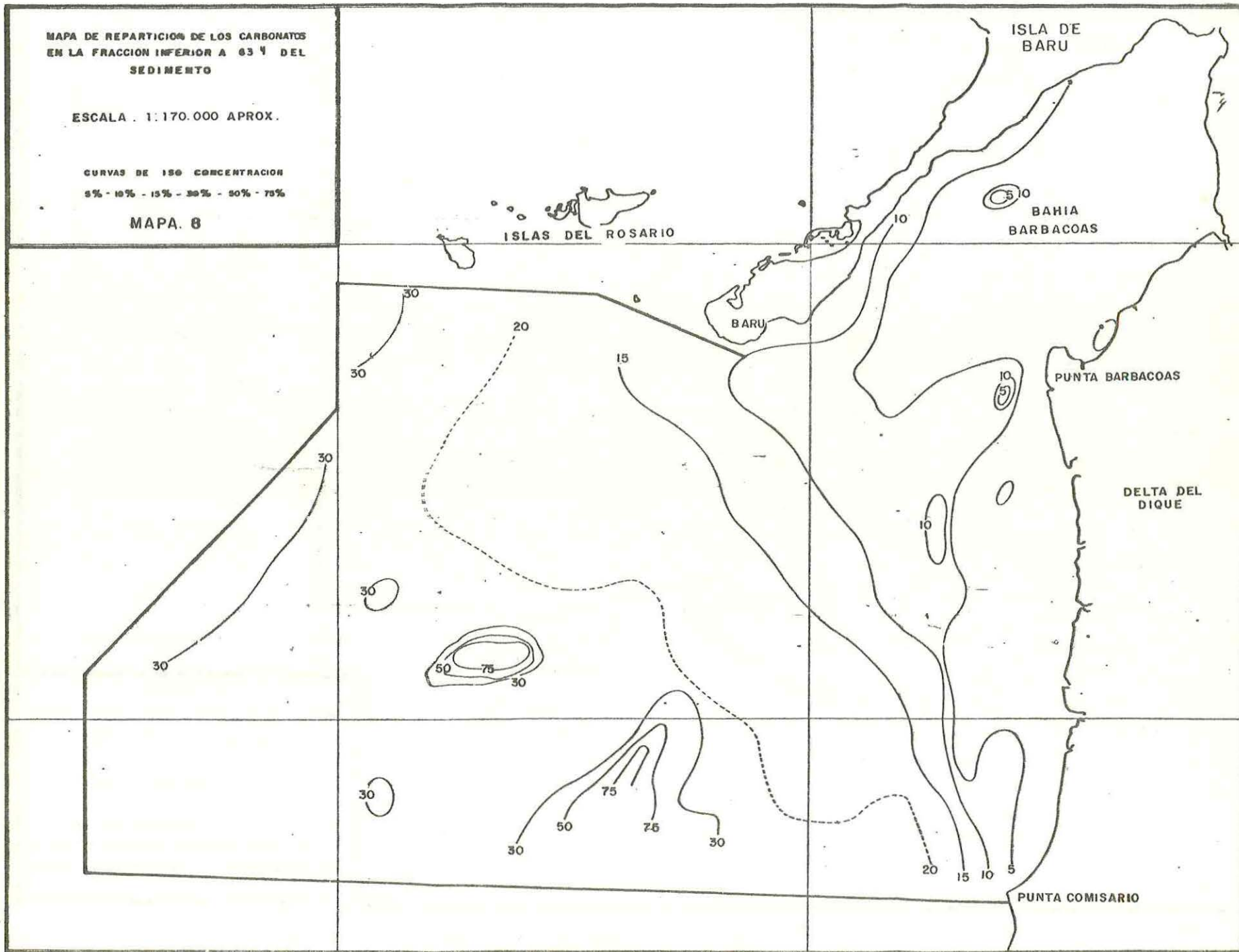


MAPA DE REPARTICIÓN DE LOS CARBONATOS  
EN LA FRACCIÓN INFERIOR A 63  $\mu$  DEL  
SEDIMENTO

ESCALA . 1:170.000 APROX.

CURVAS DE 100 CONCENTRACION  
5% - 10% - 15% - 30% - 50% - 75%

MAPA. 8



La concentración en carbonato de calcio en la fracción superior a 63 micras, sigue la repartición de sedimentos (Mapa 5 y 6) Allí las zonas arenosas son las menos carbonatadas y las zonas lodosas, las más carbonatadas.

En la zona sur (Mapa 7), se presenta la misma anomalía que en los carbonatos finos (Mapa 8). Además se observa otra anomalía en los alrededores de Punta Barú. Estas anomalías son la prueba de que la plataforma del delta Front está sometida a dos corrientes, una en sentido norte-sur, y otra en dirección sur-norte.

La zona de colisión podría estar donde el delta Front es más ancho, es decir frente a Boca Puerto Belito.

La repartición de  $\log_{10}$  de la relación fracción superior a 63 micras sobre fracción inferior a 63 micras, nos muestra que en realidad la arena del delta Front siempre contiene un 20% de partículas finas y que la banda de lodo contiene también un cierto porcentaje de arena.

En conclusión, el delta Front del Dique está alimentado por los distributarios que depositan su arena según el modelo hidrológico fuerzas de flotación y reorganizado por el oleaje. en época de lluvia una parte del sedimento es transportado sobre la plataforma.

El sedimento de la plataforma externa está sometido a las corrientes generales (contracorriente de Panamá) y al oleaje. eso explica la reconcentración en partículas gruesas y la evacuación de la partículas más finas. Es muy posible que la bioturbación contribuya a la limpieza del sedimento.

### 3. Características sedimentológicas del prodelta

El Mapa 5 muestra la repartición de los sedimentos en el prodelta; en donde se puede observar la gran homogeneidad de estos sedimentos.

Se ha utilizado el valor del 30% de  $\text{CaCO}_3$ , para separar el lodo del prodelta de los depósitos de la plataforma (Mapa 6).

Estos sedimentos siempre tienen menos de 5% de partículas inferiores a 63 micras. En el Mapa 9 podemos observar que existe alrededor del gran arrecife al S de la zona un aumento de



la granulometría.

El carbonato de calcio de la fracción superior a 63 micras está relacionado con la producción orgánica (plancton), por lo cual una concentración débil debe estar asociada a una gran concentración de partículas detríticas clásticas.

En el Mapa 7 se observa una dirección de transporte NE-SO, que coincide con la dirección encontrada a través de los estudios hidrológicos.

#### IV. HIDROLOGIA

##### A. METODOLOGIA

Los estudios hidrológicos se realizaron únicamente en la zona marina del delta, en donde se efectuaron mediciones de dirección y velocidad de las corrientes, temperatura, salinidad y turbidez.

##### B. RESULTADOS

###### 1. Mecanismos hidrológicos y procesos sedimentarios del delta Front

Los principales fenómenos dinámicos que controlan la sedimentación están relacionados con la interacción de la evacuación fluvial, el oleaje y las corrientes generales.

La marea es siempre débil en el delta y no interviene en la repartición de los sedimentos, sin embargo, podría tener incidencia en la extensión de las plumas de turbidez.

Cuando sube la marea la pluma de turbidez disminuye de amplitud y aumenta en concentración de partículas en suspensión.

Numerosos estudios hechos sobre la hidrodinámica de los ambientes deltáicos (WRIGHT, 1977), mostraron que la sedimentación en las desembocaduras fluviales está controlada por el fenómeno de "JET" hidráulico que resulta de la inyección y de la dispersión de una evacuación fluvial en el receptáculo que constituye el mar, cuando las diferencias de densidad son poco elevadas entre el agua del río y el agua del receptáculo. Al contrario si la diferencia de densidad es elevada, los mecanismos están controlados por

las fuerzas de flotación.

Cada mecanismo tendrá una dinámica diferente y entonces producirá una morfología específica.

En el caso del delta del Dique, la dispersión está controlada por las fuerzas de flotación.

El segundo aporte dinámico es el oleaje, este agente reorganiza el sedimento sobre todo de la zona más costera.

Los oleajes que llegan a la costa y que nos interesa proceden de altamar desde el N hasta el S por el sector oeste. Los períodos muy raras veces sobrepasan los 12 segundos. Estadísticamente en la mayoría de los casos, tienen valores inferior a 6 segundos.

Sin embargo el oleaje más significativo en cuanto a transporte de sedimento, tiene período del orden de 10 segundos.

La amplitud más frecuente es del orden de un m, y se puede llegar a valores mucho mayores, el "Pilot Chart" señala que la amplitud máxima es del orden de 9 m en el mar Caribe.

El tercer agente dinámico está representado por la contracorriente de Panamá y la circulación residual. Estos dos tipos de corrientes tendrán una influencia sobre la repartición de los sedimentos de la plataforma del delta Front pero nó sobre su morfología (Figura 5 y 6).

## 2. Mecanismo hidrológicos en el prodelta

Estudiando los parámetros de temperatura, salinidad y turbidez a varias profundidades (0,10,40 y 70 m) y según dos transectos verticales, podemos sacar el siguiente modelo (Figuras 5, 6, 7, 8 y 9):

En superficie (Figura 5), las principales corrientes resultan de la evacuación fluvial aunque ya al S encontramos una influencia de la contra-corriente de Panamá. Esta evacuación se hace en dirección SW y al rededor de la Punta de Barú. Esta circulación está comprobada con la información quedan los nativos pescadores de este lugar.

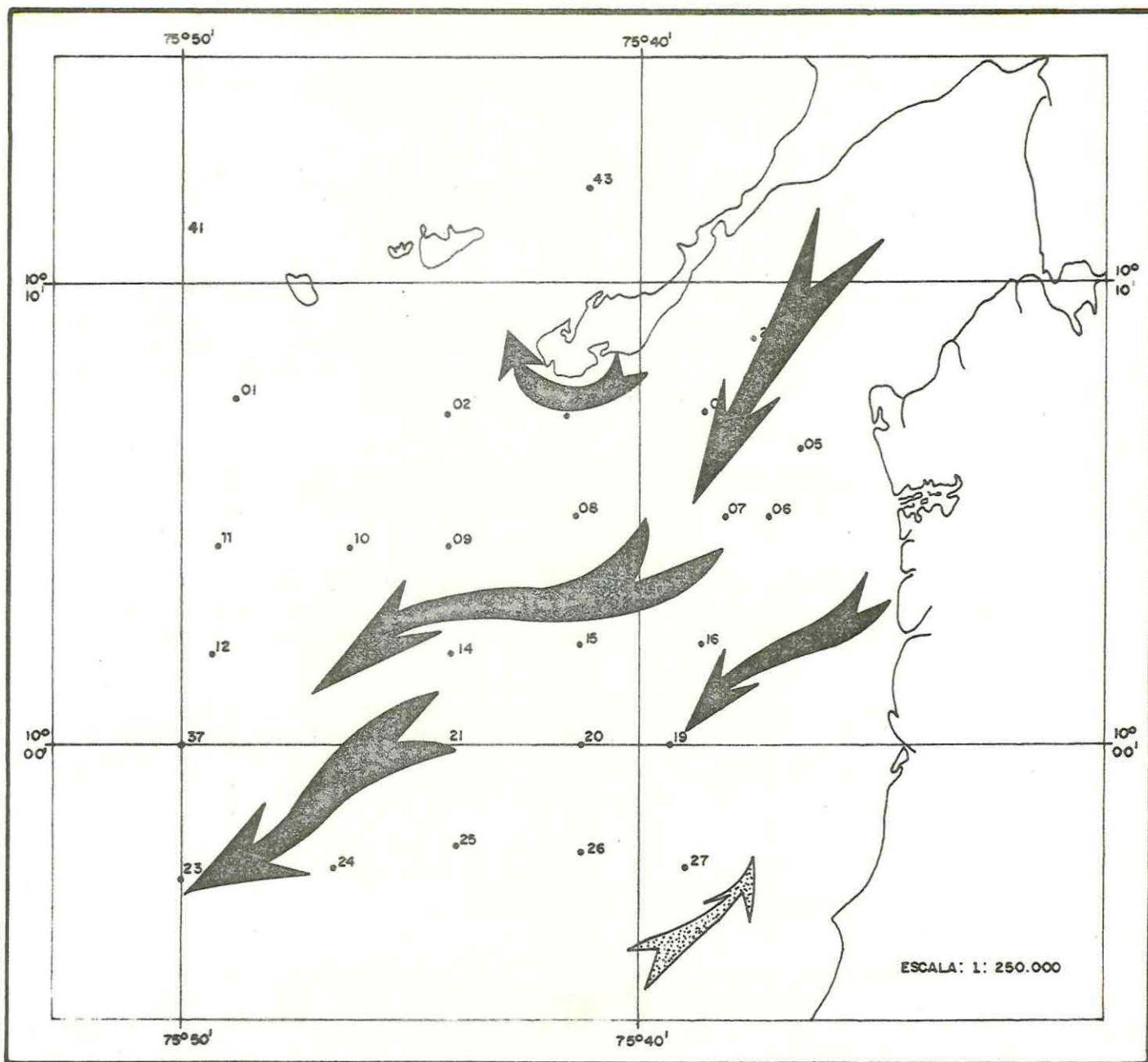
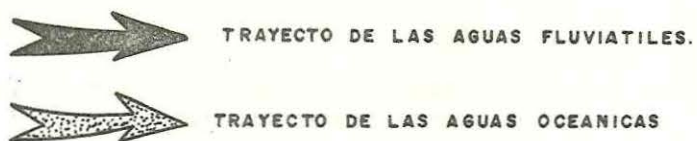


FIGURA 5. MAPA DE CIRCULACION DE LAS AGUAS EN SUPERFICIE (Sept. 83).



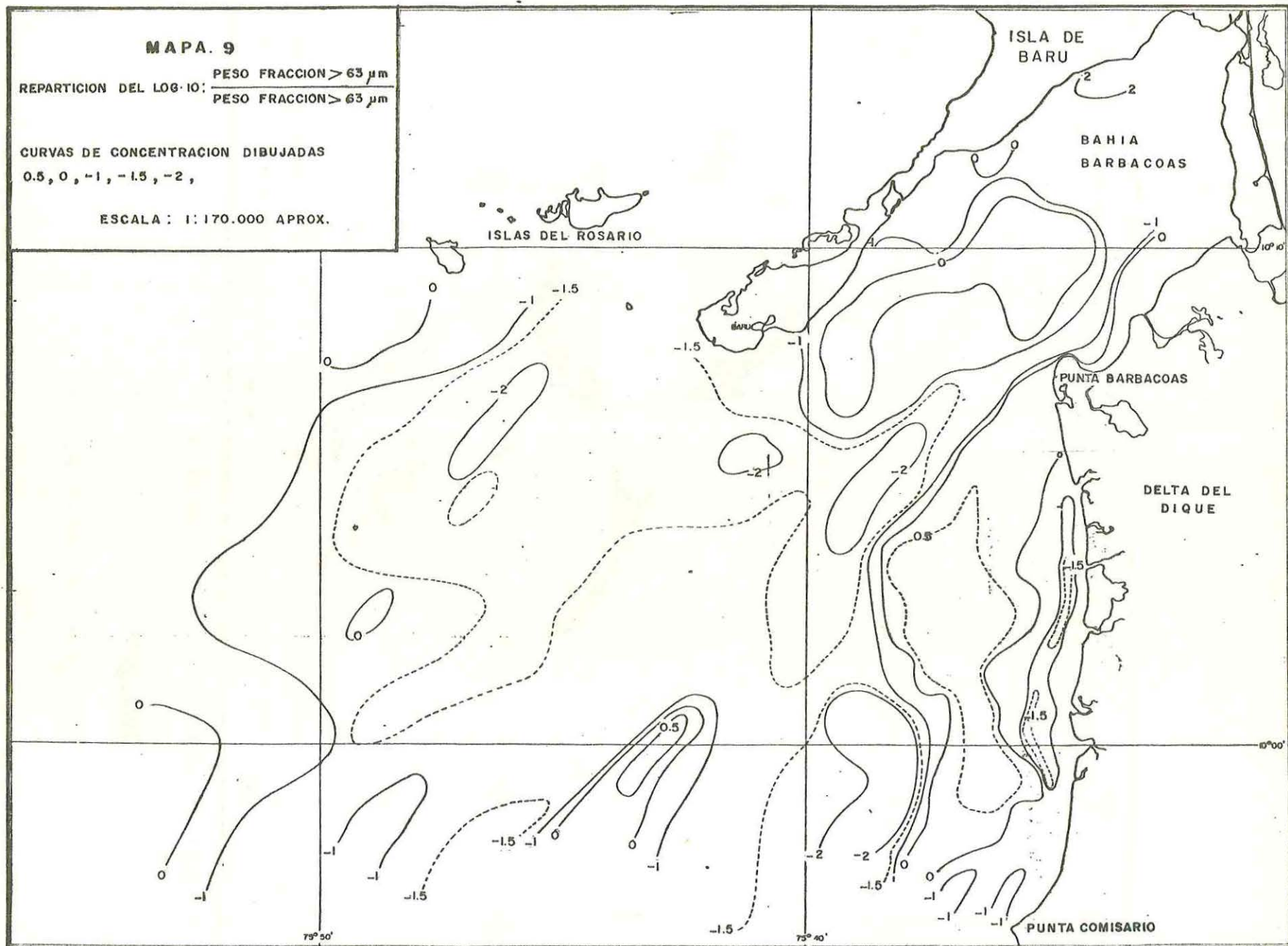


**MAPA. 9**

REPARTICION DEL LOG-10:  $\frac{\text{PESO FRACCION} > 63 \mu\text{m}}{\text{PESO FRACCION} > 63 \mu\text{m}}$

CURVAS DE CONCENTRACION DIBUJADAS  
0.5, 0, -1, -1.5, -2,

ESCALA: 1:170.000 APROX.



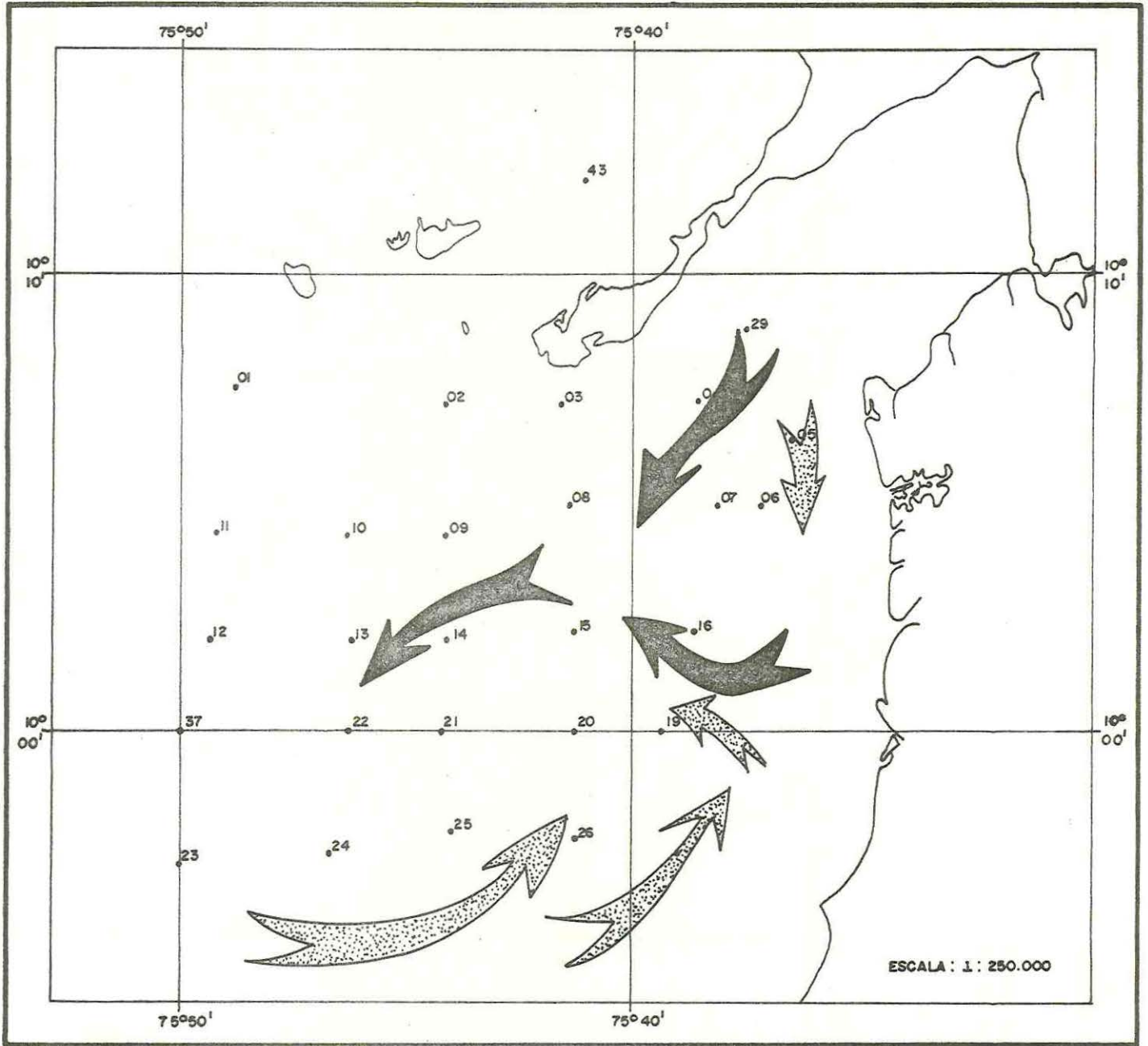




FIGURA: 6 CIRCULACION A -10 Metros 10

-  Corriente Fluviales
-  Circulación Oceánica

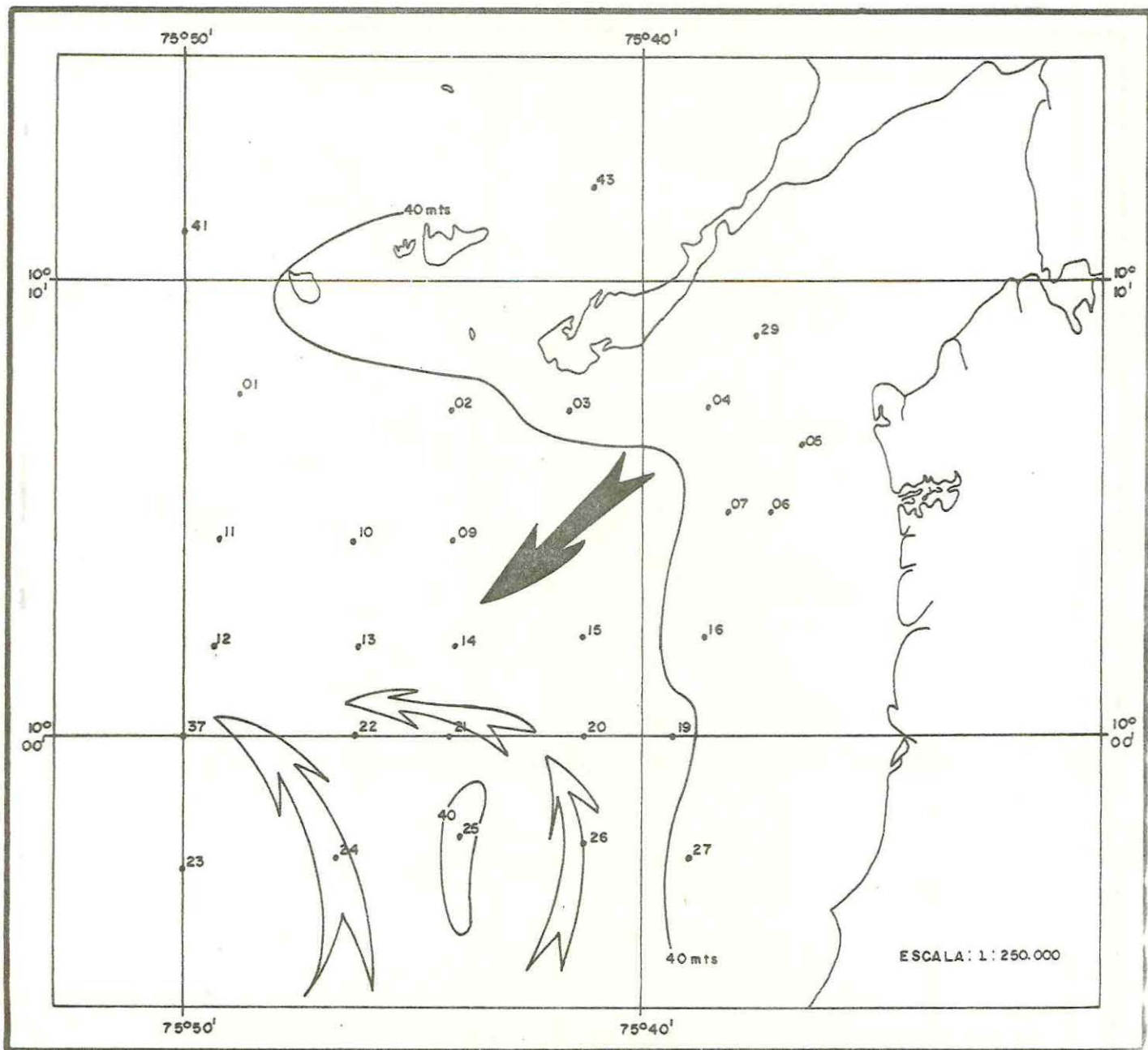


FIGURA: 7. MAPA DE REPARTICION DE LA CIRCULACION DE AGUA A - 40 Metros



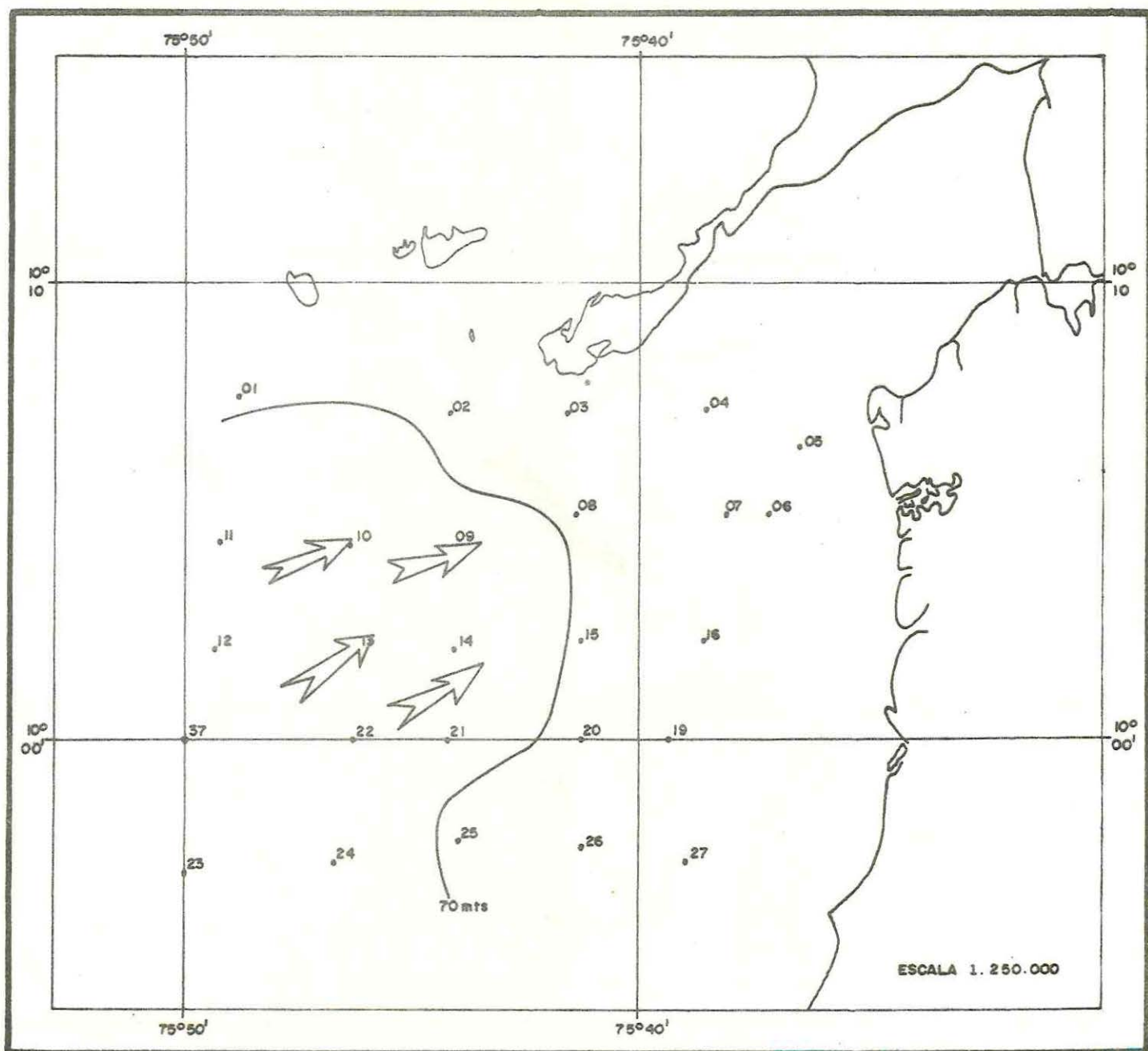


FIGURA. 8. MAPA DE CIRCULACION A - 70 Metros.

A menos de 10 m (Figura 6), frente a las zonas de mayor evacuación fluvial, encontramos un transporte de aguas fluviales hacia el W y luego al SW. Esta deformación resulta de la influencia siempre mayor de la contra corriente de Panamá.

A menos de 40 m (Figura 7), casi la única que predomina es la contra corriente de Panamá pero su fuerza parece menor. Encontramos aún una evacuación de las aguas fluviales.

A menos de 70 m (Figura 8), la contra corriente de Panamá y las aguas fluviales no aparecen más, pero encontramos una circulación de aguas frías del W al E. Eso debe corresponder a un fenómeno de compensación debido a la evacuación fluvial.

Para comprobar esta hipótesis analizaremos en dos perfiles verticales de repartición de temperatura y salinidad (Figuras 3 y 4).

Podemos observar que:

La evacuación y el transporte de sedimento se efectúa en los 10 primeros metros de profundidad, también un poco cerca de Front al principio del talud.

La salinidad da mayores resultados que la temperatura.

En el prodelta externo, existe un ascenso de agua profunda del W hacia el E, este ascenso de agua salada y fría corresponde a un fenómeno de compensación debido a la evacuación fluvial. Un esquema conceptual del fenómeno está presentado (Figura 9).

## V. CONCLUSIONES

El delta del Dique se presenta como un "delta joven" desarrollándose sobre una plataforma arrecifal. Su morfología es característica de la mezcla de dos agentes dinámicos: La evacuación fluvial y el oleaje.

La repartición del sedimento depende:

\* En la llanura deltáica de la variaciones de niveles de las aguas en función de las estaciones.

\* En el Delta Front, del mecanismo de dispersión de las aguas dominado por las fuerzas de flotación, de la redistribución por el oleaje y las corrientes generales de esta zona.

\* En el prodelta, del mecanismo de alimentación en superficie y cerca del fondo debido a la evacuación fluvial y reorganizado por la contra corriente de Panamá y las corrientes de compensación principalmente.

Todos los resultados obtenidos deben complementarse las perspectivas de investigación serian:

#### **A. MORFOLOGIA**

La ampliación de algunos detalles de las fotografías aéreas permitirá una mejor descripción.

Una nivelación de la zona abandonada permitirá tener datos cuantitativos sobre el punto alto.

Es necesario realizar la batimetría de dos desembocaduras.

#### **B. HIDROLOGIA**

Estudiar las variaciones de la corriente, salinidad y turbidez en la cercanía de una desembocadura.

#### **C. SEDIMENTOLOGIA**

Completar el estudio superficial a través de un muestreo sedimentológico con tubos de perforación y afectar además sísmica superficial.