

Comportamiento de la línea de Costa del Caribe Colombiano

(Sector entre Barranquilla, desde Bocas de Ceniza hasta la Flecha de Galerazamba 1935 - 1996)

AMPARO MOLINA¹, CONSUELO MOLINA², YVES F. THOMAS³ y LUZ E. MOLINA⁴.

RESUMEN

En este documento se evaluó el litoral de la costa Caribe colombiana en términos de erosión, acrecimiento sedimentario y estabilidad de la línea de costa comprendida entre Barranquilla (Bocas de Ceniza) y Flecha de Galerazamba.

Se determinó en forma digital, un inventario general de los cambios de posición y configuración de la línea de costa durante los últimos 61 años a partir del análisis de bases cartográficas, fotografías aéreas monocromáticas e imágenes de satélite multispectrales SPOT y LANDSAT. La información se procesó con el programa canadiense EASI/PACE (PCI) para determinar, en forma cualitativa las variaciones de la línea de costa entre 1935 y 1947 y cuantificar en los últimos 10 años (1986-1996) la pérdida y ganancia de terrenos litorales, además del cálculo de las velocidades de avance y retroceso de las mismas.

Eventos de erosión y sedimentación han afectado las costas bajas provocando cambios morfológicos en la configuración de la línea de costa, reflejados en la migración de cuerpos arenosos en dirección al sur, ocasionando el retroceso de la barra de la Ciénaga de Mallorquín, la desaparición de Isla Verde, la formación de la Espiga de Puerto Colombia y el desarrollo de la Flecha de Galerazamba a lo largo de su longitud. La rapidez (velocidad de 10m/año) con que se han producido estos cambios morfológicos permitieron catalogarlas como zonas de sensibilidad a los procesos costeros. Durante los últimos 10 años a lo largo del perfil costero han predominado los eventos erosivos sobre los de acrecimiento sedimentario.

ABSTRACT

The coastal erosion sedimentary accretion and stability of the Caribbean Colombian coastline, has been evaluated. The study area is located between Barranquilla

(Bocas de Ceniza) and Galerazamba Spit.

Using cartographic bases, air photographs and multispectral images of satellite SPOT and LANDSAT, it has been determined in a digital form, a general inventory based on the shifts of position and configuration of the coastline in the last 61 years. The information was processed with the Canadian program EASI/PACE (PCI) to determine in a qualitative way the variations of the coastline between 1935 and 1947 and to quantify in the last 10 years (1986-1996) the loss and gain of coastal lands and to compute the accretion and erosion.

Events of erosion and sedimentation have affected the low coasts causing morphologic changes in the configuration of the coastline, reflected in the migration of sandy bodies in direction to the south, causing the backward movement of the Ciénaga de Mallorquín bar, the disappearance of Isla Verde, the formation of Espiga de Puerto

1 Capitán de Fragata - Geóloga, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, E-mail:desat@cioh.org.co
 2 Ingeniera Geóloga, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, E-mail:desat@cioh.org.co
 3 Ph. D. Geomorfólogo, Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Francia. E-mail:thomas@cnsr-bellevue.fr
 4 Ingeniera Geóloga, Ingeominas Unidad Operativa. E-mail: lemo152@latinmail.com

Colombia and the development of the Flecha de Galerazamba throughout their length. The quickness (speed of 10m year) whereupon these morphologic changes took place allowed to catalogue them like zones of sensitivity to the coastal processes. During the last 10 years throughout the coastal profile the erosive events have predominate on accretion ones.

INTRODUCCIÓN

El área de estudio ubicada en la parte septentrional de Sur América correspondiente al litoral Caribe colombiano, se extiende en sentido noreste-suroeste en una longitud de 76 km, desde Barranquilla (Bocas de Ceniza) hasta la Flecha de Galerazamba, localizados en los departamentos de Atlántico y Bolívar, respectivamente (Figura 1).

Los agentes oceanográficos que moldean la morfología de la franja litoral a escala local, están sujetos a cambios morfodinámicos estacionales, relacionados con época seca, donde predomina la alta energía del oleaje (tempestades) y con época húmeda donde el oleaje es de baja energía, los cuales prevalecen en el área. Estos agentes, actúan principalmente en aquellas zonas susceptibles a la acumulación y pérdida de sedimentos en este sector del Caribe colombiano. A corto plazo, las playas experimentan cambios estacionales asociados a procesos de erosión y

sedimentación durante estas épocas estacionales; en largos períodos de tiempo, evidencian pérdida o ganancia de terrenos.

Durante los últimos 61 años el perfil costero de la zona, ha sufrido importantes variaciones morfológicas asociadas a eventos de erosión y sedimentación. Los procesos erosivos resultado de la fuerte dinámica marina, han provocado la pérdida de extensas áreas de costa, al ser invadidas por el mar; mientras que la sedimentación ha desarrollado planos de acrecimiento sedimentario en forma de extensas flechas.

En el área se ha generado un desarrollo socioeconómico acelerado que ha incidido en las diferentes configuraciones que ha adoptado el contorno costero. Las costas bajas se han utilizado para la industria acuícola, el turismo, la explotación de las Salinas de Galerazamba y de gravas para material de construcción, principalmente en los alrededores de la Flecha de Galerazamba. Las costas altas, también han sido utilizadas para el desarrollo turístico y de recreación, como ocurre en Punta Sabanilla, Pradomar y el Castillo, entre otros.

El estudio pretende determinar en una forma cualitativa y cuantitativa los cambios morfológicos que ha experimentado la línea de costa de este sector del Caribe colombiano en un período de 10 años, como posibles consecuencias

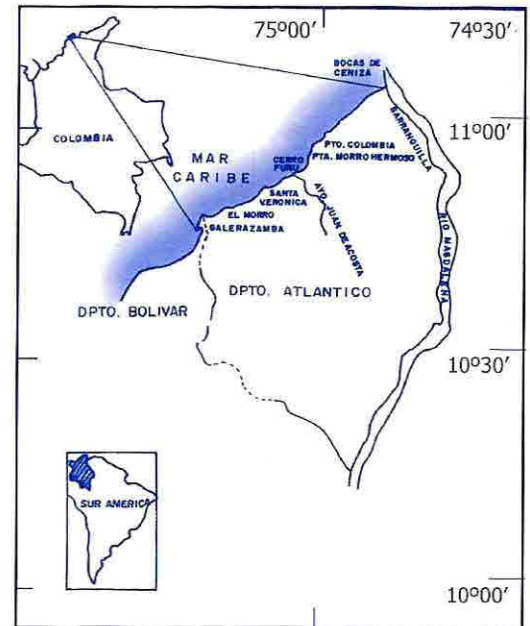


Fig. 1 Localización del área de estudio.

de fenómenos naturales e intervención antrópica.

En la primera parte del documento se describen el objetivo del estudio y la metodología empleada para determinar en forma cualitativa y cuantitativa los cambios morfológicos presentados por la línea de costa en un período de 10 años. Los resultados y discusión se exponen en la segunda parte, donde se hace en forma digital una evaluación de la estabilidad del litoral, haciendo especial énfasis en las rápidas tasas de erosión y sedimentación que presentan algunos sectores del área reflejados en grandes pérdidas y ganancia de terrenos.

Adicionalmente, se presentan los resultados del balance erosión-sedimentación, determinando sitios de inestabilidad litoral.

METODOLOGÍA

Las variaciones de la posición y configuración de la línea de costa en el área se identificaron así: En la zona norte, comprendida entre Bocas de Ceniza y el Cerro Furú, los cambios se definieron en forma cualitativa para el sector de Isla Verde entre 1935 y 1947 y en forma cuantitativa en el resto del sector costero, para el período 1986-1996. En la zona sur comprendida entre el Cerro Furú y la Flecha de Galerazamba las variaciones del tramo se determinaron en forma cuantitativa para el período 1986 - 1995.

Con el fin de realizar la georeferenciación de las fotografías aéreas monocromáticas de 1947 a escala 1:20.000, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y las imágenes de satélite SPOT de 1986, 1995 y 1996 y LANDSAT de 1986 en modo multiespectral, se utilizó el programa canadiense EASI/PASE (PCI), para lo cual inicialmente se efectuó en el terreno una colección de puntos de control distribuidos en toda el área de estudio, a través de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) diferencial, con una precisión de ± 3 m. La georeferenciación se realizó inicialmente en una de las imágenes, la cual una vez estuvo georeferenciada, se procedió a corregir geoméricamente las fotografías aéreas y las otras imágenes a partir de la identificación de sitios comunes entre ellas (carreteras, arroyos, etc.). El

criterio utilizado para el trazo de la línea de costa en cada fotografía a escala 1:20.000, se tomó de acuerdo con Stafford, 1971 en Correa, 1990, quién la define como la línea que indica el límite sobre las playas entre las zonas de arenas secas y saturadas, en condiciones de alta marea.

En las imágenes de satélite, el trazado costero se realizó con base en el límite tierra - mar, obtenido a partir de la banda XS-3 de las imágenes SPOT de 1986, 1995 y 1996, y la banda TM7 de la imagen LANDSAT de 1986, esta última suministrada por INGEOMINAS regional Caribe. En la zona norte el comportamiento de la línea de costa del sector de Isla Verde se determinó en forma cualitativa y aproximada a través de la comparación del trazado costero de la isla sobre la base cartográfica del mapa de la U.S. Navy Survey de 1935 y fotografías aéreas monocromáticas de 1947 a escala 1:20.000, del IGAC. En el tramo comprendido entre Bocas de Ceniza y Furú, las diferentes posiciones y configuraciones de la línea de costa se definieron en forma cuantitativa, comparando el perfil costero trazado sobre las imágenes de satélite multiespectral SPOT de los años 1986 y 1996. Para el sector sur, las diferentes posiciones de la línea de costa, se obtuvieron a partir de comparaciones del trazado costero sobre imágenes de satélite LANDSAT de 1986 y SPOT de 1995. Toda esta información

una vez digitalizada se procesó con el programa PCI, lo cual permitió la georeferenciación, identificación y evaluación cualitativa y cuantitativa de los sitios de erosión y sedimentación ubicados a lo largo de la zona estudiada.

Las distancias de los avances y retrocesos de la línea de costa y el área de terrenos ganados y perdidos en estos períodos, se obtuvieron directamente con el programa PCI. Las cifras correspondientes a las velocidades de avance o retroceso del contorno costero, equivalen a las tasas de acrecimiento y erosión litoral, respectivamente. Para determinar estas velocidades por año, se utilizó la siguiente ecuación:

$$T = \frac{A}{B} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}}$$

T= Tasa de acrecimiento o erosión litoral
A= Desplazamiento máximo en metros
B= Número de meses entre los años comparados

Así, para el caso de la Espiga de Puerto Colombia entre los años de 1986 y 1996 fue de:

$$T = \frac{1034 \text{ m}}{120 \text{ meses}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} \quad T = 103 \text{ m/año}$$

T= Tasa de acrecimiento o erosión litoral
A= Desplazamiento máximo en metros
B= Número de meses entre los años comparados



Geoforma	Zona	Período	Retroceso (m)	Avance (m)	Terrenos perdidos (Km ²)	Terrenos Ganados (Km ²)	Tasa de Erosión (m/año)	Tasa de Sedimentación(m/año)
Barra Mallorcaín	Ciénaga Mallorcaín	1986-1996	600		2.08		60	
Isla Verde	Isla Verde	1935-1947	Desplaza al Sur Desaparece					
Espiga Pto. Salgar	Puerto Salgar	1947-1986						
Espiga Pto. Colombia	Noreste de Pto. Colombia	1986-1996	150				15	
	Norte Pta. Morro Hermoso	1986-1996	345		0.72		34	
	Pta. Morro Hermoso	1986-1996		1.034		1.14		103
	Pta. Castillejo	1986-1996	500		1.04		50	
Espiga Pto. Caimán	Sur Cabo Barro	1986-1996		600		0.76		60

Fuente: Comparaciones del contorno costero trazado sobre fotografías aéreas (1935-1947) e imágenes de satélite SPOT (1986-1996)

Tabla 1. Variaciones de la línea de costa de las localidades entre Bocas de Ceniza y Cerro Furú (Zona Norte) período 1935-1996.

RESULTADOS

Las tasas de erosión y sedimentación registradas en el área corresponden a valores superiores de 10 m/año, que según Bird (1985), son consideradas como excepcionalmente rápidas. Los tramos de costa donde se registran las mayores velocidades de cambio de erosión y sedimentación corresponden a la barra que individualiza la Ciénaga de Mallorcaín y la Espiga de Puerto Colombia, con valores de 60 y 103 m/año, respectivamente, (Tabla 1). El tramo de costa baja asociada al desarrollo de flechas o espigas, muestra un acrecimiento sedimentario evidenciado por la formación de crestas de playa, (antiguas líneas de costa) y la

individualización de lagunas interiores formadas a partir de las depresiones producidas entre las crestas de playa.

CAMBIOS MORFOLÓGICOS ENTRE BOCAS DE CENIZA Y CERRO FURÚ (ZONA NORTE)

Las diferentes posiciones y configuraciones de la línea de costa en esta zona, se determinaron para el período comprendido entre 1935 y 1996. Durante estos 61 años, los cambios han sido importantes si se tiene en cuenta que en esta área, el trazado costero está dominado por costas de topografía baja formada por sedimentos no consolidados. Estos cambios se han visto reflejados en

la pérdida de grandes extensiones de terreno como producto de fenómenos erosivos, principalmente al norte de Puerto Colombia y en el avance del perfil costero al sur del mismo, como resultado de fenómenos de acrecimiento sedimentario, con algunas áreas en retroceso de menor importancia (Figura 2).

Entre 1935 y 1947 las variaciones de la línea de costa se manifiestan principalmente por una migración hacia el sur del cuerpo arenoso de Isla Verde, conservando su dirección este-oeste. Los continuos eventos erosivos contribuyen a la total desaparición de la isla, que para 1986 ya no existía. Los sedimentos que constituyen esta geoforma fueron transportados

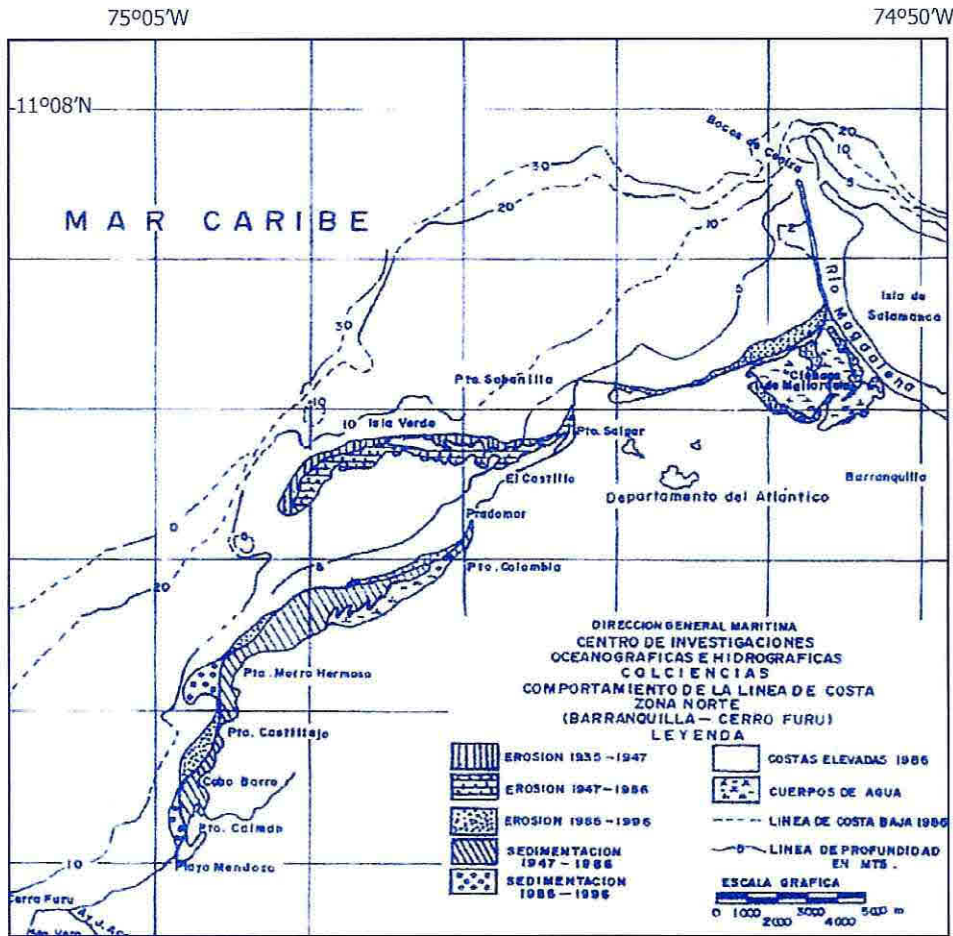


Fig. 2 Comportamiento de la Línea de Costa-Zona Norte (1935-1996).

hacia el sur-oeste por la deriva litoral y se depositaron en áreas adyacentes al continente, formando zonas de acrecimiento sedimentario, que originó la Espiga de Puerto Colombia, que se extiende desde Pradomar hasta Puerto Caimán. Esta geoforma alcanza su máxima amplitud de aproximadamente 1.337 m al sur de Puerto Colombia, mientras que en Puerto Caimán su amplitud solo alcanza los 600 m (Tabla 1).

En los últimos 10 años (1986 -1996), los cambios más importantes del perfil costero están

asociados tanto a eventos erosivos como de acrecimiento sedimentario. Las modificaciones identificadas revelan en general un continuo retroceso de la línea de costa; un ejemplo de esto es la Ciénaga de Mallorquín donde la erosión se manifiesta por un retroceso máximo de 600 m de la barra que separa la ciénaga del mar, asociada a una tasa de erosión de 60 m/año (Figuras 2 y 3). Más hacia el sur se presentan en forma discontinua zonas erosivas donde el retroceso del contorno costero ha sido de 150 m en la Flecha de Puerto Salgar.

De igual forma, a través del tiempo la Espiga de Puerto Colombia ha adoptado diferentes posiciones. Para 1986 su parte distal alcanzaba los alrededores de Puerto Caimán (Playa Mendoza). En 1996 esta Espiga tanto en su parte noreste, como en cercanías a la Punta Morro Hermoso evidencia un retroceso de aproximadamente 345 m, mientras que al sur, en Punta Castillejo el retroceso del contorno costero durante este período fue del orden de 500 m.

La ganancia de terrenos litorales para esta misma época, queda restringida a la Espiga de Puerto Colombia que experimenta un acrecimiento sedimentario importante, con una amplitud máxima de 1.034 m en dirección este - oeste, frente a Punta Morro Hermoso, donde adopta la forma de gancho. Esta variación morfológica de la espiga incrementa los efectos erosivos al sur de la misma, al comportarse como una trampa de los sedimentos aportados por la deriva litoral, (Figuras 2 y 4).

Actualmente esta espiga se encuentra erosionada a la altura de Punta Castillejo, dejando al descubierto su promontorio rocoso a partir del cual se desarrolla en dirección al sur, la Espiga de Puerto Caimán, que en cercanías a Cabo Barro se ha ampliado 600 m en estos últimos 10 años.

Desde Puerto Caimán (Playa Mendoza) hasta el Cerro Furú, el

trazado costero durante estos últimos años revela cierta estabilidad. En este tramo de costa la pérdida y ganancia de terrenos litorales no sobrepasa las decenas de metros.

CAMBIOS MORFOLÓGICOS ENTRE EL CERRO FURÚ Y FLECHA DE GALERAZAMBA, (ZONA SUR).

Para 1947 la Flecha de la Garita de dirección E-W se había erosionado y como consecuencia de su desaparición, se produce la formación de la Flecha de Galerazamba de dirección norte-sur, conformando una costa baja totalmente arenosa, construida por los sedimentos en suspensión transportados por la deriva litoral, y depositados por la acción del oleaje al sufrir los fenómenos de difracción y refracción en la Punta Juan Moreno Sur.

Durante el período comprendido entre 1986 y 1995, el trazado costero entre el Cerro Furú y la Flecha de Galerazamba ha presentado un comportamiento relativamente estable si se tiene en cuenta que no se observan cambios importantes, a excepción de un pequeño retroceso de los acantilados cortados sobre los promontorios rocosos del Cerro Furú, Cerro Mahates y Cerro el Morro que dominan el perfil costero a lo largo de 11 km (Figura 5). La pérdida de terreno en las costas bajas se ha agudizado con la explotación de las gravas,



Fig. 3 Playas asociadas a la barra que separa la Ciénaga de Mallorquín. Los árboles en el frente de playa son indicadores de un retroceso importante de la costa, permitiendo que las playas ocupen las zonas de manglar.

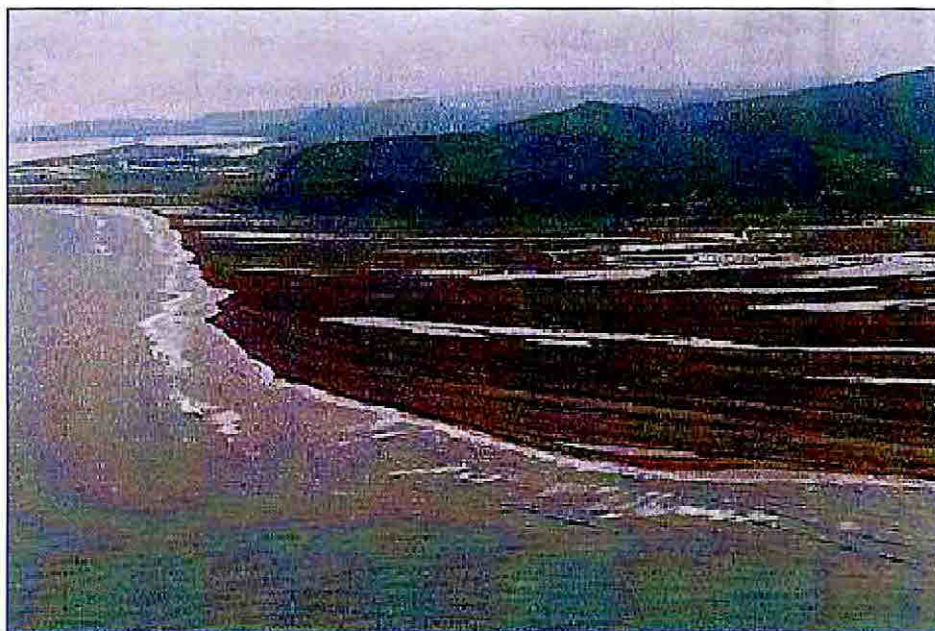


Fig. 4 Zona distal de la Espiga de Puerto Colombia frente a la Punta Morro Hermoso donde adopta la forma de gancho. Nótese las crestas de playas que indican el avance de la línea de costa.

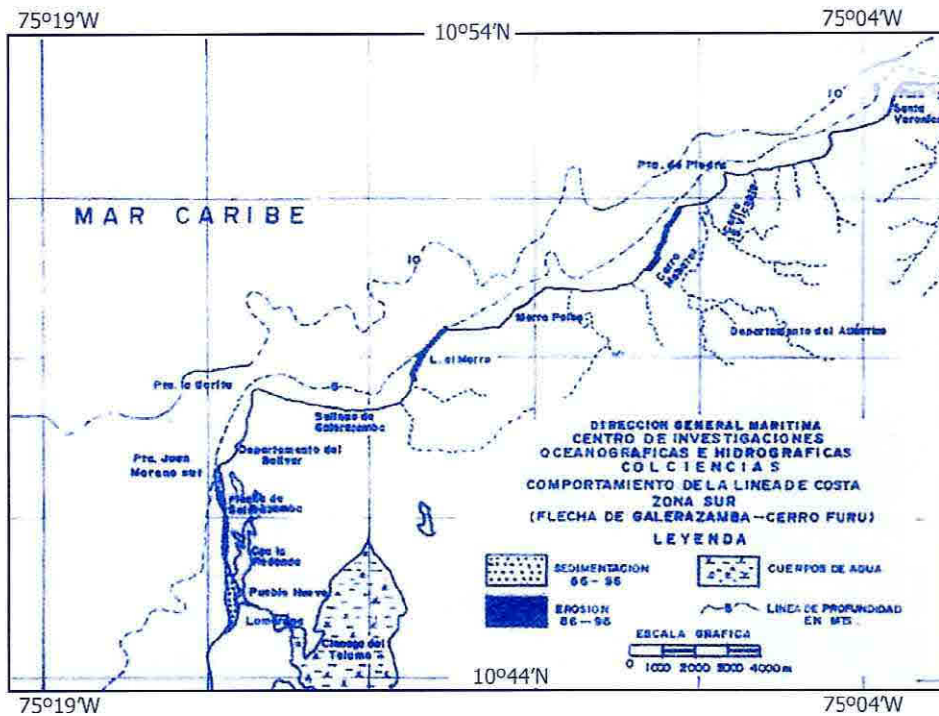


Fig. 5 Compartimiento de la Línea de Costa-Zona Sur (1986-1996).

Geoforma	Zona	Período	Retroceso (m)	Avance (m)	Terrenos perdidos (Km ²)	Terrenos Ganados (Km ²)	Tasa de Erosión (m/año)	Tasa de Sedimentación (m/año)
Flecha de Galerazamba	Septentrional	1986-1995		150		0.18		16
	Central	1986-1995	150		0.18		16	
	Distal	1986-1995		480		0.73		53

Fuente: Comparaciones del contorno costero trazado sobre imágenes de satélite LANDSAT 1986 y SPOT 1995).

Tabla 2. Variaciones de la línea de costa de localidades entre Cerro Furú y Flecha de Galerazamba, (zona sur), período 1986-1995

Balance Erosión - Sedimentación			
Zona	Período	Erosión (Km ²)	Acrecimiento (Km ²)
Norte	1989-1996	3.84	1.90
Sur	1986-1995	0.18	0.73
	Neto	4.02	2.63

Tabla 3. Balance Erosión - Sedimentación del sector entre Barranquilla y Flecha de Galerazamba.

principalmente desde el sector este de Cerro Furú hasta la Flecha de Galerazamba. Sin embargo, esta flecha es la única zona donde se presentan fenómenos de erosión y acrecimiento sedimentario considerables. En su parte central la flecha evidencia un retroceso de 150 m. El avance de este cuerpo arenoso se produce en el sector septentrional en una amplitud de 150 m, mientras que en su parte distal se prolonga 1200 m hasta Lomarena, en una amplitud de 480 m, (Tabla 2).

La prolongación de este extenso cuerpo ha generado la formación de una barra arenosa que interrumpe el intercambio de agua entre el mar y la Ciénaga del Totumo a través del Caño Amanzaguapos, donde actualmente se encuentran unas compuertas. La comunicación de las ciénagas con el mar se realiza por medio de un canal artificial al sur de la Ciénaga La Redonda, permitiendo además, el acceso de agua marina hacia las camaroneras. Los procesos de sedimentación en el canal obligan a un continuo dragado para evitar su cierre.

Con base en el análisis anterior, en el área estudiada las diferentes modificaciones de la línea de costa presentadas durante el período 1986 y 1996, reflejan un predominio de pérdida de terrenos litorales en comparación con la ganancia de los tramos de costa que han sufrido acrecimiento sedimentario (Tabla 3).

DISCUSIÓN

Durante las últimas seis décadas, la franja litoral del Caribe colombiano comprendida entre Barranquilla y la Flecha de Galerazamba, ha sufrido modificaciones importantes, asociadas a eventos de erosión y sedimentación. Estas modificaciones a corto y mediano plazo son el resultado de la interacción de los agentes climáticos (viento) oceanográficos (oleaje, mareas), geológicos (litología y control estructural de las rocas), topografía submarina. Al parecer, las modificaciones a largo plazo están asociados a fenómenos tectónicos.

En algunos lugares la acción antrópica ha contribuido a acelerar los fenómenos erosivos, como es el caso de la construcción de los tajamares de Bocas de Ceniza (Barranquilla). Estas obras civiles sirven de obstáculo al tránsito sedimentario proveniente del norte, haciendo que los sedimentos se acumulen en el sector de la Isla Salamanca ubicada al este de la desembocadura del Río Magdalena, interrumpiendo el aporte de sedimentos hacia la zona sur. Esta situación agudizó la desaparición de Isla Verde y ha contribuido al retroceso acelerado de la barra de la Ciénaga de Mallorquín, que se ha venido desplazando hacia el continente en busca de su equilibrio con un retroceso de 100m/año, confirmando lo expresado por Raasveldt y Tomic (1958) quién calculó un retroceso de la costa de 100 m/año, para un período

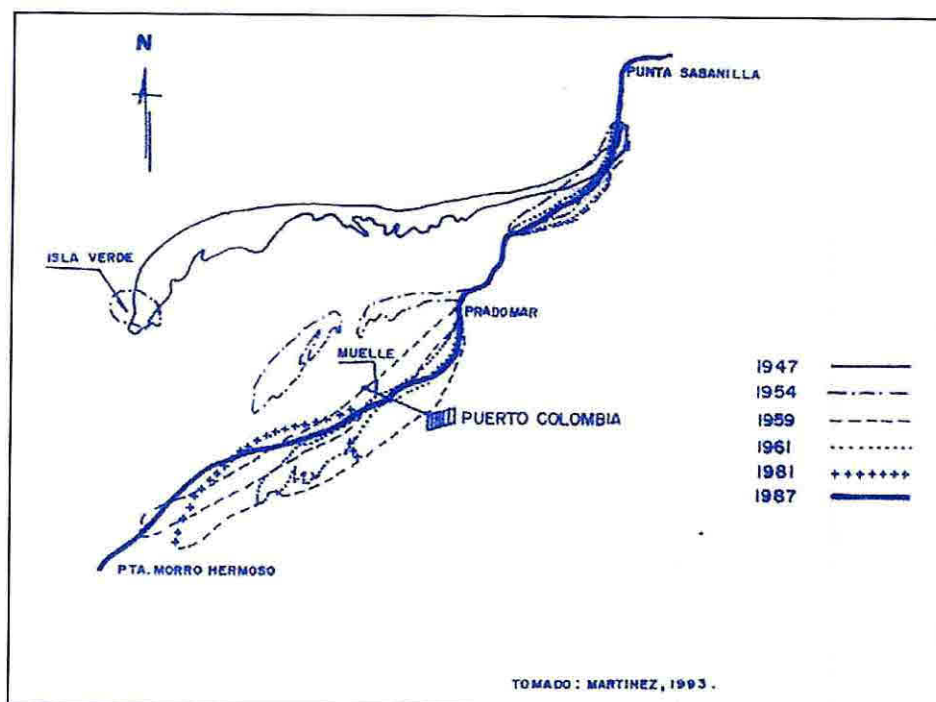


Fig. 6 Cambios de Línea de Costa de Puerto Colombia (1947-1987).

de 16 años, comprendidos entre 1937 y 1953.

Los procesos erosivos ocasionados por la dinámica marina y los agentes subaéreos afectan los acantilados que definen el perfil costero de la Punta de Sabanilla, El Castillo, Pradomar y Punta Castillejo. Estos eventos son agudizados por la intervención antrópica y la deforestación de la pared del acantilado, provocando problemas de inestabilidad litoral.

Martínez (1993), considera al igual que Koopmans (1971) que la construcción de los tajamares ha provocado cambios importantes en la costa oeste de Bocas de Ceniza. Estas modificaciones se han visto reflejadas principalmente en proximidades a la Ciénaga de

Mallorquín, donde la pérdida de terreno entre 1939 y 1987 está asociada a una tasa de erosión de 63 m/año, contribuyendo de esta forma a las migraciones y modificaciones de los cuerpos arenosos localizados entre Bocas de Ceniza y Cartagena. Según Martínez (1993) la barra arenosa de Isla Verde a partir de 1922 comienza adoptar diferentes posiciones con migración al sur, desarrollando en 1954 una nueva Flecha que se conectaba desde Pradomar en dirección paralela a la anterior, hasta desaparecer completamente a partir de 1959, para ubicarse definitivamente en el sector adyacente a la costa (Figura 6).

El perfil costero en este sector del Caribe colombiano está definido

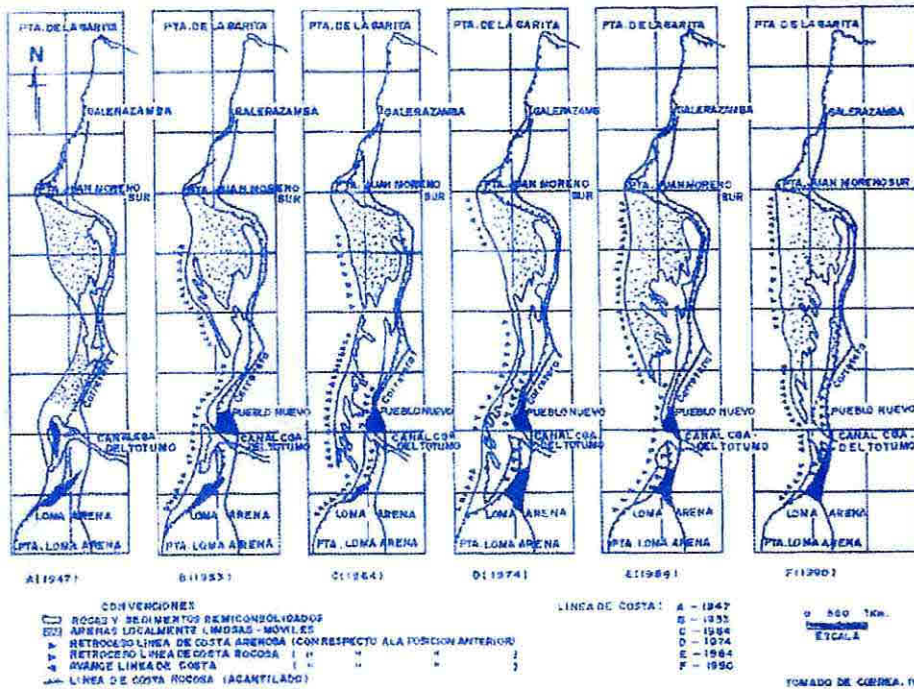


Fig. 7 Evolución de la Costa en el Sector de Galerazamba-Lomarena (1947-1987)

por costas elevadas y costas bajas. Las costas elevadas de norte a sur son: Punta Sabanilla, el Castillo, Pradomar, Punta Castillejo, Puerto Caimán, Cerro Furú, Cerro Mahates, Cerro el Morro y Punta la Garita, las cuales por su litología y su exposición directa a la dinámica marina, son afectadas en mayor o menor grado por los procesos erosivos, que en algunas de ellas se manifiestan a través de socavaciones en los acantilados, problemas de inestabilidad como resultado de fenómenos de remoción en masa y erosión pluvial e intervención antrópica; esta última, reflejada en la construcción de viviendas en proximidades a los acantilados, ofreciendo peligro y el eventual desplome de las edificaciones. Un ejemplo de esto se observa en el sector entre el

Castillo y Pradomar, donde los efectos erosivos han sido tan fuertes que han provocado deslizamientos de bloques al pie de los acantilados. Esta situación ha obligado a que se tomen las medidas pertinentes a fin de estabilizar el acantilado por medio de espolones, revestimiento de la pared del mismo y escalamiento del talud. La pérdida de terrenos litorales se debe principalmente a la fragilidad de la roca (arcillolitas y limolitas) que al ser atacadas por el embate del oleaje en la base, facilitan los fenómenos de remoción en masa, donde son comunes el desprendimiento y la caída de bloques.

En general, las modificaciones morfológicas en la configuración de la línea de costa baja se han

producido en forma rápida, con velocidades de erosión y sedimentación superiores a los 10 m/año. Esto ha permitido catalogar la barra que separa la Ciénaga de Mallorquín y la Espiga de Puerto Colombia, localizados en la zona norte el área, como los sitios más sensibles a los eventos de erosión y sedimentación. Estos sectores han presentado los mayores cambios reflejados en la pérdida y ganancia de terrenos litorales asociadas a velocidades de erosión y sedimentación de 60 y 103 m/año, respectivamente.

En las costas bajas del área entre Bocas de Ceniza y el Cerro Furú la plataforma adyacente (figura 2), muestra una morfología submarina amplia y somera, marcada por la isóbata de los 10 m, que permite la disipación de la energía del oleaje, facilitando la deposición del material sedimentario en estas costas. Sin embargo, entre Bocas de Ceniza y Punta Sabanilla la presencia del tajamar Occidental produce un déficit de sedimentos que se manifiesta en la inestabilidad de la barra, que continúa su retroceso en busca de su equilibrio. Esta situación se acentúa, por la intensidad de la deriva litoral en época de fuertes vientos, favoreciendo el tránsito sedimentario hacia el sur.

Caso contrario se observa entre Punta Sabanilla y Playa Mendoza donde bajo estas mismas condiciones, el acrecimiento sedimentario se favorece, mostrando las playas altos índices

de estabilidad. Una situación similar se presenta al sur del área de estudio frente a Lomarena, donde la isóbata de los 10 m se amplía nuevamente (Figura 5).

La figura 7 muestra los importantes cambios morfológicos que a través del tiempo ha sufrido la Flecha de Galerazamba en su configuración, debidos a alternancias de eventos rápidos de sedimentación y erosión, acentuándose estos últimos hacia su parte distal, frente al canal de acceso a la Ciénaga del Totumo Correa (1990). Los continuos retrocesos han obligado a la reubicación de Pueblo Nuevo en áreas adyacentes a la flecha, generando con éstos, problemas de orden social relacionados con la invasión de terrenos.

De acuerdo con registros históricos (Mapa Brigadier Fidalgo en Correa 1990) la línea de costa en el sector de Galerazamba para 1793 mostraba una forma cóncava, protegida por la presencia de una flecha de dirección este - oeste que se desprendió de Punta de la Garita, (Figura 8), la cual le sirvió de trampa para retener los sedimentos transportados por la deriva litoral proveniente del norte, evitando de esta forma el arribo de las partículas sedimentarias en este tramo de la costa.

Para Correa (1990), en esta región del Caribe colombiano los eventos de erosión y sedimentación a escala regional podrían ser el resultado de fenómenos tectónicos asociados al diapirismo arcilloso

que se presenta principalmente al sur del área de estudio, en los alrededores de Galerazamba. Duque Caro (1984), considera que la emergencia y hundimiento de estos terrenos favorece estos procesos. El acrecimiento podría ser provocado por el levantamiento de terrenos sumergidos, y la erosión por hundimiento de terrenos costeros o de plataforma somera que según Ramírez (1959) en Correa (1990), en el sector de Galerazamba la actividad diapírica ha causado variaciones importantes en la batimetría, del orden de metros.

Para Pelgrain, 1990 el cambio morfológico tajante entre el litoral rocoso que define el borde costero desde la Punta de la Garita hasta la Punta Juan Moreno Sur y, la costa baja arenosa que conforma la Flecha de Galerazamba que se proyecta desde esta última Punta en dirección a Pueblo Nuevo, se debe al parecer por la presencia de una falla mayor de dirección E-W.

CONCLUSIONES

Del balance erosión - sedimentación realizado a partir de las comparaciones del trazado costero entre Bocas de Ceniza y Flecha de Galerazamba durante los últimos 10 años, se deduce que a lo largo de la costa predominan los fenómenos erosivos sobre los fenómenos de acrecimiento sedimentario.

Estos resultados permitieron

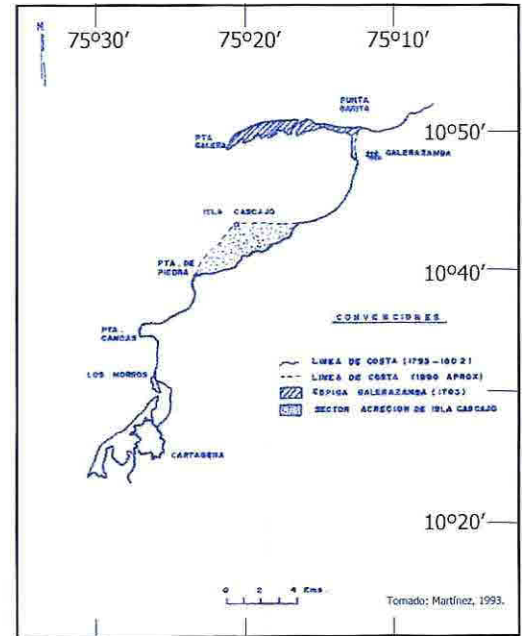


Fig. 8 Contorno Costero (1793-1802) entre Los Morros y Galerazamba.

obtener un conocimiento general del comportamiento del litoral, identificando la barra que individualiza la Ciénaga de Mallorquín y Espiga de Puerto Colombia, como los sitios más sensibles a los eventos de erosión y/o sedimentación y de esta forma, dar las pautas para la toma de decisiones acertadas en la planificación del desarrollo de la zona costera, que servirán para mitigar o evitar los impactos de los desastres ocasionados por un manejo desordenado de estas zonas.



RECOMENDACIONES A LAS PAUTAS PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN

Las costas bajas como las playas tienen una capacidad para mantenerse y renovarse cuando se conservan las características de su hábitat que facilita su formación: Sin embargo, son muy sensibles a los cambios que alteren su fuente de arena, régimen de oleaje y corrientes costeras. Por esta razón se debe tener especial cuidado a no modificar cualquiera de estos factores.

Para ejercer el control de la estabilidad y perpetuidad del litoral deben considerarse las siguientes pautas, que permiten obtener una óptima planificación de las actividades turísticas e industriales de las zonas costeras:

- Adelantar estudios sobre el comportamiento de la dinámica marina a través de monitoreos, con el fin de identificar los sitios sensibles a los fenómenos de erosión y/o sedimentación, lo cual permitirá asegurar que se tomen las decisiones acertadas en la planificación para el desarrollo de las mismas y lograr de esta forma entender el sistema natural de las costas antes de que sea alterado.
- Antes de que se inicie la construcción de las edificaciones, definir una línea límite, que permita mitigar o evitar los impactos de los desastres ocasionados por un

mal manejo de las zonas costeras.

- Para solucionar el problema de erosión en las costas bajas se debe tratar de formar playas artificiales a través de relleno de arena, antes de construir espolones y muros de contención, especialmente si no se dispone de un estudio previo que asegure un buen diseño de las obras civiles.
- Los problemas de acrecimiento sedimentario que individualicen lagunas interiores que no tengan comunicación con el mar, deben solucionarse a través de canales artificiales que permitan la recirculación de las aguas. Principalmente en aquellas zonas donde se presente la industria camaronera, como el caso de la Flecha de Galerazamba.
- En las playas adecuadas para el turismo y la recreación se debe evitar la explotación de la grava, y extracción de arena, como ocurre en el sector comprendido entre el este del Cerro Furú y la Flecha de Galerazamba.
- En las costas elevadas se debe tener un especial cuidado al construir edificaciones en proximidades a los acantilados, especialmente cuando son afectados por fenómenos erosivos tales como deforestación, agentes marinos y agentes subaéreos que producen el deslizamiento de

material a través del acantilado, exponiéndose las construcciones a un alto riesgo de peligrosidad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está enmarcado dentro del proyecto de investigación: "Estudio Geológico y Oceanográfico del Litoral Caribe Colombiano, (Barranquilla - Galerazamba), adelantado desde 1995 por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, bajo la asesoría del Centre National de la Recherche Scientifique de Francia, (CNRS) y financiado en forma conjunta por Colciencias y la Dirección General Marítima, (Cod.0140-09-139-94). Los autores agradecen al personal de tecnólogos: Suboficiales Eugenio Gamero y Héctor Guevara, quienes con su trabajo apoyaron en el procesamiento de digitalización de la información.

BIBLIOGRAFÍA

- BIRD, E. Coastline Changes, a Global Review. John Wiley & Sons, London, 217 páginas.
- CORREA, Iván. Inventario de Erosión y Acreción Litoral (1793-1990) entre los Morros y Galerazamba, Departamento de Bolívar, I Seminario Andino de Geología Ambiental, Colombia, 1990, p. 129 - 142.
- DUQUE - CARO, Hermán. Estilo Estructural, Diapirismo y Episodios de Acrecimiento del

Terreno Sinú - San Jacinto en el Noroccidente de Colombia. Volumen 27 No. 2. INGEOMINAS, Bogotá, 1984, 29 p.

- KOOPMANS, B.N. Interpretación de Fotografías Aéreas en Morfología Costera Relacionada con Proyectos de Ingeniería Costera. Centro Interamericano de Fotointerpretación. Bogotá, 1971.

- MARTINEZ, Jaime Orlando. Geomorfología y Amenazas Geológicas de la Línea de Costa

del Caribe Central Colombiano. (Sector Cartagena-Bocas de Ceniza), Publicaciones especiales del Ingeominas No. 19. Bogotá, 1993. 62 p.

- PELGRAIN, Arnaud. Rasgos Tectónicos y Estilo Estructural de la Margen Activa Norte Colombiana, desde el Golfo de Morrosquillo hasta el Delta del Magdalena. Memorias VII Seminario de las Ciencias y Tecnologías del Mar, Cali, 1990. p. 109-131.

- RAASVELDT, H.C. & TOMIC A. Lagunas Colombianas. Contribución a la Geomorfología de la Costa del Mar Caribe con algunas observaciones sobre las Bocas de Ceniza. En Revista Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá, 1958. 175,199 p.

- Research Planning Institute, Inc. 1985. Pautas para el Manejo de los Recursos Costeros. Columbia, South Caroline. 286 p.

