

PROCESOS DE EROSION EN LA PLAYA DE MANZANILLO

Por Patrick Lesueur*
Georges Vernet*

RESUMEN

El estudio de las características sedimentológicas permitió evidenciar que las arenas de los sectores de Bocagrande y Manzanillo son de dos tipos muy distintos:

- Arena gris cuarcítica y bien clasificada en Bocagrande.
- Arena clara calcárea en Manzanillo.

Por lo tanto, es muy probable que la erosión en las playas de Manzanillo no tiene relación directa con las obras de defensa construídas en el sector de Bocagrande.

ABSTRACT

Sedimentologic studies show that sands of Bocagrande and Manzanillo areas are distinctly different:

- Quartzitic gray sand in Bocagrande.
- Calcareous sand in Manzanillo.

These findings are used to show that the erosion of beaches in Manzanillo have probably no relation with breakwaters in Bocagrande beaches.

INTRODUCCION

El estudio tiene por objeto buscar las relaciones que puedan existir entre las características sedimentológicas de las arenas del sector de Bocagrande y las de Manzanillo, con el fin de obtener informaciones adicionales relacionadas con el problema de la erosión de las playas de Manzanillo.

*Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas - Misión Técnica Francesa - Escuela Naval, Cartagena.

I. AREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la parte norte de la Bahía de Cartagena, desde la playa de Bocagrande hasta Manzanillo e incluye los sectores del Laguito, Castillo-grande y el canal de Navegación separando Castillogrande y Manzanillo (Fig.1).

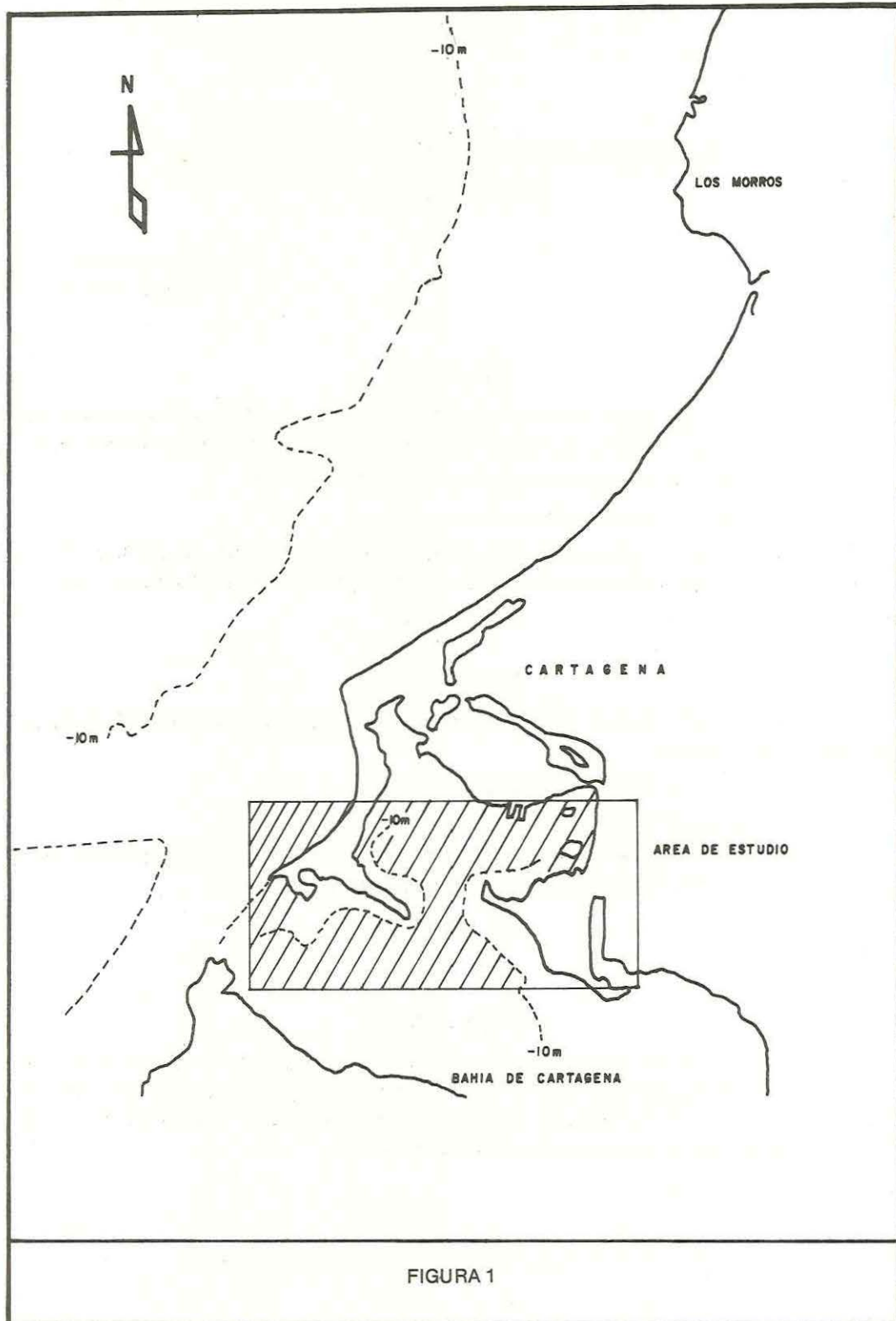


FIGURA 1

II. DATOS MORFOLOGICOS

La playa de Bocagrande está bien desarrollada, es ancha (más de 50 m) y su veril de 10 m está lejos de la línea de ribera, situación que se encuentra con frecuencia en una costa baja arenosa (Fig. 2).

Al contrario, alrededor de Castillogrande, el veril de 10 m está muy cerca, las playas mantenidas por espolones en "T" son estrechas y tienen una pendiente bastante fuerte.

El litoral de Manzanillo tiene una morfología completamente diferente a lo expuesto anteriormente, debido principalmente a la existencia de un bajo coralino frente a esta costa. La playa es estrecha, de poca pendiente y la parte infralitoral tiene bajos arrecifales alineados formando una "V" con la dirección general de la costa.

Entre estos dos sectores, punta de Castillogrande y Manzanillo, se encuentran profundidades hasta de 20 m formando un canal utilizado para la navegación.

III. DATOS HIDROLOGICOS

3. 1. EL "FETCH"

En el Mar Caribe, el "Fetch" está limitado por las costas de Venezuela, Las Antillas y América Central.

DIRECCION	N	NNE	N	NW	W
FETCH (Km)	1000	750	650	1400	750

3. 2. LOS VIENTOS

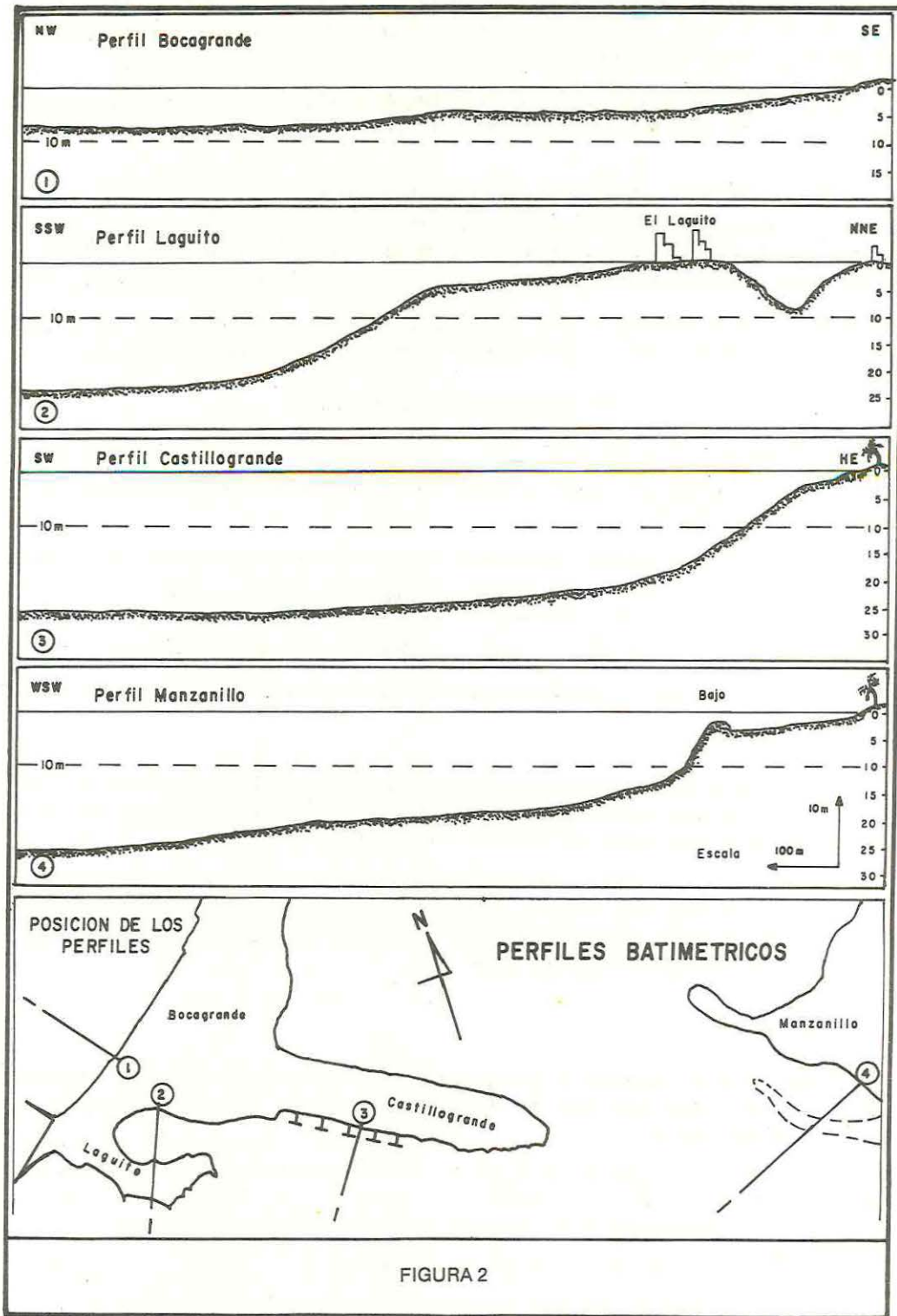
Un estudio de los vientos durante el período 1958 1964 (Bottagisio et al. 1971) indica que los vientos más frecuentes (70 o/o) son los de Norte a Noreste característicos de los Alisios que soplan de Diciembre hasta Mayo (Fig. 3).

Por lo tanto y como lo anota R. Schauss (1974) hay que tener en cuenta la variación de la velocidad del viento en la superficie de las aguas debido a la morfología circundante de la bahía, disminuyendo así las corrientes superficiales, por ejemplo, el Cerro de la Popa que alcanza los 150 m.

3. 3. LAS OLAS

En ausencia de medidas in situ, se mencionan unos valores teóricos calculados a partir de los datos máximos de velocidad del viento en toda la longitud del "Fetch" (Leclerc, 1972).

DIRECCION	N	NNE	N	NW	W
AMPLITUD (m)	6.00	5.40	5.10	3.30	2.25
PERIODO (seg)	13.00	12.00	11.50	11.50	9.00

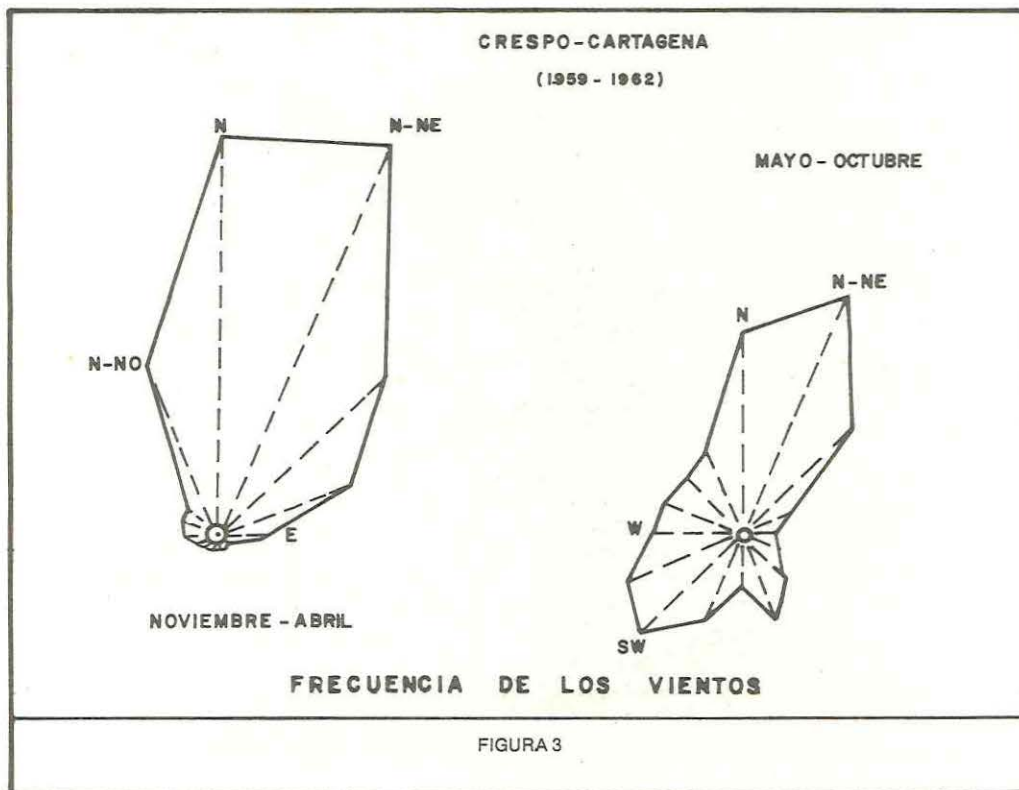


La Figura 4, presenta a partir de una aerofotografía, la interpretación de las olas llegando a la costa e indicando claramente la existencia de fenómenos de refracción y difracción en la parte externa del Laguito y desplazándose hacia el interior de la Bahía.

Además de los vientos dominantes que generan olas cuyas resultantes están dirigidas hacia el Sur, se presentan tempestades llamadas "mar de leva", procedentes del Oeste, muy peligrosas por sus acciones frontales en el litoral. A pesar de que estas son escasas, hay que tenerlas en cuenta por sus consecuencias destructivas a veces irreversibles.

3. 4. LA MAREA

Las mareas que existen en Cartagena son mixtas y de poca amplitud. Bottagisio et al. (1971) encontraron variaciones entre +0.57 m y -0.28 m del nivel de referencia M. L. W. (Mean Low Water). Schauss (1974) indica un rango promedio anual de 33.5 cm. Datos más recientes efectuados en el CIOH durante 1976 presentan valores de +0.43 m a -0.13 m refiriéndose a este mismo nivel.

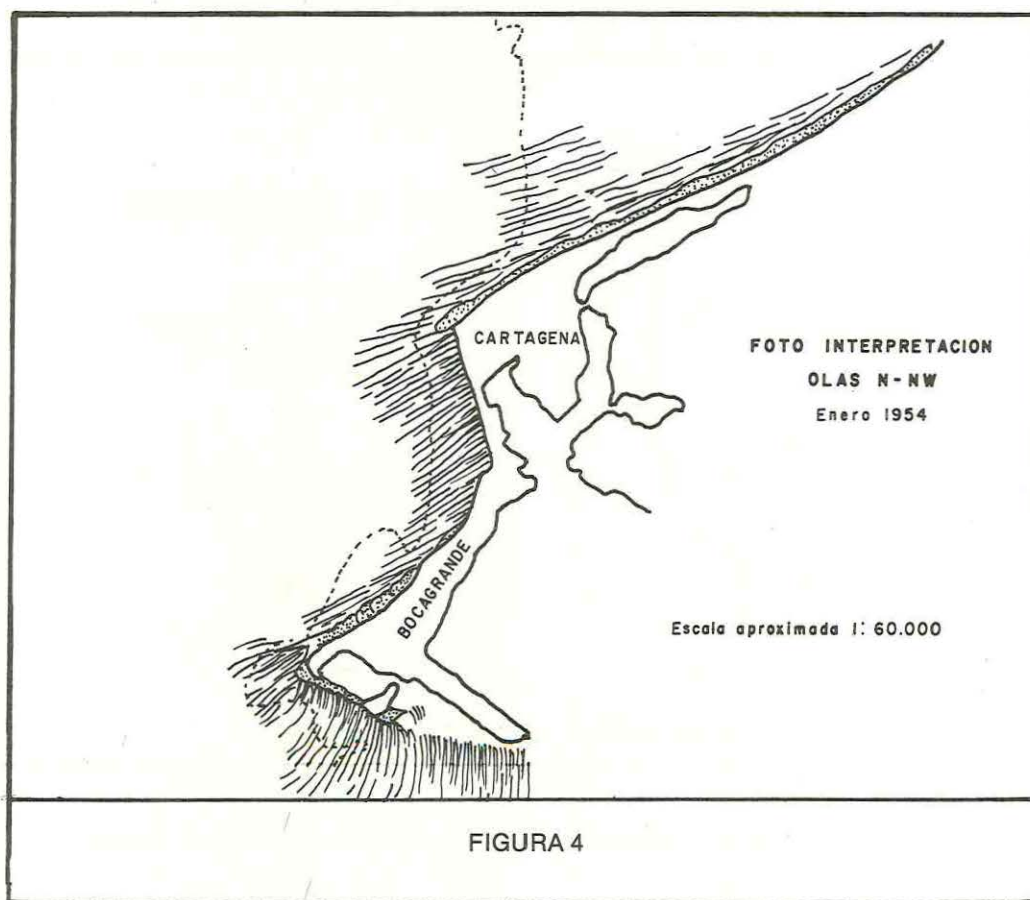


IV. ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO

Puesto que el enfoque de este trabajo son los procesos sedimentológicos desde Bocagrande hasta Manzanillo y dado que existe un canal profundo frente a este último se dividió en tres sectores el campo de estudio.

- Sector Bocagrande-Laguito-Castillogrande.
- Sector Manzanillo.
- Zonas profundas entre estos dos primeros.

Las muestras fueron recolectadas manualmente en las orillas y playas y con la ayuda de un cono en la Bahía. La posición de la lancha se obtuvo mediante un círculo hidrográfico y puntos de referencia en tierra (Fig. 5).



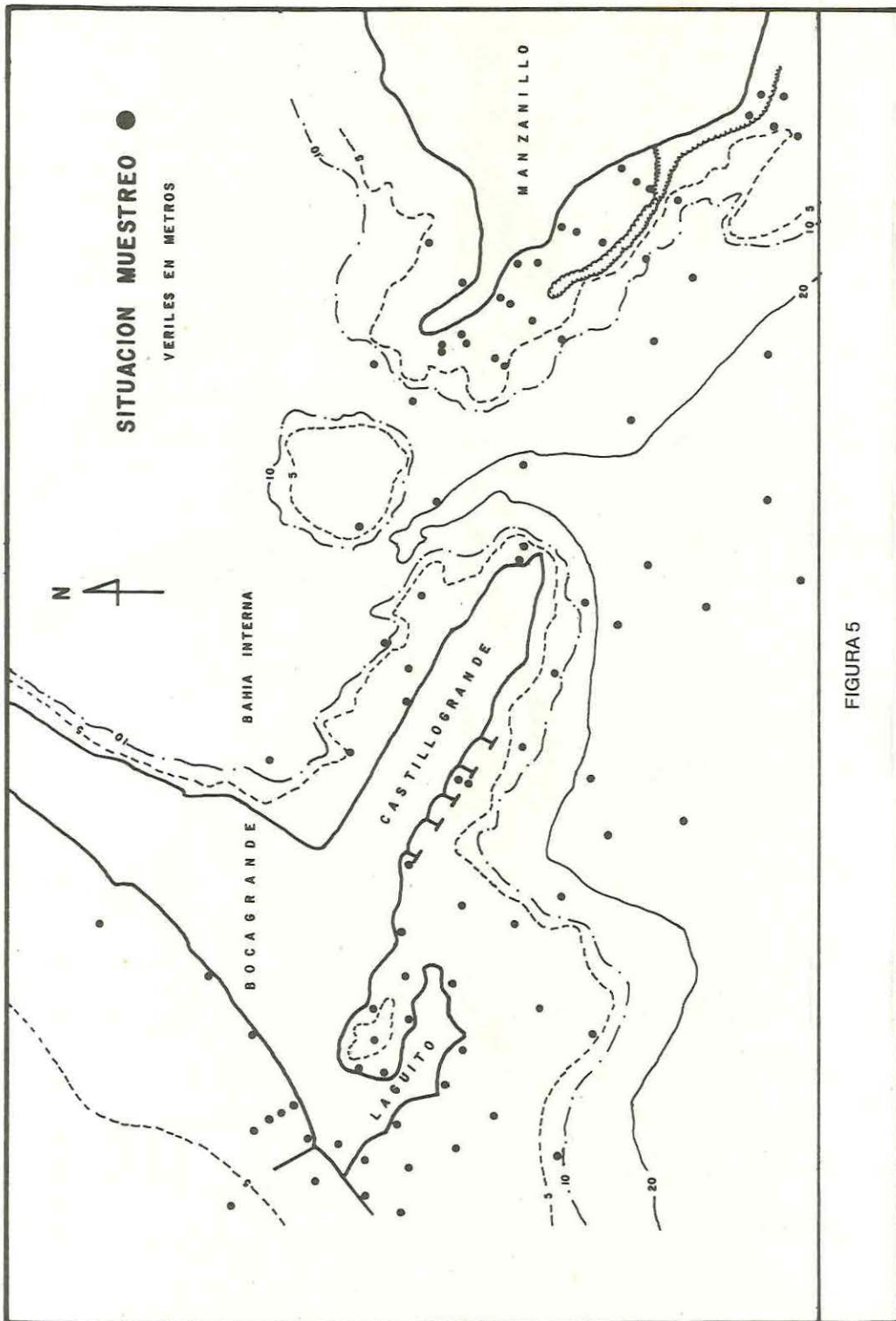


FIGURA 5

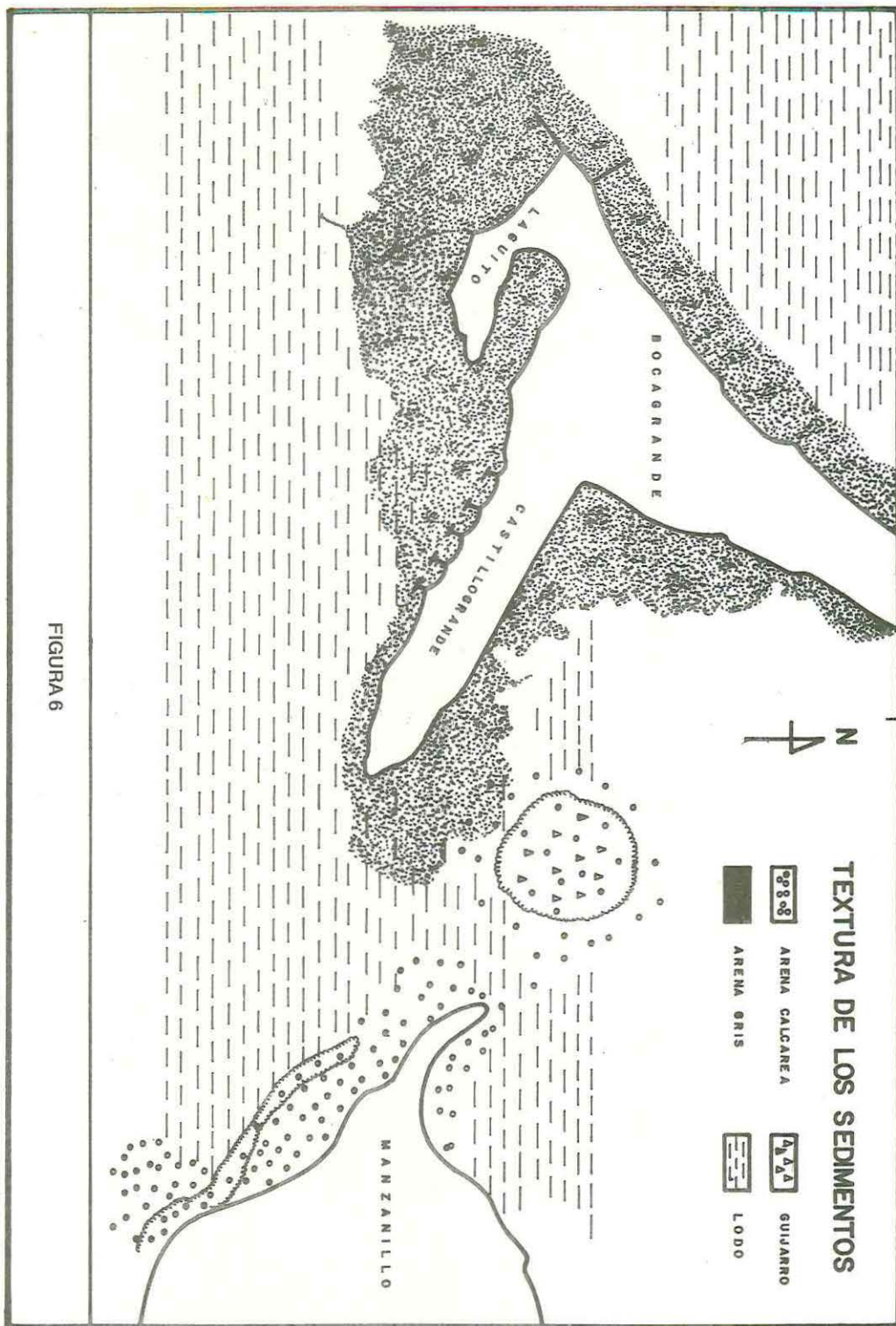


FIGURA 6

Las investigaciones realizadas sobre estas muestras fueron las siguientes:

- Descripción de la muestra una vez recolectada.
- Granulometría de las arenas, por tamizado y cálculo de los índices estadísticos con la ayuda de una computadora.
- Densimetría de los lodos según el método Meriaux (1957).
- Dosificación del Carbonato total por el Calcímetro "Bernard".
- Morfoscopía cualitativa de los sedimentos al estereomicroscopio contando 100 granos y agrupándolos bajo las características siguientes:

Granos de cuarzo (o/o QZ)

Otros minerales (o/o MX)

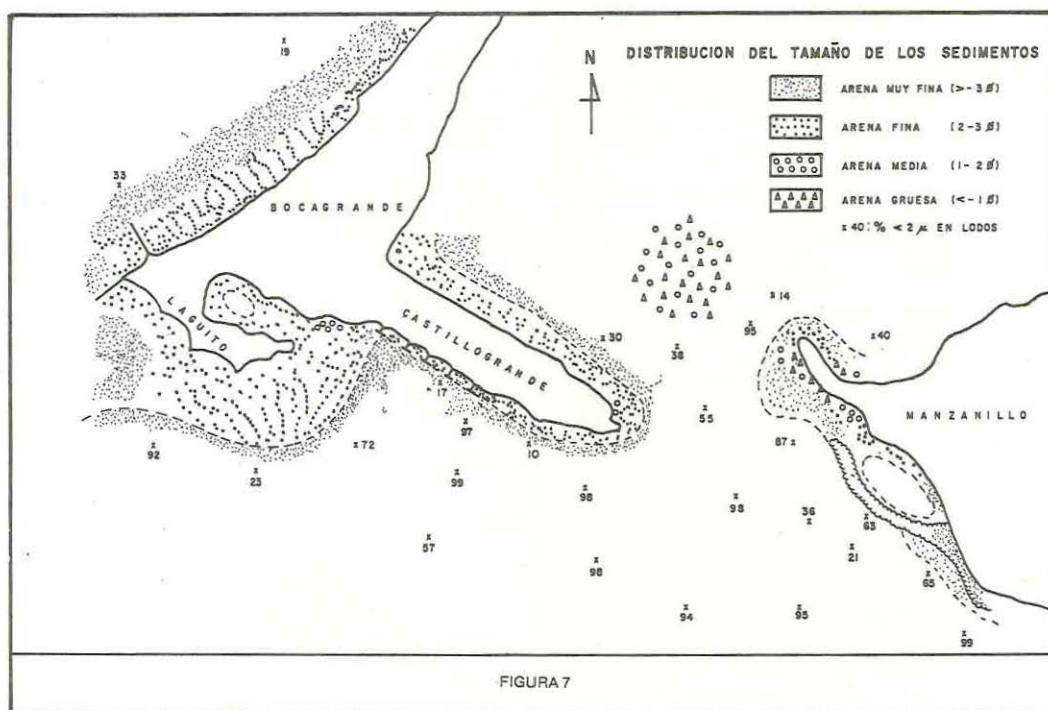
Biodetritos (o/o BO)

Residuos vegetales (o/o VX)

4. 1. SECTOR BOCAGRANDE-LAGUITO-CASTILLOGRANDE

- a. **Características granulométricas.** Las muestras recogidas en los niveles supra y medio litoral están constituidas por arenas finas de color gris.

En los niveles infra litorales se encuentran arenas semejantes hasta los veriles de -10 m. En las partes más profundas se nota un sedimento más lodoso (Fig.6).



El estudio granulométrico de las arenas se hizo con una serie de tamices (escala Tyler) y la construcción de las curvas granulométricas permitió establecer los parámetros siguientes:

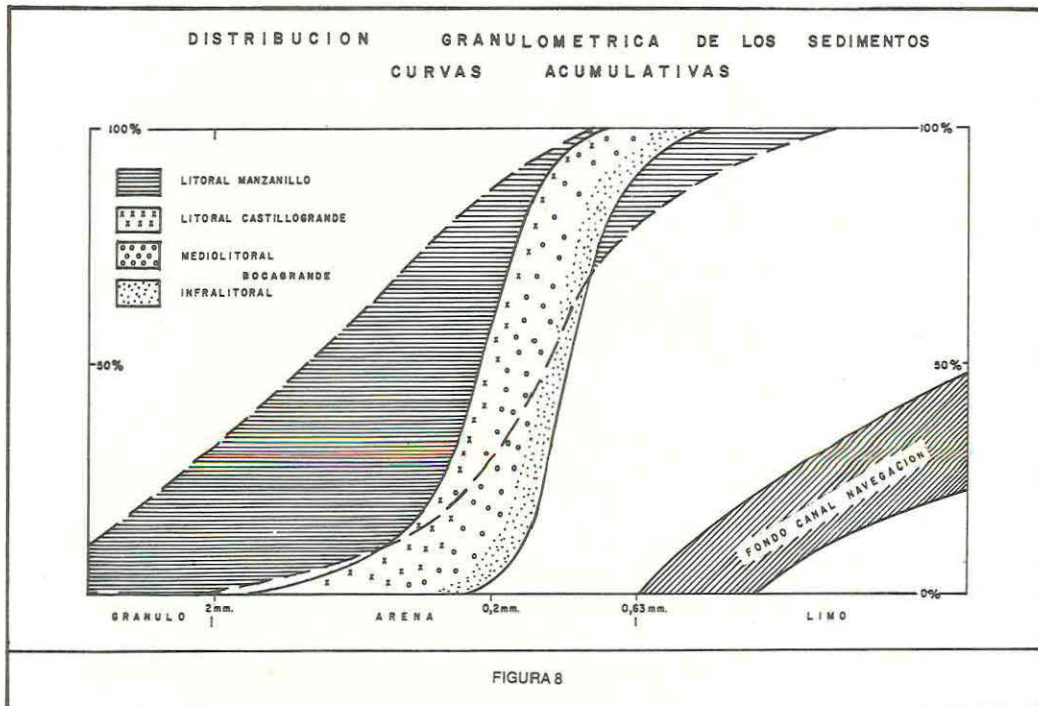
Diámetro medio : $\phi 50$

Mediana : $\bar{X} = \frac{P84 + P16}{2}$

Desviación estándar: $\sigma = \frac{P84 - P16}{2}$

Es interesante anotar que los datos granulométricos de los sedimentos de Boca grande y del Laguito se mantienen siempre en una clase de tamaño muy restringida. El diámetro medio oscila entre 0.13 y 0.18 mm y la desviación es inferior a 0.9 mm (Figs. 7 y 8).

En la Playa de Castillogrande, a pesar de que se notaron unas pocas diferencias (aumento ligero y progresivo del porcentaje en carbonatos hacia la punta), la mayoría de los sedimentos corresponden a las mismas características sedimentológicas.

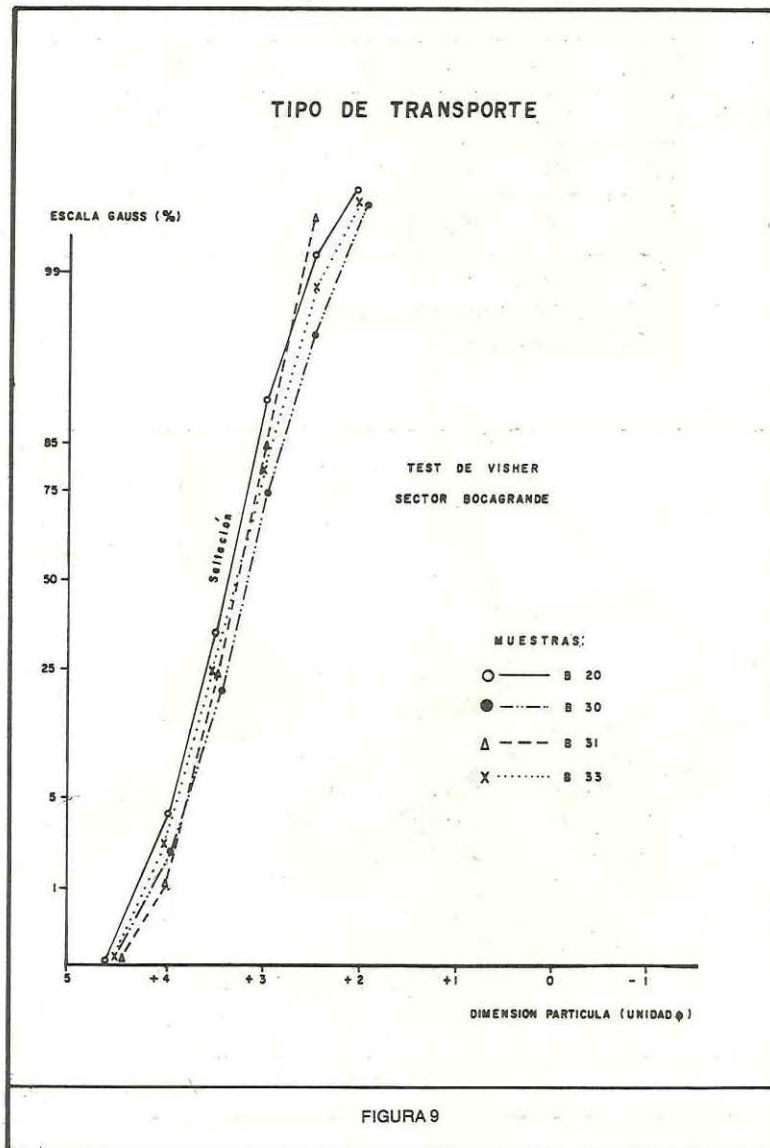


Estas características granulométricas indican un aporte arenoso, no del área de referencia, durante un largo tiempo sometido a una selección continua en el tamaño de los granos por la dinámica del agua. El test de Visher (1969) permite suponer que el desplazamiento se hace esencialmente por saltación en el fondo (Fig.9).

- b. **Carbonatos.** Los sedimentos arenosos de la playa de Bocagrande y del Laguito contienen menos de 5 o/o de carbonatos, constituidos esencialmente por biodepositos.

En la playa de Castillogrande, este porcentaje aumenta poco a poco del Este al Oeste (hacia el interior de la Bahía) hasta obtener valores de un 20 o/o.

La franja norte de Castillogrande, al lado de la Bahía Interna, tiene porcentajes semejantes (Fig.10).



c. **Morfología.** La serie de tamices permitió dividir el sedimento en tres fracciones granulométricas que fueron estudiadas al estereomicroscopio:

Fracción A 1000 μm – 500 μm
 Fracción B 500 μm – 175 μm
 Fracción C 175 μm – 63 μm

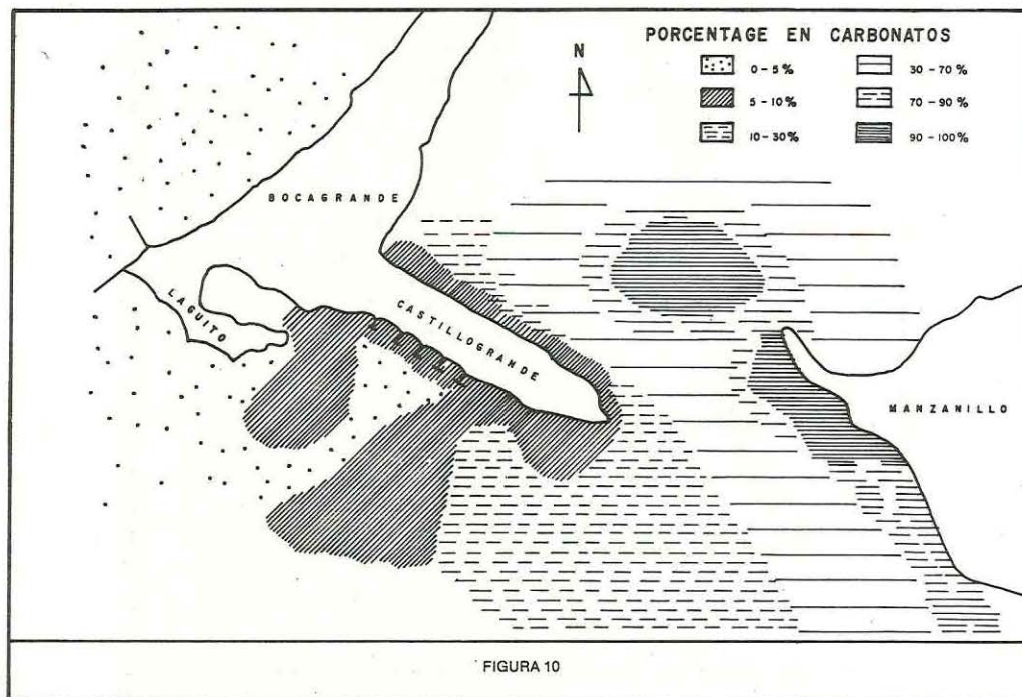
Debido a que en este sector, los sedimentos tienen un tamaño promedio de arena fina ($\phi 50 < 250 \mu\text{m}$), varias muestras no contienen granos de tamaño de la fracción A (Fig.11).

Cuando esta fracción A existe, las partículas constitutivas corresponden a biodebritos de equinodermos y moluscos, gasterópodos en su mayoría.

Los resultados promedio en cada área y para cada fracción son los siguientes:

	FRACCION A			FRACCION B			FRACCION C		
	QZ	MX	BO	QZ	MX	BO	QZ	MX	BO
BOCAGRANDE	29	10	60	72	20	8	75	20	5
LAGUITO	30	10	60	79	15	6	81	15	4
CASTILLOGRANDE	30	8	62	54	13	33	65	17	18

QZ – Cuarzo
 MX – Otros minerales y opacos
 BO – Biodebritos

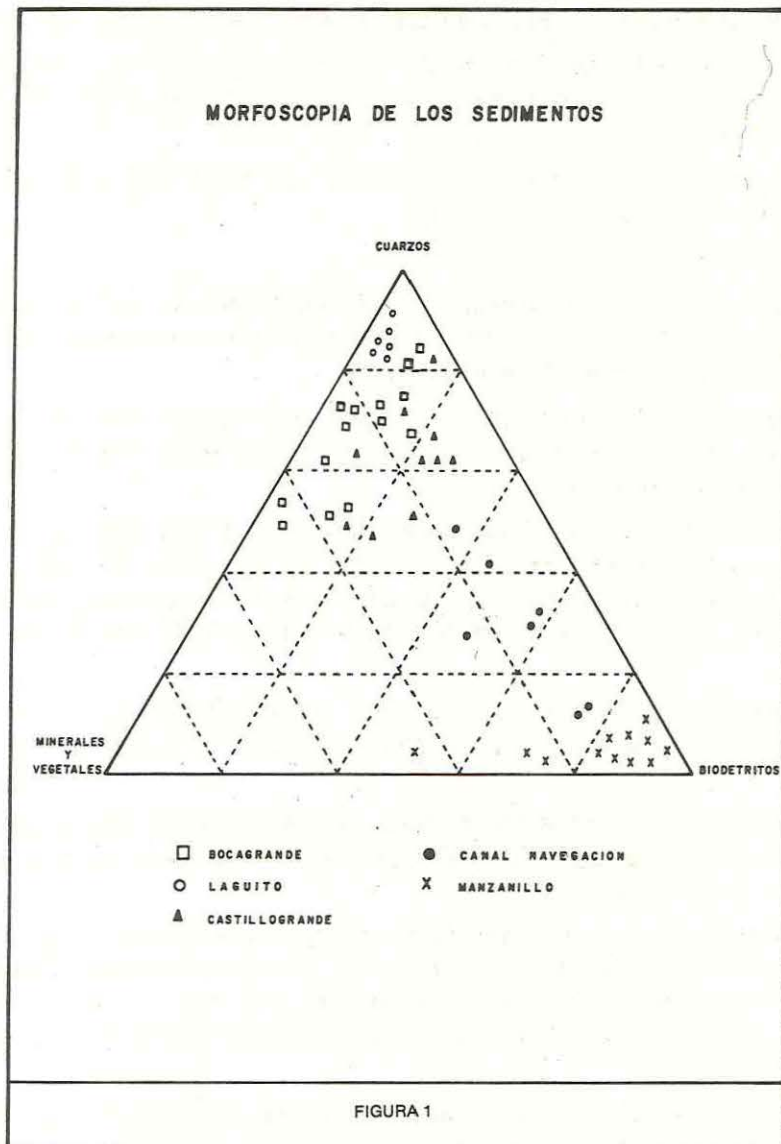


Se puede notar una tendencia general a un aumento del porcentaje de los granos de cuarzo de la fracción gruesa a la fracción fina y al contrario, una disminución de los biodetritos hacia las partículas finas.

Casi todos los cuarzoes son brillantes. En la fracción B los granos de cuarzo son principalmente subangulosos; en la fracción C se encuentran también muchos cuarzoes angulosos indicando una parte de transporte en suspensión además del transporte general por saltación en el fondo.

Los otros minerales, inferior al 20 o/o, se distribuyen entre mica y magnetita mezclados con pequeños fragmentos de roca.

Los biodetritos de las fracciones B y C son del mismo tipo que en la fracción A.



d. **Interpretación de los procesos sedimentológicos.** Un estudio sedimentológico en la plataforma continental frente a la ciudad de Cartagena (Bottagisio et al. 1971) mencionaba fondos arenosos y lodo-arenosos con un eje de repartición N-S debido a una deriva general de los aportes procedentes del Norte.

La Misión Colombo-Francesa a bordo del buque Oceanográfico "Le Noroit" en 1975 permitió, a partir de los datos mineralógicos de las muestras de tubo recolectadas, evidenciar un transporte en suspensión temporáneo de partículas finas procedentes del Río Magdalena además del transporte litoral expuesto en lo anterior (Klingebiel et al. 1976).

Tanto los datos anteriores de la plataforma, como los del presente estudio en la Bahía y los datos oceanográficos, conducen a confirmar que los sedimentos detríticos litorales de este sector progresan desde largas distancias, bajo la influencia de las olas generadas por el viento dominante N-NE.

Una parte de los sedimentos procedentes del Norte, da la vuelta al Laguito y sigue desplazándose en la playa de Castillogrande hasta la Bahía Interna.

Se nota además, la existencia de un transporte aéreo de arena que pasa directamente de la playa de Bocagrande hacia el Laguito por influencia directa del viento (Fig. 12).

Toda la serie de espolones que se construyeron desde 1954 condujo poco a poco a la estabilización de este sector.

4. 2. SECTOR DE MANZANILLO.

a. **Características granulométricas.** El nivel supralitoral de la playa de Manzanillo está constituido de arena gruesa y guijarros coralinos directamente erosionados del substrato de la costa (Ver Figs. 6 y 7).

En la estrecha franja mediolitoral (playa), se encuentra arena coralina de color claro con rango de tamaño muy ancho en comparación con las arenas del sector Bocagrande (Fig. 8).

En la playa frente a la punta de Castillogrande, se nota con frecuencia arenas con figura de "media luna" (beach cusps). En este caso, el cambio de tamaño del sedimento puede variar muy rápidamente entre la parte superior de la media luna ($\phi_{50} = 1.25\text{mm}$ muestra B 125) y la base ($\phi_{50} = 0.23\text{ mm}$ muestra B 124).

b. **Carbonatos.** El porcentaje de carbonatos en los sedimentos de la playa de Manzanillo es muy grande; se encontraron valores siempre superiores al 90 o/o (Fig. 10).

En la parte infralitoral, entre la playa y el bajo coralino, se notaron ocasionalmente valores inferiores (70 a 80 o/o) que corresponden a los sedimentos compuestos de residuos vegetales.

c. **Morfoscopía.** Si la granulometría de este sector de Manzanillo indicó un sedimento con rango de tamaño muy grande, al contrario, la morfoscopía permite anotar una similitud cualitativa importante (Ver Fig. 11). Las tres fracciones A, B y C de los sedimentos están constituidas casi exclusivamente de residuos biodetríticos.

El estudio morfoscópico de la fracción B, la más representativa, permite indicar que estos biodetritos representan generalmente más del 90 o/o y se distribuyen

en un 80 o/o en residuos coralinos y algas asociadas (*Halimeda* sp. en su mayoría) y un 10 o/o en restos de organismos fósiles (moluscos, crustáceos, equinodermos).

Los granos de cuarzo y demás minerales generalmente no existen o quedan por debajo del 2 o/o.

Los únicos cambios cualitativos en la composición del sedimento corresponden a la presencia de residuos vegetales (0 a 25 o/o según las muestras), esparcidos en la parte central de la zona infralitoral entre la costa y el bajo coralino.

El nivel infralitoral está constituido de arena fina (ϕ_{50} entre $120\mu\text{m}$ y $80\mu\text{m}$), mezclada con limo coralino hasta el bajo. En varios lugares, se nota además un sedimento limo-arcilloso con residuos vegetales.

Además de estas observaciones, es importante anotar dos sitios cuyas características pueden ayudar al conocimiento de los procesos sedimentológicos en este sector:

1. La parte central de la costa de Manzanillo. Aquí, el diámetro medio de las arenas de la playa es más grande que en los demás lugares ($\phi_{50} > 2\text{mm}$). Este fenómeno es debido probablemente a condiciones hidrodinámicas más fuertes puesto que las olas, sobre todo las generadas por los vientos provenientes del Oeste, entran directamente por Bocagrande y llegan, frente a este sector de la playa, con una fuerza más desarrollada que en los demás lugares de Manzanillo. La zona central del litoral de la Isla de Manzanillo está sometida a una erosión intensa.
 2. La parte sur de Manzanillo. En este sitio, donde se acerca el bajo coralino a la costa, se encontró un sedimento más fino ($\phi_{50} = 0.12\text{mm}$) y también más homogéneo. Se puede apreciar una extensa área de acumulación que de vez en cuando sobresale del nivel del agua. Esta parte es característica de una zona en sedimentación.
- d. **Interpretación de los procesos sedimentológicos.** La presencia de formaciones coralinas actuales en la costa de Manzanillo y las características del sedimento encontrado permiten evidenciar que las arenas de este sector provienen directamente de la erosión in situ de estas estructuras.

El lado del litoral de Manzanillo directamente frente a la entrada de Bocagrande presenta características de costa en erosión, al contrario de la parte sur donde se nota más bien una sedimentación. El litoral no parece haber llegado a un estado de equilibrio, debido a que el bajo coralino, de muerte reciente, no actúa más como preservativo natural de la costa.

4. 3. SECTOR INTERMEDIO.

El sector intermedio entre los dos primeros descritos anteriormente, corresponde al canal de navegación y zonas profundas entre la punta de Castillogrande y Manzanillo.

- a. **Características granulométricas.** Los fondos de este sector están cubiertos por lodos gris oscuro y lodos arenosos, que contrastan completamente con las arenas descritas anteriormente (Ver Figs. 6, 7 y 8).
- b. **Carbonatos.** Los sedimentos del fondo situados frente a Castillogrande tienen valores semejantes (0 - 10o/o) a los del sector de Bocagrande. La concentración

en carbonatos aumenta hacia el canal de navegación. A medida que se acerca al bajo coralino frente a Manzanillo, se encuentran rápidamente valores superiores al 70 o/o (Ver Fig. 10).

- c. **Morfoscopía.** La fracción superior a $63\mu\text{m}$ estudiada al estereomicroscopio permitió evidenciar una disminución en el porcentaje de cuarzo y minerales desde el Oeste hacia el Este y conjuntamente un aumento en el número de grano calcáreo que se distribuyen entre residuos coralinos y biodetritos.

A medida que se acerca al bajo frente a Manzanillo, la fracción detrítica mineral (cuarzo y minerales pesados) disminuye rápidamente dando un sedimento con alto contenido en residuos coralinos.

CONCLUSIONES

La posición de Manzanillo en el interior de la Bahía y frente a la entrada de Bocagrande permitía suponer que podrían existir relaciones entre los depósitos de estos dos sectores, pero las informaciones obtenidas comprobaron que en realidad el fenómeno es diferente (Fig. 12).

1. Los vientos Alisios originan las olas que generan un transporte sedimentológico litoral del Norte hacia el Sur en mar afuera. Este desplazamiento, por saltación en el fondo entra por Bocagrande y da la vuelta a la punta de Castillogrande en dirección a la Bahía Interna.
2. El canal de navegación profundo que separa la punta de Castillogrande y las playas de Manzanillo impide el desplazamiento por saltación en el fondo de las arenas grises hasta Manzanillo.
3. Este canal de navegación y las partes profundas del centro del área de estudio están cubiertas por lodos y lodos-arenosos, indicando la ausencia de continuidad entre las características sedimentológicas de los sectores de Bocagrande y Manzanillo.

Por último, los dos tipos de arena (gris con cuarzo en el sector de Bocagrande, claras y calcáreas en las playas de Manzanillo) son totalmente diferentes, tanto desde el punto de vista de la fuente de sedimento como de su composición y no se encontraron mezcladas.

En cuanto a la sedimentología, las relaciones entre estos dos sectores no existen; los fenómenos de erosión y sedimentación en las playas de Manzanillo tienen más bien relación con la dinámica del agua en este sector y el bajo coralino. El fenómeno reciente de intensa erosión en la parte central de la playa de Manzanillo resulta de la modificación en la morfología del bajo arrecifal que, habiéndose muerto, no actúa más como protección natural de la playa.

DIAGRAMA SINTETICO DE LA
EVOLUCION
DEL SEDIMENTO SUPERFICIAL

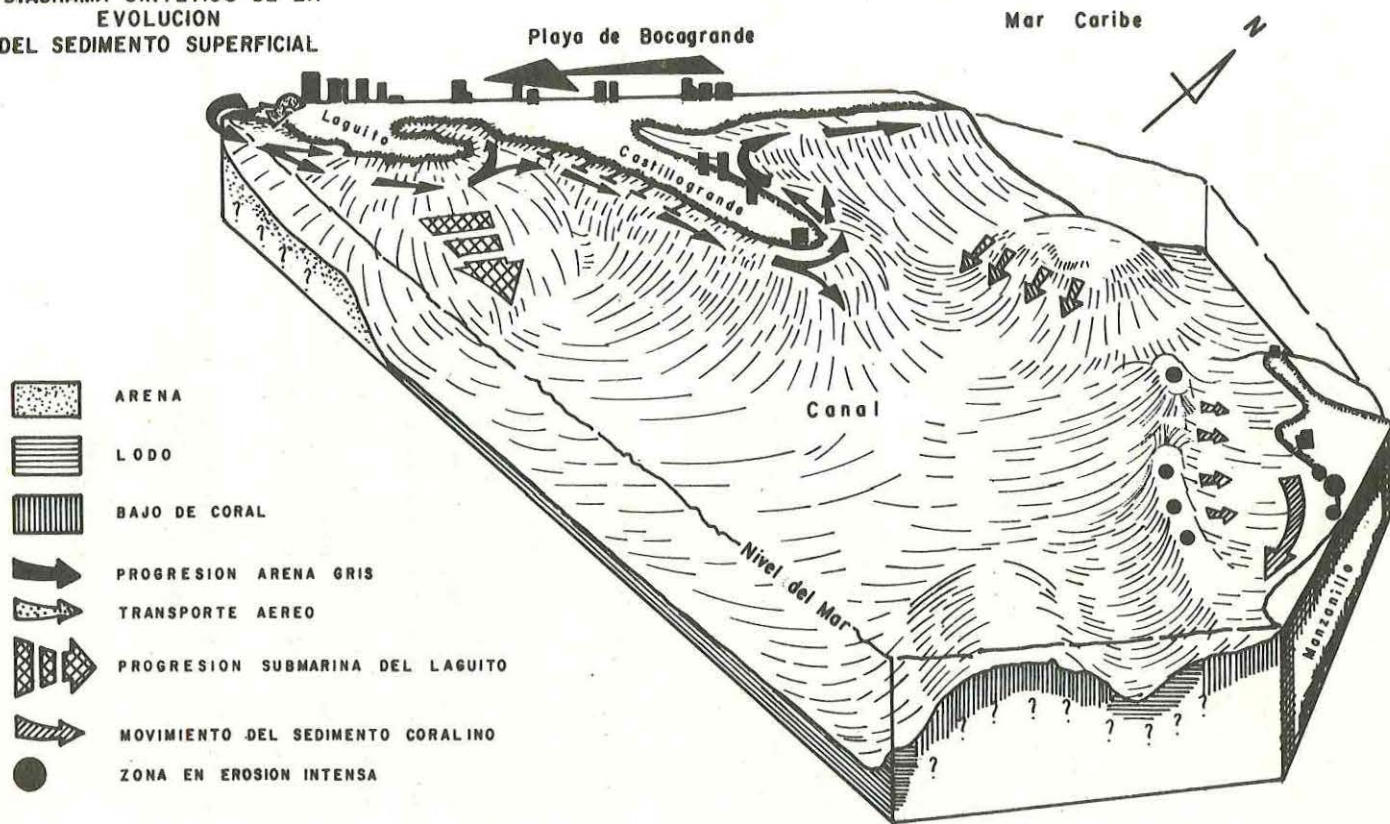


FIGURA 12

REFERENCIAS

- Bottagisio, J., Leclerc, J. P. Lorin, J. y Roualt, A. (1971). Estudio de playa en Cartagena, Protección Avenida Santander. LCHF - LEH Bogotá (39) p. .29 fig.).
- De Miro, Coronel V., Franco, I., Cuenca, (1977). A. Morfología y sedimentos de la plataforma continental de la provincia de Esmeraldas, Ecuador. Bol. Dep. de Ciencias del Mar (27 p. .22 fig.) Armada del Ecuador.
- Guilcher, A. (1957). Morfología litoral y submarina. Omega Ed. Barcelona, 215 p.
- Jouanneau, J. M. (1974). Etude sédimentologique d'un système cotiér évolutif: la pointe de La Coubre. Thèse 3e. cycle, Bordeaux, France, 161 p.
- Klingebl, A. y Vernet, G. (1976). Marine Geology Research on the Colombian Caribbean Shelf. Symposium CICAR II, Caracas, July 12, in FAO Fisheries report No. 200 supl. Rome 1978, pp. 339-398.
- Leclerc, J. P. (1972). Playas de Cartagena. Estudio en modelo reducido Lchfleh Bogotá (57 p. , 37 pl.).
- Marco Dorta, E. (1960). Cartagena de Indias - Puerto y Plaza Fuerte. A. Amado, Ed. Cartagena.
- Schauss, R. (1974). Circulación y transporte de agua en la Bahía de Cartagena mediante su representación por el modelo hidrodinámico numérico de circulación. DIMAR, Ministerio de Defensa Nacional, Bogotá, DO-20, 49 p. 26 fig.
- Shepard, F. (1963). Submarine Geology - Harper's Geosciences series, New York, 557 p. 222 fig.
- (1967). La tierra bajo el mar. Omega Ed. Barcelona, 292 p. 113 fig.
- Vernet, G., Buitrago, J., Campos, N. y Llano, M. (1977). Variaciones morfológicas de las costas de la Bahía de Cartagena a partir del Siglo XVI (19 p). Bol. Cient. CIOH. Cartagena vol. I (1), pp. 21-41, 10 fig.
- Vernet, G., Lesueur, P. y Klingebiel, A. (1978). Evolution morphologique et sédimentologique de la flèche littorale du Laguito (Baje de Cartagena - Colombia). Bul. Inst. Geol. Bassin d'Aquitaine Bordeaux No. 23, pp. 127 - 145, fig. 20.
- Visher, G. S. (1969). Grain size distributions and depositional processes. J. Sed. Petrol. Tulsa Okla. vol. 30, pp. 1074-1106.

