

CORRIENTES LITORALES EN EL SECTOR DE LA BOQUILLA, CARTAGENA (COLOMBIA)

*Jorge A. Brieva**, *Camilo Hernández***, *José A. Lozano**

BRIEVA, J. A., HERNANDEZ, C. y LOZANO, J. A. (1984): Corrientes litorales en el sector de La Boquilla, Cartagena (Colombia).-Geol. Colombiana, 13, pp. 5-28 , 12 Figs., 3 Tabl., Bogotá.

RESUMEN

En el sector de La Boquilla, en Cartagena, se han observado movimientos de masas de agua, los cuales han producido modificaciones de la línea de playa y de la ciénaga adyacente. Con anterioridad se habían medido corrientes lejos de la playa y realizado la batimetría respectiva. Se sospechaba la presencia de corrientes de desgarre ("rip currents") asociadas a corrientes de deriva litoral.

Usando botellas lastradas con agua de mar unidas por un hilo de nylon a flotadores de icopor de 10 cms. de diámetro, se midieron corrientes en la playa de La Boquilla, en un trayecto de unos 1.500 mts.; fue posible identificar tres grupos de corrientes, bastante bien definidos, de diferentes orientaciones.

El sistema de corrientes observado, no se ajusta a los modelos de circulación litoral tradicionalmente aceptados. Esto parece indicar que la circulación litoral y los procesos de transporte de sedimentos asociados a ella, no son conocidos y comprendidos en su totalidad y se requiere más investigación sobre el tema.

ABSTRACT

Current measurements were made at La Boquilla Beach using small floats joined by a nylon thread to bottles partially filled with sea water.

* Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

** Empresa Colombiana de Petróleos, ECOPETROL, Bogotá.

Within a beach length of about 1.500 m, three well defined groups of currents having different orientations were identified.

The observed current system does not fit in the models of nearshore circulation traditionally accepted. This may indicate that nearshore circulation and its associated sediment transport processes are not completely understood and that more research is required on the subject.

INTRODUCCION

En el sector de La Boquilla en Cartagena, se han observado movimientos de masas de agua, las cuales han influido en el transporte y depósito de sedimentos en la zona de playa, y en la comunicación de la zona litoral con la ciénaga de Tesca o de La Virgen (Fig. 1). Estos fenómenos, combinados probablemente con acción humana, han producido movimientos del sedimento a lo largo de la playa, y modificaciones en la entrada a la ciénaga, con su taponamiento en varias oportunidades, y con los consiguientes cambios físicos y químicos, tanto en la ciénaga (cambios de temperatura y salinidad, y restricción de la circulación), como en la misma zona de playa (desarrollo de corrientes y transporte del sedimento).

El Laboratorio de Ensayos Hidráulicos del Ministerio de Obras Públicas (L. E. H.) ha efectuado medidas de corrientes en esta zona y ha elaborado las cartas batimétricas correspondientes. Sin embargo, no se habían efectuado medidas de corrientes cerca a la playa, y se había sospechado la existencia de una circulación longitudinal combinada con corrientes de cizalla o desgarre ("rip currents") que podrían modificar el régimen de transporte de sedimentos en ciertos sitios de la playa, e influir en su morfología, afectando al mismo tiempo la comunicación de la zona con la ciudad de Cartagena, comunicación que se realiza por la carretera que bordea el mar en esta área. Lo anterior sugiere que la mecánica de circulación es compleja y merece un estudio continuo y detallado.

En el presente estudio se midieron las corrientes cerca a la playa, en una longitud de 1,500 mts. y en una época determinada del año (mes de agosto, 1977). Estas medidas dan una idea de la circulación general de la zona, la cual está influenciada en primer lugar por la dirección predominante de las olas.

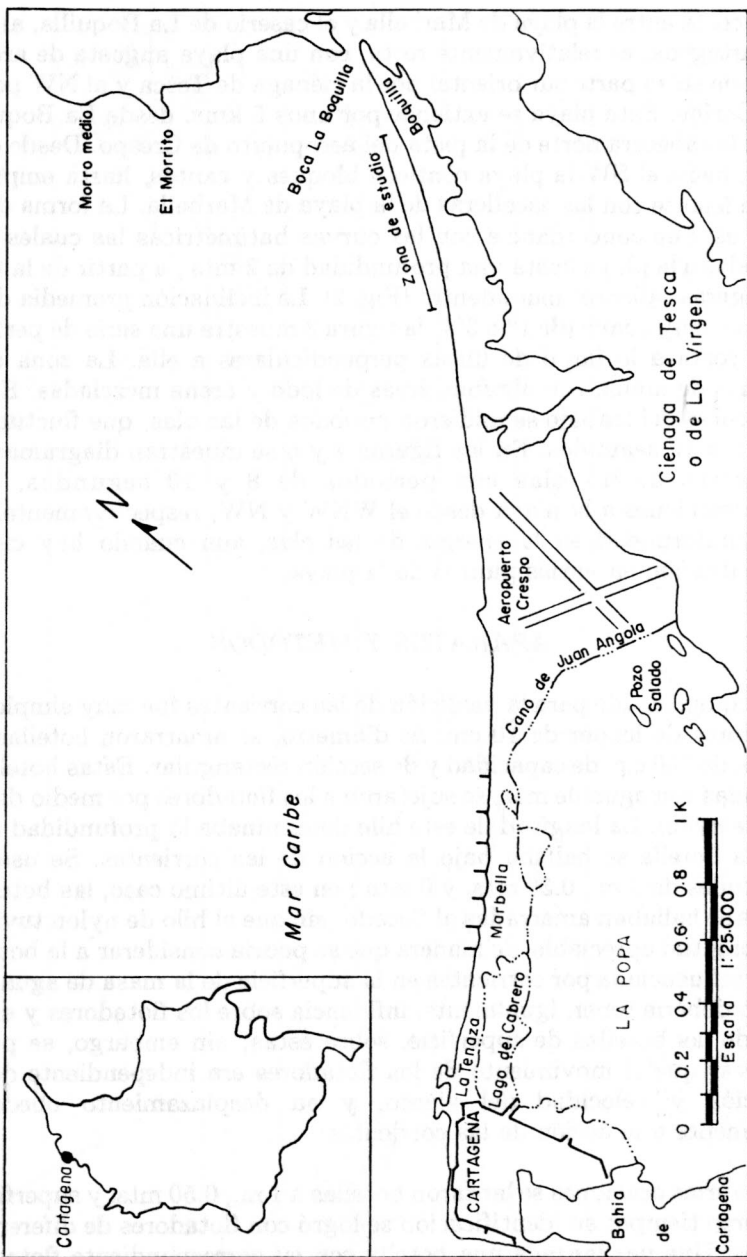


Fig. 1 Localización general del área de estudio.

DESCRIPCION DE LA ZONA

La costa entre la playa de Marbella y el caserío de La Boquilla, al NE de Cartagena, es relativamente recta, con una playa angosta de arena, limitada en su parte sur oriental por la ciénaga de Tesca y al NW por el mar Caribe. Esta playa se extiende por unos 5 kms. desde La Boquilla hasta la cabecera norte de la pista del aeropuerto de Crespo. Desde este lugar, hacia el SW la playa contiene bloques y cantos, hasta empatar más adelante con las escolleras de la playa de Marbella. La forma de la costa está en concordancia con las curvas batimétricas las cuales son paralelas a la playa hasta una profundidad de 2 mts., a partir de la cual hay ligeras salientes mar adentro (Fig. 2). La inclinación promedia de la costa es muy suave (de 1° a 3°); la figura 3 muestra una serie de perfiles de la costa a lo largo de líneas perpendiculares a ella. La zona está cubierta de arena, con algunas áreas de lodo y arena mezcladas. En el transcurso del trabajo se midieron períodos de las olas, que fluctuaron entre 8 y 12 segundos. En las figuras 4 y 5 se muestran diagramas de refracción de las olas con períodos de 8 y 10 segundos, con aproximaciones a la playa desde el WNW y NW, respectivamente. Se nota uniformidad en la energía de las olas, aun cuando hay cierta concentración en varios puntos de la playa.

APARATOS Y METODOS

El equipo usado para la medición de las corrientes fue muy simple. A flotadores de icopor de 10 cm. de diámetro, se amarraron botellas de vidrio, de 750 c.c. de capacidad y de sección rectangular. Estas botellas, lastradas con agua de mar, se sujetaron a los flotadores por medio de un hilo de nylon. La longitud de este hilo determinaba la profundidad a la cual la botella se hallaba bajo la acción de las corrientes. Se usaron longitudes de 1 m., 0.50 mts. y 0 mts.; en este último caso, las botellas vacías se hallaban amarradas al flotador sin que el hilo de nylon tuviera una longitud apreciable, de manera que se podría considerar a la botella como influenciada por corrientes en la superficie de la masa de agua. El viento debería tener, igualmente, influencia sobre los flotadores y en el caso de las botellas de superficie, sobre éstas; sin embargo, se pudo observar que el movimiento de los flotadores era independiente de la dirección y velocidad del viento, y su desplazamiento obedecía únicamente a la acción de las corrientes.

En varias ocasiones se lanzaron botellas a 1 m., 0.50 mts. y superficie, al mismo tiempo; su identificación se logró con flotadores de diferentes colores. Una vez lanzada una botella con su correspondiente flotador, era seguida en su movimiento por dos teodolitos localizados en

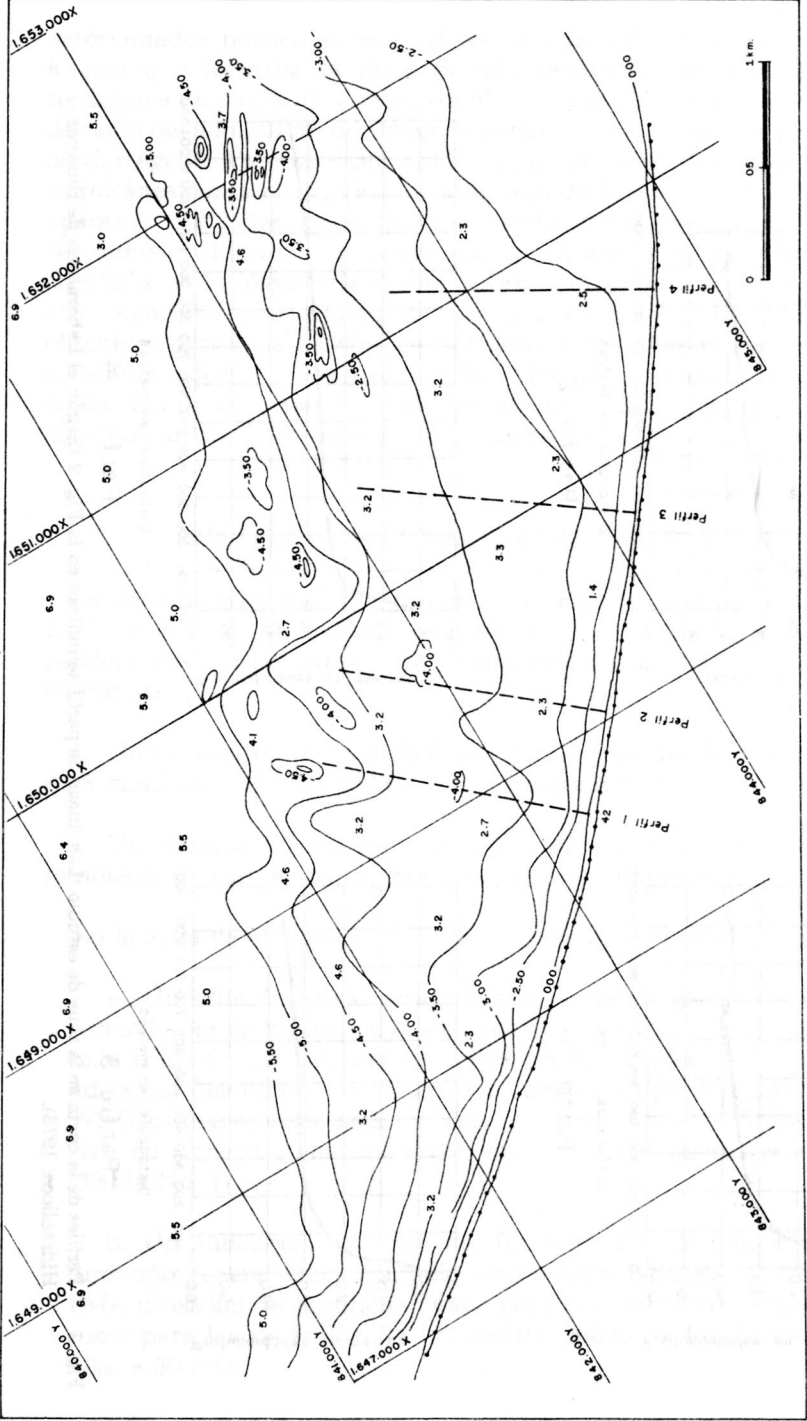
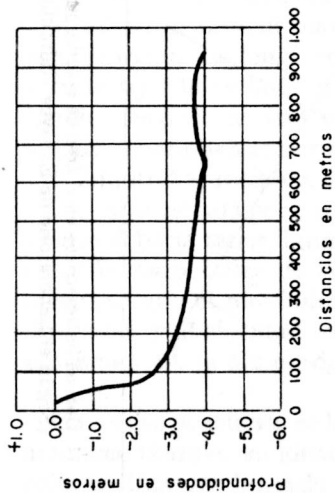
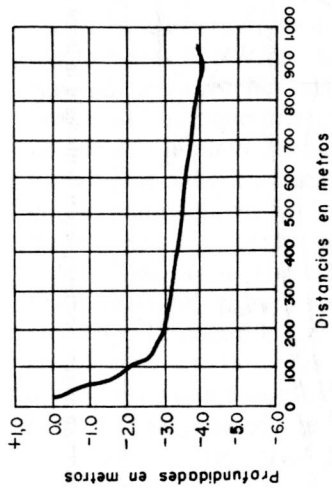


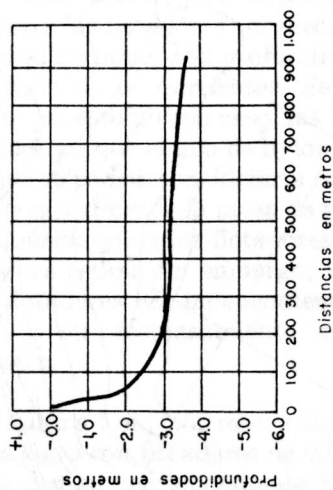
Fig. 2 Curvas batimétricas en el área de estudio y alrededores. Se observan cuatro perfiles perpendiculares a la línea de playa (Según el Laboratorio de Ensayos Hidráulicos, 1976).



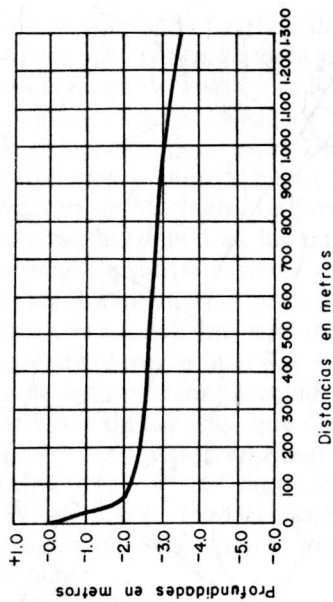
Perfil 1



Perfil 2



Perfil 3



Perfil 4

Fig. 3 Perfiles de la costa en la zona de estudio. Las líneas de perfil se indican en la Fig. 2 (Según el Laboratorio de Ensayos Hidráulicos, 1976).

determinados puntos sobre la playa; a una señal dada, se medía el ángulo que formaba la línea flotador-teodolito, con otra línea del teodolito a un punto fijo; para este último punto se escogió, o la antena de radio del aeropuerto de Crespo o la punta de la cúpula de la catedral de Cartagena. Para determinar el tiempo exacto en que debía medirse simultáneamente el ángulo con cada uno de los teodolitos, se usaron aparatos portátiles de radio. Las medidas se efectuaron cada 30 segundos o cada minuto, desde que se lanzaba el flotador hasta que encallaba en la playa, o la distancia era muy grande para ser seguido con seguridad por alguno de los dos teodolitos. Los resultados obtenidos para cada flotador se colocaron sobre un mapa del área y se utilizaron además, para calcular la velocidad promedia de la señal (velocidad de la corriente). Adicionalmente, se midió el período de las olas, por medio de observaciones visuales y se estimó su altura.

SISTEMAS DE CORRIENTES EN EL AREA

De acuerdo a los estudios de corrientes hechos en la zona (L. E. H., 1976), a ensayos en modelo reducido (L. E. H., 1972) y a los datos recolectados por los autores, se pueden determinar varios sistemas de corrientes:

1. Un sistema costero asociado con zonas de profundidades mayores de 5 mts., mar adentro de la zona de rompientes ("surf zone");
2. Un sistema litoral, cerca a la playa, asociado con la zona de rompientes y con las olas generadas por estas rompientes.

En la zona de estudio, el sistema costero de corrientes comprende:

a. Un subsistema externo, con una dirección general WSW-NE, formado por corrientes cuya velocidad varía entre 0.75 m/s y 0.162 m/s (Fig. 6). La batimetría indica profundidades de 30 mts. en adelante. Las corrientes tienen dos direcciones predominantes: una WSW de mayor velocidad, formada por corrientes superficiales y otra NE, de corrientes de fondo, con una velocidad ligeramente menor (Tabla No. 1).

b. Un subsistema intermedio, formado por corrientes con una dirección general NE y con velocidades entre 0.64 m/s y 0.129 m/s. Esta dirección se mantiene tanto para las corrientes superficiales como para las de fondo. La batimetría indica profundidades de 10 mts. a 30 mts.

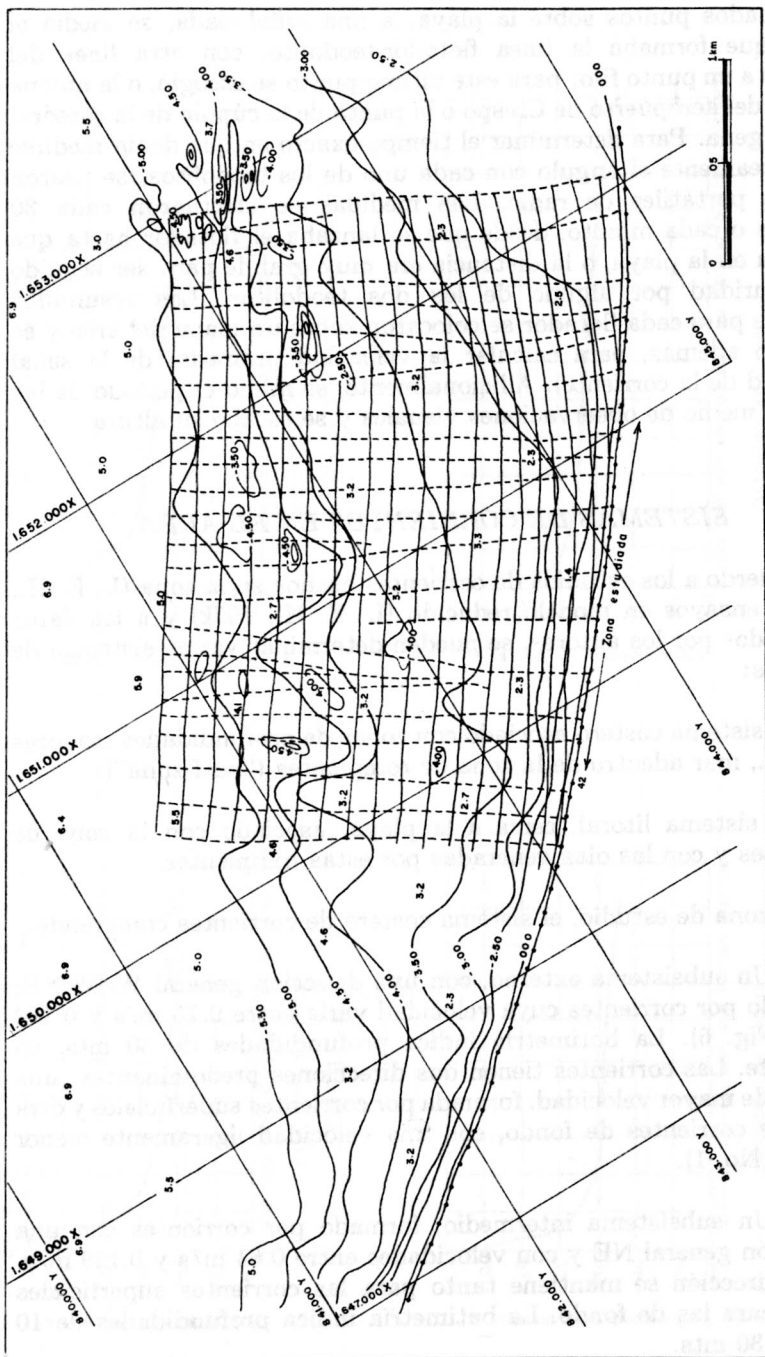


Fig. 4 Plano de oleaje del sector de la Boquilla, Cartagena. Dirección, oeste-noroeste. Período, 8 segundos. Líneas continuas, frentes de onda; líneas punteadas, ortogonales. Curvas batimétricas y valores de profundidades, en metros. Referencia, nivel medio del mar (Según el Laboratorio de Ensayos Hidráulicos, 1976).

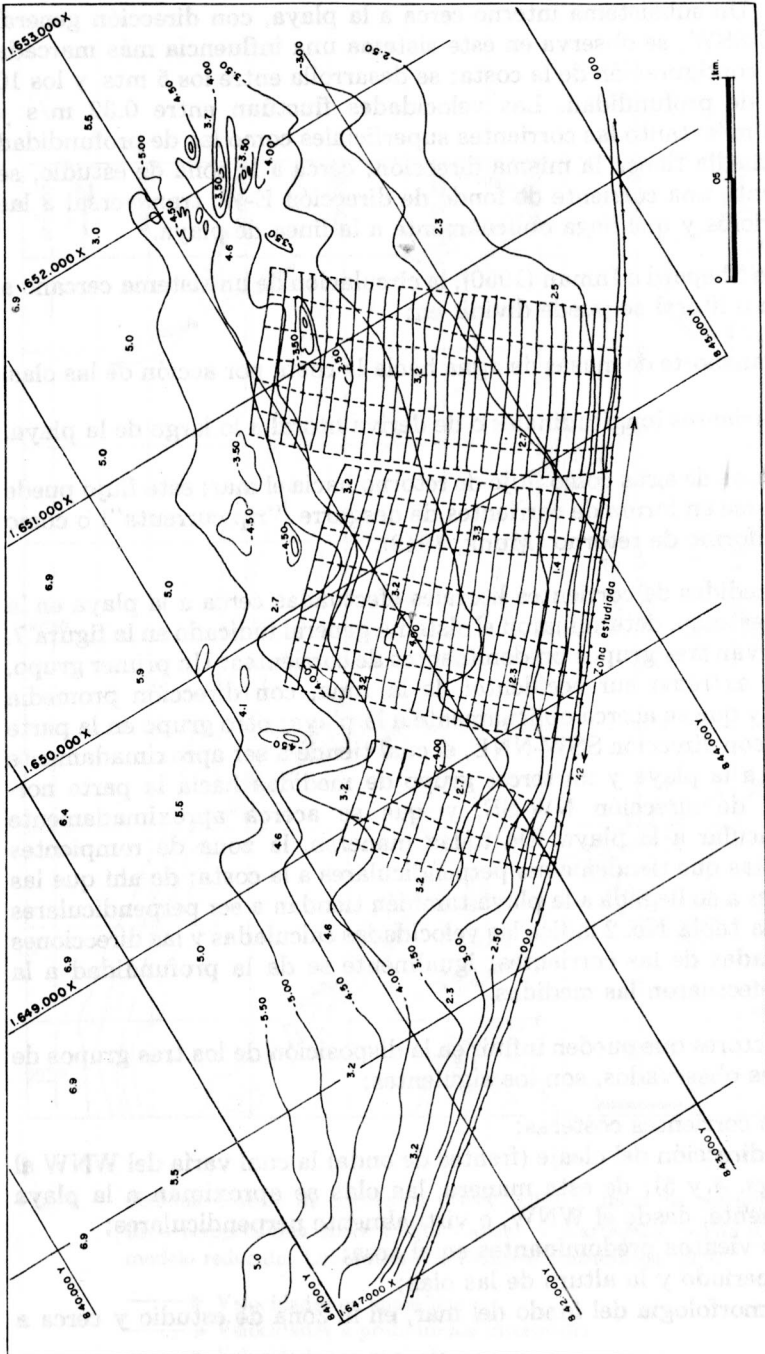


Fig. 5 Plano de oleaje del sector de la Boquilla, Cartagena. Dirección, noroeste. Período, 10 segundos. Líneas continuas, frentes de onda; líneas punteadas, ortogonales. Curvas batimétricas y valores de profundidades, en metros. Referencia, nivel medio del mar (Según el Laboratorio de Ensayos Hidráulicos, 1976).

c. Un subsistema interno cerca a la playa, con dirección general NNE-SSW; se observa en este sistema una influencia más marcada de la configuración de la costa; se desarrolla entre los 5 mts. y los 10 mts. de profundidad. Las velocidades fluctúan entre 0.32 m/s y 0.011 m/s; tanto las corrientes superficiales como las de profundidad intermedia tienen la misma dirección; cerca a la zona de estudio, se presenta una corriente de fondo de dirección E-W, transversal a las anteriores y que llega oblicuamente a la línea de playa.

Según Shepard e Inman (1950), la circulación de un sistema cercano a la playa o litoral se puede dividir en:

1. Transporte de masas de agua hacia la costa por acción de las olas.
2. Corrientes longitudinales o de deriva litoral a lo largo de la playa.
3. Masas de agua como flujo de retorno hacia el mar; este flujo puede presentarse en forma de corrientes de desgarre ("rip currents") o como flujo uniforme de retorno (Munk, 1949).

Las medidas de corrientes litorales efectuadas cerca a la playa en la zona de estudio, determinaron el sistema general indicado en la figura 7. Se observan tres grupos predominantes de corrientes: Un primer grupo, hacia el extremo sur occidental de la zona, con dirección promedio SW-NE y que se acerca oblicuamente a la playa; otro grupo en la parte central, con dirección SSW-NNE, el cual tiende a ser aproximadamente paralelo a la playa y un tercer grupo de medidas hacia la parte nor-oriental, de dirección NW-SE, y que se acerca aproximadamente perpendicular a la playa. De todas maneras, la zona de rompientes genera olas que tienden a ser perpendiculares a la costa; de ahí que las corrientes a su llegada a la playa también tiendan a ser perpendiculares a ésta. La tabla No. 2 indica las velocidades calculadas y las direcciones aproximadas de las corrientes; igualmente se da la profundidad a la cual se efectuaron las medidas.

Los factores que pueden influir en la disposición de los tres grupos de corrientes observados, son los siguientes:

1. Las corrientes costeras;
2. La dirección del oleaje (frentes de onda) la cual varía del WNW al NW^o (Figs. 4 y 5); de esta manera, las olas se aproximan a la playa oblicuamente, desde el WNW, o virtualmente perpendiculares;
3. Los vientos predominantes en el área;
4. El período y la altura de las olas;
5. La morfología del fondo del mar, en la zona de estudio y cerca a ella.

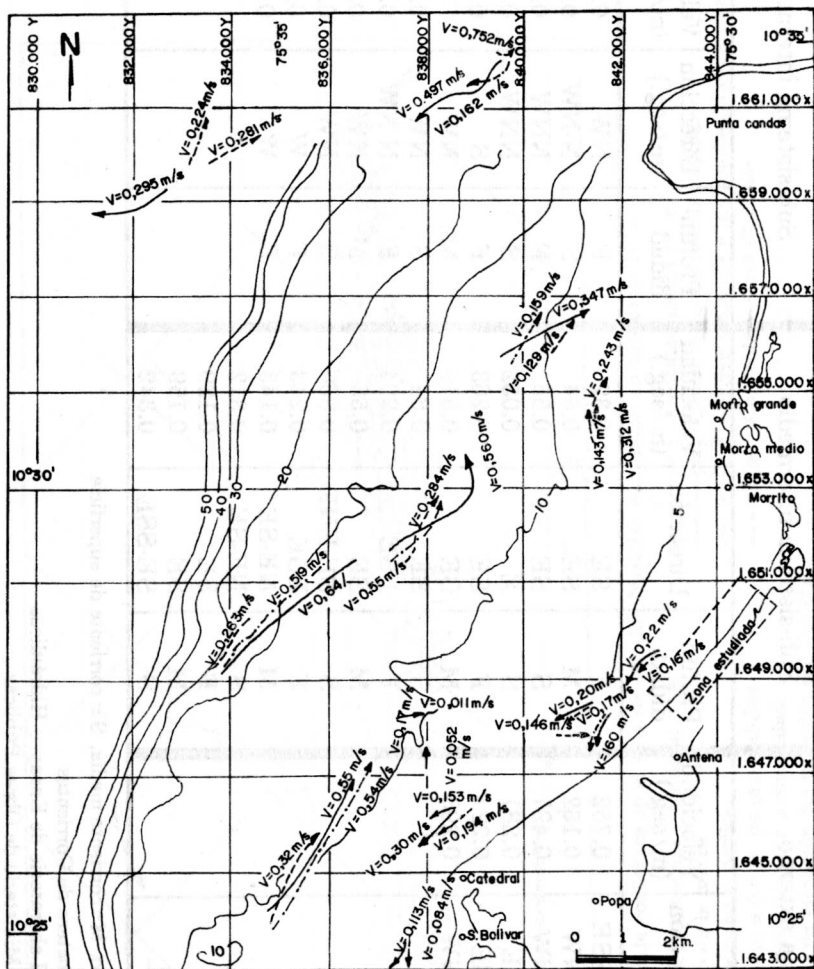


Fig. 6 Sistema costero de corrientes (Velocidades y líneas de corriente) en la zona comprendida entre Punta Canoas y Cartagena, según estudios en modelo reducido; Laboratorio de Ensayos Hidráulicos, 1976.

- Velocidades en superficie
- - - - -→ Velocidades a profundidad intermedia
- - - - -→ Velocidades en el fondo.

Sub-sistema externo			Sub-sistema intermedio			Sub-sistema interno		
Profundidad	Dirección	Velocidad (m/seg.)	Profundidad.	Dirección	Velocidad (m/seg.)	Profundidad	Dirección (m/seg.)	Velocidad (m/seg.)
F	S-SSE	0.752	F	SE	0.32	F	NW	0.18
M	NNW	0.162	M	SE	0.54	S	N-NW	0.22
S	NNW	0.497	S	SE	0.55	F	NNW	0.17
F	SSE	0.281	S	E	0.052	S	NNW	0.20
M	ESE	0.224	F	SE	0.263	F	S	0.146
S	NNW	0.295	M	SE	0.519	M	NW	?
			S	SE	0.64	S	NW	0.180
			F	ESE	0.284	F	N-NW	0.153
			M	SE	0.55	M	NW	0.194
			S	SE-ESE	0.560	S	NW	0.30
			F	ESE	0.243	F	W	0.084
			M	NE-SE	0.143	S	W	0.113
			S	NE-SE	0.312			
			F	SE	0.129			
			M	SE	0.159			
			S	SE-SSE	0.342			

F = corriente de fondo, M = corriente media, S = corriente de superficie.

Tabla 1 Sistema Costero de Corrientes
 Datos del Laboratorio de Ensayos Hidráulicos
 (L. E. H.) Ministerio de Obras Públicas

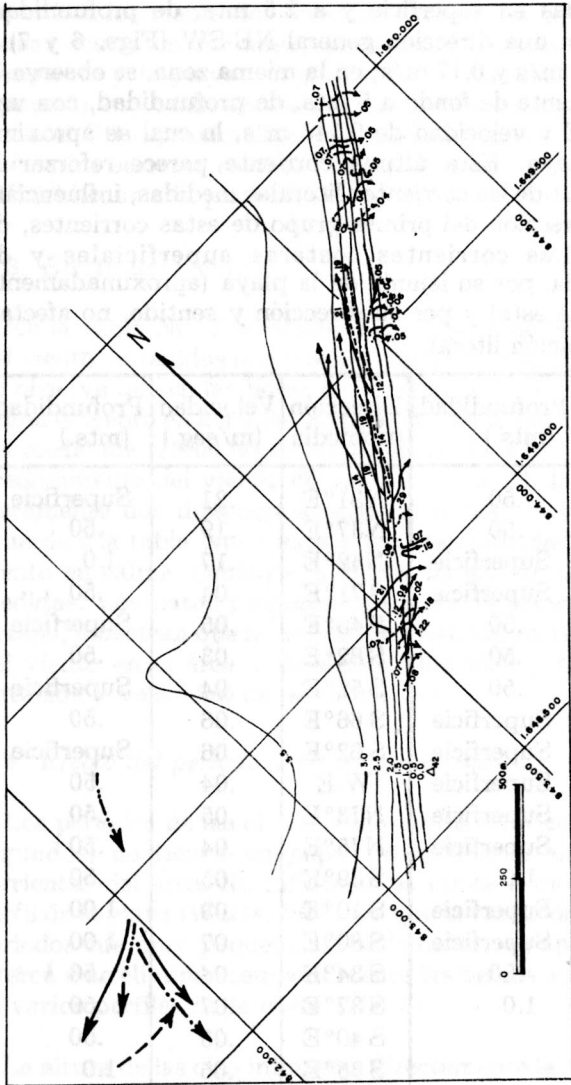


Fig. 7 Sistema litoral de corrientes en el área de estudio. Medidas efectuadas en agosto de 1977.

- 30— Curva batimétrica referida al nivel medio de la marea.
- ↑ Flotador en superficie
- Flotador a 0.5 m. de profundidad
- Flotador a 1 m. de profundidad.
- Lugar de iniciación del recorrido del flotador.

- 0.14— Velocidad media en m/s.
- ↑ Corriente costera en superficie.
- Corriente costera a profundidad intermedia
- Corriente costera de fondo.

(Batimetría del Laboratorio de Ensayos Hidráulicos, 1976)

El modelo general de circulación propuesto para el área toma en cuenta los anteriores factores:

1. *Efecto de las corrientes costeras*

De acuerdo a estudios del L. E. H. (1972,1976), se presentan en el área corrientes medidas en superficie y a 2.5 mts. de profundidad, aproximadamente, con una dirección general NE-SW (Figs. 6 y 7) y velocidades entre 0.22 m/s y 0.17 m/s; en la misma zona, se observa la presencia de una corriente de fondo a 5 mts. de profundidad, con una dirección general W-E y velocidad de 0.146 m/s, la cual se aproxima oblicuamente a la playa. Esta última corriente parece reforzar la tendencia predominante de las corrientes litorales medidas, influenciando directamente la dirección del primer grupo de estas corrientes, de dirección SW-NE. Las corrientes costeras superficiales y de profundidad intermedia, por su lejanía de la playa (aproximadamente de 700 a 2.000 mts. de ésta) y por su dirección y sentido, no afectan directamente la circulación litoral.

Dirección promedia	Velocidad (m/seg.)	Profundidad (mts.)	Dirección promedia	Velocidad (m/seg.)	Profundidad (mts.)
N60°E	.08	.50	N31°E	.21	Superficie
N60°E	.12	.50	N37°E	.19	.50
S70°E	.22	Superficie	N42°E	.17	1.0
N61°E	.21	Superficie	S 71°E	.04	.50
N82°E	.07	.50	S 45°E	.05	Superficie
N80°E	.07	.50	S 82°E	.03	.50
N65°E	.08	.50	S 52°E	.04	Superficie
N60°E	.18	Superficie	S 66°E	.06	.50
N52°E	.02	Superficie	S 62°E	.06	Superficie
N76°E	.15	Superficie	W-E	.04	.50
S 52°E	.07	Superficie	N73°E	.05	.50
N29°E	.14	Superficie	N75°E	.04	.50
N61°E	.08	1.0	S 39°E	.05	.50
N53°E	.29	Superficie	S 10°E	.03	1.00
N24°E	.19	Superficie	S 80°E	.07	1.00
N33°E	.19	.50	S 34°E	.04	.50
N36°E	.14	1.0	S 37°E	.07	.50
			S 40°E	.05	.50
			S 35°E	.05	1.0
			S 38°E	.07	.50

Tabla 2 Sistema litoral de corrientes. Medidas efectuadas en el mes de Agosto, 1977.

2. Efecto de la dirección del oleaje

Durante los días en que se efectuaron las medidas, las olas se aproximaron al área desde el NW, aproximadamente, con ligeras variaciones hacia el WNW. La dirección de aproximación guarda relación con el movimiento general de la masa de agua hacia el NE, de acuerdo a los resultados obtenidos (Figs. 7 y 8). Este movimiento de masas ocurre en su mayor parte en el espacio comprendido entre la rompiente y la playa; en el grupo nor-oriental de corrientes medidas (grupo 3), hay tendencia de algunas corrientes a presentar una dirección hacia el SE (aproximadamente perpendiculares a la playa), mientras que en los sectores central y sur-occidental, la dirección varía desde el SW (oblicuas a la playa) hasta el NE y NNE (paralelas a ella).

3. Efecto del viento

En la tabla No. 3 se relacionan los datos de la dirección y velocidad del viento, obtenidos durante los días en que se efectuaron las medidas. Se observa que en las horas de la mañana (7:00 horas) hay períodos de calma (excepto en los días 18 y 21), situación que cambia hacia las horas del medio día (13:00 horas) en adelante. La Fig. 9 muestra la dirección predominante del viento de los días 17 a 23 de agosto; se observan claramente dos direcciones predominantes: N y NE. Igualmente, de acuerdo a la tabla No. 3, existe una gran cantidad de observaciones con viento en calma, debido a la época del año en la cual se tomaron las medidas. Los datos proporcionados por la estación del aeropuerto de Crespo, muestran que no existe interrelación entre dirección y velocidad del viento en el área y dirección, velocidad y tamaño de las olas, y dirección y velocidad de las corrientes.

4. Efecto del período y altura de las olas.

Los períodos de las olas medidos en la zona de estudio (entre 8 y 12 segundos) no tienen un papel predominante en el desarrollo de las corrientes del área. Su influencia se limita a modificar ligeramente el perfil de la playa (Watts, 1955), ya que la variación observada en dichos períodos fue muy pequeña. Posiblemente, en épocas de tormenta, se alteren o se eliminen temporalmente las barras submarinas observadas en varios perfiles de la costa (Fig. 3).

La altura de las olas influencia directamente la posición y altura de la zona de rompientes (King, 1972, p. 316). Con una mayor longitud y altura de las olas, la zona de rompientes se producirá más alejada de la línea de playa y a menor profundidad. Igualmente, se producirán barras

Días		Dirección y velocidad del viento						Frecuencia de la Dirección y la Velocidad																
		07 horas		13 horas		19 horas		Máximas		N.º de observaciones	Dirección													
		D	V	D	V	D	V	D	V		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	E	3				
		D		V		D		V			D		V		D		V		D		V			
		D		V		D		V		D		V		D		V		D		V				
17	C	-	N	2.1	N	7.2	N	7.2	N	8	6	2	-	-	-	-	-	9	0	2.0	5.0	7	15	>
18	E	3.1	W	5.1	N	6.2	Vs	6.2	Vs	8	9	-	2	-	-	2	1	2	1	4.9	6.9	14.9	20.9	21.0
19	C	-	W	5.1	E	3.1	N	6.2	N	4	3	5	1	-	-	4	2	6	1	4.9	6.9	14.9	20.9	21.0
20	C	-	W	4.1	C	-	Vs	5.1	Vs	4	6	2	1	2	2	-	9	1	13	4	13	4	13	4
21	S	4.1	S	4.1	C	-	S	6.2	S	1	6	1	-	11	1	-	6	1	15	5	15	5	15	5
22	C	-	W	4.1	NW	5.1	Vs	5.1	Vs	5	-	1	2	-	-	2	4	12	6	6	8	6	8	6
23	C	-	NW	3.1	NE	5.1	Vs	5.1	Vs	6	8	-	-	-	-	1	5	5	14	14	6	14	6	14

Datos tomados por el Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT).

Mes de agosto de 1977

Estación del aeropuerto de Crespo, Cartagena.

D = dirección; V = velocidad; C = calma; Vs = varias.

Tabla 3. Datos de los vientos en el área de estudio.

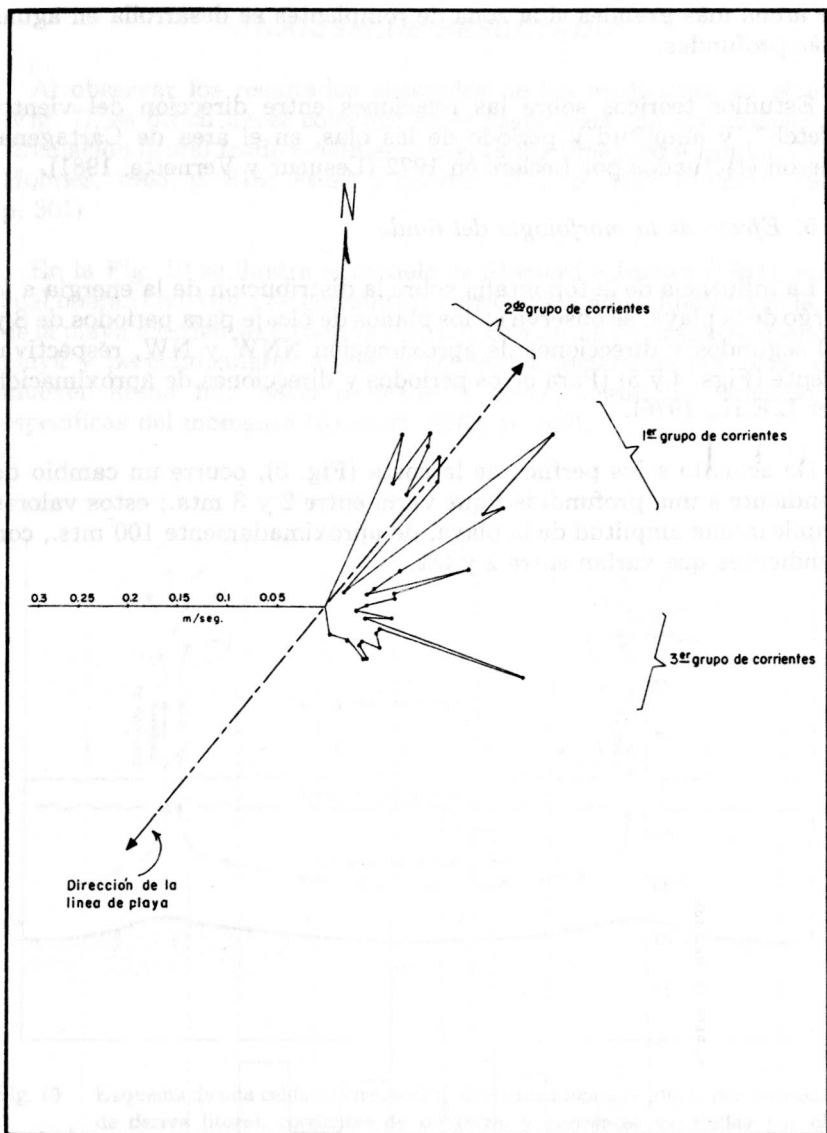


Fig. 8 Diagrama de la dirección general y velocidad de las corrientes en la zona de estudio. La velocidad se indica por la longitud de cada medida a partir del centro. Se pueden distinguir tres grupos de corrientes: un primer grupo (occidente del área) con dirección general SW-NE; un segundo grupo (centro del área) con dirección SSW-NNE; un tercer grupo (oriente del área) con dirección ESE.

La escala de la izquierda indica la velocidad medida para cada flotador.

de arena más grandes si la zona de rompientes se desarrolla en aguas más profundas.

Estudios teóricos sobre las relaciones entre dirección del viento, "fetch", y amplitud y período de las olas, en el área de Cartagena, fueron efectuados por Leclerc en 1972 (Lesueur y Vernet, 1981).

5. Efecto de la morfología del fondo

La influencia de la topografía sobre la distribución de la energía a lo largo de la playa, se observa en los planos de oleaje para períodos de 8 y 10 segundos y direcciones de aproximación NNW y NW, respectivamente (Figs. 4 y 5) (Para otros períodos y direcciones de aproximación ver L.E.H., 1976).

De acuerdo a los perfiles de la costa (Fig. 3), ocurre un cambio de pendiente a una profundidad que varía entre 2 y 3 mts.; estos valores implican una amplitud de la playa, de aproximadamente 100 mts., con pendientes que varían entre 2 y 3%.

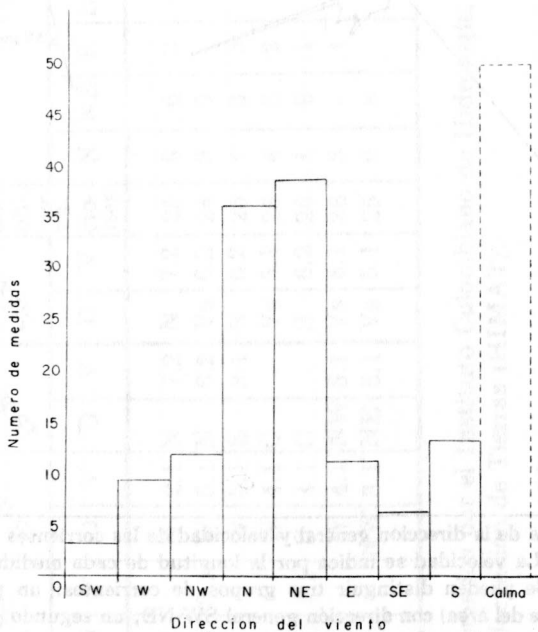


Fig. 9 Histograma de las direcciones del viento cerca al área de estudio. Días 17 a 23 de agosto, 1977. Estación: Aeropuerto de Crespo, Cartagena.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al observar los resultados obtenidos de las mediciones en el área (Fig. 7), es difícil hacer coincidir estos resultados con los modelos de circulación litoral tradicionalmente aceptados (Shepard e Inman, 1951; Holmes, 1965, p. 816; Press y Siever, 1974, p. 412; Kennett, 1982, p. 301).

En la Fig. 10 se ilustra el modelo de Shepard e Inman (1951), en el cual operan tres tipos de corrientes: corrientes longitudinales a lo largo de la playa (corrientes de deriva litoral); corrientes de desgarre desde la playa y perpendiculares a ella, y corrientes generadas por olas, que mueven arena fina hacia o desde la costa, según las condiciones específicas del momento (Kennett, 1982, p. 300).

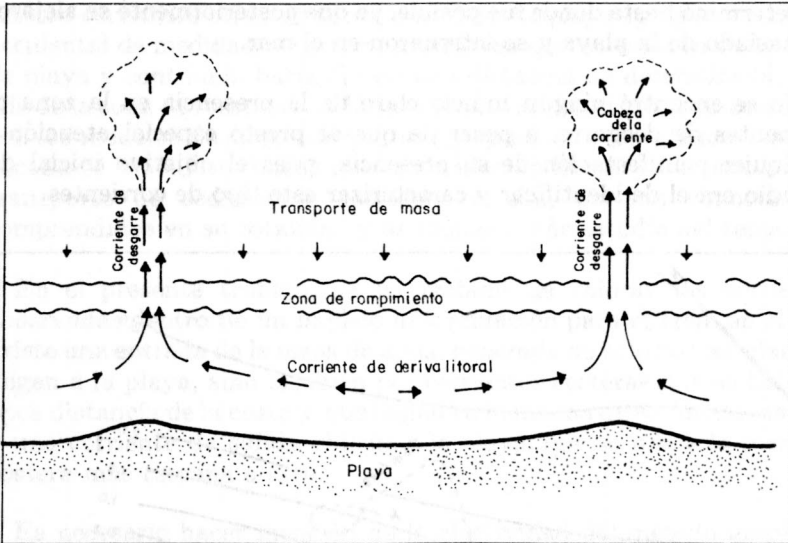


Fig. 10 Esquema de una celda de circulación simétrica cerca de la playa, con corrientes de deriva litoral, corrientes de desgarre, y corrientes generadas por olas (modificado de Shepard e Inman, 1951).

A pesar de lo anterior, en las Figs. 7 y 8 se observan esencialmente dos tipos de corrientes: una, caracterizada por los grupos SW-NE (occidental) y NW-SE (oriental) que pueden corresponder a corrientes generadas por olas y que durante el tiempo de estudio probablemente transportaban arena hacia la playa (Raudkivi, 1967); sin embargo, analizadas en detalle, estas corrientes no se comportan según se

describe en la literatura, sino siguen una dirección general no muy precisa, de tal modo que la trayectoria individual de cada flotador sufre variaciones considerables, como se ilustra en la Fig. 11, en donde un flotador con su correspondiente botella a 1 m. de profundidad fue lanzado en el punto A; el objeto derivó hacia el NE por espacio de unos 4 minutos; transcurrido este tiempo empezó súbitamente a derivar hacia el WNW, una distancia de 50 mts., a una velocidad promedio de 0.3 m/s; posteriormente derivó hacia el sur una distancia de 100 mts. hasta encallar en la playa. Estas corrientes tienen en común su orientación hacia la línea de playa.

El grupo central de medidas (SSW-NNE), el que según el modelo tradicional debería corresponder a las corrientes de deriva, que mueven sedimentos paralelamente a la línea de playa, no sigue un paralelismo con esta, sino que tiene una tendencia clara a separarse de la costa, hasta tal punto que los flotadores no fueron recuperados y su posición se determinó hasta donde fue posible, ya que posteriormente se alejaron demasiado de la playa y se internaron en el mar.

No se encontró ningún indicio claro de la presencia en la zona de corrientes de desgarre, a pesar de que se prestó especial atención a cualquier manifestación de su presencia, pues el objetivo inicial del estudio era el de identificar y caracterizar este tipo de corrientes.

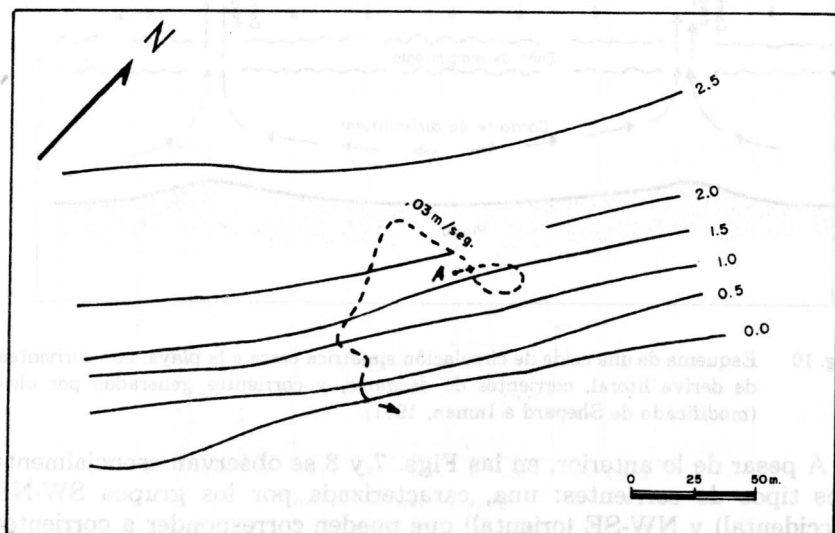


Fig. 11 Esquema de la trayectoria de una corriente, indicada por el flotador No. 24, a 1 m. de profundidad.

Un modelo de circulación propuesto para la zona, se presenta en la Fig. 12. Habría influencia de las corrientes costeras sobre las corrientes litorales, en especial de las que tienden a llegar oblicuamente a la playa, desde una dirección W ó WSW. Se origina una corriente oblicua a la playa, la cual eventualmente se unirá a las corrientes costeras superficiales e intermedias.

CONCLUSIONES

En el área de estudio, la línea de playa es recta y la topografía submarina no es muy acentuada; la circulación en la zona de rompientes está influenciada por la dirección con la cual llegan las olas a la playa. En épocas de vientos de poca velocidad o en calma, y en condiciones de oleaje moderado, según los modelos tradicionalmente aceptados para áreas semejantes, se deben originar corrientes de deriva paralelas a la playa, y corrientes de cizalla con retorno al mar. En el área de estudio, existen corrientes orientadas hacia la línea de playa (grupos oriental y occidental de medidas) y corrientes oblicuas que se separan de la línea de playa y continúan hacia el mar una distancia no determinada, más allá de la zona de rompientes. Estas corrientes observadas, no coinciden con los modelos de circulación litoral propuestos y aceptados desde la década de 1950. Esto indica que la circulación litoral y los procesos de transporte de sedimentos asociados a ella, no son conocidos y comprendidos en su totalidad y se requiere más estudio del tema.

En el presente trabajo, se ha tratado de colocar las corrientes observadas dentro de un modelo de circulación para el área, en el cual existe una entrada de la masa de agua, generada no solo por las olas que llegan a la playa, sino también por corrientes costeras que se hallan a poca distancia de la costa y que llegan en la misma dirección de las olas, y una corriente de salida oblicua a la playa, que se une a la corriente costera más cercana a esta.

Es necesario hacer mención de la efectividad del método empleado para la determinación de las velocidades de corrientes y descrito en el capítulo correspondiente. El sistema, una botella atada por un hilo de nylon a un flotador esférico de icopor, de 10 cm. de diámetro, obedeció a las corrientes del área a diferentes profundidades, sin influencia del viento. El bajo costo de los elementos usados, unido a la simplicidad de su construcción, representa una ventaja sobre otros métodos más sofisticados.

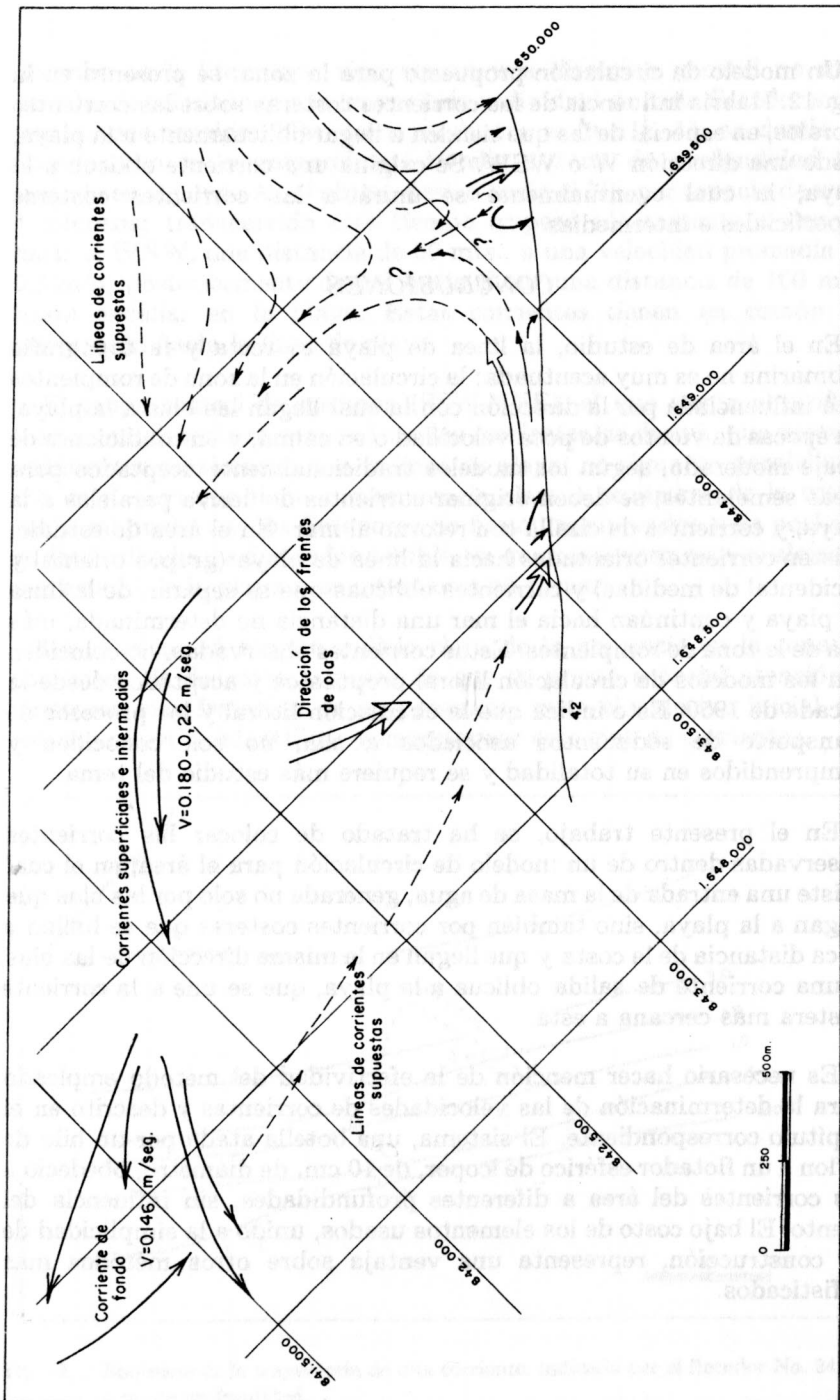


Fig. 12 Modelo de circulación de corrientes propuesto para el área de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas" COLCIENCIAS la financiación para la realización de este trabajo (Proyecto 10000-1-85-76). Al Laboratorio de Ensayos Hidráulicos del Ministerio de Obras Públicas el suministro de sus estudios sobre el área y del equipo para el trabajo de campo.

REFERENCIAS

HOLMES, A. (1965): Principles of Physical Geology.- 2nd. Edit., 1288 pp., Th. Nelson, London.

KENNETT, G. (1982): Marine Geology.- 813 pp., Prentice-Hall, New Jersey.

KING, C. A. M. (1972): Beaches and Coasts.- 2nd. Edit., 570 pp., Edward Arnold, London.

LABORATORIO DE ENSAYOS HIDRAULICOS (1972): Playas de Cartagena. Estudio en Modelo Reducido.- Ministerio de Obras Públicas, Bogotá.

LABORATORIO DE ENSAYOS HIDRAULICOS (1976): Playas de Cartagena. Zona comprendida entre La Tenaza y Morrito.- Ministerio de Obras Públicas, Bogotá.

LABORATORIO DE ENSAYOS HIDRAULICOS (1976): Playas de Cartagena. Zona comprendida entre Marbella y La Boquilla.- Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional de Turismo, Bogotá.

LESUEUR, P. y VERNETTE, G. (1981): Procesos de Erosión en la playa de Manzanillo.-Bol. Cient. CIOH 3, pp. 55-72, Cartagena.

MUNK, W. H. (1949): Surf Beats.-Am. Geophys. Union Trans. 30, pp. 849-854, Washington, D. C.

PRESS, F. y SIEVER, R. (1974): Earth.- 945 pp., W.H. Freeman and Co., San Francisco.

PUTNAM, J. A., MUNK, W. H. y TRAYLOR, M. A. (1949): The Prediction of Longshore Currents.-Am. Geophys. Union Trans. 30, pp. 337-345, Washington, D. C.

RAUDKIVI, A. J. (1967): Loose Boundary Hydraulics.- Pergamon Press, New York.

SHEPARD, F. P. e INMAN, D. L. (1950): Nearshore water circulation related to bottom topography and wave refraction.-Am. Geophys. Union Trans. 31, pp. 196-212, Washington, D. C.

SHEPARD, F. P. e INMAN, D. L. (1951): Nearshore circulation.- J. W. Johnson (ed.), Conf. in Coastal Engineering, 1st. Proc., Univ. California, Council in Wave Research, 334 pp., Berkeley, Calif.

VISHER, G. L. (1969): Grain Size Distributions and Depositional Processes.- Jour. Sed. Petr. 39, pp. 1074-1106. Tulsa.

VOS, R. G. (1976): Observations on the formation and location of transient Rip Currents.-Sedim. Geology 16, pp. 15-19, Amsterdam.

WATTS, G. M. (1955): Laboratory study of varying wave periods on beach profiles.- U. S. Army, Corps of Engineers, Beach Erosion Board, Tech. Memo. 53, 42 pp.

Manuscrito recibido, Enero de 1984

Jorge A. Brieva y José A. Lozano
Universidad Nacional de Colombia
Departamento de Geociencias
Apartado 14490
Bogotá, Colombia

Camilo Hernández
Laboratorio de Ensayos Hidráulicos (L. E. H.) Ministerio de Obras Públicas, Bogotá,
Colombia. En la actualidad con Empresa Colombiana de Petróleos (ECOPETROL),
Bogotá, Colombia.