

DINAMICA MARINA Y SUS EFECTOS SOBRE LA GEOMORFOLOGIA DEL GOLFO DE MORROSQUILLO

Por:

Ing. Geólogo TN. Amparo Molina M.*

Ing. Geólogo Consuelo Molina M.*

Ing. Oceanólogo Luis Giraldo*

Ing. Sistemas Carlos Parra*

Geólogo Phillipe Chevillot**

RESUMEN

En este informe se presentan los resultados obtenidos a partir de un estudio meteorológico, oceanográfico y sedimentológico del golfo de Morrosquillo durante la época seca (feb/93), cuando la velocidad y dirección del viento actuaron como factores determinantes en la circulación de las aguas, la cual se definió a partir de los siguientes parámetros: Distribución de los campos halinos y térmicos, tránsito de los sedimentos depositados sobre la superficie del lecho marino, repartición horizontal y vertical de la turbidez, determinada con base en muestras de campo y calibración y análisis de una imagen de satélite SPOT.

El análisis morfológico efectuado mediante la comparación del trazado de la línea de costa sobre imágenes de satélite y fotografías aéreas a diferentes años, permitió establecer las principales variaciones morfológicas en estas zonas.

Por efecto de difracción y refracción del oleaje frente a Punta San Bernardo y de compensación al llegar a la flecha de Mestizos, el flujo originado por estos vientos produce dos direcciones principales de corrientes: Una en sentido sureste a partir de la punta San Bernardo, que se desplaza por la costa este del Golfo y la otra en dirección este, bordeando la costa sur y sureste.

Los principales cambios morfológicos de la línea de costa se presentaron en el sector sur del Golfo. Como resultado de los procesos de acrecimiento sedimentario se originó a partir de 1938 el delta del río Sinú al desembocar por la zona de Tinajones, el cual actualmente continúa su evolución. Los fenómenos erosivos han afectado considerablemente el cuerpo de la flecha de Mestizos, la terraza marina al este de la espiga y el sector de playas entre Coveñas y Tolú.

* Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, A.A. 982 Cartagena - Colombia

** Misión Técnica Francesa (Universidad de Bourdeaux)

ABSTRACT

This report presents the results from a meteorological and sedimentological study, of the gulf of Morrosquillo during the dry season (February/93), where the speed and direction of the wind acted as determinant factors in the circulation of the waters, which was defined from the following parameters: Distribution of the (haline) and thermal fields, transit of the sediment deposited on the surface of the marine bottom, horizontal and vertical repartition of turbidity, determined on samples and gauging and analysis of a SPOT satellite image.

The morphologic analysis through the comparison of the coastal line images and aerial photographs from different years, allowed to establish the principal coastal morphologic variations in these zones.

The effect of diffraction and refraction of the surf front the punta San Bernardo and the compensation arriving to the Mestizos arrow, and the flow originated by the winds produces two principal currents: One in direction south-east starting from punta San Bernardo, that is displaced toward the east of the Gulf and the other east skirting the coast south and south-east.

The principal morphological changes of the coastal line were introduced in the south sector of the Gulf. As result of the process of sedimentary accretion originated starting 1938 the delta of the Sinú river as its discharge in the Tinajones zone, evolution that continues. The erosive phenomenon has affected considerably the body of the Mestizos arrow, the marine terrace east of the spike and the sector of beaches between Coveñas and Tolú.

INTRODUCCION

El conocimiento de la dinámica costera debe incluir estudios relacionados con la oceanografía de toda el área marina adyacente, la metodología de la región en general y de la sedimentología actual e histórica. Dichos estudios deben enfocarse de manera integral, de modo que permitan obtener resultados claros sobre los efectos químicos, biológicos, geológicos y físicos de todos los procesos que tienen lugar en el área estudiada. Esto permite realizar una descripción clara de la evolución de la línea de costa, directamente afectada por la oceanografía y la meteorología de la región, enmarcada dentro del sistema océano-costa-atmósfera.

la importancia de este tipo de estudios en el golfo de Morrosquillo, radica en la necesidad de determinar los efectos que producen las condiciones oceanográficas sobre la línea de costa y el fondo marino de esta región, la cual registra un vasto potencial económico e industrial para las zonas adyacentes y el país en general.

Debido a sus características morfológicas, el golfo constituye una zona que ofrece condiciones propicias para la propagación del oleaje de diferentes direcciones, exponiendo sus costas, prácticamente desprotegidas a los procesos erosivos que producen un continuo retroceso de la línea de costa, ocasionando de esta manera el desgaste de las playas entre la población de Tolú y la flecha de Mestizos, lo que implica un impacto económico negativo para la población de esta zona.

OBJETIVOS

-Determinar la circulación de las aguas superficiales a partir de la repartición de los campos halinos y térmicos, de la distribución horizontal y vertical de los sólidos en suspensión, del tránsito y depositación de los sedimentos superficiales.

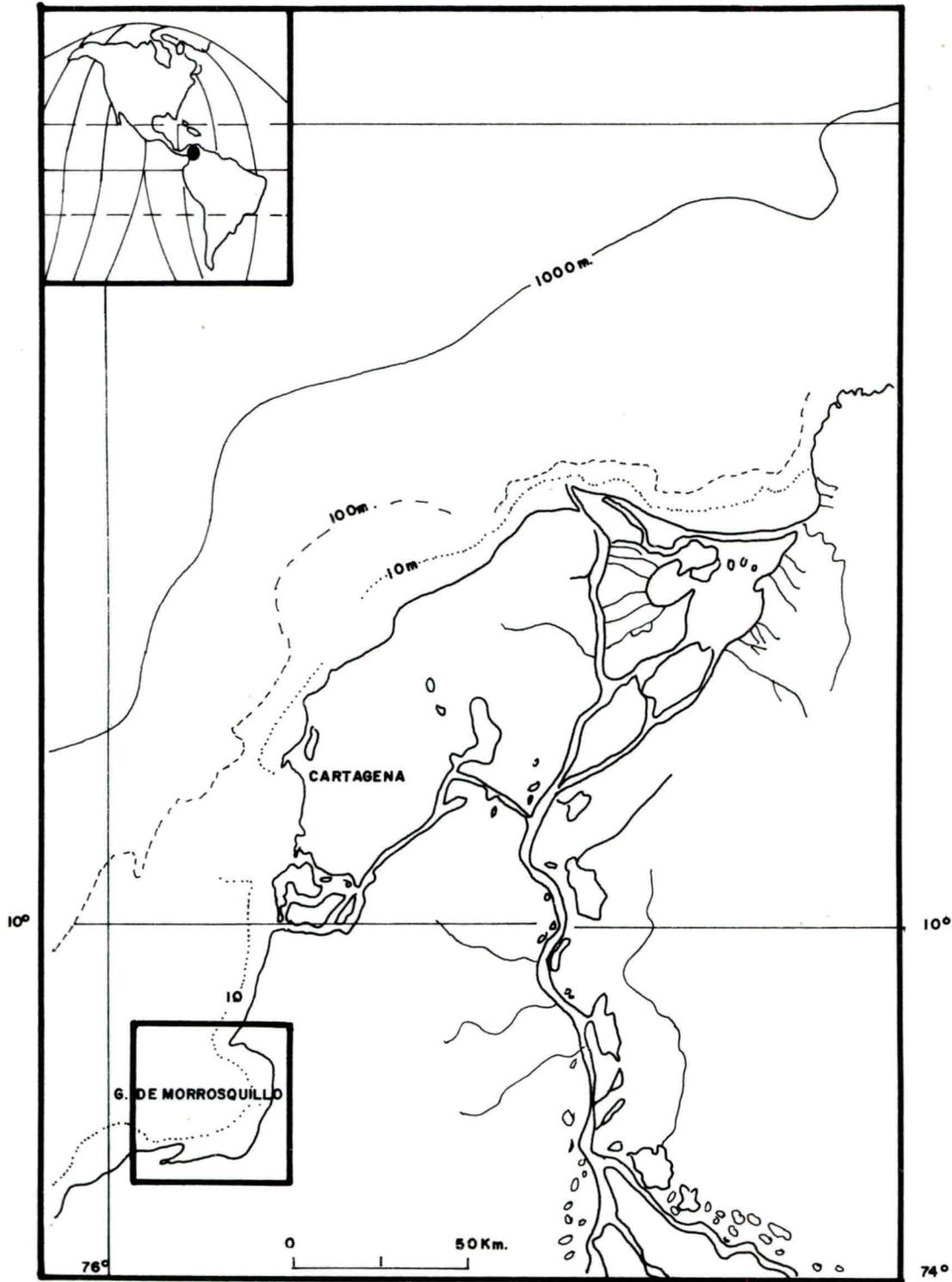
-Definir las variaciones de la línea de costa, identificando sitios de erosión y sedimentación.

LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS DEL AREA

El golfo de Morrosquillo está localizado en el sector meridional de la costa Caribe colombiana (Figura 1), geográficamente localizado entre las siguientes coordenadas:

09°22'00" 09°45'00" Lat. Norte
75°33'00" 75°55'00" Long. Oeste,

presenta una amplitud aproximada de 40 km y 35 m de profundidad. Morfológicamente está constituido hacia la zona central por una extensa llanura costera que limita al norte y al sur con dos cuerpos de terrazas coralinas. En la zona suroeste se aprecia la desembocadura del río Sinú, cuya evolución y dinámica dependen de los procesos fluviales y marinos especialmente de los regímenes de olas y mareas (Maill, 1985).



*Figura 1.
Localización Zona de Estudio.*

METODOLOGIA

En los meses de febrero y abril se monitorearon las condiciones oceanográficas, meteorológicas y sedimentológicas del golfo de Morrosquillo a bordo del ARC "Providencia". Se registró la dirección y velocidad de las corrientes al nivel de tres metros; esta información fue corroborada con el estudio de los campos hidrológicos (temperatura y salinidad) y de turbidez. Adicionalmente se tomó una imagen de satélite SPOT durante la época seca, a fin de calibrarla en términos de repartición de sólidos en suspensión; asimismo, se recolectaron muestras de sedimento superficial del lecho marino sobre las cuales se realizaron análisis granulométricos y calcimétricos. Se efectuó un análisis morfológico con base en la comparación del trazado de la línea de costa sobre la imagen de satélite y fotografías aéreas a diferentes años. La información analizada se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla No. 1

Materiales

INFORMACION	G. MORROSQUILLO
Monitoreos	02/93 - 04/93 - 05/93
Cartas Náuticas	1960
Fotos aéreas	1957 - 1989
Imagen SPOT	31/03/93
Escala fotos	diferentes

Características de la Imagen:

Satélite _____	SPOT
Sensor _____	HRV 1
Modo _____	XS
Referencia K _____	641
Referencia J _____	331
Fecha _____	31/03/93
Hora (local) _____	15h 39'16"
Latitud _____	09°35'36"
Longitud _____	75°44'59"
Azimut solar _____	+103.5
Elevación solar _____	67.3
Incidencia _____	R 03.0
Orientación _____	8.8
Ganancia _____	6 7 5
Tamaño pixel _____	20 m
Nivel pretratamiento _____	1B
Calibración absoluta (XS-1) _____	0.96422
(XS-2) _____	1.07394
(XS-3) _____	1.20878

Para el análisis general de toda la información se utilizó el método de graficado, así como análisis estadísticos primarios y de correlación en el caso de los parámetros meteorológicos.

MARCO GENERAL

Hidrografía y Aportes sedimentarios

A todo lo largo de su línea de costa el golfo de Morrosquillo recibe los aportes fluviales de arroyos, ciénagas y ríos, donde se destacan de norte a sur los arroyos: El Medio, Pita, Pechelín y la Perdiz; la ciénaga donde vierte sus aguas el río Pita, la ciénaga Caimanera y el río Sinú al sur.

De éstos, el río Sinú es el efluente más importante con un caudal medio de 400 m³/seg, con un máximo hasta de 800 m³/seg y un mínimo de 100 m³/seg, relacionados respectivamente con los períodos de lluvia y sequía (Robertson, 1989). Su caudal es arrojado al mar a través de 3 bocas: Corea, Tinajones y los Llanos, formando un amplio delta lobulado (Galloway, 1975; en Javelaud, 1987).

Esta río hasta 1938 desembocó en la Bahía de Cispatá, iniciando su avulsión en la zona de Tinajones, por donde alcanzó al mar Caribe a través de un franja de 300 m (Guhl, 1975); para Lorin et al, 1973, el cambio del cauce solamente se inició a partir de 1943 y es hasta 1952 cuando el caudal del río pasa totalmente por Tinajones.

Geomorfología

Las geoformas costeras son el resultado de una interacción entre la tierra, la atmósfera y el océano, sujeta a cambios estacionales donde actúan agentes dinámicos que moldean las zonas litorales, haciendo de éstas unas áreas frágiles e inestables donde se producen fenómenos de erosión y sedimentación, los cuales pueden acentuarse por actividades antropogénicas.

El área está constituida por unidades geomorfológicas de origen marino, fluvial y fluvio marino, ligados tanto por su geología como por su génesis (Franco et al., en edición), las cuales se han agrupado en costas bajas y costas elevadas.

Costas bajas

Playas

Estas costas se caracterizan por su tamaño y desarrollo, (Fig. 2); algunas se presentan limitando pantanos de manglar y llanura costera en su interior; otras aparecen comunicadas con las bocas de algunos arroyos y ciénagas, además conformando los cordones litorales que individualizan llanuras interiores, como es el caso de la ciénaga la Caimanera.



Figura 2.
 Zonas de playas localizadas sobre la flecha de Mestizos. Obsérvese los restos de troncos dejados por el fenómeno de Overwash.

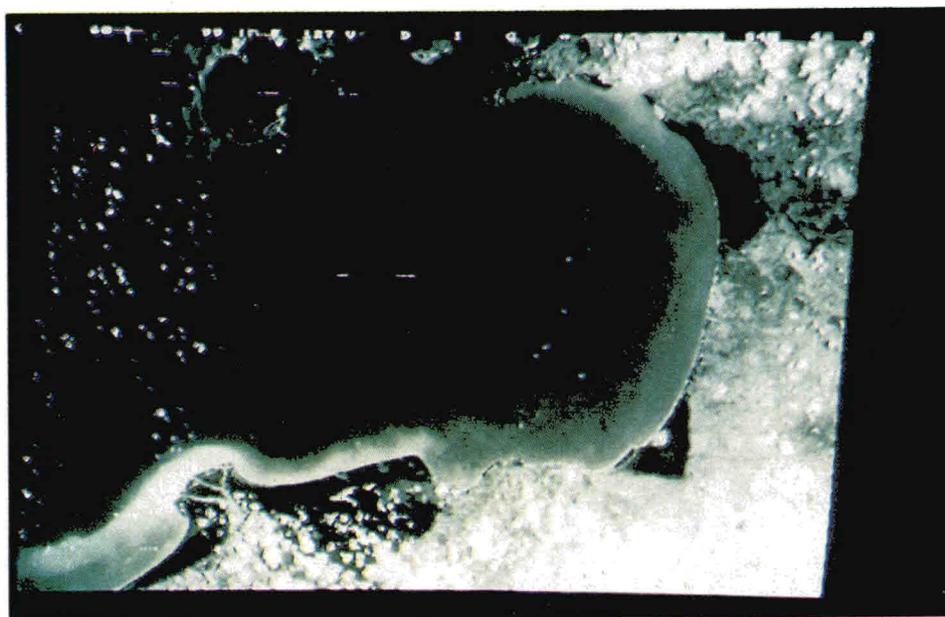


Figura 3.
 Imagen de satélite Spot sin procesar. Obsérvese la flecha de Mestizos al sur y las ciénagas al este donde se destacan Antiguas Barras. Nótese la orientación SW de la pluma Turbia del río Sinú.

Espigas

La única espiga importante es la de Mestizos, localizada al este del Delta del Sinú (Fig. 3), de dirección este-oeste y extensión de 12 km. Está constituida de mangle que bordean las ciénagas de Icotea y Mestizos. Define la bahía de Cispatá, antigua desembocadura del río Sinú. Se caracteriza por ser una zona susceptible a la erosión a todo lo largo de su línea de costa donde es muy común observar restos de mangle muerto, chamizos y troncos.

Antiguas barras

Aparecen hacia el interior y a todo lo largo del Golfo, de forma alargada, se disponen paralelas a la línea de costa (Fig. 3); están interrumpidas individualizando lagunas interiores, como ocurre al norte del Golfo en la ciénaga que recibe las aguas del arroyo Pita y al sur en la ciénaga Caimanera. Estas barras están conformadas por arenas de igual composición a las de la playa actual, asociadas con abundantes moluscos y corales fósiles.

Planicie aluvial

Conformado por depósitos fluviales sobre los cuales actúan los procesos oceanográficos originando el delta del río Sinú en el área de Tinajones a partir de 1938. Su llanura deltáica de forma lobulada, está conformada por depósitos aluviales, campos de crestas, cordones litorales, que encierran zonas de lagunas y pantanos de manglar, (Figs. 4 y 5).

Llanura costera

Áreas extensas y planas que limitan hacia el continente con las zonas montañosas y hacia el mar con la línea de costa, originadas a partir de procesos fluvio-marinos de sedimentación y erosión. Presentan su mejor exposición entre el arroyo Amanzaguapo y el puerto de Berrugas.

Llanura de Mangle

Ubicada principalmente adyacente a extensos estuarios; el de mayor cobertura corresponde a la bahía de Cispatá. Los manglares ocupan la espiga de Mestizos, las terrazas marinas, colinas cerca a San Antero y depósitos aluviales del río Sinú (Figs. 4 y 5).

Costas altas

Terrazas Marinas

De superficie plana o ligeramente inclinada hacia el mar, con alturas entre 0.5 y 3 m, están labradas en calizas arrecifales y material detrítico, aparecen a manera de parches en la zona norte de Berrugas y al oeste de Coveñas, (Fig. 5 y 6).

Colinas y montañas

Presentan una dirección estructural predominante hacia el noreste, con alturas variables entre 30 y 140 m, y de pendientes suaves; algunas están limitadas hacia el mar por terrazas marinas y zonas de mangle que la separan de la línea de costa.

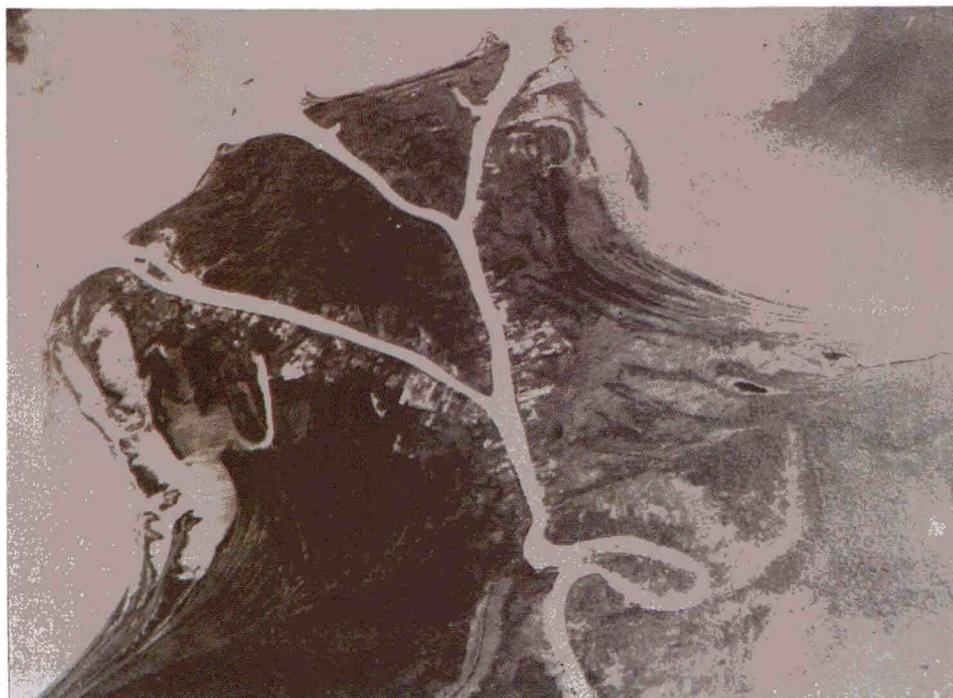
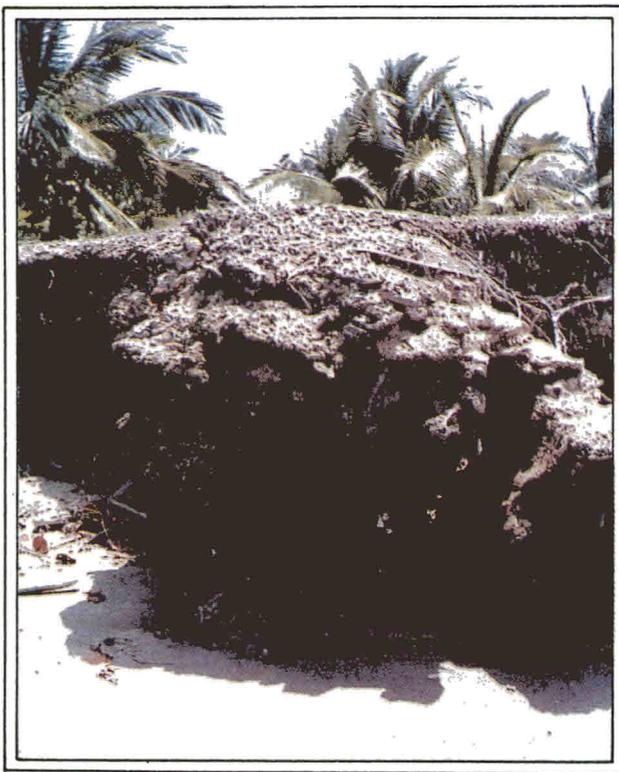


Figura 4.
 Vista aérea Delta del río Sinú. Nótese la extensa Planicie Aluvial formada a partir de campos de crestas, cordones litorales que encierran lagunas interiores.



Figura 5.
 Zonas de Manglar ocupando la Espiga de Mestizos (Punta Terraplen) al norte, Bahía de Cispatá y terrazas marinas al sur.



*Figura 6.
Terrazas marinas localizadas al noreste de la Costa del Golfo.*

CONDICIONES METEOROLOGICAS

En términos generales, el régimen meteorológico en el Golfo conserva los rasgos típicos de Caribe colombiano. Durante la estación seca, entre enero y marzo las lluvias no sobrepasan los 50 mm/mes, presentándose los vientos más fuertes con predominio de las direcciones del norte y noreste. En época seca se intensifica el intercambio de calor en la interfase mar-aire debido al incremento de la velocidad del viento, observándose una gran influencia de los Alisios en la distribución de la temperatura y salinidad en el Golfo. Asimismo, se incrementa la frecuencia de los oleajes fuertes del noroeste y noreste, siendo esta época de mayores riesgos para las playas de la región.

RESULTADOS Y DISCUSION

Dinámica Marina

La dinámica marina de las aguas en la región está completamente sometida al régimen climático, especialmente al comportamiento del viento, que juega un papel determinante en la formación de las corrientes y del oleaje. El segundo factor a tomar en cuenta es la topografía del fondo marino y la conformación de las costas que, debido a las dimensiones reducidas de la zona impiden un desarrollo libre de circulación horizontal y favorecen la propagación y expansión del oleaje, formando flujos litorales que ponen en peligro la estabilidad de la línea de costa.

Condiciones oceanográficas

La configuración de las isotermas e isohalinas sugieren la transformación rápida que sufren las aguas provenientes de los deltas a medida que se alejan de éstos. Dicho fenómeno es más notorio al sur del Golfo, a lo largo de la flecha de Mestizos, donde el movimiento de las aguas parece ser del oeste al este. Se puede afirmar que la influencia del caudal del río Sinú sobre la hidrología del área es sólo hasta la región de la bahía Cispatá, donde se acumulan aguas con salinidades inferiores a 34‰. Como es lógico los gradientes a lo largo de la costa sur son fuertes (del orden de 10‰ en 1,5 millas, aproximadamente), y se van debilitando mientras se acercan a bahía Cispatá.

Los gradientes verticales de temperatura y salinidad, son poco significativos; no superan los 0,3 grados y las 0,2‰ en el este, centro y sur del Golfo. Sólo en la parte externa las diferencias pueden ser mayores entre la superficie y el fondo marino.

Al suroeste de la zona, frente al delta de Tinajones, se presentan aguas uniformes hasta aproximadamente los 45 metros, lo que está relacionado con el carácter de la circulación en el área, sugiriendo así, el alcance de las corrientes superficiales en toda la columna de agua.

Durante la época seca, el flujo proveniente del norte experimenta una bifurcación al encontrar en su camino el banco de las islas San Bernardo (Fig. 7). Uno de sus ramales penetra al Golfo dibujando su contorno, mientras el segundo continúa su camino hacia el sur. Este último debe experimentar una nueva división al encontrarse con la barrera que forma la costa suroeste de la región (delta del Sinú), haciendo que un ramal prosiga con dirección suroeste, el cual arrastra consigo la carga sedimentaria aportada por el caudal del río Sinú mientras que el otro toma dirección este. A la altura de Tolu se encuentran estos dos brazos donde debe formarse un flujo de compensación, tipo "Rip Current" (Lorin et al., 1973), con dirección oeste que luego provocaría la formación de un vórtice anticiclónico en el centro de la región estudiada.

La morfología costera y submarina del golfo de Morrosquillo ofrece las condiciones ideales para la expansión del oleaje dentro de sus límites. Durante la época seca el oleaje predominante procede de los sectores noroeste a noreste, en correspondencia con el sentido de los vientos. El banco de l archipiélago de San Bernardo actúa de tal forma, que difracta el oleaje haciendo que éste adopte una dirección hacia la costa del Golfo.

Las bajas profundidades provocan una disminución sustancial de la energía del oleaje, siendo ésta poco intensa al llegar a la costa; sin embargo, la disposición de las isóbatas dentro del Golfo ofrecen un terreno propicio para la expansión del oleaje procedente del oeste, y al llegar a las costas ha sufrido una refracción mínima.

Estas condiciones provocan un transporte litoral de intensidad significativa, especialmente en el tramo Tolu-Coveñas, donde los efectos del desgaste de las playas son importantes. Entre la punta San Bernardo y la Boca del francés, la dirección de la deriva

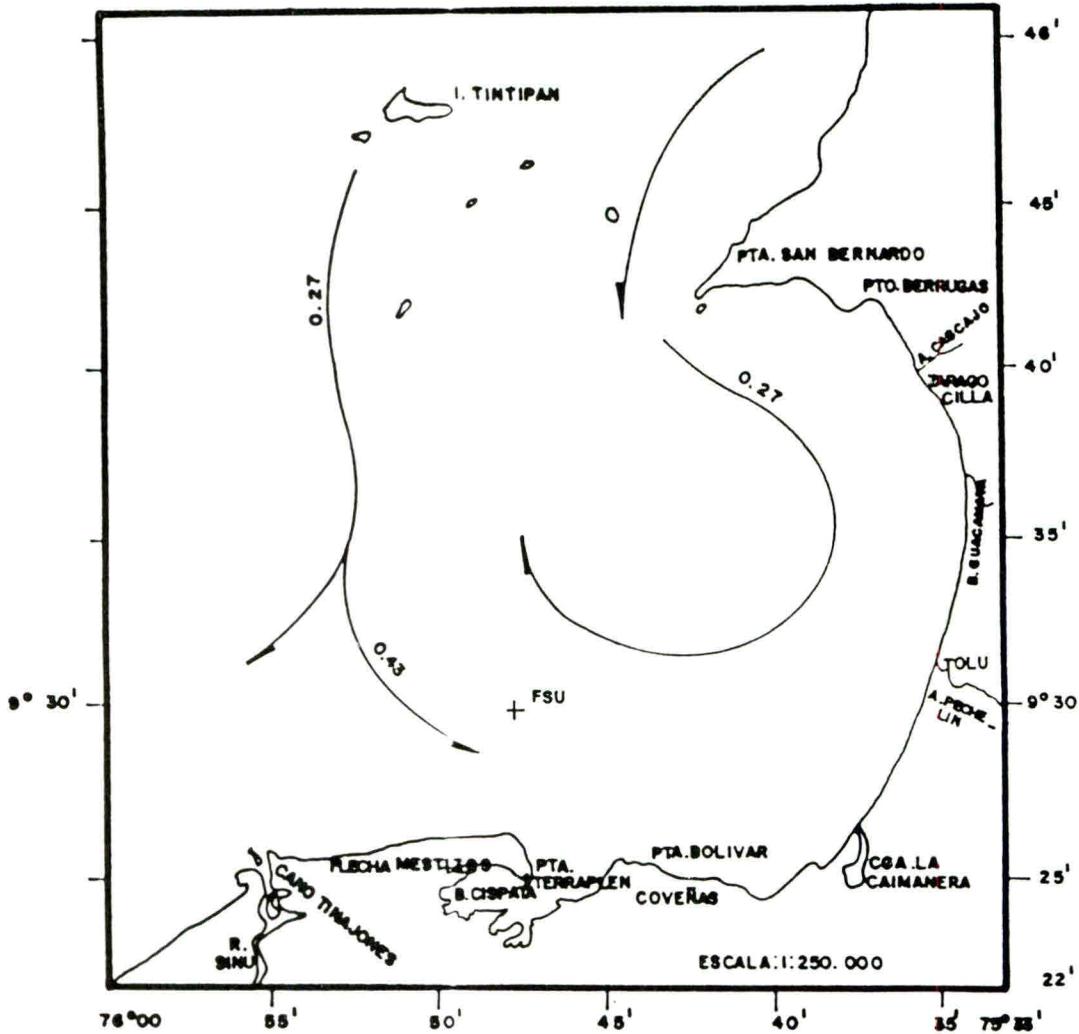


Figura 7.
Circulación superficial Morrosquillo I. Feb/93

— Dirección de la corriente

es sur, mientras que a lo largo de la flecha de Mestizos es este, lo que favorece la formación de la punta Terraplén.

Las mareas en el Golfo no superan los 60 cm y son de tipo semidiurno. Su efecto más importante se observa en el incremento de las velocidades de las corrientes durante los flujos y reflujos.

Repartición de los sólidos en suspensión

Durante la época seca, las aguas turbias tanto en superficie como a profundidad dibujan el contorno costero en forma de franjas paralelas en color crema, amarillo y verde (Fig. 8),

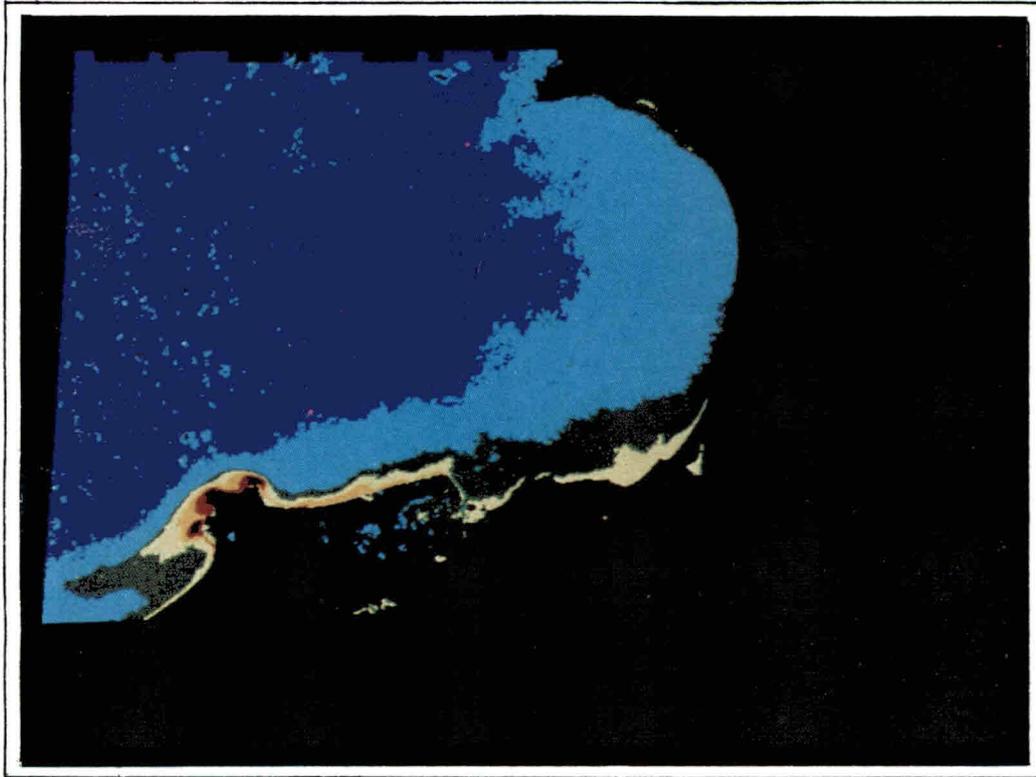
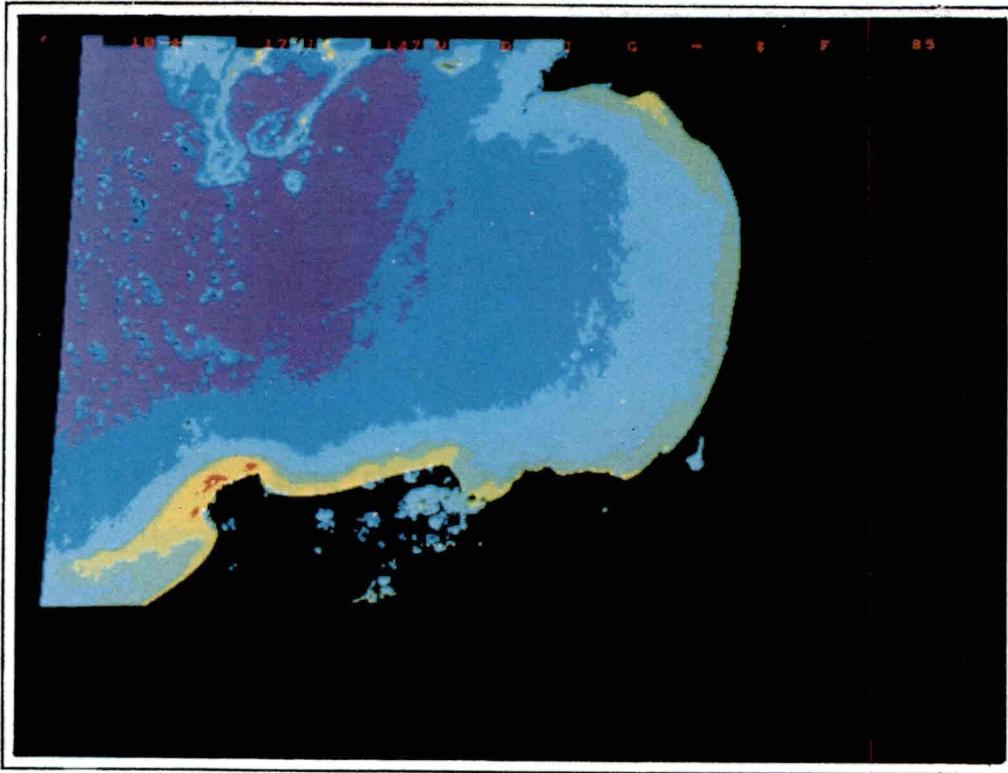


Figura 8.
Distribución de la turbidez en el Golfo a nivel superficial. Epoca Seca (franjas roja, crema, amarilla, verde y azul).

las cuales se disponen a todo lo largo del Golfo como resultado de los fenómenos de refracción y difracción, así como por la influencia de las aguas oceánicas (azul oscuro) que al penetrar por la parte central del Golfo restringen su circulación a esta zona, principalmente al sector sureste. Esta turbidez se hace más débil a medida que nos alejamos de la costa al mezclarse con las aguas oceánicas.

Estas franjas se interrumpen a la altura de punta de Mestizos en la entrada de la Bahía Cispatá, como consecuencia de las particularidades hidrodinámicas de la región, caracterizadas por las condiciones de calma cuasipermanentes.

A profundidad el fenómeno continúa (Fig. 9), las aguas turbias permanecen bloqueadas cerca a la desembocadura del Sinú, exhibiendo un frente de turbidez como resultado de los procesos de sedimentación, producto de la débil actividad hidrodinámica reflejada en las bajas velocidades de las corrientes marinas en este lugar. Al norte del Golfo, específicamente a partir de la punta San Bernardo, debido a los fenómenos de difracción y refracción la turbidez se dispone como una franja que dibuja el contorno costero (amarillo, verde, azul). En términos generales, en la mayor parte del Golfo la turbidez se presenta en los primeros metros y se hace más débil con la profundidad; a este nivel se aprecia una mayor dispersión del material en suspensión, indicando un mejor mezclamiento de las aguas.



*Figura 9.
Distribución de la turbidez en el Golfo a nivel inferior. Epoca Seca (franjas
roja, amarilla, verde y azul claro).*

Dinámica de los sedimentos superficiales

El 80% del lecho marino del Golfo está cubierto por material calcáreo, procedente de la destrucción de vastas zonas arrecifales (Fig. 10). Su carácter orgánico disminuye cerca a la costa como resultado de la influencia de los aportes continentales de los ríos Sinú, Pechelín, entre otros y de la ciénaga Caimanera así como el desgaste erosivo que sufre la línea de costa en algunas zonas, especialmente en la flecha de Mestizos y en los alrededores de Tolú, donde forman una franja estrecha.

La distribución horizontal de los sedimentos en el Golfo obedece a los efectos de difracción alrededor de las puntas y de refracción a lo ancho del mismo, lo cual permite la depositación del material arenoso en la zona litoral, mientras que las partículas lodosas son transportadas y posteriormente depositadas en la plataforma (Figs. 11 y 12).

De manera general se observan dos direcciones principales de partículas: Una en sentido sur, en el tramo comprendido entre Punta San Bernardo y las inmediaciones de la boca Guacamaya, y otra en sentido norte que transporta el material desde la ciénaga Caimanera hasta las cercanías de Tolú (Fig. 12). A lo largo de la flecha de Mestizos el transporte sedimentario es hacia el este y es interrumpido por una zona de calma dinámica

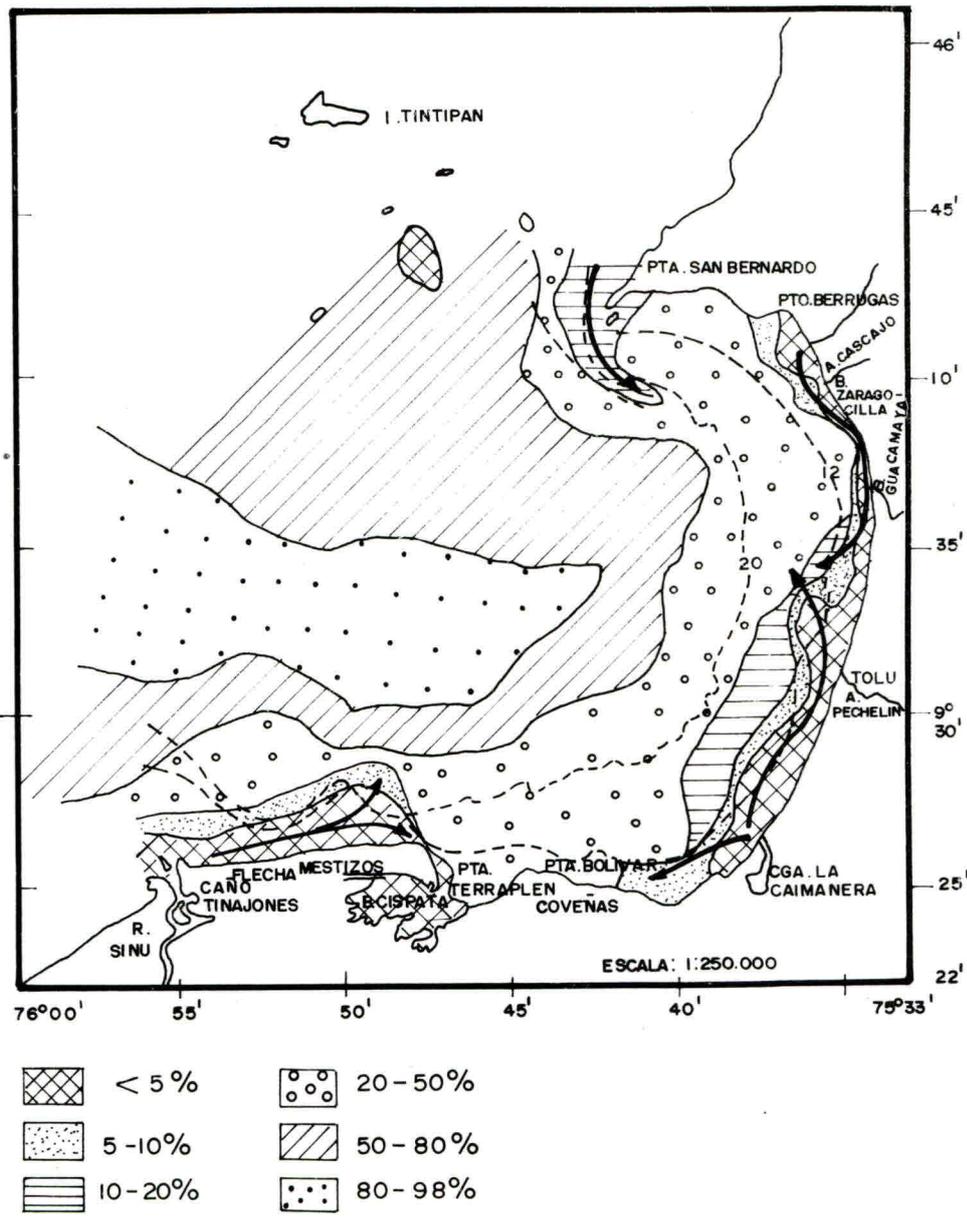


Figura 10.
 Mapa de repartición del carbonato de calcio. Morrosquillo I - Feb/1993.

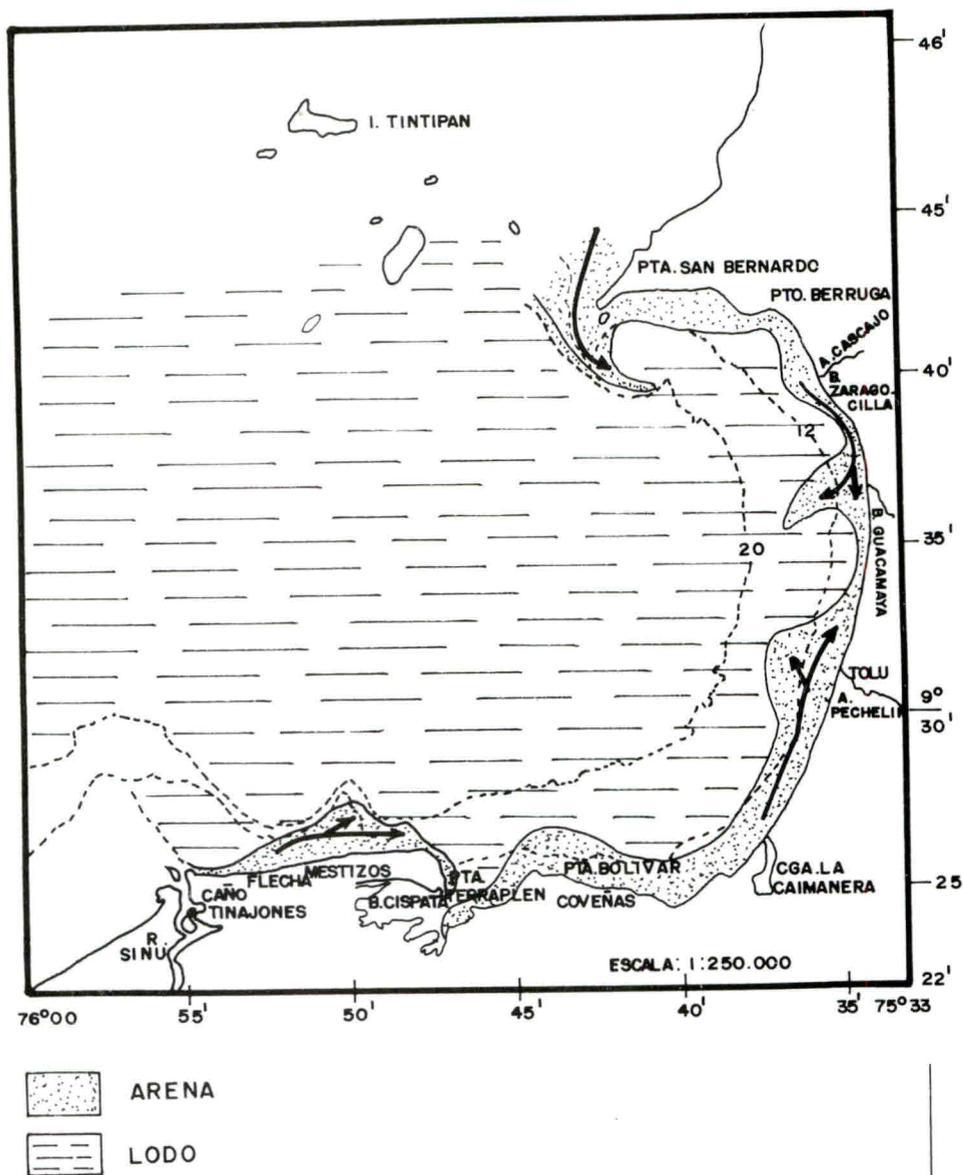
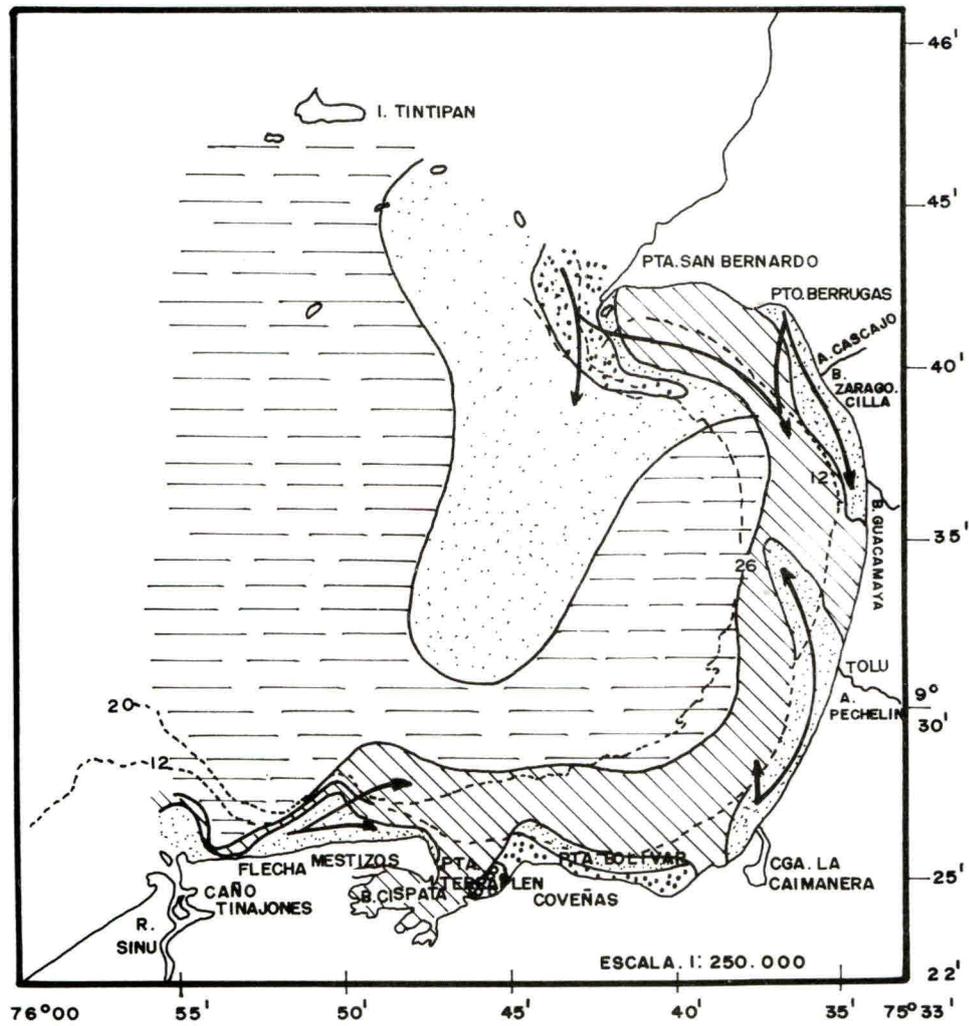
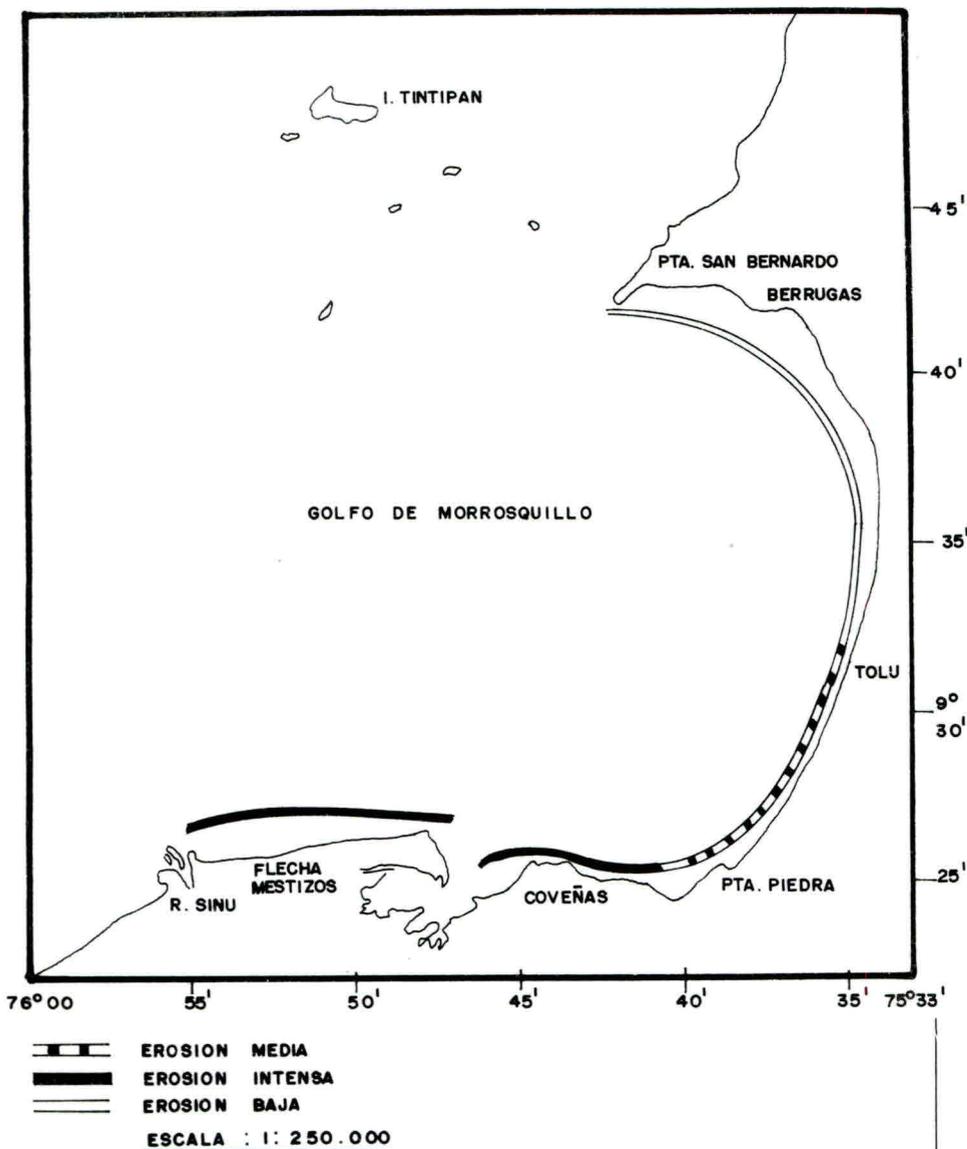


Figura 11.
Mapa de repartición índice arenoso. Morrosquillo I. Feb/1993.



- | | | | |
|---|--------------|--|----------------|
|  | ARENA GRUESA |  | ARENA MUY FINA |
|  | ARENA MEDIA |  | LODO |
|  | ARENA FINA | | |

Figura 12.
 Mapa de repartición índice granulométrico. Morrosquillo I. Feb/1993.



*Figura 13.
Zonas de inestabilidad litoral Golfo de Morrosquillo.*

ubicada en la Bahía de Cispatá; la cual es reflejada por la presencia de sedimentos lodosos y material calcáreo que explica la ausencia del tránsito de los sedimentos aportados por el río Sinú, que se disponen frente a su desembocadura constituyendo su delta y sin participar en la dinámica de los sedimentos que alimentan la costa este del Golfo.

VARIACION DE LA LINEA DE COSTA

Los procesos de erosión se presentan principalmente a todo lo largo del cuerpo de la flecha de Mestizos, donde el retroceso de la línea de costa es causada por la formación del delta del Sinú que le sirve de receptáculo para la acumulación de los sedimentos, evitando que éstos alcancen a depositarse en este lugar. (Fig. 13).

Otro sector afectado por la intensa erosión lo constituye la terraza marina localizada al este de la espiga de Mestizos, que se extiende hasta la zona de la población de Coveñas (Figs. 5 y 13). Hacia la parte norte y en dirección al municipio de Tolú la erosión intensa está siendo controlada por una serie de construcciones civiles (espolones), que han permitido el desarrollo de pequeñas playas arrojando resultados positivos. La erosión de estas zonas se agudiza debido a la ausencia de sedimentos arenosos del río que servirán para alimentar las playas en este lugar. En el área comprendida entre Tolú y punta San Bernardo la línea de costa permanece prácticamente estable.

El delta del Sinú localizado en la zona sur-oeste del Golfo de Morrosquillo, constituye el rasgo morfológico más importante originado por fenómenos de acrecimiento sedimentario a partir de 1938, cuando el río cambió su cauce en su curso final e inició su desembocadura por Tinajones, desarrollando un delta tipo lobulado (Fig. 3 y 4) favorecido por la suave pendiente de la plataforma continental y por la relación hidrodinámica entre los aportes sólidos y el comportamiento de las condiciones oceanográficas sujetas a los cambios climáticos estacionales (épocas seca y húmeda).

CONCLUSIONES

En el golfo de Morrosquillo, el parámetro que determina la circulación de las aguas y la distribución del material en suspensión son la velocidad y dirección del viento, además de la configuración de las costas que juegan un papel importante en la dirección de las plumas. Bajo la acción de los vientos de componente norte y fuertes velocidades predominantes durante la época seca, la pluma turbia de los ríos se orienta de forma correspondiente a las direcciones del viento. En el caso del río Sinú, la pluma toma una orientación hacia el suroeste.

Como es obvio el campo de vientos afecta la circulación de las aguas en el Golfo, donde la alternancia estacional es reflejada claramente. En época seca, el flujo predominante es sur y suroeste, mientras que para la época húmeda se hace evidente una mayor influencia de la contracorriente Panamá-Colombia.

La calibración de la imagen de satélite SPOT, así como los análisis de turbidez y sedimentológicos permitieron corroborar la dirección de las corrientes superficiales e identificar las rutas seguidas por los sedimentos y la influencia de la dinámica marina en los procesos costeros.

La morfología costera y submarina en el Golfo, tienen gran incidencia en la dinámica marina; la distribución de las isóbatas y la amplitud longitudinal de la línea de costa presenta condiciones favorables a la expansión del oleaje. En este caso, el oleaje a tener en cuenta para el diseño de obras de protección es el procedente del oeste, debido a que penetra al Golfo en forma paralela a las isóbatas y el desgaste de su energía es mínimo.

Una de las principales consecuencias de las condiciones oceanográficas, es la formación de flujos o tránsitos litorales de relativa intensidad que han provocado variaciones importantes de la línea de costa. Los principales cambios en el Golfo se observan en el desarrollo y crecimiento del delta de Tinajones, de la Punta Terraplén, la erosión de la espiga de Mestizos y de la costa sureste del Golfo, tramo (Tolú-Coveñas).

RECOMENDACIONES

Para una identificación confiable de los procesos costeros que tienen lugar en el área, sería de gran interés la realización de un estudio de las características del oleaje en la zona, consistente en la elaboración de cartas de refracción y en la cuantificación del transporte litoral.

Con este objeto, es recomendable el monitoreo de las condiciones oceanográficas y meteorológicas durante la época húmeda y la recopilación de registros históricos del viento en el golfo de Morrosquillo y zonas aledañas.

Debido al papel determinante del régimen fluvial en los procesos de sedimentación y erosión en una región en particular, se recomienda también la adquisición de series históricas de los caudales de los ríos.

BIBLIOGRAFIA

- FRANCO, et al., "Geomorfología y Aspectos Erosivos del Litoral Caribe Colombiano (sector Bahía de Barbacoas - Delta de Tinajones)", INGEOMINAS.
- GALLOWAY, W., "Process Framework for Describing the Morphologic and Stratigraphic Evolution of Deltaic Depositional Systems", (1975).
- GUHL, E., "Colombia: Bosquejo de su Geografía Tropical", Tomo I. Instituto Colombiano de Cultura. Bogotá, 286p 1975.
- JAVELAUD, O. "La Sedimentation du Plateau Continental de la Colombie Caraibe au Cours du Quaternaire Terminal". These Doctorat, Bourdeaux I, 387p, 1987
- LORIN, J., et al., "Estudio del régimen Sedimentológico del Golfo de Morrosquillo. Protección de Playas en Tolú". Informe General, 1973.

MAILL, A. "Deltas". In: Walker R.G. ed., *Facies Models*, Geoscience Canadá, Toronto, 1984.

ROBERTSON, K., "Evolución Reciente del Delta del Río Sinú", Colombia. *Bull. Inst. Geol. Bassin de Aquitaine, Bordeaux*, No. 45, p. 305-312, 1989.