

DESCRIPCION Y REPRESENTACION DE LAS CARACTERISTICAS SEDIMENTOLOGICAS DE LA BAHIA DE CARTAGENA

GEORGES VERNETTE¹ y PATRICK LESUEUR¹

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN - RESUME - ABSTRACT	94
1. INTRODUCCION	94
2. OBJETIVO	94
3. AREA DE ESTUDIO	94
4. DESCRIPCION GEOLOGICA	96
5. CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS	96
6. DATOS BATIMETRICOS	98
7. SEDIMENTOLOGIA	98
7.1. MUESTREO	98
7.2. ANALISIS	98
7.3. CARACTERISTICAS DE LOS SEDIMENTOS	98
7.3.1. GUIJARRO Y GRAVA	98
7.3.2. LAS ARENAS	101
7.3.3. LOS LODOS	108
8. CONCLUSION	113
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	113

RESUMEN

El estudio sedimentológico sobre más de 500 muestras, ha permitido la elaboración de mapas y características granulométricas de los sedimentos encontrados en el fondo de la Bahía de cartagena.

Se menciona la presencia de partículas desde cantos y guijarros hasta lodarcillosos.

La descripción morfoscópica y la composición cualitativa de las arenas indica un sedimento de origen tanto marino como continental.

RESUME

L' étude sédimentologique de plus de 500 échantillons a permis l' élaboration d' une carte de faciès et des caractéristiques granulométriques des sédiments du fond de la baie de Cartagena.

Il est constaté l'existence de sédiments dont les tailles varient depuis les argiles jusqu' aux graviers et galets.

La description morphoscopique et la composition qualitative des sables en outre de montrer la présence de sédiments d' origine tant continentale que marine.

ABSTRACT

Sedimentology studies over more than 500 samples allowed to carry out maps and granulometrics characteristics of the bottom sediment in Cartagena bay.

Size sorting from clays through pebbles and boulders are shown. Morphoscopic description and quality composition of sand prove the presence of both marine and continental sediment.

1. INTRODUCCION

El conocimiento de los fondos marinos en una Bahía o cerca de la costa, juega un papel importante tanto desde el punto de vista de la investigación misma como de las informaciones que procura a las personas encargadas de los recursos y del desarrollo del litotal.

Este conocimiento puede realizarse por estudios en diferentes disciplinas. Se han realizado varios estudios de Biología Marina y Oceanografía en la Bahía de Cartagena. El presente trabajo sintetiza los datos sedimentológicos obtenidos en muestreos efectuados entre 1976 y 1978 en la Bahía y sus alrededores.

2. OBJETIVO

El objetivo principal de esta investigación corresponde a la elaboración del mapa de la constitución del fondo de la Bahía de Cartagena, el cual se elaboró con la ayuda de los datos granulométricos y morfoscópicos de las partículas constitutivas del sedimento.

3. AREA DE ESTUDIO

La Bahía de Cartagena, situada al SW del mar Caribe, tiene dos entradas de acceso a la plataforma continental; la primera, al sur (Bocachica), sirve para navegación; la segunda, al norte (Bocagrande), fue rellenada en el siglo XVIII constituyendo "la escollera", que no permite los intercambios de masas de agua con mar abierto sino en superficie (Fig.1).

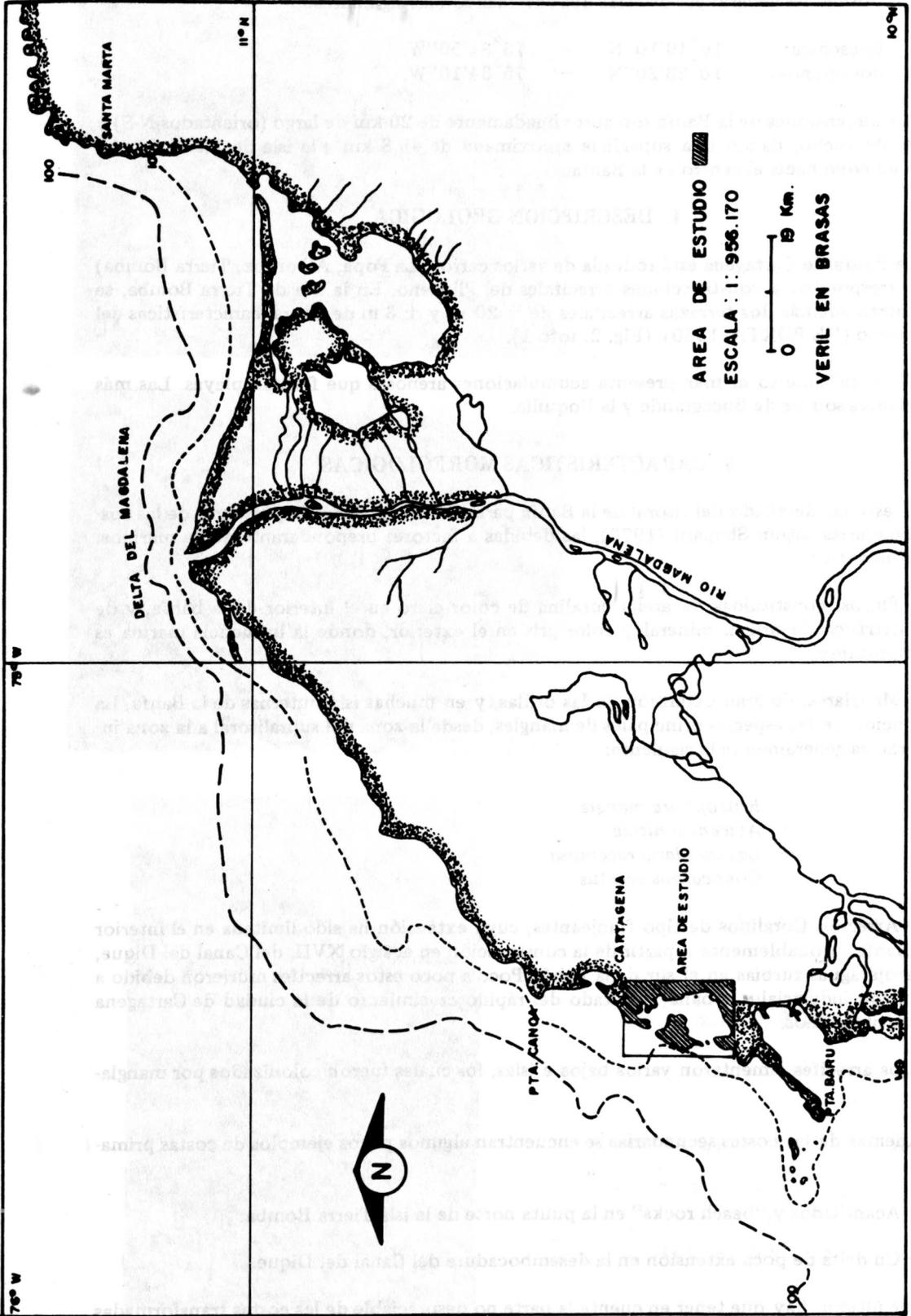


FIG. 1: Localización del área de estudio.

Las posiciones geográficas de estas dos entradas son las siguientes:

- Bocachica: $10^{\circ}19'10''N$ — $75^{\circ}34'50''W$.
- Bocagrande: $10^{\circ}23'20''N$ — $75^{\circ}34'10''W$.

Las dimensiones de la Bahía son aproximadamente de 20 km de largo (orientados N-S) y 10 km de ancho, dando una superficie aproximada de $45,8 \text{ km}^2$; la isla de Tierra Bomba forma un cono hacia el centro de la Bahía.

4. DESCRIPCION GEOLOGICA

La Bahía de Cartagena está rodeada de varios cerros (La Popa, Albornoz, Tierra Bomba) que corresponden a construcciones arrecifales del Plioceno. En la isla de Tierra Bomba, se encuentran además dos terrazas arrecifales de + 20 m y + 3 m de altura, características del Pleistoceno (DE PORTA, 1960). (Fig. 2; foto 1).

El litoral abierto al mar presenta acumulaciones arenosas que forman playas. Las más importantes son las de Bocagrande y la Boquilla.

5. CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS

El estudio detallado del litoral de la Bahía permitió evidenciar la importancia de las costas secundarias, según Shepard (1973), las debidas a factores preponderantemente marinos. Así se encontró:

— Playas, constituidas de arena coralina de color claro en el interior de la bahía, y de arena detrítica de origen mineral y color gris en el exterior, donde la influencia marina es más importante.

— Manglares, de gran extensión en las orillas, y en muchas islas internas de la Bahía, La distribución de las especies principales de mangles, desde la zona del supralitoral a la zona infralitoral, es generalmente la siguiente:

- *Rhizophora mangle*
- *Avicennia nitida*
- *Laguncularia racemosa*
- *Conocarpus erectus*

— Arrecifes Coralinos de tipo franjeantes, cuya extensión ha sido limitada en el interior de la Bahía, probablemente a partir de la construcción en el siglo XVII, del Canal del Dique, que arroja aguas turbias en el sur de la Bahía. Poco a poco estos arrecifes murieron debido a la polución industrial y urbana, resultado del rápido crecimiento de la ciudad de Cartagena en los últimos años.

Esos arrecifes cimentaron varios bajos e islas, los cuales fueron colonizados por manglares.

Además de las costas secundarias se encuentran algunos pocos ejemplos de costas primarias:

- Acantilados y "beach rocks" en la punta norte de la isla Tierra Bomba.
- Un delta de poca extensión en la desembocadura del Canal del Dique.

Por último, hay que tener en cuenta la parte no despreciable de las costas transformadas por el hombre (Bahía Interna, Mamonal), consecuencias del desarrollo de la ciudad.

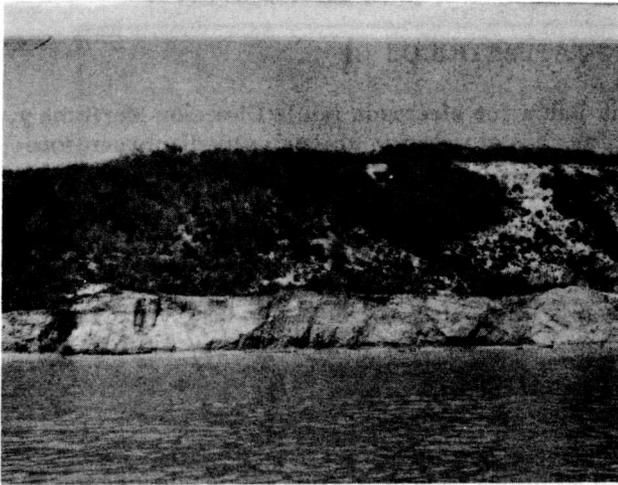


FOTO - 1 -

----- + 20 m

----- + 3 m

TERRAZAS ARRECIFALES

(TIERRA BOMBA)



FOTO - 2 -

----- TERRAZAS ARRECIFAL

----- BASE LIMO-ARCILLOSO

----- CANTOS Y GUIJARROS
CORALINOS



FOTO - 3 -

----- TERRAZA ARRECIFAL

----- BEACH ROCKS

----- MEZCLA DE GUIJARROS
CORALINOS CLAROS
Y
SILICEOS OSCUROS

FIG. 2: Fotografías de las terrazas arrecifales (3 fotos).

6. DATOS BATIMÉTRICOS

La batimetría más reciente de toda la Bahía fue efectuada por la Dirección Marítima y Portuaria en 1973. El mapa, cuyos contornos costeros fueron obtenidos mediante aerofotografía en 1974, se editó en 1976 y permite la descripción de las áreas siguientes (Fig. 3):

- Un área costera sinuosa, colonizada con frecuencia por manglares.
- Varios bajos coralinos.
- Un área central de gran extensión en donde se encuentran profundidades hasta de 30 m.
- Una acumulación déltica en la desembocadura del Canal del Dique.

7. SEDIMENTOLOGÍA

7.1. MUESTREO

El muestreo se realizó manualmente en las orillas y playas y, con la ayuda de un cono en la Bahía. La posición de la lancha se obtenía mediante un círculo hidrográfico y puntos de referencias en tierra (Fig. 4).

7.2. ANÁLISIS

Una vez descritas y limpiadas bajo un chorro de agua para quitar la sal, las muestras eran sometidas a los siguientes análisis:

- Granulometría de las arenas por tamizaje de 100 gr.
- Densimetría de los lodos según el método MERRIAUX (1957)
- Tamizaje, bajo un chorro de agua, de los sedimentos heterogéneos (mezcla de arena y lodo).
- Dosificación de los carbonatos por el calcímetro "Bernard"
- Dosificación de la materia orgánica (STRIKLAND y PARSONS, 1968).
- Morfoscopia cualitativa de los sedimentos con la ayuda de un Estereomicroscopio.

7.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS SEDIMENTOS

Los sedimentos de la Bahía de Cartagena son muy variados, indicando la complejidad de los procesos sedimentarios.

Considerando el tamaño y la composición, los diversos tipos encontrados son los siguientes:

7.3.1. GUIJARRO Y GRAVA

Este tipo de sedimento es de poca extensión y corresponde a dos clases diferentes.

a) Residuos Coralinos (Fig. 2, Foto 2).

Descripción.- Estos residuos coralinos de tamaño entre 1 y 10 cm se encuentran en la parte supralitoral de las playas cercanas a la terraza arrecifal pleistocena y provienen de la erosión directa de la terraza. La forma de estos residuos es muy variada pero están poco erosionados, lo que permite con frecuencia alcanzar a reconocer las especies de corales que participaron en la construcción de dichas terrazas. Así se han podido identificar restos de las especies siguientes:

- *Porites porites*
- *Agaricia sp.*
- *Meandrina meandrites*
- *Montastrea cavernosa*
- *Acropora cervicornis*

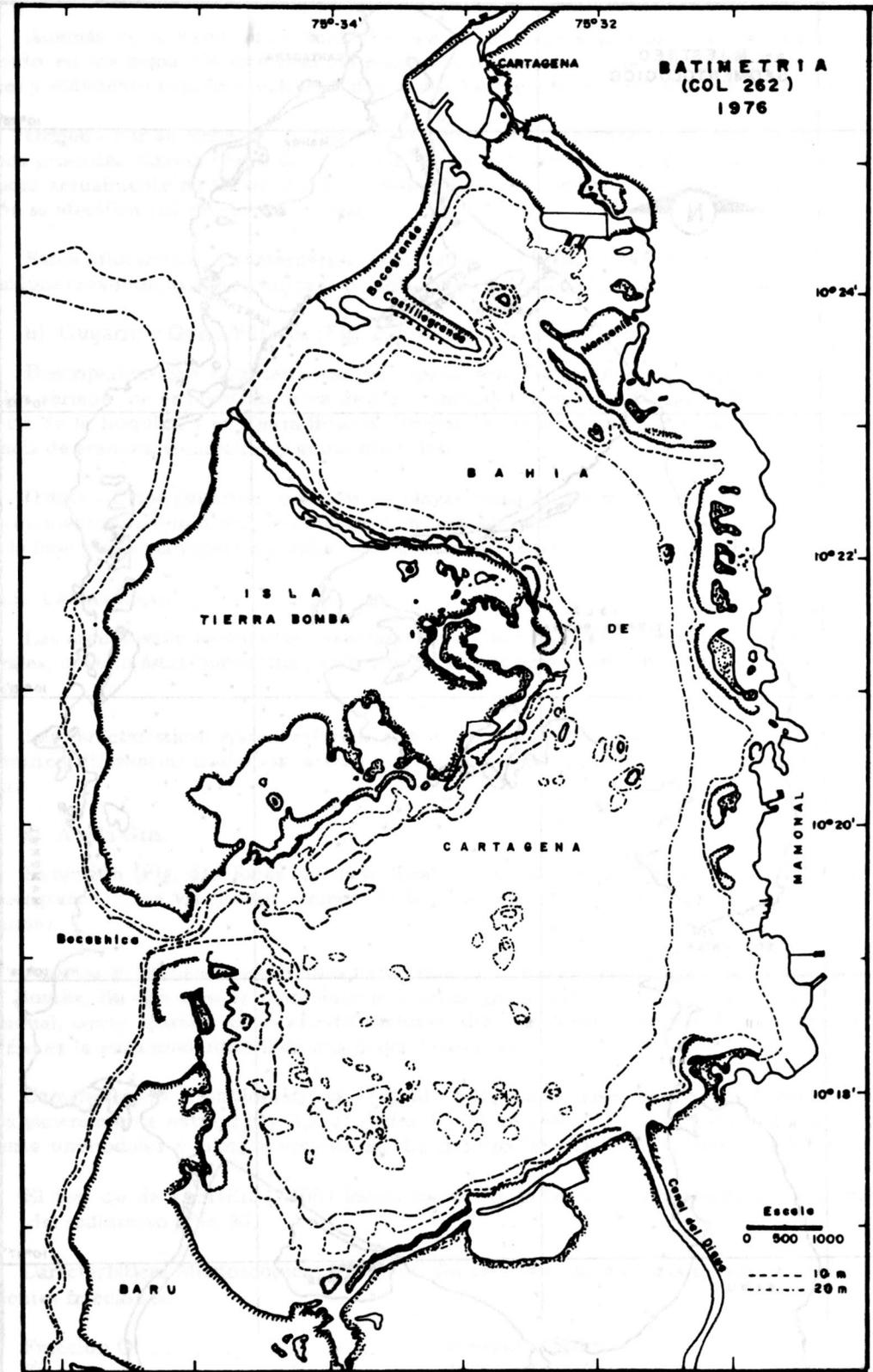


FIG. 3: Batimetría de la Bahía de Cartagena.

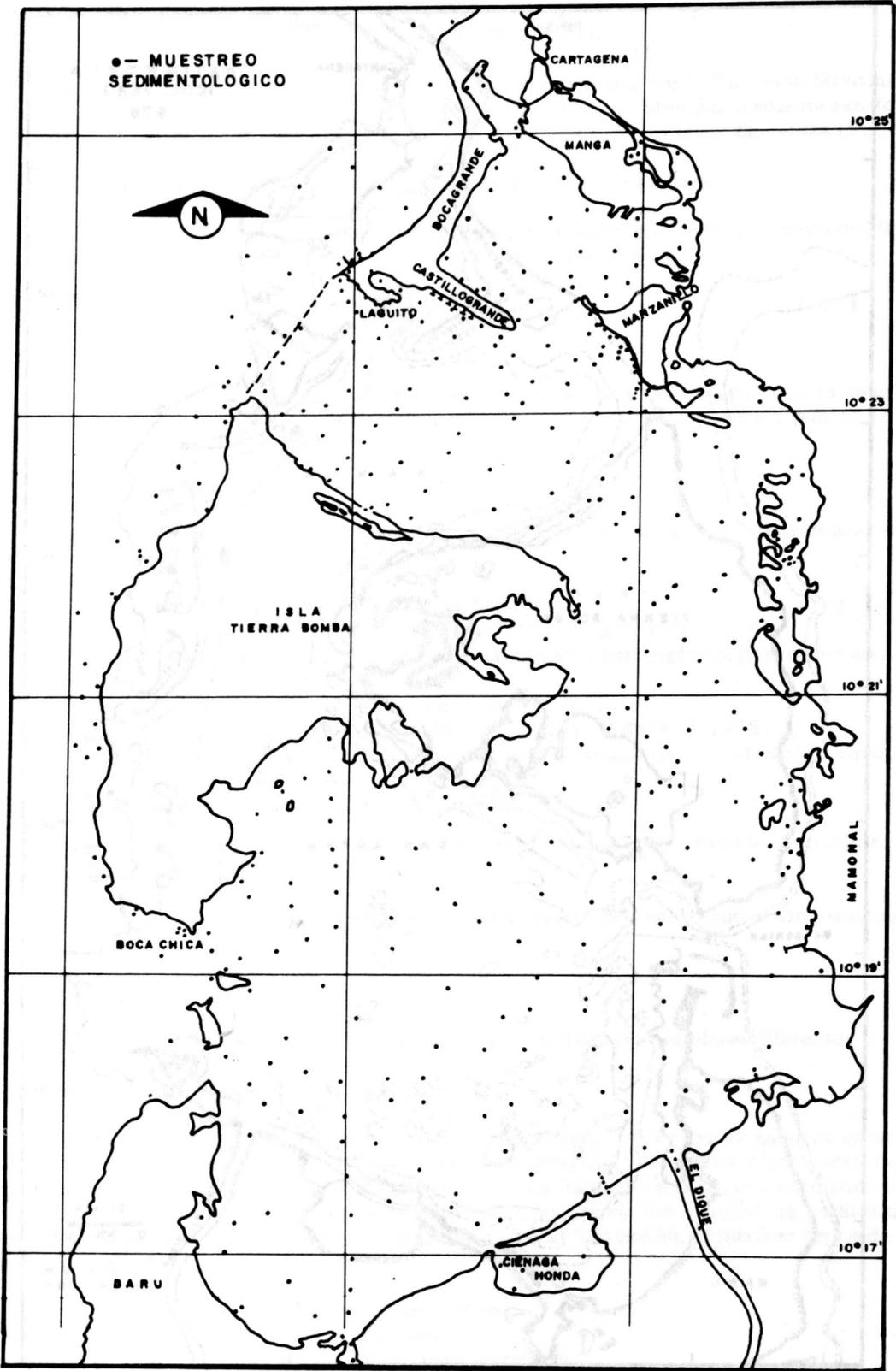


FIG. 4: Muestreo sedimentológico.

Además de la parte supralitoral, también se encuentra algunas veces este tipo de sedimento en los bajos. En este caso los residuos coralinos están mezclados con restos de conchas y sedimento más fino, calcáreo, dando una asociación de partículas heterogéneas.

Origen.- Por su forma y su lugar de deposición, se puede pensar que estos residuos coralinos proceden directamente de la erosión de las formaciones arrecifales cuaternarias encontradas actualmente en las orillas. El transporte de este sedimento es poco; erosión y deposición se efectúan casi en el mismo lugar.

Estos afloramientos cuaternarios erosionados por el mar están constituidos en parte por residuos coralinos, lo que significa la posible multiplicidad de los ciclos de erosión-deposición.

b) Guijarro y Grava Silíceos (Fig. 2, foto 3)

Descripción.- Sus características principales son: forma redonda y aplastada, tamaño y color variable; se encuentran cerca de los acantilados y morros del lado abierto al mar en el norte de la Boquilla y en Tierra Bomba. Un estudio detallado ha permitido evidenciar la presencia de arenisca y cuarcita de grano muy fino.

Origen.- Estos guijarros presentes en playas cerca de los morros, fueron encontrados en afloramientos bajo la forma de arenisca o en formaciones aluviales, entre los niveles arcillosos de la base y el nivel superior coralino que constituye la terraza de + 3 m.

7.3.2. LAS ARENAS

Las arenas están localizadas, no solamente en las playas sino también en las zonas infralitorales, cuando éstas tienen una pendiente suave y se presentan como una plataforma submarina.

Las características granulométricas y, sobre todo, la constitución de los granos de arena, permiten diferenciar dos tipos: arenas detríticas minerales grises y arenas calcáreas de color claro.

a) Arena Gris.

Extensión (Fig. 5).- Estas arenas se localizan en las playas abiertas directamente al mar (Bocagrande) y en los fondos vecinos, en los que influye la deriva litoral (Laguito, Castillo-grande).

Además se encuentra esporádicamente este tipo de arena en unas playas exteriores a Tierra Bomba. En este caso, la acumulación de arena gris parece ser temporal y sujeta al ciclo estacional, como aparece en las estratificaciones alternas claras y oscuras de un corte vertical hecho en la zona mediolitoral de una playa de esta isla.

Características Granulométricas (Fig. 6).- Son arenas grises finas cuyo diámetro medio está generalmente entre 2,5 y 3,2 unidades Φ (entre 180 y 11 μ aproximadamente), típicamente unimodales y bien seleccionadas. La desviación está siempre cerca de 0,5 (Fig. 7).

El test de de VISHNER (1969) indica un modo de transporte por saltación por más de 95 del sedimento (Fig. 8).

Características Morfoscópicas.- Después del tamizaje, la muestras se separaron en las siguientes fracciones:

Fracción O	superior a 2 mm
Fracción A	de 2 mm a 500 μ
Fracción B	de 500 μ a 160 μ
Fracción C	de 160 a 63 μ
Fracción D	inferior a 63 μ

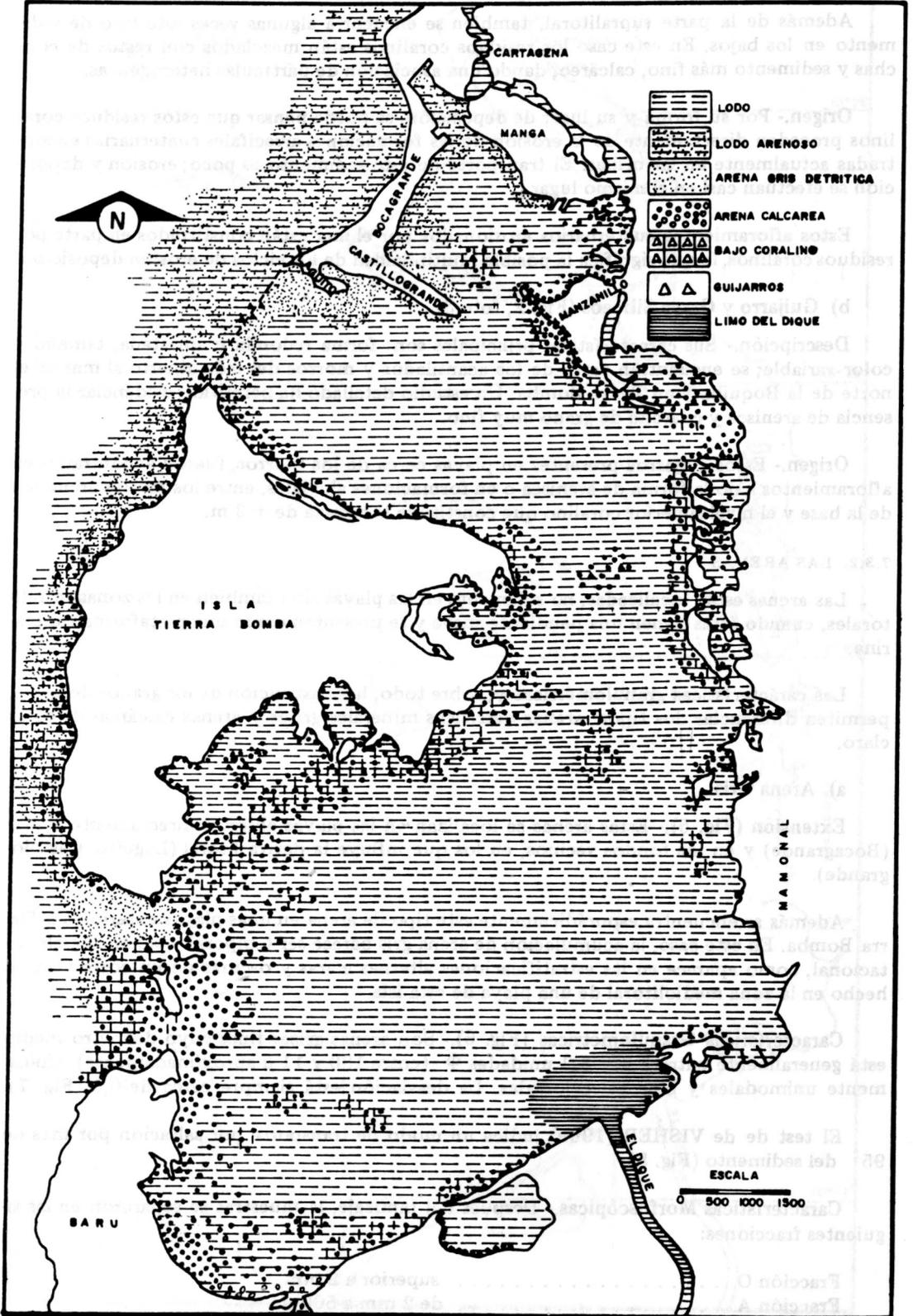


FIG. 5: Mapa de constitución del fondo de la Bahía de Cartagena.

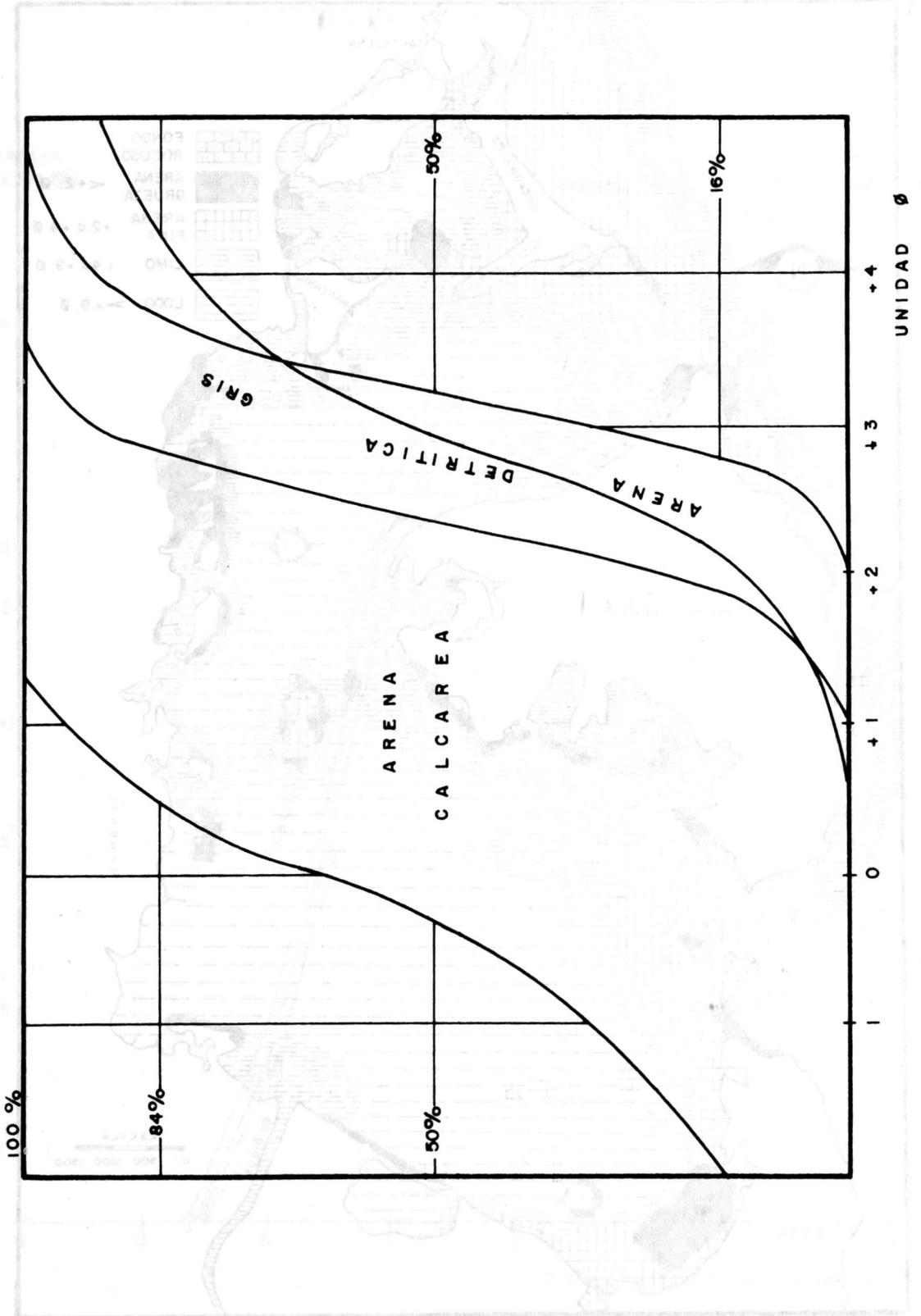


FIG. 6: Curvas acumulativas de los tipos de arena.

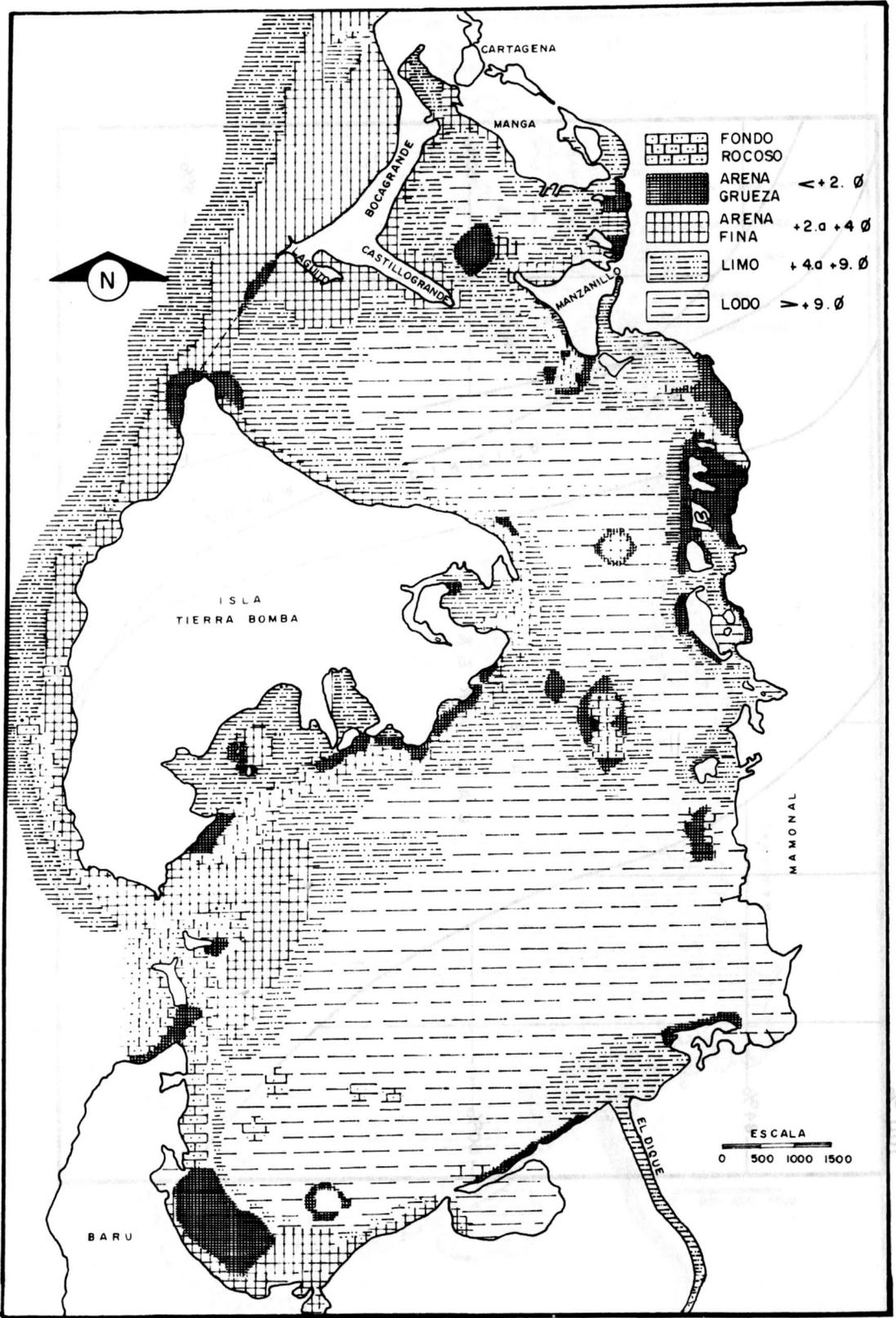


FIG. 7: Mapa de distribución del diámetro medio (Φ 50) en la Bahía de Cartagena.

TIPO DE TRANSPORTE

ESCALA
GAUSS (%)

TEST DE VISHER
MUESTRAS CARACTERISTICAS DE ARENA GRIS
(LAGUITO)

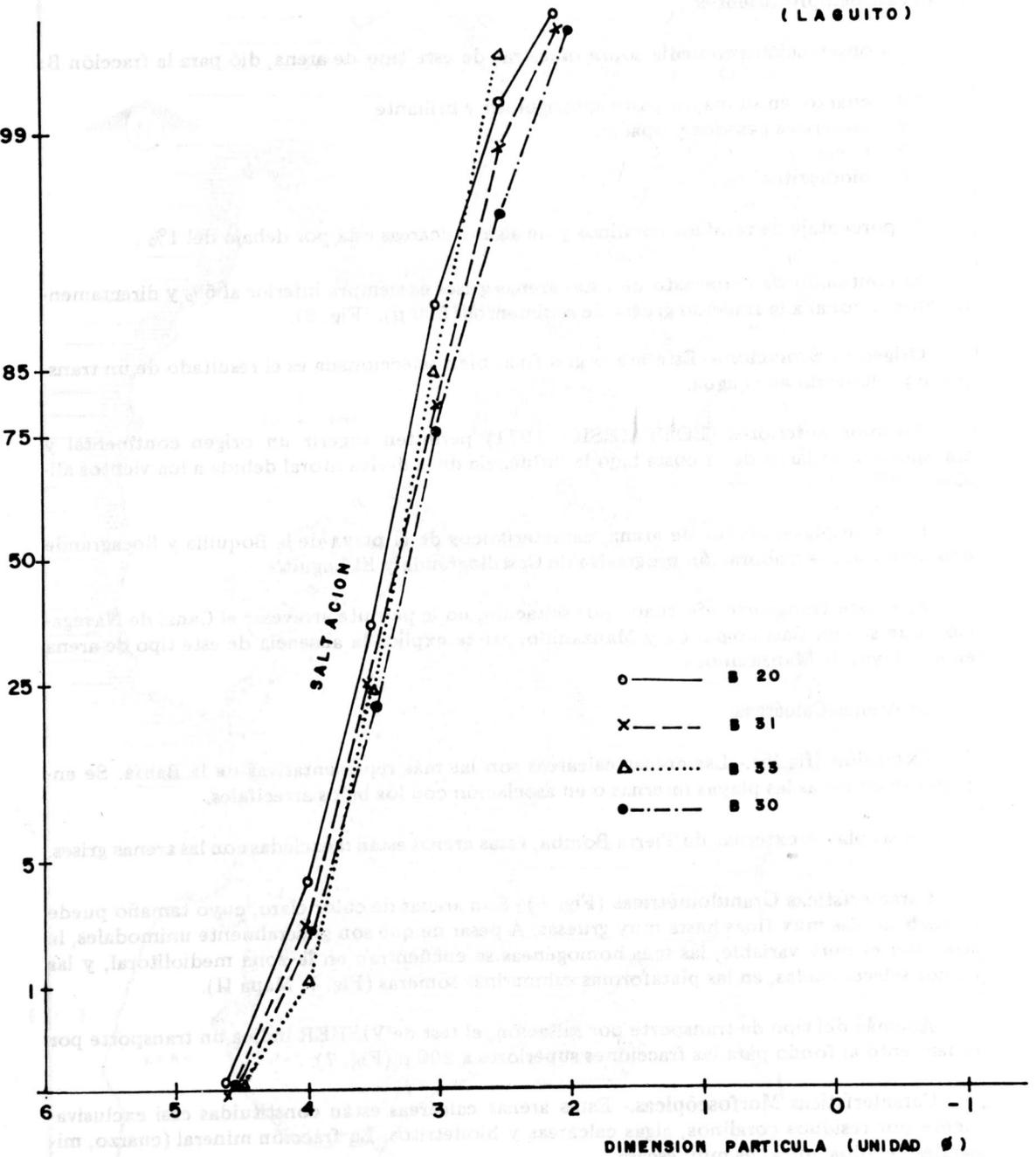


FIG. 8: Test de Visher para la arena gris en la zona de Laguito.

Para estas arenas grises las fracciones O y D están ausentes. Cuando la fracción A existe, está siempre en muy poca proporción (inferior al 5%) y está constituida casi exclusivamente de biodetritos.

La fracción B es generalmente la más representativa y por esto se estudió detalladamente. Las características morfoscópicas de esta fracción indican un sedimento compuesto en su mayor parte de granos de cuarzo sub-angulosos y brillantes, asociados con minerales pesados. Algunas veces se encuentran también biodetritos y láminas de mica. Los residuos coralinos están casi siempre ausentes.

Una observación promedia sobre muestras de este tipo de arena, dió para la fracción B:

- 79 cuarzo, en su mayor parte subanguloso y brillante
- 9 minerales pesados y opacos
- 5 micas
- 6 biodetritos

El porcentaje de residuos coralinos y de algas calcáreas está por debajo del 1% .

El contenido de carbonato de estas arenas grises es siempre inferior al 5% y directamente proporcional a la fracción gruesa de sedimentos (500 μ). (Fig. 9).

Origen y Evolución.- Esta arena gris fina, bien seleccionada es el resultado de un transporte prolongado en el agua.

Estudios anteriores (BOTTAGISIO, 1971) permiten sugerir un origen continental y transporte a lo largo de la costa bajo la influencia de la deriva litoral debida a los vientos alisios N-NE.

Estos desplazamientos de arena, característicos de la playa de la Boquilla y Bocagrande han permitido la elaboración progresiva de Castillogrande y El Laguito.

Pero este transporte efectuado por saltación, no le permite atravesar el Canal de Navegación que separa Castillogrande y Manzanillo, así se explica la ausencia de este tipo de arena en las playas de Manzanillo.

b) Arenas Calcáreas

Extensión (fig.15).- Las arenas calcáreas son las más representativas de la Bahía. Se encuentran en todas las playas internas o en asociación con los bajos arrecifales.

En las playas externas de Tierra Bomba, estas arenas están mezcladas con las arenas grises.

Características Granulométricas (Fig. 6).- Son arenas de color claro, cuyo tamaño puede ir desde arenas muy finas hasta muy gruesas. A pesar de que son generalmente unimodales, la selección es muy variable, las más homogéneas se encuentran en la zona mediolitoral, y las menos seleccionadas, en las plataformas submarinas someras (Fig. 7, Mapa II).

Además del tipo de transporte por saltación, el test de VISHER indica un transporte por rodamiento al fondo para las fracciones superiores a 200 μ (Fig. 7).

Características Morfoscópicas.- Estas arenas calcáreas están constituidas casi exclusivamente por residuos coralinos, algas calcáreas y biodetritos, La fracción mineral (cuarzo, minerales pesados, mica) es muy escasa.

Una observación promedio sobre muestras de este tipo indica, para la fracción B, la siguiente composición:

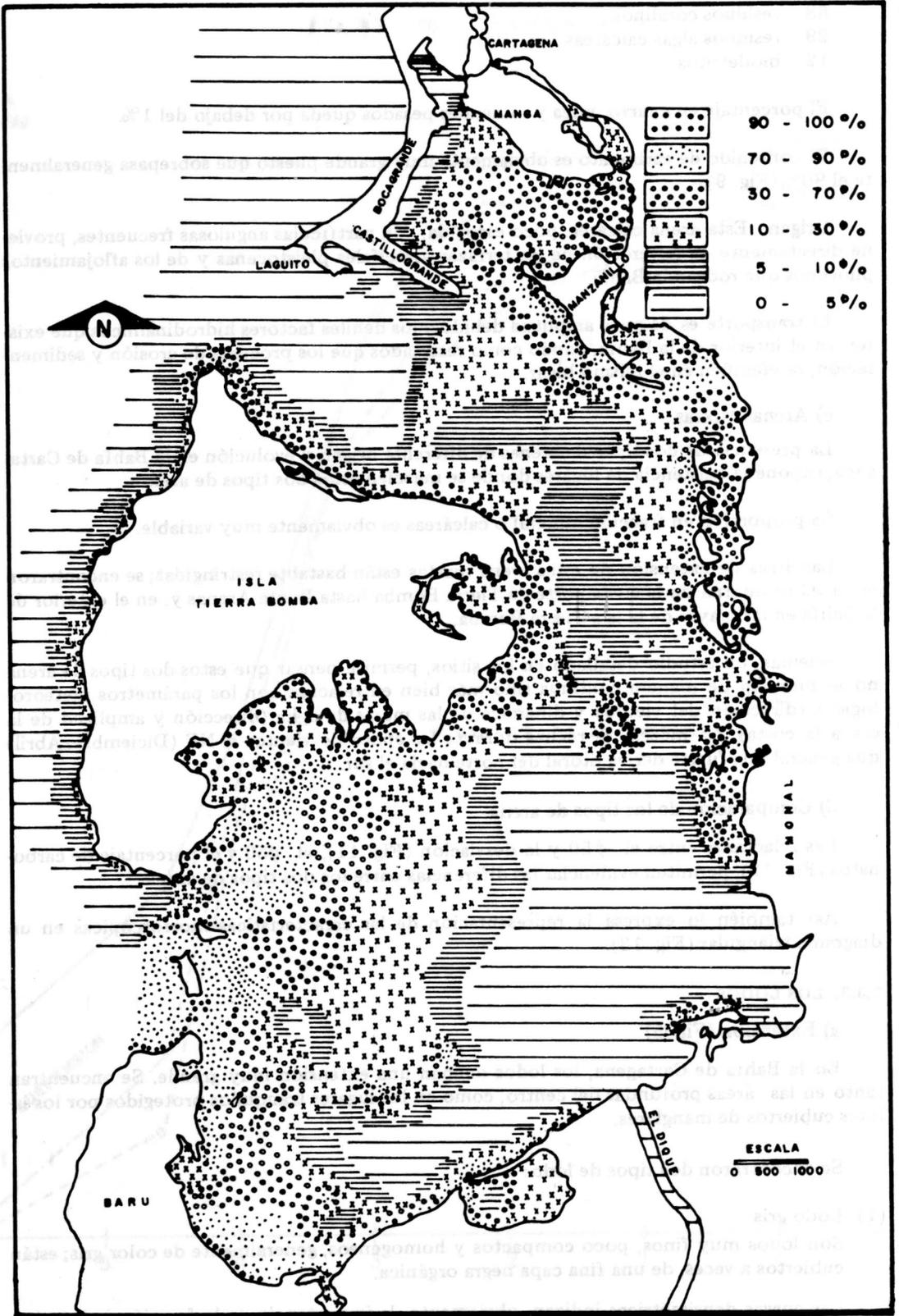


FIG. 9: Mapa de porcentaje de carbonatos en la Bahía de Cartagena.

- 58 residuos coralinos
- 29 residuos algas calcáreas
- 12 biodetritos

El porcentaje en cuarzo, mica y minerales pesados queda por debajo del 1%.

El contenido de carbonato es obviamente muy grande puesto que sobrepasa generalmente el 90% (Fig. 9).

Origen.- Esta arena calcárea, poco escogida, con partículas angulosas frecuentes, proviene directamente de la erosión de las terrazas arrecifales pleistocenas y de los afloramientos pliocenos que rodean la Bahía.

El transporte es de poca amplitud debido a los débiles factores hidrodinámicos que existen en el interior de la Bahía, dando como resultados que los procesos de erosión y sedimentación, se efectúen en el mismo lugar.

c) Arenas Mixtas.

La presencia de dos tipos de arenas de diferente origen y evolución en la Bahía de Cartagena, supone la existencia de lugares donde se mezclen estos dos tipos de arenas.

La proporción en fracción mineral o calcáreas es obviamente muy variable.

Las áreas de extensión de estas arena mixtas están bastante restringidas; se encontraron en la parte interna de la costa norte de Tierra Bomba hasta Punta Arenas y, en el exterior de la Bahía en las playas de la isla Tierra Bomba.

Además, un estudio detallado en los sitios, permite pensar que estos dos tipos de arena no se mezclan de manera continua sino más bien en relación con los parámetros meteorológicos (dirección del viento) y dinámica de las masas de agua (dirección y amplitud de la ola a la costa). La mezcla se realiza durante las época de vientos N-NE (Diciembre-Abril) que genera una fuerte deriva litoral del norte hacia el sur.

d) Comparación de los tipos de arena.

Las relaciones entre el $\phi 50$ y la desviación (Fig. 11), el $\phi 50$ y el porcentaje de carbonatos (Fig. 12), permiten evidenciar las diferencias entre los dos tipos de arena.

Así también lo expresa la representación de las características morfoscópias en un diagrama triangular (Fig. 13).

7.3.3. LOS LODOS

a) Extensión (Fig.15)

En la Bahía de Cartagena, los lodos ocupan una extensión muy grande. Se encuentran tanto en las áreas profundas del centro, como en los lugares tranquilos protegidos por los islotes cubiertos de manglares.

Se encontraron dos tipos de lodo:

(1) Lodo gris

Son lodos muy finos, poco compactos y homogéneos, generalmente de color gris; están cubiertos a veces, de una fina capa negra orgánica.

Las curvas densimétricas indican, obviamente, la importancia de la fracción lodosa (tamaño inferior a 2μ) (Fig. 14).

TIPO DE TRANSPORTE

ESCALA
GAUSS(%)

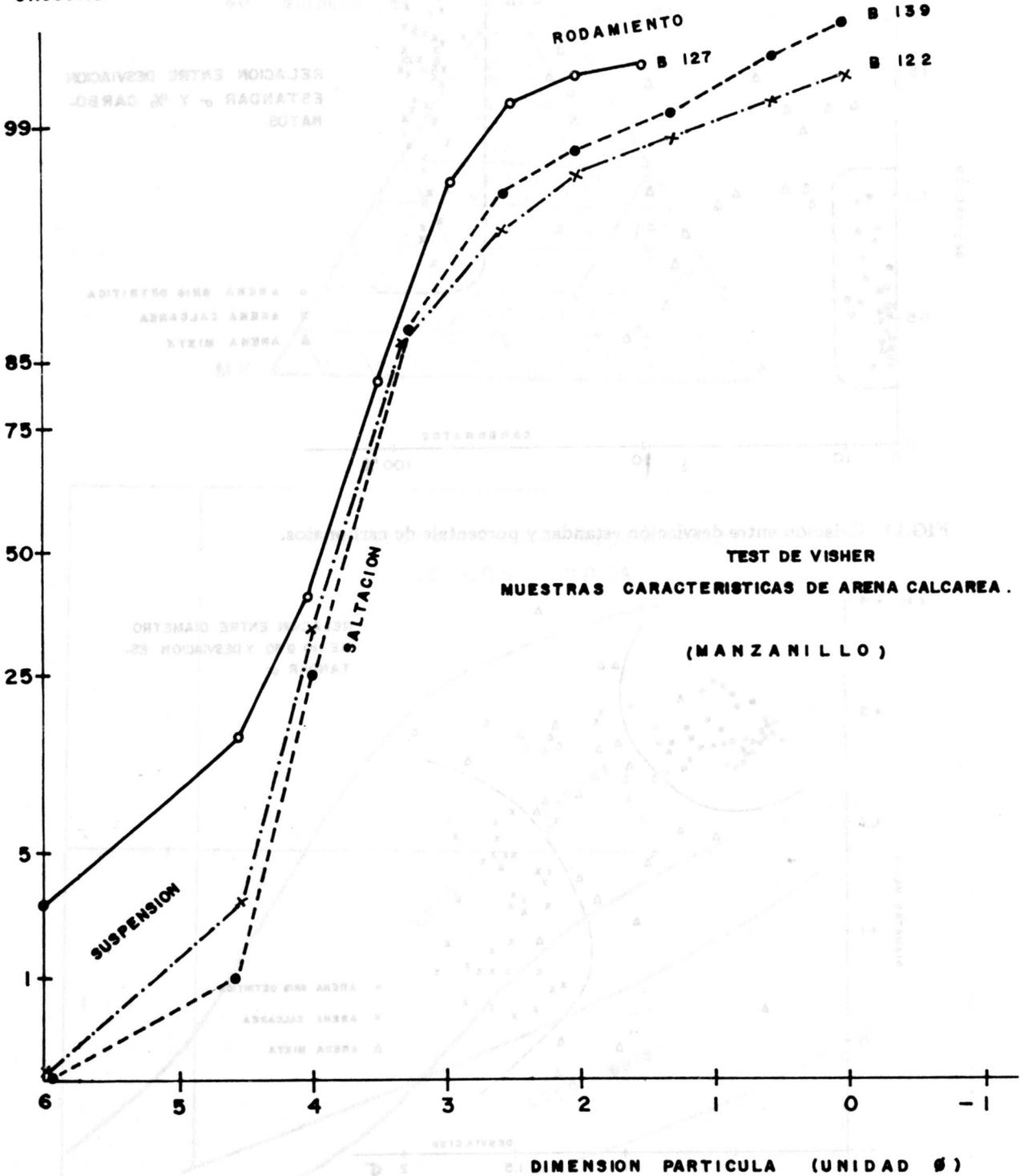


FIG.10: Test de Visher para las arenas calcáreas en la zona de Manzanillo.

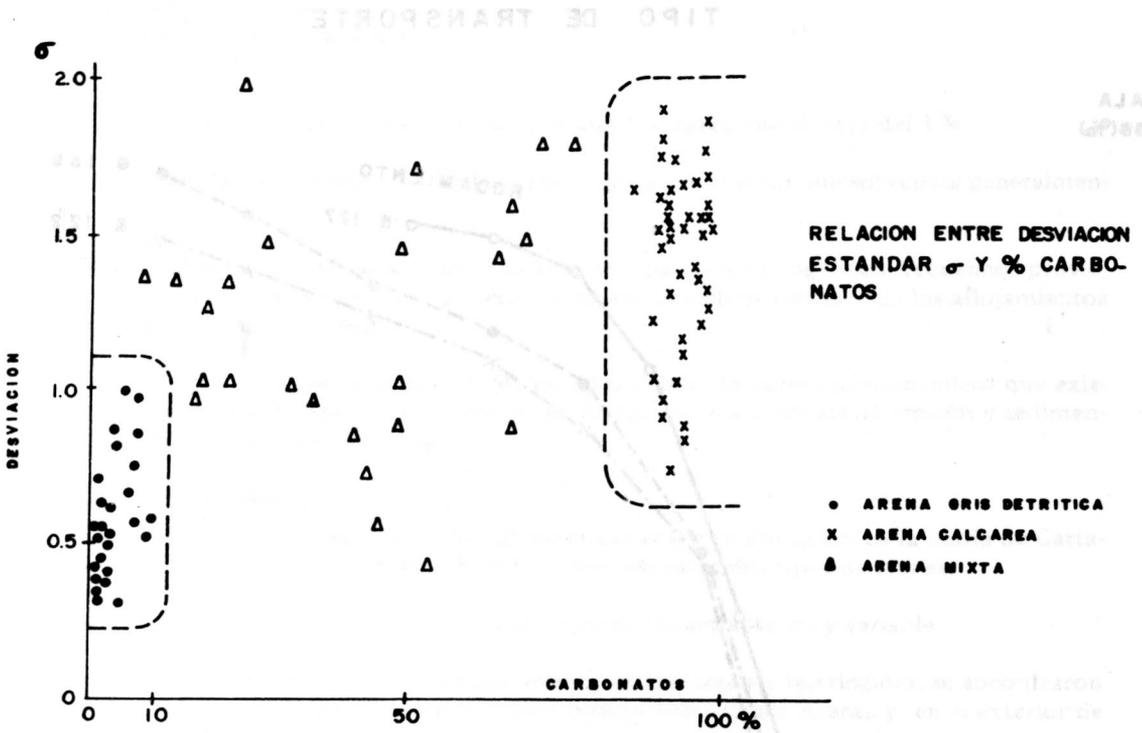


FIG.11: Relación entre desviación estandar y porcentaje de carbonatos.

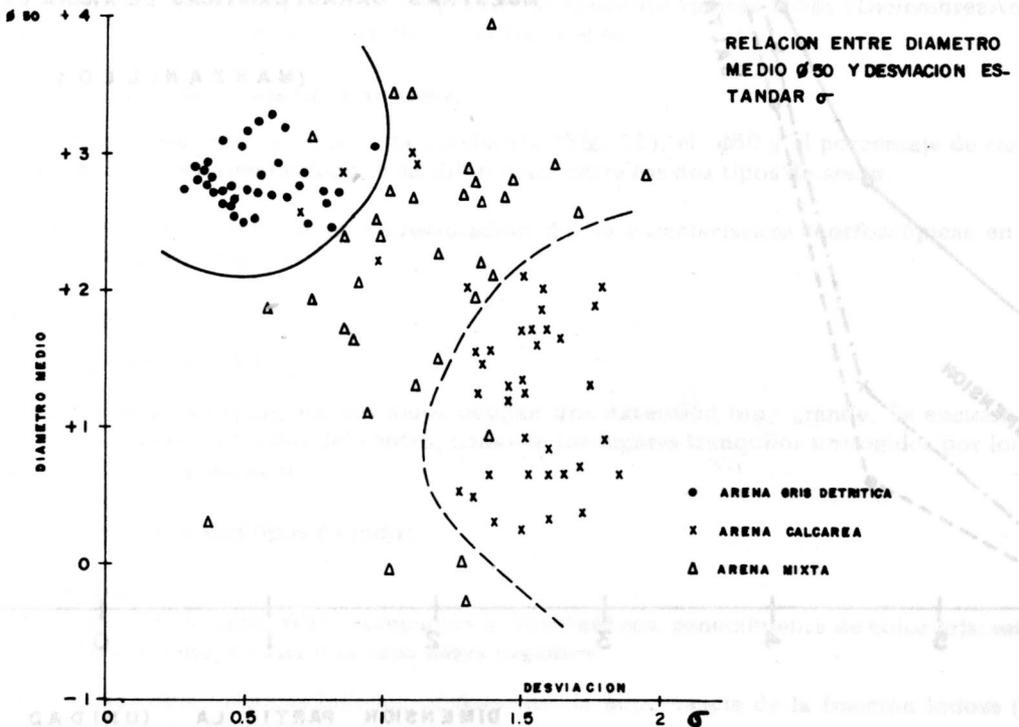
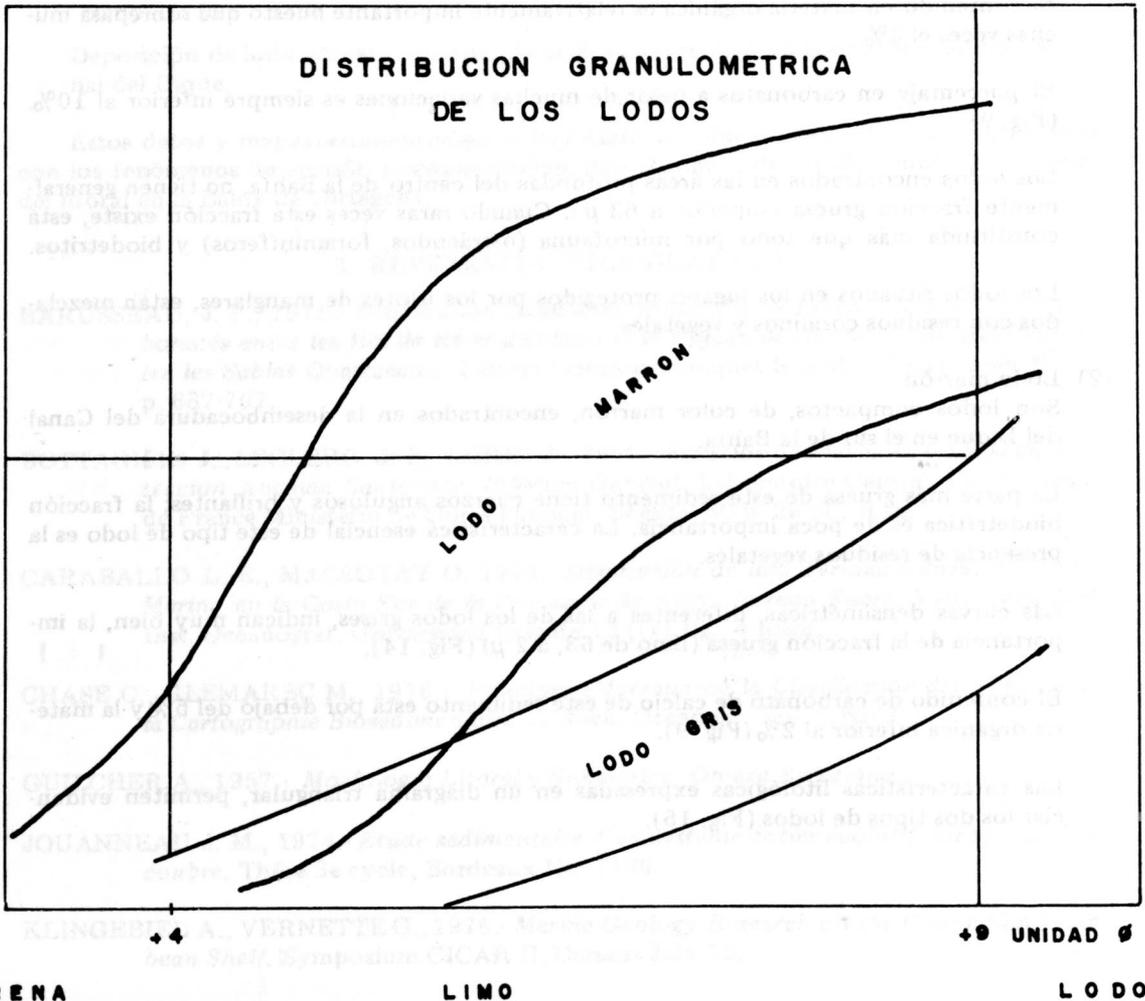
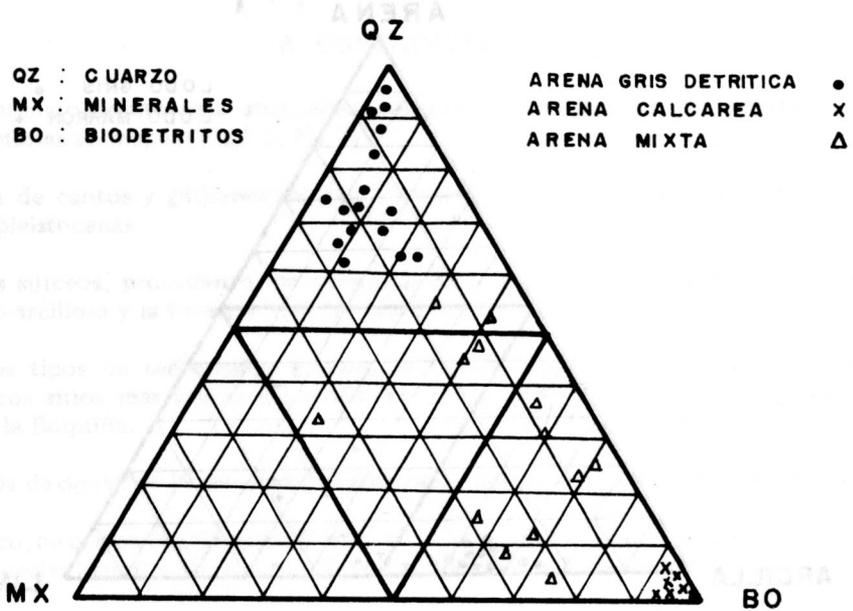


FIG.12: Relación entre diámetro medio y desviación estandar.



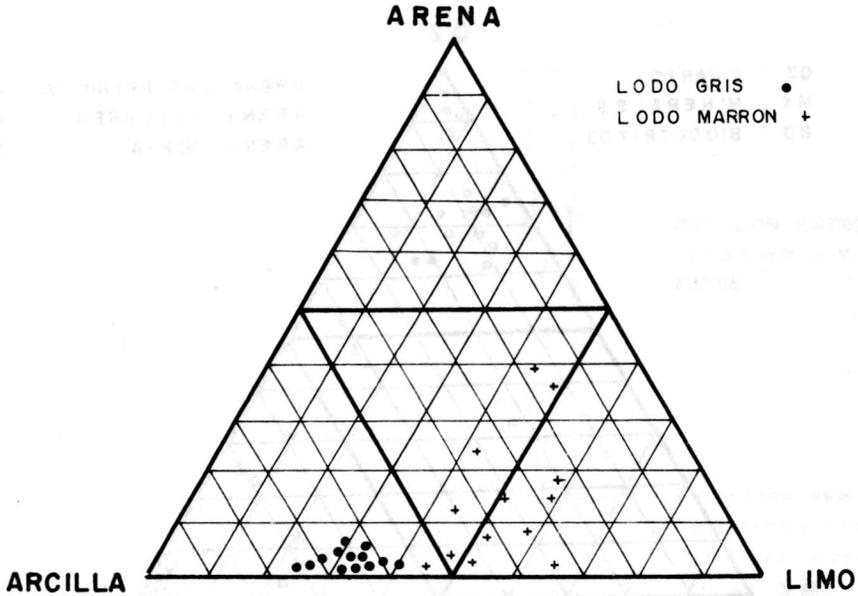


FIG.15: Diagrama triangular de distribución de los lodos.

El contenido en materia orgánica es relativamente importante puesto que sobrepasa muchas veces el 3%.

El porcentaje en carbonatos a pesar de muchas variaciones es siempre inferior al 10%. (Fig. 9).

Los lodos encontrados en las áreas profundas del centro de la Bahía, no tienen generalmente fracción gruesa (superior a 63μ). Cuando raras veces esta fracción existe, está constituida más que todo por microfauna (ostrácodos, foraminíferos) y biodetritos.

Los lodos situados en los lugares protegidos por los islotes de manglares, están mezclados con residuos coralinos y vegetales.

(2) Lodo marrón

Son lodos compactos, de color marrón, encontrados en la desembocadura del Canal del Dique en el sur de la Bahía.

La parte más gruesa de este sedimento tiene cuarzós angulosos y brillantes; la fracción biodetrítica es de poca importancia. La característica esencial de este tipo de lodo es la presencia de residuos vegetales.

Las curvas densimétricas, diferentes a las de los lodos grises, indican muy bien, la importancia de la fracción gruesa (limo de 63 , a 2μ) (Fig. 14).

El contenido de carbonato de calcio de este sedimento está por debajo del 5% y la materia orgánica inferior al 2% (Fig. 9).

Las características litológicas expresadas en un diagrama triangular, permiten evidenciar los dos tipos de lodos (Fig. 15).

8. CONCLUSION

El gran número de muestras analizadas, permitieron destacar las características siguientes y representarlas en mapas (Figs. 5, 7 y 9).

- 1) Presencia de cantos y guijarros coralinos, procedentes de afloramientos pliocenos y de terrazas pleistocenas.

Guijarros silíceos, procedentes de afloramientos esparcidos, situados entre la capa de base limo-arcillosa y la formación superior arrecifal.

Estos dos tipos de sedimentos gruesos, se encuentran frecuentemente mezclados en unos pocos sitios mar afuera de la isla de Tierra Bomba y la Punta de Barlovento al norte de la Boquilla.

- 2) Existencia de dos tipos de arena localizados en las playas y en los fondos de agua somera:

El primero, de origen continental, se desplaza a lo largo del litoral Caribe, bajo la influencia de la deriva litoral y construye barreras y playas en el lado abierto al mar.

El segundo, biotráctico, resulta de la erosión de las formaciones arrecifales circundantes a la Bahía y alimenta las playas interiores. Su movilidad es muy limitada.

- 3) Recubrimiento de los fondos del centro de la Bahía, por un lodo gris muy fino y poco compactado.

Deposición de lodo grueso y marrón, de origen continental, en la desembocadura del Canal del Dique.

Estos datos y mapas sedimentológicos facilitarán la solución de problemas relacionados con los fenómenos de erosión y sedimentación, que afectan el desarrollo económico y social del litoral en la Bahía de Cartagena.

9. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- BARUSSEAU, J. P., 1971.- *Distribution Granulométrique des Sédiments Bioclastiques Carbonatés entre les Iles de Ré et d'Oléron et le Plateau de Rochebonne. Relation entre les Sables Quartzueux.* Cahiers Océanographiques S.H.M. XXIIIe année No. 8, p. 687-707.
- BOTTAGISIO J., LECLERC, J. P., LORIN J., 1971.- *Estudios de Playas en Cartagena. Protección Avenida Santander. Informe General.* Laboratoire Central d'hydraulique de France Ministerio de Obras Públicas, Bogotá, 50 p. 29 pl., II fig.
- CARABALLO L. E., MACSOTAY O. 1973.- *Descripción de una Terraza Litoral de Origen Marino en la Costa Sur de la Península de Araya (estado Sucre, Venezuela).* Bol. Inst. Oceanograf. Universidad Oriente 12 (I) I fig., 4 fotos.
- CHASE C., GLEMAREC M., 1976.- *Principes Généraux de la Clasificación des Fonds pour la Cartographie Biosédimentaire.* J. Rech. Oceanogr. Vol. I, No.3.
- GUILCHER A., 1957.- *Morfología Litoral y Submarina.* Omega Barcelona.
- JOUANNEAU J. M., 1974.- *Etude sédimentaire d'un système cotier évolutif. La pointe de la coubre.* Thèse 3e cycle, Bordeaux No. 1136.
- KLINGEBIEL A., VERNETTE G., 1976.- *Marine Geology Research on the Colombian Caribbean Shelf.* Symposium CICAR II, Caracas July 12.

G. VERNETTE, P. LESUEUR - DESCRIPCION Y REPRESENTACION DE LAS
CARACTERISTICAS SEDIMENTOLOGICAS DE LA BAHIA DE CARTAGENA

- LECLER J. P., 1972.- *Playas de Cartagena. Estudio en modelo reducido. Laboratoire Central d'hydraulique de France Ministerio de Obras Públicas, Bogotá, 57 p., 37 pl. II fig.*
- LLANO M., 1977.- *Los Ostrácodos de la Bahía de Cartagena. Tesis de Grado. Univers. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 80 p.*
- MARCO DORTA E., 1960.- *Cartagena de Indias. Puerto y Playa Fuerte A. Amado Edit., Cartagena.*
- MENDEZ, F., 1976.- *Estudios Físicos y Químicos en las Aguas de la Bahía de Cartagena. Univ. de Cartagena No. 147.*
- MIRO M. De y al., 1977.- *Morfología y sedimentos de la Plataforma Continental de la Providencia, de Esmeraldas, Ecuador. Instituto Oceanográfico Armada del Ecuador, Guayaquil. 25 p., 22 fig.*
- MONCALEANO, A., y NIÑO L., 1976.- *Celenterados Planctónicos de la Bahía de Cartagena. Tesis de Grado. Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.*
- PORTA J. De, SOLE DE PORTA N., 1960.- *El Cuaternario Marino de Tierra Bomba. Bol. de Geol. Univ. Ind. de Santander, Bucaramanga, No. 4, p. 19-44.*
- PORTA J. De y al, 1963.- *Nuevas aportaciones al Holoceno de Tierra Bomba. Bol. de Geol. Univ. Ind. de Santander, Bucaramanga, p. 35-44.*
- SHAUSS R., 1974.- *Circulación y transporte de agua en la Bahía de Cartagena de Indias mediante su representación por el modelo hidrodinámico numérico de circulación. DIMAR Ministerio de Defensa Nacional, Bogotá DO-20, 49 p., 26 fig.*
- SHEPARD, F. P., 1973.- *Submarine Geology (Third edition). Harper and Row Publisher, New York.*
- STRIKLAND, J. H., PARSON T. R., 1968.- *A Practical Handbook of Seawater Analysis Fish; Research board of Canadá, Ottawa.*
- VERNETTE G., BUITRAGO J., CAMPOS N., LLANO M., 1977.- *Variaciones morfológicas de las costas de la Bahía de Cartagena a partir del Siglo XVIIe. Bol. Centr. Oceanogr. e Hidrog. Cartagena V. I., p. 21-39, 10 fig.*
- VERNETTE G., LESUEUR P., KLINGEBIEL A., 1978.- *Evolution Morphologique et sédimentologique de la flèche littorale du Laguito (Bais de Cartagena - Colombia). Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux No. 23, p. 127-145.*
- VIDAL L. A., CARBONELL M. C., 1977.- *Diatomeas y Dinoflagelados de la Bahía de Cartagena. Tesis de Grado. 357 p., 56 L. Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.*
- VISHER G S., 1969.- *Grain Size distributions and depositional processes J. sed Petrol. Tulsa OKL Vol. 30 p. 1074-1106.*