

VARIACIONES MORFOLOGICAS Y TEXTURALES DE LAS PLAYAS ENTRE BARRANQUILLA Y FLECHA DE GALERAZAMBA (1935 - 1996)

Amparo Molina Márquez¹ Consuelo Molina Márquez¹ Luis Giraldo Ospina²
Luz Elena Molina Márquez³

División de Estudios Ambientales, Sección de Estudios de la Zona Costera, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, Cartagena de Indias D. T. y C., Colombia

RESUMEN

Se presentan los resultados del análisis del comportamiento de las playas en el sector comprendido entre Barranquilla (Bocas de Ceniza) y la Flecha de Galerazamba. Se levantaron 24 perfiles perpendiculares a la línea de costa durante los dos períodos climáticos característicos (seco y húmedo). En época seca, bajo la influencia de los vientos alisios, las playas pierden su berma y experimentan un retroceso significativo de su frente, en algunos casos del orden de decenas de metros exhibiendo un perfil cóncavo. En la época húmeda, cuando los vientos se debilitan, las playas se reconstruyen y exhiben en su morfología un perfil convexo. Entre Bocas de Ceniza y Santa Verónica las pendientes son suaves y están asociadas a sedimentos finos, mientras que en el sector sur aumenta el gradiente y el tamaño de grano en el frente de playa.

ABSTRACT

The results of analysis about the behavior of the beaches in the sector between Barranquilla (Bocas de Ceniza) and Flecha de Galerazamba are presented. Twenty-four profiles perpendicular to the coastline were taken between both seasonal periods (dry and humid). On the dry period, under the influence of the westerlies, the beaches loose their berm and experience a significant retrogression on their foreshore, sometimes in the order of tens of meters, exhibiting a concave profile. On the humid season, when the easterlies weaken, the beaches build up and exhibit a convex profile in their morphology. Between Bocas de Ceniza and Santa Verónica the slopes are soft and are associated with fine sediment, while on the southern sector the gradient and the size of the grain increase on the foreshore.

1. INTRODUCCION

El tramo costero comprendido entre Barranquilla (tajamar occidental) y la Flecha de Galerazamba, en los departamentos de Atlántico y Bolívar, presenta una extensión de 76 kms y se encuentra sometido a cambios morfológicos, consecuencia del intercambio de material entre las partes emergidas (dunas y berma) y submarinas (barras y bancos de arena) de la playa. Entender el carácter de los parámetros que determinan tales cambios y régimen temporal, así como el de las variaciones en sí, es un aspecto de reconocida importancia para la implementación de planes de uso y manejo de las costas en general.

Durante la época de vientos, las playas están sometidas principalmente a fenómenos erosivos que en algunos sitios reducen significativamente su amplitud. Estos procesos se acentúan con la ocurrencia de los mares de leva, que en algunos lugares producen remoción de dunas, transportando parte de la arena hacia el mar, que al acumularse en forma de barra submarina en la zona infralitoral, amortigua el oleaje. De esta forma, las playas pierden su berma y se convierten en áreas potenciales de inundación. La disminución de la intensidad del viento, durante el período de lluvias, permite la reconstrucción de las playas por sedimentación. Este ciclo natural está definido por la mayor intensidad de la energía del oleaje durante la época seca y la intensificación de la sedimentación cuando esta decrece (Molina, 1996).

¹ Ing. Geólogo.

² Ing. Oceanólogo, MSC.

³ Ing. Geólogo Ingeominas Unidad Operativa Cartagena

El estado-del-arte en relación con la evolución de las playas se refiere a modelos numéricos que tratan de predecir la evolución de éstas, considerando la influencia de los agentes de mayor importancia: oleaje, corrientes y viento. A pesar de que los modelos actuales cuentan con un grado de confiabilidad aceptable, debe resaltarse el carácter aleatorio de los agentes mencionados, de tal manera que deben incluirse en los análisis numéricos y de resultados estudios estadísticos de tal aleatoriedad.

El presente documento considera la evolución de las playas del sector entre Barranquilla y Flecha de Galerazamba desde dos puntos de vista, que tratan de dibujar la influencia de los parámetros atmosféricos y oceánicos y el carácter aleatorio de los mismos, con base en análisis estadísticos de las variables involucradas. Así, el documento describe los cambios estacionales de los perfiles de playa y los resultados de simulaciones numéricas de la evolución temporal de los registros de las épocas seca y húmeda.

2. METODOLOGIA

La zona de estudio se dividió en dos partes, de acuerdo con sus características morfodinámicas: el sector norte, desde Bocas de Ceniza hasta el Cerro Furú y el sector sur, desde este último hasta el extremo sur de la Flecha de Galerazamba. Se seleccionaron diferentes tramos de costa con base en sus características particulares, tales como posición geográfica y ángulo de incidencia del oleaje. El monitoreo de las playas para ambas épocas climáticas se realizó en marzo, septiembre y octubre de 1996, en el sector norte y en agosto y septiembre de 1995 y febrero de 1996 en el sector sur. La ubicación de cada perfil se efectuó con un posicionador (GPS), demarcando su punto de inicio con un mojón en la parte trasera de la playa (Figura 1). Los perfiles longitudinales se tomaron perpendiculares a la costa hasta una profundidad aproximada de 1.5 m. Estos se nivelaron cada 3 m, utilizando el método de las Varas de Jacob. Estos registros permitieron definir las variaciones topobatimétricas en sentido costa - mar abierto y, por lo tanto, los cambios durante cada una de las épocas climáticas. La ubicación de la línea de agua de cada perfil fue corregida de acuerdo con la marea pronosticada para la hora del registro (IDEAM, 1995, 1996).

Sobre cada uno de los perfiles se tomaron muestras de sedimento en las zonas mesolitoral e infralitoral a fin de correlacionar el tamaño de grano con la forma del perfil y obtener una primera aproximación de la dinámica de la zona.

La visita de campo efectuada en la época seca de 1996 coincidió con la ocurrencia en el área de un mar de leva, que produjo consecuencias de diferente intensidad y carácter en cada uno de los sectores de playa. Tal es el caso del sector de Turipaná, donde el fenómeno originó la formación de escarpes de hasta un metro de altura, lo cual impidió que el perfil correspondiente fuera considerado como representativo de la zona y la época climática. En tales casos se procedió a calcular el perfil de equilibrio (Medina y González, 1996) por la fórmula exponencial

$$h = Ax^{2/3}$$

donde, A es el factor de escala o coeficiente que determina la forma del perfil, x es la longitud horizontal y h es la profundidad. El parámetro A se ve afectado por diferentes factores, entre los que cabe destacar el peralte de la ola y el tamaño del sedimento, a través de la función

$A \approx D^{1/3}$, de acuerdo con Dean (1977) en Medina y González (1996), donde D es el tamaño del grano del sedimento. Así, el perfil de equilibrio de Turipaná (Figura 2) y las demás playas afectadas fue comparado con el de la época húmeda para definir el rango de su variación.

Los demás sectores de la costa sufrieron en menor grado de intensidad la acción del evento meteorológico, que no alcanzó a afectar la morfología de las playas.

El análisis morfológico de los perfiles se complementó con la aplicación de un modelo numérico para pronosticar el comportamiento de los mismos a 2 meses, lo que permitió cuantificar las tendencias en la evolución dinámica de las playas. El modelo aplicado fue el SBEACH del Coastal Engineering Research Center de USA (CERC, 1993). A la vez que se determinó la tendencia dinámica del perfil se calculó la máxima elevación del agua por el oleaje y el crecimiento de la ola por asomeramiento, así como la ubicación de la zona de rompiente con respecto al frente de playa y la cantidad de sedimento desplazado o acumulado. Para la aplicación correcta del modelo fue necesario extrapolar los perfiles hasta distancias horizontales de 300 m, aproximadamente.

3. DESCRIPCION DE LA INFORMACION

Se registraron 24 perfiles en ambas épocas climáticas, ubicados a lo largo de toda la costa comprendida entre Flecha de Galerazamba y Bocas de Ceniza. Las mareas durante las fechas de medición se presentan en la Figura 3, (IDEAM, 1995, 1996). Aunque la corrección por marea fue calculada para el instante de medición del perfil, el

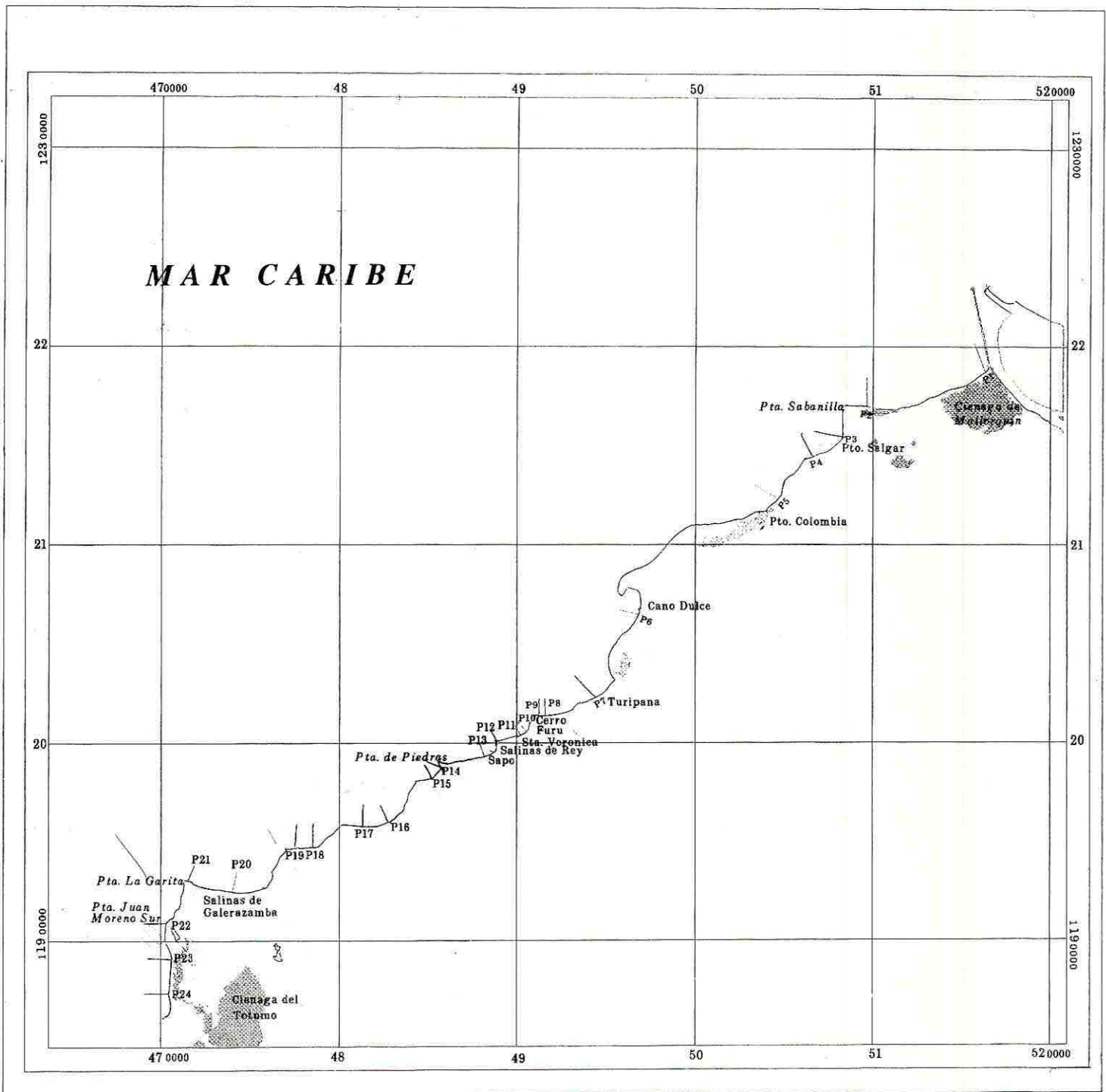


FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DE PERFILES

análisis de la variación del nivel del mar determinó una amplitud promedio de la oscilación de ± 20 cm.

Por su parte, los registros topobatimétricos estuvieron acompañados de las respectivas mediciones de los parámetros meteorológicos (Tabla 1). El aspecto más relevante se observó en marzo de 1996, cuando en la zona de estudio se registró la presencia de un mar de leva, que provocó incrementos en la altura del oleaje de hasta 1.2 metros. A pesar del incremento de la altura media del oleaje (0.9 metros) en la zona (CIOH, 1997), los efectos sobre las costas no fueron de la contundencia esperada y, en la mayor parte de los casos, no fueron registrados.

Los valores registrados de la velocidad y dirección del viento, fueron utilizados para calcular la dirección y altura del oleaje en aguas profundas para tales momentos, por medio del método de Shuleikin (Abuziarov, 1988)

$\eta = 1 - e^{-\tau^*}$ para el oleaje en evolución y $\xi = \arctg \eta^{1/2} - 2\eta^{1/2}$ para el estacionario, donde $\eta = h/h_\infty$ es la altura adimensional del oleaje; $\tau^* = t/T_\infty$ es el tiempo adimensional de acción del viento; $\xi = x/(WT_\infty)$ es la distancia adimensional de acción del viento (fetch); h_∞ y T_∞ son la altura y el período límite del oleaje para una velocidad dada del viento; h es la altura del oleaje; x es el fetch y W la velocidad del viento. En aguas someras estas fórmulas se escriben

$$\eta = th\tau^* \quad \text{y} \quad \eta = th\xi.$$

Para efectos de comodidad en la determinación de los parámetros del oleaje mediante la aplicación de este método, las fórmulas se encuentran dadas en forma de nomogramas.

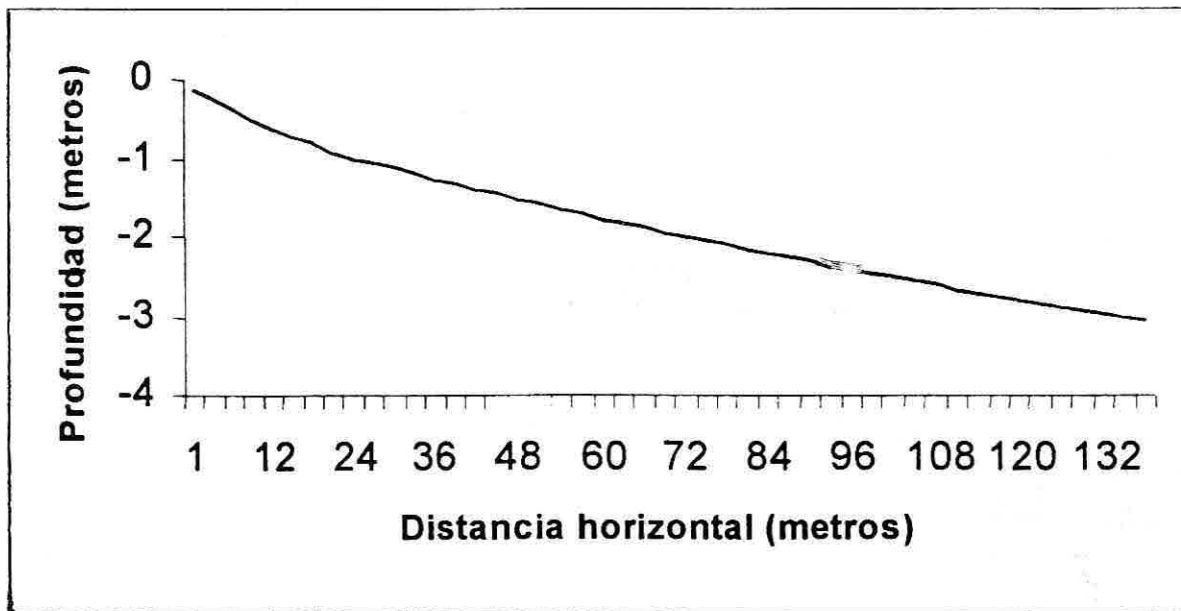


Figura 2. Perfil de equilibrio para la playa de Turipaná.

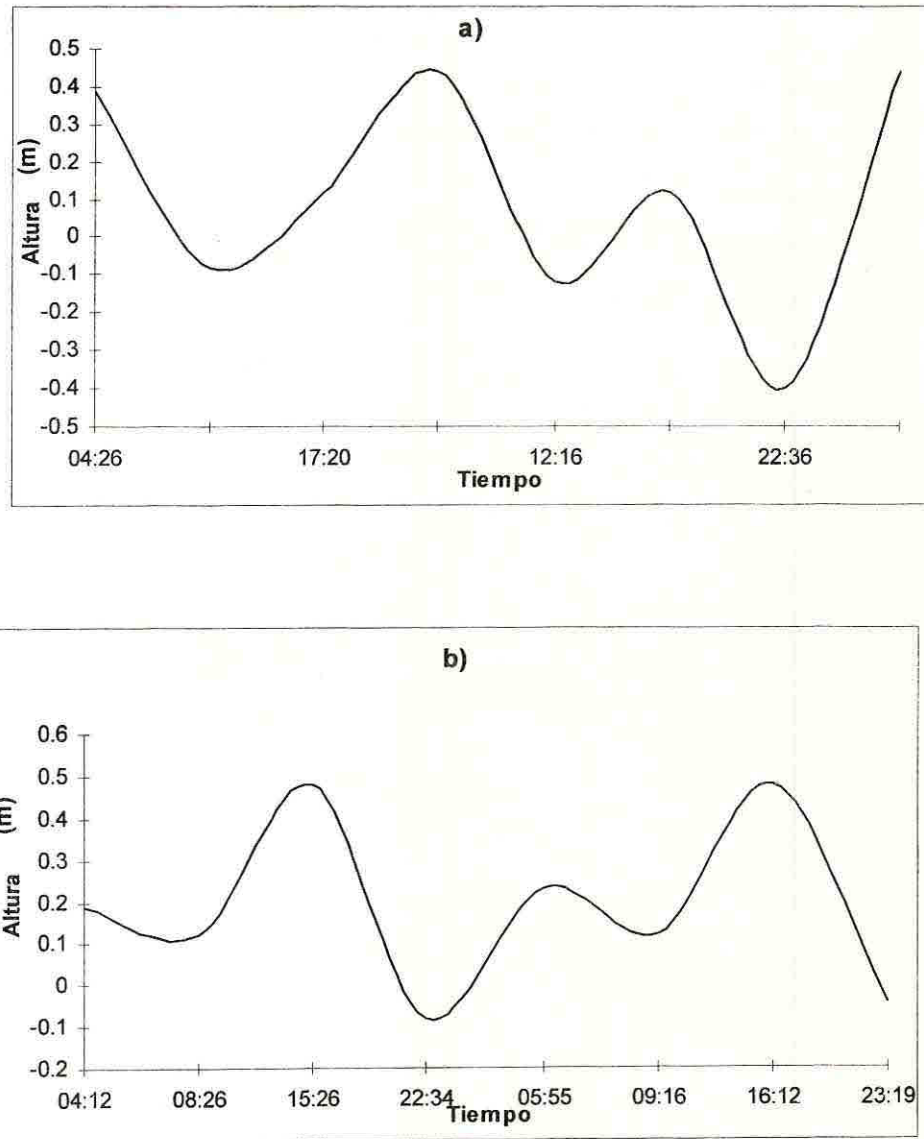


Figura 3. Comportamiento de la marea en la costa colombiana durante marzo a) y octubre b) de 1996.

Las velocidades y direcciones registradas para el viento durante las mediciones de los perfiles, así como la altura y período del oleaje calculados, se enmarcaron dentro de los rangos propios de las épocas seca y húmeda, dados por el Atlas Climatológico para el Caribe (CIOH, 1997). De tal manera que los valores de iniciación del modelo de evolución de los perfiles fueron los siguientes:

Velocidad del viento en época seca $W=10$ m/s, en la húmeda $W=4.5$ m/s, dirección predominante del viento noroeste. La probabilidad de estos valores en la zona es superior al 60%. Esta misma probabilidad corresponde a

la altura y período del oleaje en aguas profundas: $H=0.9$ metros y $T=7$ segundos, respectivamente. Dirección predominante del oleaje noroeste. Para el cálculo del aumento del nivel del mar en la costa se incluyó la temperatura del agua, tomándose el valor de 26°C para la primera mitad del año y 28°C . El coeficiente de transporte se dio $K=1.75 \times 10^{-6}$ m^4/n , el coeficiente de proporcionalidad de la pendiente de la playa $\xi=2 \times 10^{-3}$ m^2/s (CERC, 1993). Por último, con base en el análisis granulométrico efectuado, se determinó $\Phi=0.35$ mm como el tamaño predominante de grano, tanto en el meso- como en el infralitoral.

Tabla 1 : Registro de los parámetros meteorológicos durante la medición de los perfiles

Fecha	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento	Oleaje (cm)	Comentarios
Agosto 31/95	3.06-6.12	SW	30-90	
Septiembre 01/95	3.06-6.12	NW	30-90	
Septiembre 02/95	3.02-6.12	SW	30-90	
Febrero 06/96	7.65-10.2	NE		
Febrero 07/96	10.2-12.75	NE	60-150	
Febrero 08/96	7.65-10.2	NE	30-90	
Febrero 09/96	6.12	NE	30-90	
Marzo 11/96	5.1 -9.18	NW	60-120	Frente frío en el noroeste
Marzo 12/96	3.06-7.65	NW	30-90	Frente frío en el noreste
Marzo 13/96	11.22	EN	180	Lluvias
Marzo 14/96	8.16	NNE	15-45	
Marzo 15/96	4.08-7.65	NNE	15-30	
Septiembre 17/96	5.1-6.12	W	30-90	Onda E
Octubre 01/96	5.1-6.12	SW	30-90	Cielo Semicubierto
Octubre 02/96	5.1-6.12	SW	30-90	Cielo Semicubierto

4. ANALISIS Y RESULTADOS

El levantamiento de perfiles perpendiculares a las playas, en el borde costero entre Bocas de Ceniza y la Flecha de Galerazamba, permitió definir propiedades texturales y morfológicas para cada una de ellas, así como sus variaciones en los diferentes períodos climáticos. De esta forma entre Barranquilla y el Cerro Furú se registró el predominio de las arenas finas, bien clasificadas y con tendencia unimodal en las distribuciones, tanto en el frente de playa como en el infralitoral, durante ambos muestreos (Tabla 2). Entre el Cerro Furú y la Flecha de Galerazamba, aunque también se observó el predominio de arenas finas, la clasificación del material durante el período de lluvias fue mejor en el frente de playa que en el infralitoral, mientras que las distribuciones fueron bimodales a lo largo de los perfiles.

Las particularidades de cada uno de estos sectores están relacionadas con la composición litológica de las rocas. En el primer sector (norte) las rocas son básicamente arcillosas, cuya erosión las convierte en fuente de material de grano fino, mientras que en el sur, lugar de ubicación del paleodelta del Magdalena, son característicos los cantos de chert (chinas), actualmente explotados en forma artesanal por los pobladores de la región.

La línea divisoria entre el meso e infralitoral se caracteriza por presentar un sedimento con mala clasificación, debido a la depositación que provoca el encuentro en este sitio de dos flujos de sentido contrarios, producidos por el ascenso y descenso de la línea de agua por efecto del oleaje. Así, es claramente visible la diferencia en las características del sedimento que forman los sectores del perfil: mientras en el mesolitoral existe una mejor selección de tamaños de grano, el infralitoral presenta un menor clasificación del sedimento.

Tabla 2: Características Sedimentológicas del Frente de Playa en cada Perfil.

EPOCA SECA				EPOCA HUMEDA		
Perfil	Tamaño	Distribución	Clasificación	Tamaño	Distribución	Clasificación
Mallorquín	Fina	Unimodal	BC	Fina	Unimodal	BC
Sabanilla	Fina	Unimodal	BC	Fina	Unimodal	BC
Pto. Salgar I	Fina	Unimodal	BC	Fina	Unimodal	BC
Pto. Salgar II	Fina	Unimodal	BC	Fina	Unimodal	BC
Pto. Colombia	Fina	Unimodal	BC	Fina	Unimodal	BC
Caño Dulce	Fina	Unimodal	BC	Fina	Unimodal	BC
Turipaná	Fina	Unimodal	BC	Fina	Unimodal	BC
Furú I	Fina-gruesa	Bimodal	mac	Medias	Unimodal	mbc
Furú II	Media-gruesa	Bimodal	mbc	Fina	Unimodal	mc
Sta. Verónica I	Fina	Unimodal	mbc	Fina	Unimodal	mbc
Sta. Verónica II	Media	Unimodal	mc	Fina	Unimodal	Mbc
Salinas del Rey	Fina	Unimodal	BC	Fina	Unimodal	mbc
Sapo	Fina	Unimodal	mbc	Fina	Unimodal	MBC
Fray Domingo	Fina	Unimodal	BC	Fina	Unimodal	BC
San Vicente I	Fina	Unimodal	BC	Fina-media	Unimodal	mc
San Vicente II	Fina-media	Bimodal	mc	Media	Unimodal	mac
Cascabel	Fina-media	Bimodal	mc	Fina-media	Bimodal	mbc
Astilleros I	Muy Gruesa	Bimodal	mbc	Gruesa y muy gruesa	Bimodal	Mc
Astilleros II	Gruesa	Unimodal	mbc	Muy Gruesa	Bimodal	Mac
Garita I	Media-Fina	Bimodal	mbc	Fina	Unimodal	mbc
Garita II	Media-Fina	Bimodal	mbc	Muy gruesa y gruesa	Bimodal	Mmc
Juan Moreno sur	Fina	Unimodal	mc	Fina	Unimodal	mbc
Galerazamba I	Fina	Unimodal	mac	Muy Gruesa y Gruesa	Bimodal	Mmc
Galerazamba II	Fina	Unimodal	BC	Fina	Unimodal	mac

MBC: muy bien clasificada, BC: Bien Clasificada, mbc: Moderadamente bien clasificada, mc: moderadamente clasificada; mac: mal clasificada, Mmc: muy mal clasificada

Los cambios morfológicos y texturales de los perfiles de playa son el resultado de la acción climática. Komar (1976 y 1983) define para áreas fuera del trópico: "perfiles de invierno" y "perfiles de verano". Los primeros relacionados con oleajes fuertes y los segundos con una energía moderada. En el Caribe colombiano, las condiciones climáticas forman perfiles característicos para cada uno de los períodos. En época seca la pendiente de los perfiles se acentúa y se forman barras submarinas anteriores

(Greenwood, 1975), mientras que en la húmeda la barrera desaparece y la pendiente se suaviza. Debe señalarse que, en todos los casos, las pendientes del sector norte de la zona de estudio son menos pronunciadas que en el sur. Este comportamiento general "en equilibrio" de las playas del sector, con formación de barreras submarinas en la primera mitad del año y recuperación de las playas en la segunda, cuando se reduce la energía del oleaje, fue también descrita por Bascom (1960) y Dolan y Fern (1966), quienes con base en análisis de perfiles de playa, describieron la acumulación de sedimentos a pequeña escala, reportando la misma migración estacional general del perfil.

La situación registrada en las playas de Puerto Colombia, Garita II y Juan Moreno Sur, puede considerarse por fuera de la tendencia general mostrada por los perfiles de la zona de estudio. La principal diferencia ha sido el registro de disminuciones del contenido de arena durante la época húmeda, mientras que en los demás sectores se observaba sedimentación. La configuración topobatemétrica y costera de estos sectores, así como el ángulo de incidencia del oleaje, le imprime a cada una de estas playas un carácter particular, claramente registrado

Investigaciones que se están desarrollando actualmente sobre la circulación en el Caribe suroeste (Andrade C.A.) comentario personal, han indicado un aumento del nivel del mar en la costa Caribe colombiana en el mes de octubre, que podría estar relacionado con la intensificación del transporte litoral en algunos sectores.

Durante el período seco el frente de ola llega a la costa en diferentes direcciones, actuando en forma distinta sobre la morfología de los perfiles. Así, en las playas de

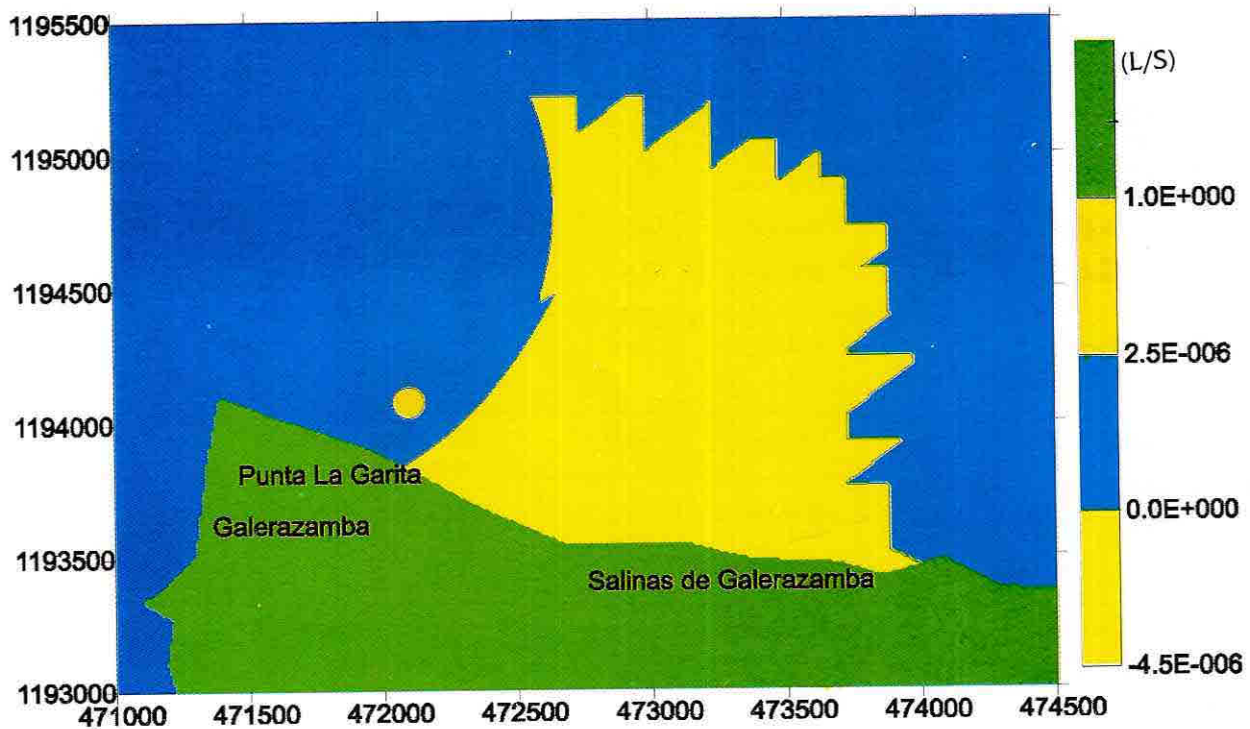


Figura 4. Resultados de la simulación del balance erosión-sedimentación en el sector de Punta La Garita para la época húmeda. Los valores negativos indican erosión. (Tomado de Giraldo y Lonin - 1997)

por el modelo de transporte de balance de erosión-sedimentación (Figura 4) elaborado por Giraldo y Lonin (1997). En el caso de Juan Moreno Sur, la razón es antropogénica y no es registrada por el mismo modelo. Allí, el caudal del desagüe de las camaroneras localizadas en inmediaciones de la Flecha de Galerazamba parecen ser la razón del fenómeno.

Sabanilla, que exhiben un gradiente moderado (6°) y se ubican en zonas desprotegidas, el oleaje arriba paralelo a la costa, produciendo un ataque casi frontal, con efectos erosivos, sin desarrollar una barra interna.

Las playas de Furú (I), Salinas del Rey, Cascabel, Astilleros y Garita, localizadas también en zonas desprotegidas, pero con un gradiente fuerte superior

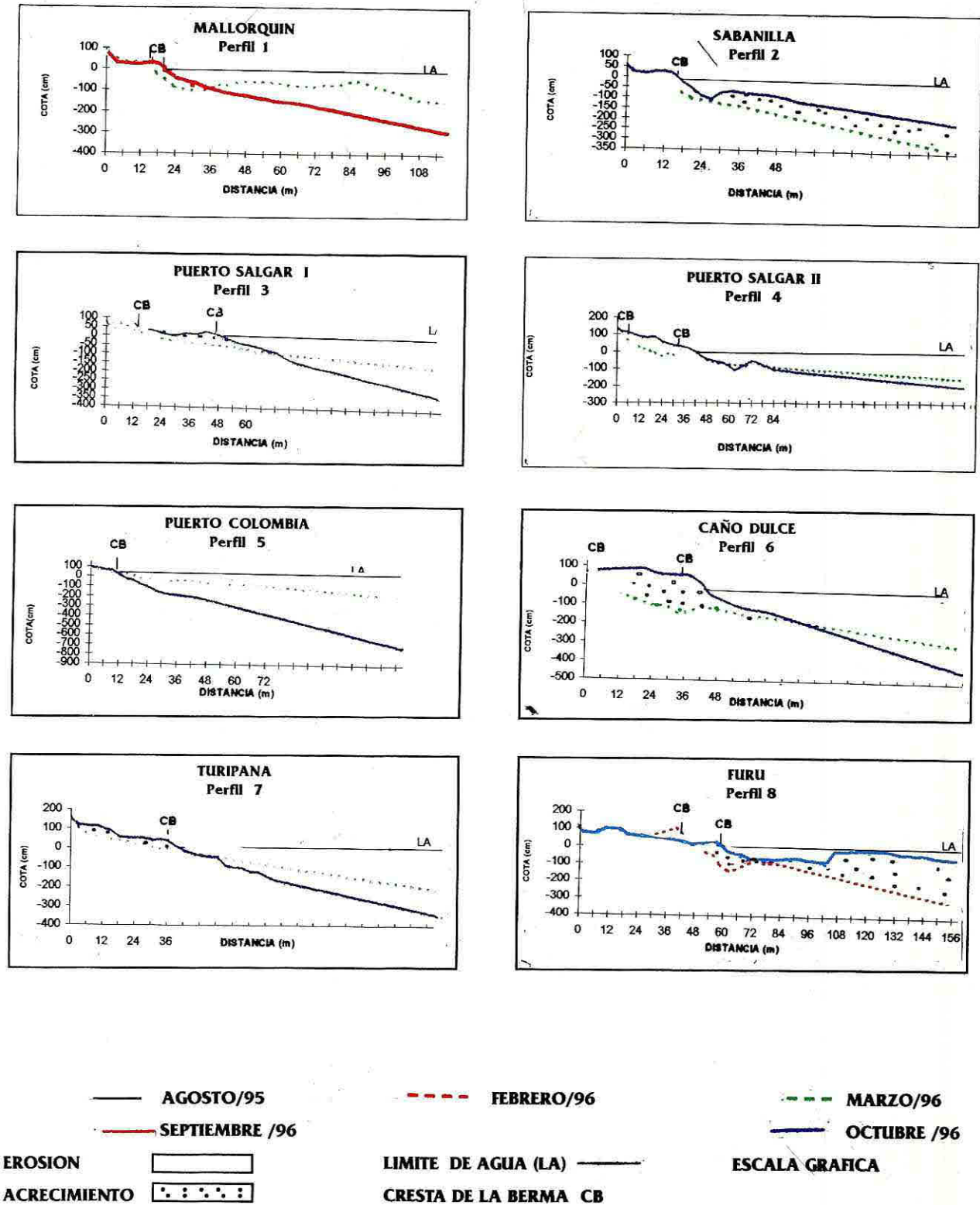


Figura 5. PERFILES DE PLAYA

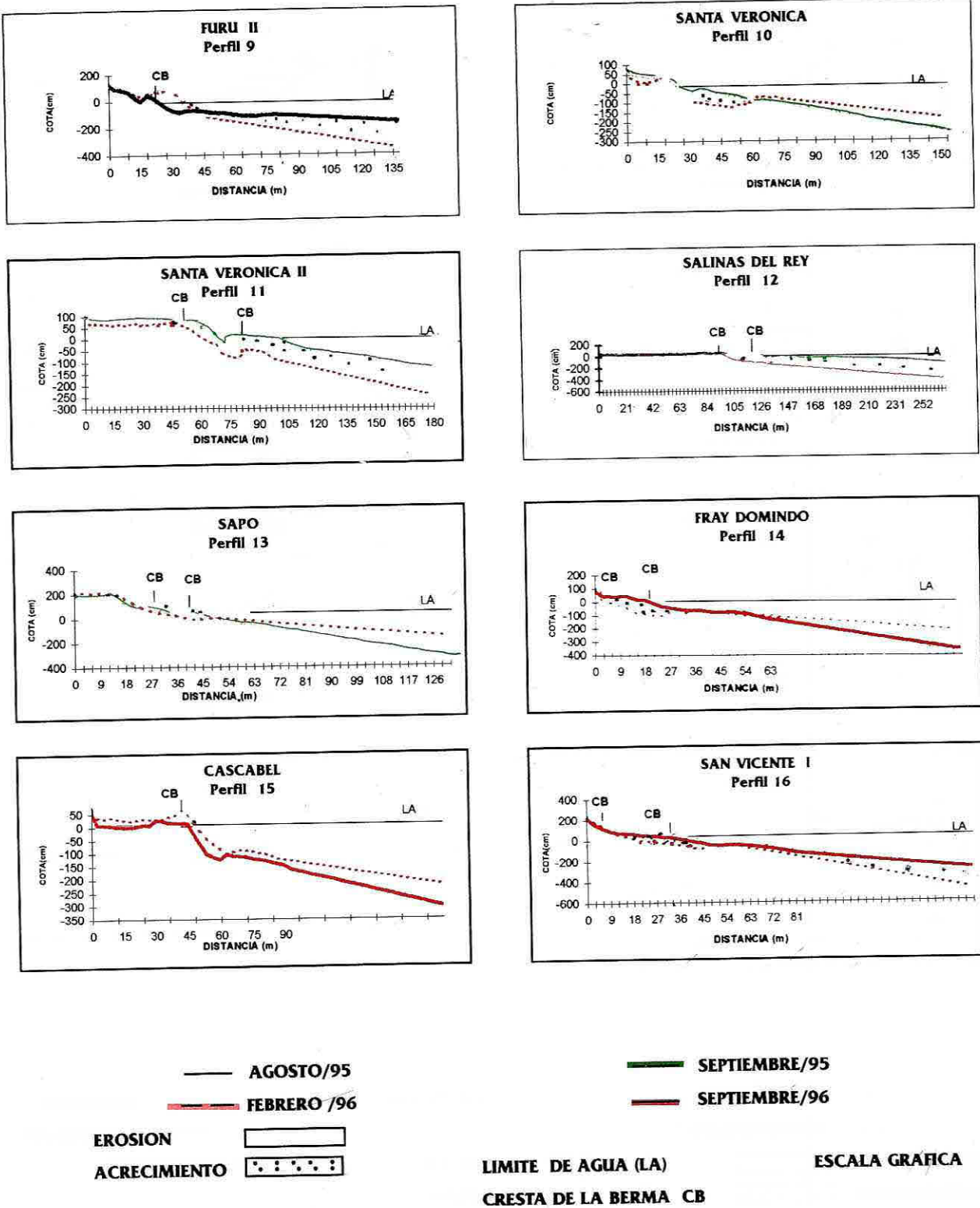


Figura 6. PERFILES DE PLAYA

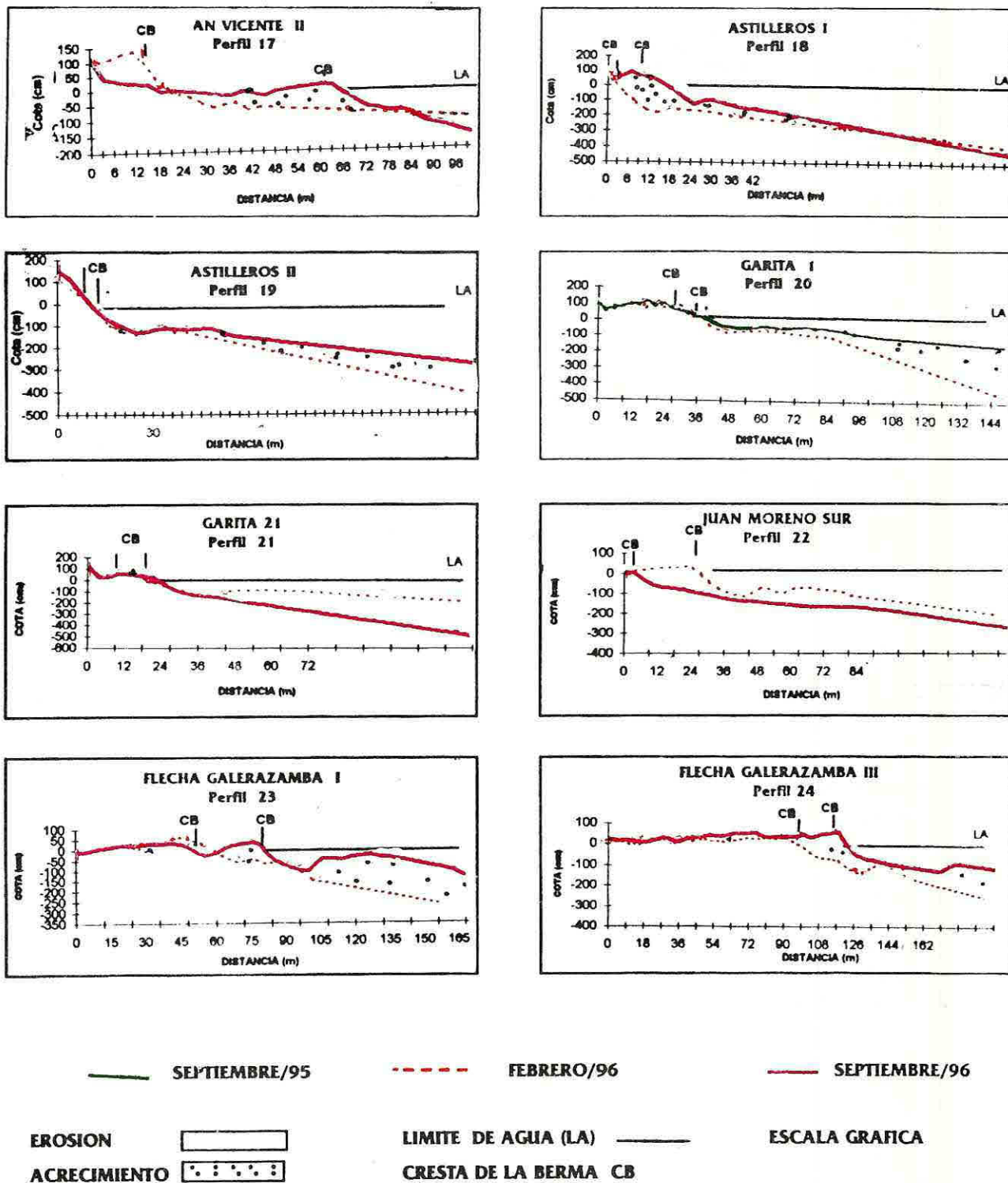


Figura 7. PERFILES DE PLAYA

a 10°, donde el oleaje incide de la misma manera que en las de Sabanilla, se aprecia la formación de una barra submarina que aparentemente es alimentada por el material removido y transportado desde el frente de playa hacia mar adentro (Figuras 5, 6 y 7). King (1972) reporta la formación de las barras internas asociadas a pendientes de playa considerables. Esta influencia está relacionada con la configuración del contorno costero y el ángulo de incidencia del frente de olas sobre la costa.

Algunas de las playas estudiadas exhiben gradientes de suaves a moderados (2° - 7°) y están ubicadas en zonas abrigadas de relativa calma (Tabla 2). Allí el oleaje arriba

el oleaje arriba frontalmente, están más expuestas a la acción erosiva, a diferencias de las protegidas, donde la incidencia del frente de olas es tangencial y la morfología submarina relativamente suave, se favorece la retención de sedimentos (Figura 9).

Dolan (1965) caracterizó la distribución de los sedimentos a lo largo de los perfiles de playa, utilizando los parámetros estadísticos obtenidos por Folk (1963) y estableció la relación entre la distribución del tamaño de grano, los cambios del perfil de playa y la energía de la ola. Concluyó que con oleajes de baja energía, el perfil adopta una forma convexa y una berma, con migración de arena hacia una

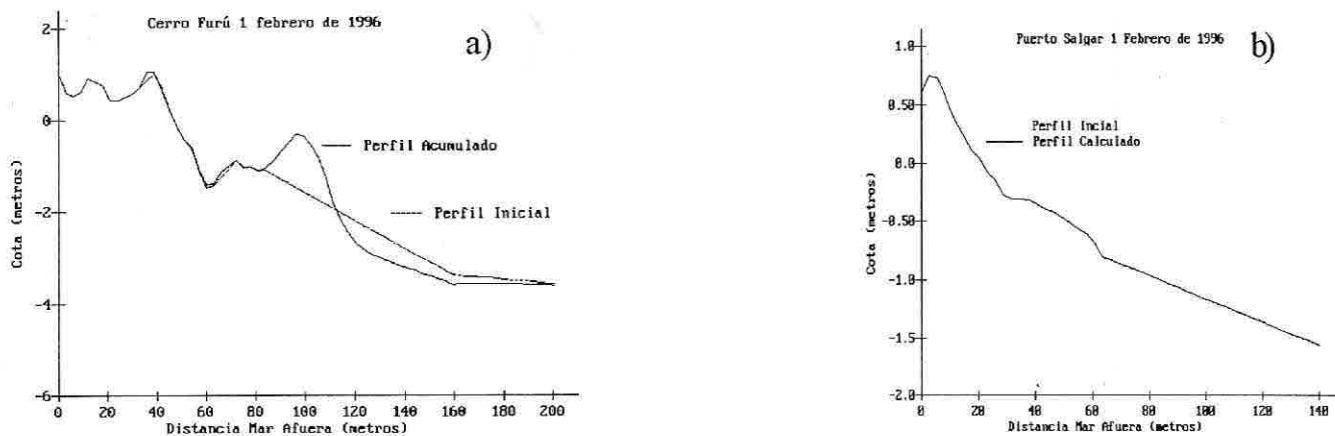


Figura 8. Comportamiento calculado de los perfiles de las playas Furú (I) y Puerto Salgar (I).

casi perpendicularmente a la costa, después de sufrir los efectos de las puntas y el asomeramiento, barren tangencialmente la playa y permiten el desarrollo de crestas y depresiones consecutivas denominadas: "Beach Ridge" (crestas de playa), que indican líneas de crecimiento de la misma, (Martínez, 1985)

La tendencia en la evolución de los perfiles fue simulada con ayuda del modelo SBEACH (CERC, 1993), a fin de correlacionar los resultados con lo observado en el campo. El modelo dibujó en forma precisa la tendencia de los perfiles con gradientes pronunciados a formar una barrera anterior, como en el caso de Furú I (Figura 8).

El comportamiento de las playas durante el período seco permite deducir, que en las zonas desprotegidas, donde

barra submarina a medida que se incrementa la intensidad del oleaje. En los casos de energías significativas, la forma del perfil es cóncava. Así mismo, esta se relaciona con las características del tamaño de grano de los sedimentos.

En época seca, las playas del sector de estudio presentan un perfil de forma cóncava, en contraste con el período lluvioso cuando la energía es moderada y facilita la forma convexa de los perfiles, con una berma bien desarrollada. En el período seco, en el tramo costero entre Barranquilla y el Cerro Furú, todas las playas, a excepción de Puerto Colombia, muestran un perfil cóncavo. Los sedimentos de los frentes de playa en cada período, conservan un tamaño de grano fino, una distribución unimodal y una buena selección.



a)



b)

Figura 9. Playas asociadas a la barra que separa la ciénaga de Mallorquín. Obsérvese en a) la erosión en época seca, reflejada por los árboles en el frente de playa. En b) las playas se reconstruyen durante la época húmeda, pasando a ocupar su parte trasera.

En el sector sur se observan tramos costeros con frentes de playa asociados a sedimentos gruesos ($\Phi > 0.3$ mm) y pendientes fuertes ($> 10^\circ$), a diferencia del sector norte, donde predominan los tamaños finos ($\Phi = 0.15$ mm) y las pendientes entre suaves y moderadas ($2 - 7^\circ$). Para King (1972) existe una estrecha relación entre el gradiente de playa y el tamaño de grano de los sedimentos. Según este autor las playas con mezcla de grava y arena tienen una mayor pendiente que aquellas formadas sólo por arena. Esto al parecer se debe a la diferencia de permeabilidad entre la arena y la grava. Esta última, al ser más permeable, permite el paso de abundante agua produciendo una sobrecarga que facilita el desplome de los sedimentos, favoreciendo la inclinación de la playa. Tal es el caso de las playas de Garita II donde la erosión es acentuada por la explotación de la "China", que se concentra principalmente en esta zona.

Existe además una relación entre el gradiente de la playa y la forma de la distribución de los sedimentos. En el período lluvioso, las playas de gradiente considerable muestran una distribución unimodal y en el seco revelan una distribución bimodal, con una moda principal correspondiente a tamaños superiores a 0.3 mm (arenas medias) y una secundaria de arenas finas (0.15 mm). Sonu (1972), estudió la variación cíclica en las playas y

demonstró que el tamaño de grano de los sedimentos tiene una variación estacional.

4.1. Balance Erosión - Sedimentación

En cada período climático los cambios morfológicos del perfil costero, están asociados a pérdida o ganancia de sedimentos. En época de vientos la acción mecánica del oleaje sobre la costa produce efectos erosivos, reflejados por presencia de árboles derribados en el frente de playa y la berma, así como escarpes en esta última. Se observan también otros fenómenos como overwash, descubrimiento del sustrato rocoso, desaparición de la berma y formación de barras submarinas, que actúan como amortiguadores de los efectos negativos del oleaje. En época húmeda, las playas se reconstruyen recuperando su berma, al parecer por la destrucción de la barra arenosa que aporta nuevamente el material hacia la parte alta del perfil.

En la Tabla 3 se ha efectuado un cálculo del balance erosión sedimentación para cada un de los perfiles. Los resultados subrayan la mayor significación del volumen total de acrecimiento en la zona de estudio, reflejado en una ganancia de sedimentos del orden de 1726.3 m^3 y pérdida de 1387.5 m^3 .

Tabla 3. Características Generales de las Playas

Perfil	Sector	Dirección Playa	Pendiente Playa	Avance frente de playa (m)	Retroceso frente de playa (m)	Erosión (m^3)	Acrecimiento (m^3)
P1	Mallorquín	N15°E	7°	6		73.0	12.0
P2	Sabanilla	N - S	6°	15		00.0	89.0
P3	Pto. Salgar I	N45°W	4°	36		54.0	39.0
P4	Pto. Salgar II	E - W	6°	36		127.0	33.0
P5	Pto. Colombia	N05°E	2°	3		330.0	0.0
P6	Caño Dulce	N20°E	4°	30		58.0	50.0
P7	Turipaná	N45°E	2°	36		68.0	19.0
P8	Furú I	E - W	11°	18		10.0	139.0
P9	Furú II	E - W	12°		9	25.0	92.0
P10	Sta. Verónica I	N10°E	4°	3		69.0	9.0
P11	Sta. Verónica II	N30°E	2°	15		1.0	77.0
P12	Salinas del Rey	N10°E	10°	27		4.0	130.0
P13	Sapo	E - W	5°	6		89.0	3.0
P14	Fray Domingo	N40°E	4°	18		43.0	38.0
P15	Cascabel	N80°E	12°		3	36.0	1.0
P16	San Vicente I	N70°E	2°	27		0.4	115.0
P17	San Vicente II	N40°E	2°	48		12.0	51.0
P18	Astilleros I	N75°E	12°	15		12.0	63.0
P19	Astilleros II	E - W	12°	3		0.1	90.0
P20	Garita I	N70°E	10°	3		2.0	114.0
P21	Garita II	N15°E	10°	6		259.0	2.0
P22	Juan Moreno Sur	N30°W	7°		24	111.0	0.0
P23	Galerazamba I	N - S	2°	30		4.0	165.0
P24	Galerazamba II	N - S	2°	24		0.0	138.0
Total						1387.5	1726.3

5. CONCLUSIONES

El sector comprendido entre La Flecha de Galerazamba y el Cerro Furú se caracteriza por presentar pendientes más pronunciadas que su similar del norte. Los perfiles de las zonas desprotegidas en este sector, forman una barrera submarina anterior durante la época de mayor intensidad de los vientos (época seca). Entre el Cerro Furú y Barranquilla, donde las pendientes de los perfiles son mucha más suaves, no se observa este fenómeno bajo estas condiciones. Así, en el sur el tamaño de grano predominante a lo largo de los perfiles es mayor que en el norte. En los sectores protegidos, los perfiles se caracterizan por presentar pendientes suaves y tamaño de grano fino, el oleaje efectúa barridos tangenciales de la línea de costa y forma crestas y depresiones consecutivas.

Durante la época húmeda los perfiles son convexos, gracias a la acumulación de sedimentos y la formación de la berma. En general, en algunos sitios el avance del frente de playa alcanza los 48 m de longitud, como en San Vicente. Entre tanto, en época seca, el perfil es cóncavo y se observan sobre muchas de las playas signos de erosión, tales como escarpes en la berma, árboles derribados, raíces y sustrato rocoso descubierto (plataforma de abrasión), como ocurre en las playas de Caño Dulce y San Vicente.

Durante el período seco las playas de pendiente suave se convierten en zonas fácilmente anegadizas, afectando principalmente las áreas donde se ha dado un desarrollo turístico, como ocurre en Puerto Salgar, Puerto Colombia, Turipaná, Santa Verónica, Salinas del Rey y Flecha de Galerazamba.

El cálculo del balance erosión - sedimentación ha dado como resultado un valor positivo, indicando que en el sector de estudio es mayor el volumen de material sedimentado. Deben señalarse los sectores de Sabanilla, Furú I, Santa Verónica II, Salinas del Rey, San Vicente, Astilleros II, Garita I y Galerazamba como los que mayor aporte sedimentario introducen al balance. En cuanto al componente erosivo, debemos destacar las playas de Puerto Salgar II, Puerto Colombia, Garita II y Juan Moreno Sur como los más afectados por el fenómeno.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto de investigación: "Estudio Geológico y Oceanográfico del Litoral Caribe Colombiano, (Barranquilla - Galerazamba)", cofinanciado desde 1995 por la Dirección General Marítima y Colciencias. Los autores expresan su agradecimiento especial a los Suboficiales Eugenio Gamero y Héctor Guevara y al técnico Manuel

Osorio, quienes prestaron su apoyo en la digitalización de la información y elaboración de los análisis de laboratorio.

6. BIBLIOGRAFIA

- Abuziarov, ZK; K.I. Kudryabaya, E.L. Seryakov, L.I. Skriptunova
Pronósticos Marinos, Hidrometeoizdat, Leningrado, 319 p., 1988.
- Bascom, W. Beaches: Scientific American, August, 3-12 p, 1960.
- Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, Atlas Climatológico para el Caribe, Central de Pronósticos Oceanográficos y Meteorológicos, 3ª edición. Cartagena. 138 p, 1997.
- Dolan, R., Seasonal variations in beach profiles along the outer banks of North Carolina: Shore and Beach, October, 95 p. 1996.
- Dolan, R. y J. FERN, Swash processes and beach characteristic: The Professional Geographer, 17(4), pp. 210 - 213, 1996.
- Folk, R.L. A review of grain-size parameters: Sedimentology, 6: pp 73-93, 1963.
- Giraldo, L. y S. Lonin, Cálculo del Oleaje y Transporte de Sedimentos en la Costa Caribe Colombiana, Bol. Cient. CIOH No18. Cartagena, pp, 1997.
- Greenwood, B; Gda, R. Marine Bars and nearshore sedimentary processes, Kouchibouguac Bay, New Brunswick, in Nearshore Sediment Dynamics and Sedimentation, John Wiley and Sons, pp. 123 - 150, 1975.
- IDEAM. Pronóstico de Pleamares y Bajamares Costa Caribe Colombiana, Santafé de Bogotá: 91 p, 1995.
- , Pronóstico de Pleamares y Bajamares Costa Caribe Colombiana, Santafé de Bogotá: 95 p, 1996.
- King, C.A.M, Beaches and coasts. 2nd ed, St. Martins Press, New York: 570 p, 1972.
- Komar, P. D. Nearshore currents and sediment transport, and the Resulting Beach, in Stanley, D.J. and Swift, D.J.P., ed. Marine Sediment Transport and Environmental Management. New York, John Wiley & Sons, pp, 241-254. 1976.
- , Selective longshore Current transport rates at different grain-size fraction with a Beach: Journal of Sedimentary Petrology, 47(4). pp. 1444 -1453. 1977,
- Martínez, J. O. Cambios en Perfiles de playa y Características Texturales de los sedimentos al Norte de Cartagena. I Congreso Latinoamericano Sobre Ciencias del Mar. 20 p, 1985.
- Medina, R. y M. González, Morfodinámica de Playas. Cali Universidades de Cantabria y Valle, Cali: 500 p, 1996,

Molina, A., A. Pelgrain, L. y Giraldo, Suzunaga, J. Comportamiento de la Dinámica Marina en el Sector Costero entre Galerazamba y Cartagena. Bol. CIOH No 17, Cartagena: pp. 73-78.1996.

Sonu, Bimodal composition and cyclic characteristic of beach sediments in continuously changing profiles: J. Sediment. Petrol. 42, pp. 852-857. 1972,

U.S. Army Corps of Engineers SBEACH: Numerical Model for Simulated Storm-Induced Beach Change. Report 3 User's Manual, Instruction Report CERC-93-2, Washington DC, 55 p, 1993

A. Molina, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. A.A .982, Tel: 6694465, Fax 6694390, E-mail:cioh@sirius.enap.edu.co Cartagena, Colombia.
L.E. Molina, Ingeominas, A.A. 2732 Tel. 95-6620258