

CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA FRANJA LITORAL DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO CARIBE COLOMBIANO

*Amparo Molina¹ - Jakeline Benavides² - Fernando Afanador³
- Eugenio Gamero⁴ - Hector Ospina⁵*

RESUMEN

El estudio comprende la caracterización geomorfológica de la zona costera del departamento del Atlántico, comprendida entre Barranquilla (Bocas de Ceniza) y la flecha litoral de Galerazamba, correspondientes a 76 km del perfil costero del Caribe colombiano. Las unidades geomorfológicas que dibujan y conforman el borde costero se clasificaron en costas bajas y costas altas. Las primeras, definidas por playas, barras litorales, flechas o espigas litorales, dunas, llanuras costeras, planos aluviales, lagunas costeras, llanuras de manglar, tómbolos, salares y zonas de inundación. Las segundas definidas por lomas, colinas y plataformas de abrasión elevadas. El procesamiento de la información cartográfica se efectuó utilizando las herramientas y las facilidades del Sistema de Información Geográfica CARIS, el análisis de imágenes de satélite se realizó a través del software PCI, implementándose en este proceso por primera vez la técnica de ortorectificación de fotografías aéreas, utilizando el software OrthoEngine correspondiente a un módulo del PCI. Este proceso sirvió para complementar y actualizar la cartografía base del IGAC. La información se plasmó en mapas 1:10.000 delimitando la línea de jurisdicción de la DIMAR para este departamento, con base en las unidades geomorfológicas asociadas a la definición de playa marítima.

ABSTRACT

The results of the geomorphologic characterization of the coastline zone of the State of Atlantico, between Barranquilla (Bocas de Ceniza) and La Flecha de Galerazamba, corresponding to 76 km of the coast profile of the Caribbean coast of Colombia are shown. The geomorphologic units which draw and make up the coastline were classified as low and high coasts. The former were defined by beaches, litoral sand bars, spits, sand dunes, coastal plains, alluvial plains, coastal lagoons, mangrove swamp plain zones, tómbolos, salt mines and flooding zones; the latter are defined by hillocks, hills

¹. Ingeniera Geóloga E-mail: jdesam@cioh.org.co

². Ingeniera Catastral y Geodesta E-mail: jacky_rs@cioh.org.co

³. Ingeniero Catastral y Geodesta f_afanador@cioh.org.co

⁴. Técnico en Sensores Remotos e_gamero@cioh.org.co

⁵. Tecnólogo en Recursos Naturales

and high abrasive platforms. The processing of the cartographic information was carried out by using the tools and the conveniences of the CARIS Geographic Information System, for the analysis of satellite images the PCI software was used, and for the first time, the technique of orthorectification of aerial photography in the research projects of the CIOH, using the OrthoEngine software was implemented.

The whole previous process served as a complement to the Base Cartography of the IGAC and it allowed the updating of special zones concept update specific zones. This information was represented in 1:10.000 maps, from which the Line of Jurisdiction of DIMAR for this department was delimited based on geomorphological units associated to the of the concept of maritime beach.

INTRODUCCIÓN

La caracterización geomorfológica de la franja litoral del departamento del Atlántico, ubicado en la parte central del Caribe colombiano, permitió identificar las unidades y rasgos geomorfológicos que definen su borde costero a lo largo de una longitud de 76 km y una amplitud de 2 km hacia el continente. La costa se extiende en sentido noreste-suroeste desde Bocas de Ceniza hasta Punta la Garita; a partir de este último sitio el litoral cambia radicalmente en dirección norte – sur y es definido por la flecha de Galerazamba.

En esta zona la configuración del contorno costero y la deriva litoral están directamente relacionadas con la acción del oleaje de dirección nor-noreste y son determinantes en la influencia de la hidrodinámica sobre las costas, principalmente en lo referente a los fenómenos de refracción y difracción responsables de la formación de las extensas flechas litorales como las de Puerto Colombia, Puerto Salgar, Playa Mendoza y Galerazamba. La zona costera presenta una topografía suavemente ondulada, donde es común la ocurrencia de diapiros y volcanes de lodo, ubicados tanto en el continente como en el ámbito submarino, principalmente en la zona de Galerazamba, donde la plataforma

continental correspondiente al paleodelta del Río Magdalena presenta una pendiente suave, con amplitud de 50 km y un quiebre a una profundidad cercana a los 100 m. Geográficamente el área está delimitada por las siguientes coordenadas (Figura 1):

11° 03' 00" N	75° 50' 00" W
10° 43' 00" N	75° 20' 00" W
11° 10' 00" N	74° 53' 00" W
10° 49' 00" N	75° 27' 00" W

METODOLOGÍA

Las unidades geomorfológicas más predominantes en la zona costera se definieron a través de un análisis fotogeológico de fotografías aéreas del I.G.A.C, a escalas entre 1:10.000, 1:20.000, 1:30.000 y 1:32.000 de los años 1961, 1987, 1989 y 1996. La base cartográfica se generó en SIG CARIS a partir de la digitalización de 16 mapas del IGAC en segundos originales a escala 1:10000.

La corrección geométrica de las fotografías aéreas, por las distorsiones relacionadas con la toma de las mismas, se efectuó a través del proceso de ortorectificación, partiendo del hecho que la ortofotografía representa una buena opción que puede proporcionar alta precisión dentro del proceso cartográfico. El área de interés se cubrió con 126 fotografías

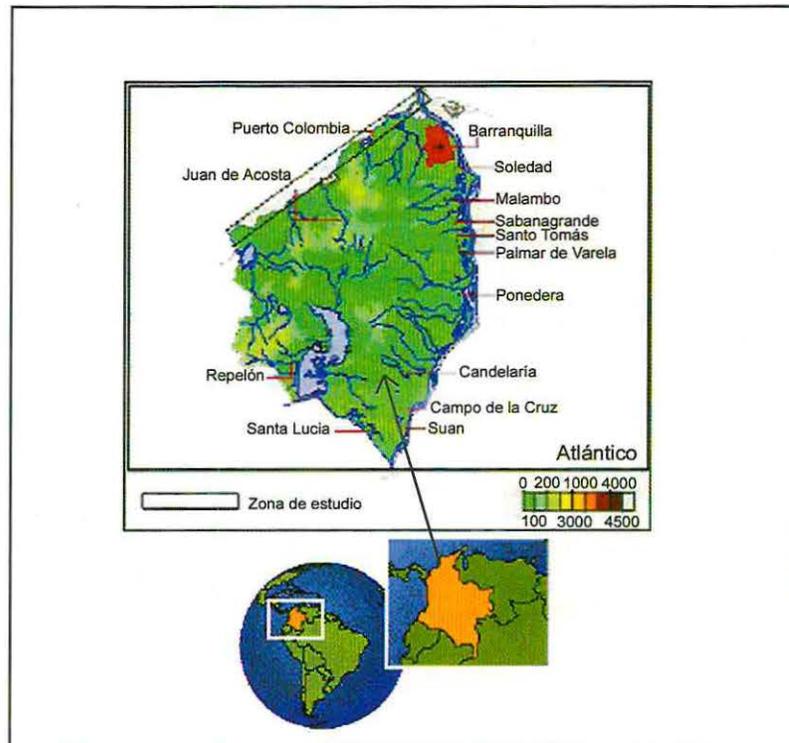


Figura 1. Mapa de localización del área

a escala 1:30000 (1981 y 1987) y 1:10000 (1996). Adicionalmente, para la georeferenciación de las fotografías se tomaron en el terreno 100 puntos de control distribuidos en toda el área de estudio, utilizando un GPS diferencial.

Paralelamente se desarrolló el proceso de generación de modelos digitales de terreno (DTM), necesarios para incluir el relieve en el proceso de ortorectificación, elaborados a partir de las curvas de nivel provenientes de las planchas IGAC, escalas 1:10000 y 1:25000 exportadas desde SIG CARIS. Después de convertir las fotografías análogas en digitales a través del escáner, se vincularon los puntos de control del terreno (PCT), el DTM y la imagen, utilizando en este caso el programa OrthoEngine, obteniendo de esta forma la foto ortorectificada (Figuras 2 y 3). Por último, se unieron las ortofotos conformando dos mosaicos, uno para el área

norte entre Bocas de Ceniza y Santa Verónica, y otro para el área sur entre Santa Verónica y flecha de Galerazamba.

La información de las unidades geomorfológicas costeras se plasmó en un fotomapa por medio de digitalización sobre pantalla, haciendo uso de herramientas de procesamiento digital como realce de la imagen (ecualización, linear) y filtros para realce de bordes disponibles en los software SIG ILWIS y PCI.

Finalmente, la comprobación de campo se realizó mediante estaciones puntuales, utilizando un GPS diferencial, con el fin de ajustar la fotointerpretación plasmada sobre los mapas a escala 1:10.000, complementar la información geomorfológica y describir por observación visual en el terreno los sitios de erosión y de acrecimiento sedimentario a partir de evidencias, tales como escarpes erosivos, fenómenos de sobrelavado, crestas de playa, entre otros.

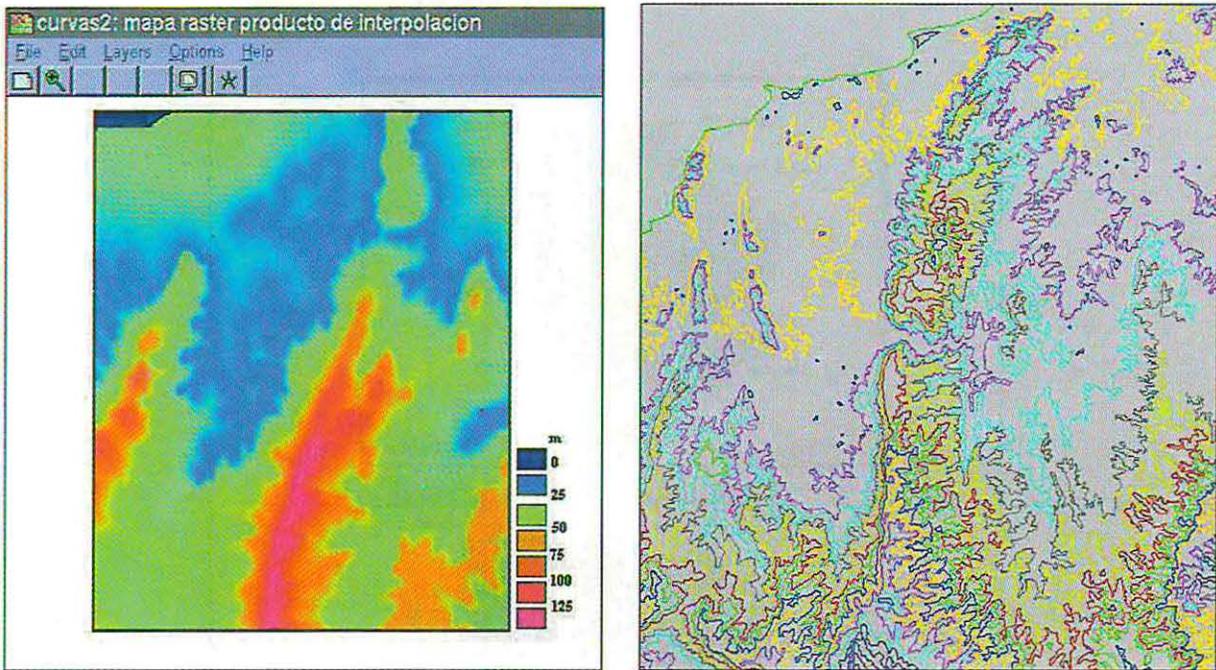


Figura 2. Ejemplo de un modelo digital de terreno (DTM), cada color corresponde a las diferentes alturas.

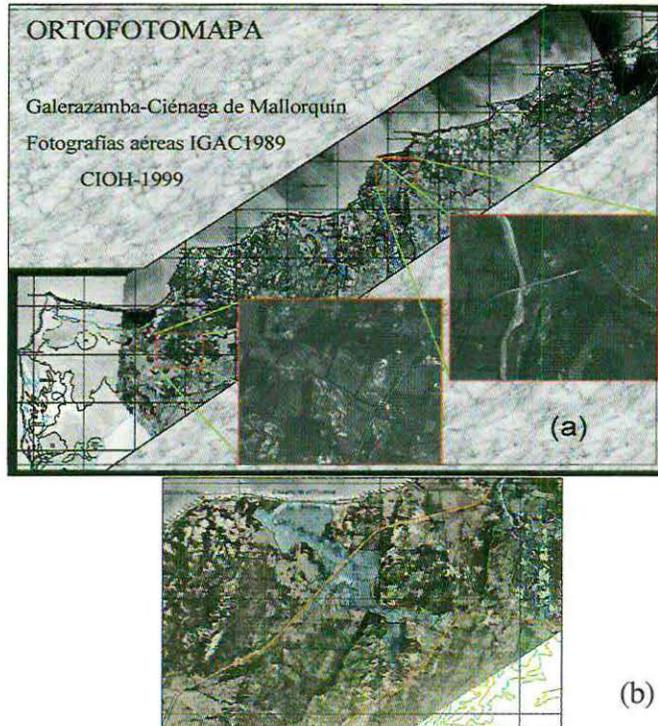


Figura 3. Fotomosaico del área de estudio (a). Ortofotomapa donde se determinaron las unidades geomorfológicas, permitiendo obtener con mayor precisión el límite de las unidades (b).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Descripción Geomorfológica

La franja litoral es una de las áreas más dinámicas de la superficie terrestre, en lo que se refiere a fenómenos de erosión y sedimentación si se tiene en cuenta que en esta zona interactúan factores climáticos, tectónicos y marinos que pueden ser influenciados por la acción del hombre. En este sentido, la variación de uno de ellos daría como resultado una configuración diferente del borde costero.

El paisaje de la zona costera entre Barranquilla (Bocas de Ceniza) y la flecha de Galerazamba cubre una extensión de 76 km y está dominado por amplios depósitos aluviales Cuaternarios que alternan con colinas constituidas por rocas sedimentarias de origen marino de edad Terciaria (Molina, et al., 1996) asociados geomorfológicamente a costas bajas y a costas altas conformando un relieve relativamente suave, definido en la zona sur por diapiros y volcanes de lodo (Figuras 4 y 5).

En general, las playas del sector del Caribe colombiano están sujetas a cambios climáticos estacionales. Por una parte, con el predominio de los vientos alisios de dirección nor-noreste, estas unidades son afectadas por fenómenos erosivos que se manifiestan en retrocesos considerables de su frente de playa. Por otra, en el período de lluvias cuando los vientos son de poca intensidad y dirección variable, las playas se reconstruyen incrementando su amplitud. Estas dos situaciones explican cómo la configuración del contorno costero y la deriva suroeste litoral (en su relación directa con la acción del oleaje), son determinantes en la influencia de la hidrodinámica sobre este sector del litoral. La interacción de estos factores se manifiesta principalmente en la pérdida y ganancia de terrenos, responsables de la formación de las extensas flechas litorales como las de Puerto Colombia, Puerto Salgar, Playa Mendoza y Galerazamba.

El diapirismo arcilloso que se manifiesta a través de volcanes de lodo ubicados principalmente en el sur del área en cercanías de Galerazamba, está asociado a fenómenos tectónicos (Pelgrain, 1993) que contribuye notablemente en la inestabilidad del litoral y podrían ser a escala regional las causantes de los eventos de erosión y sedimentación en esta región del Caribe colombiano, (Correa 1990).

Unidades Geomorfológicas Asociadas a Costas Bajas

Estas unidades de expresión topográfica baja, por su origen, bajo grado de compactación del material y ubicación geográfica son muy vulnerables a fenómenos climáticos asociados a procesos marinos costeros actuales y subactuales.

Dentro de esta categoría en la zona se destacan, en orden de importancia: Playas, espigas o flechas litorales, llanuras costeras, planos aluviales, campos de dunas, barras litorales, lagunas costeras, salares y zonas de inundación, tómbolos y llanuras de manglar. Por su disposición geográfica en el área, gran parte de estas geoformas han sido intervenidas antrópicamente, tal es el caso de las playas de Puerto Salgar, Puerto Colombia, Furú y Santa Verónica, utilizadas para el desarrollo turístico y explotación de china (material de grava).

• Playas

Esta unidad morfológica constituida por acumulación de material arenoso no consolidado de origen terrígeno y color pardo depositado en la franja litoral, define el 70% de la zona de estudio y cubre una extensión aproximada de 52 km.

A lo largo del perfil costero esta geoforma es cortada por arroyos e interrumpida por salientes rocosas que conforman, de norte a sur, los acantilados de Punta Sabanilla, El Castillo,

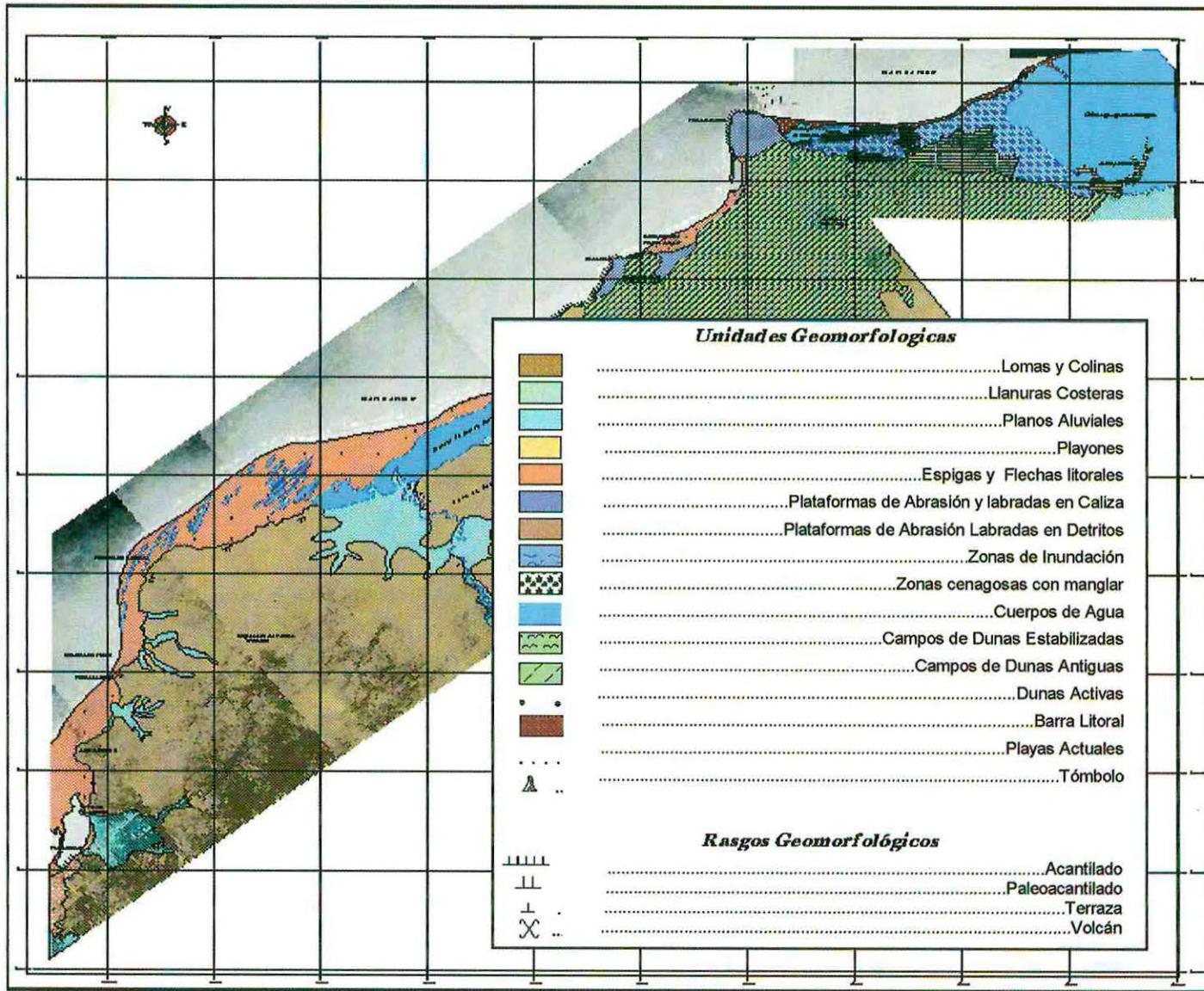


Figura 4. Mapa geomorfológico Turipaná - Ciénega de Mallorca

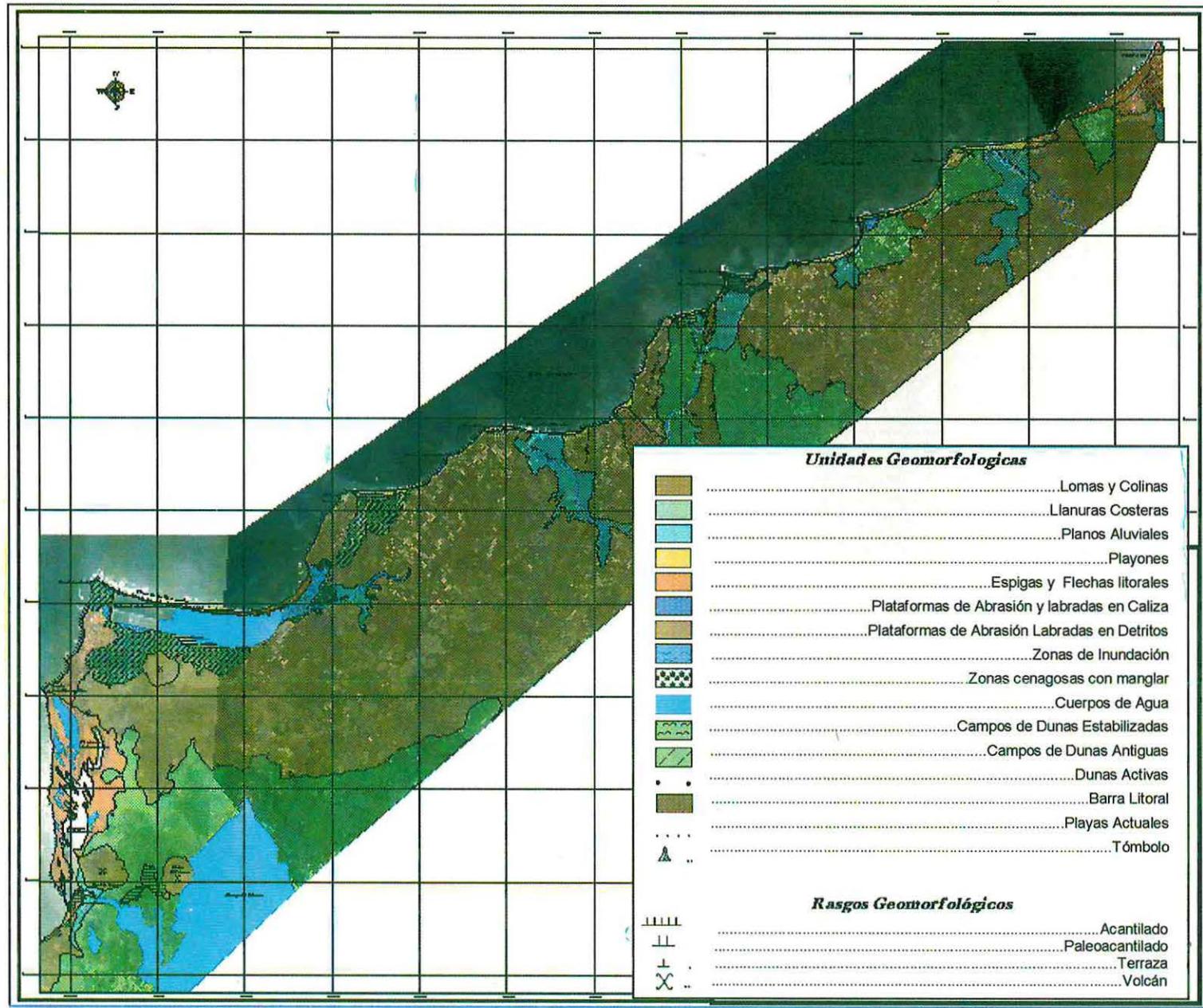


Figura 5. Mapa geomorfológico Galerazamba - Turimaná

Pradomar, Castillejo, el Vigía, Furú, San Diego, Mahates, San Vicente, Morro Pelao, El Morro y el sector entre la Garita y Juan Moreno Sur (Figuras 4 y 5)

Las playas más desarrolladas y extensas se encuentran asociadas a las grandes espigas, como Puerto Salgar, Puerto Colombia, Playa Mendoza y Galerazamba, donde alcanzan longitudes entre 2 y 12 km y amplitudes entre 250 m y 1,5 km. Presentan además, una pendiente variable entre suave y moderada de 2° a 6°, con excepción de las playas de Furú, Astilleros y Salinas de Galerazamba que en época seca alcanzan un gradiente de 12°, con un tamaño de grano grueso (Figura 6).

Molina et al., 1997, consideran las playas de esta zona muy susceptibles al embate del oleaje que arriba a la costa con una incidencia frontal y tangencial, convirtiéndolas en playas altamente erosivas. Un ejemplo de esto, son las playas de la Ciénaga de Manatíes y Sabanilla (Figura 7).

Así mismo, sufren intermitentes lapsos de erosión, asociados a épocas de verano cuando el oleaje incrementa su fuerza, como ocurre en las playas de San Vicente (Figura 8). Sin embargo, la erosión resulta ser más severa con la ocurrencia de mares de leva y tormentas tropicales. Durante esos períodos las playas tienden a reducirse, como se observa en los sectores de Santa Verónica y Turipaná (Figura 9), donde el retroceso del frente de playa fue del orden de 15 y 36 m respectivamente (*Molina, et al.*, 1998).

En un período de 10 años (1986 y 1996), los cambios más significativos del borde costero se manifestaron en un continuo retroceso de las playas asociadas a la barra que separa la Ciénaga de Mallorquín, donde la erosión alcanzó un máximo de 600 m, es decir, una tasa de 60 m/año. Algo similar ocurrió frente a Punta Castillejo, donde el retroceso fue de 500 m (*Molina et al.*, 1997)

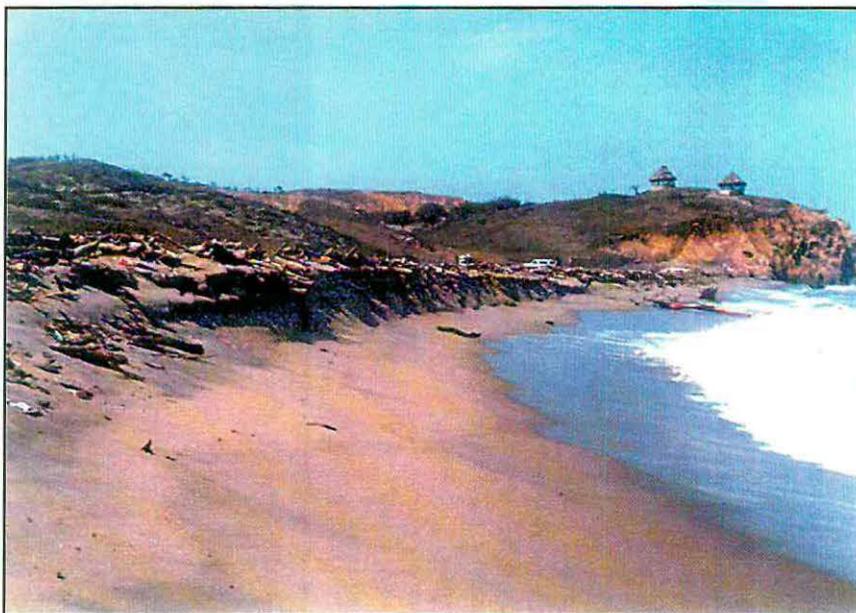


Figura 6. Playas de Astilleros. Obsérvese en primer plano los signos erosivos reflejados en la fuerte pendiente, el escarpe de la playa hasta de 50 cm de altura y el tamaño de grano grueso del sedimento. En segundo plano, puede apreciarse los campos de dunas antiguas depositadas sobre la zona de colinas.



Figura 7. Vista panorámica en dirección al norte que muestra la incidencia frontal del oleaje sobre las costas de la plataforma de abrasión en Punta Sabanilla y Ciénaga de Manatíes, situación que acelera los procesos de erosión.

Una evidencia de los procesos erosivos la constituye la presencia de troncos y chamizos localizados a lo largo de las playas, principalmente en cercanía a Punta Sabanilla y Cerro Furú. Los troncos son depositados allí, por impulsos fuertes del mar en épocas de tormenta, lo que comúnmente se conoce con el nombre de sobrelavado (overwash).

Es importante anotar que se presenta una intervención antrópica significativa, que se manifiesta a través de tres situaciones: la construcción de viviendas para el desarrollo turístico, con edificaciones en mampostería principalmente en las playas de Furú, Santa Verónica y Salinas del Rey; explotación de chinás (material guijarroso) principalmente en las playas de Furú, La Garita y Galerazamba (Figura 10) donde existe también, en esta última, la construcción de canales requeridos para el funcionamiento de las camaroneras ubicadas en cercanías a la flecha de su mismo nombre. La construcción de espolones en las playas de Puerto Salgar, Puerto Colombia

y Santa Verónica que no han producido el efecto esperado, como pudo observarse durante el período lluvioso en Puerto Colombia y Santa Verónica, cuando al desaparecer completamente la playa trasera, fue necesario colocar en algunos sitios frente a las viviendas bultos de arena y cemento, además de troncos y llantas que le sirven de muro de protección contra la acción de los procesos erosivos.

Para Martínez (1993), el material de china que se observa en las playas de la Garita es procedente de la loma el Morro, la cual geológicamente está conformada por un nivel conglomerático en una matriz poco cementada que facilita la degradación del acantilado y el aporte de estos sedimentos al mar, que posteriormente son transportados por la deriva litoral y el fuerte oleaje. Muchas de las playas se encuentran estabilizadas por dunas, en su mayoría vegetadas y ubicadas en su parte trasera (Figura 11). Litológicamente están constituidas por sedimentos de origen continental, de grano fino a medio, de bien clasificado



Figura 8. Comportamiento estacional de las playas de San Vicente. En (a) nótese la ausencia de playa en época seca y en (b) su recuperación durante el invierno.

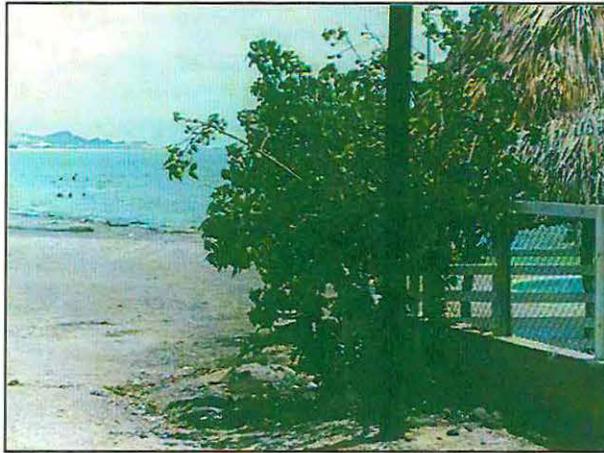


Figura 9. Amplitud de las playas de Santa Verónica frente al restaurante La Red (a). Desaparición de la playa trasera durante el coletazo del huracán Lenni (b).

a moderadamente bien clasificado, color gris y negro, este último debido a la presencia de minerales pesados, concentrados principalmente en las playas de Mallorquín, Sabanilla, Puerto Salgar, Puerto Colombia, Turipaná, Santa Verónica, Salinas del Rey, San Vicente y Galerazamba (Figura 11).

• Espigas o Flechas Litorales

Estos cuerpos arenosos en forma de gancho, elongados en dirección a la deriva litoral predominante, están unidos a tierra firme por uno de sus extremos. Su formación es el resultado

del transporte de arena a través del tiempo. En esta zona, las espigas toman una orientación variable entre norte-noroeste y norte-sur, que coincide con la dirección de la deriva litoral.

Morfológicamente las flechas definen una costa baja, desarrollada a partir de zonas protegidas, que adoptan en su parte distal la forma de gancho que se curva hacia el continente, como resultado de los fenómenos de refracción y difracción del oleaje. Otra particularidad de estas geoformas es la presencia de crestas de playa paralelas a la línea de costa

La Flecha de Galerazamba de dirección norte – sur, está conformada por un extenso playón con pendiente suave de 2° y 5°. En su interior se encuentran numerosas lagunas interiores formadas a partir de depresiones originadas entre antiguas crestas de playa, que son alimentadas por las aguas lluvias y por el mar en época de tormenta. Un ejemplo de esto lo constituye la Ciénaga la Redonda. La intervención antrópica en este lugar se manifiesta mediante la construcción de camaroneras (Figuras 14 y 15) y en la explotación de las chinás.

• Llanuras Costeras

Corresponden a planicies con leves ondulaciones cuya génesis está asociada a procesos fluvio – marinos de erosión y sedimentación (Figura 16). Los agentes modeladores típicos del continente (agua y viento) intervienen originando depósitos coluviales y luviales que al depositarse sobre antiguos ambientes marinos los fosilizan y consolidan paulatinamente. La interacción de estos dos tipos de ambientes (marino y continental) caracterizan estas geoformas, que son drenadas por varios arroyos e interrumpidas por lomas y colinas que constituyen los límites hacia el

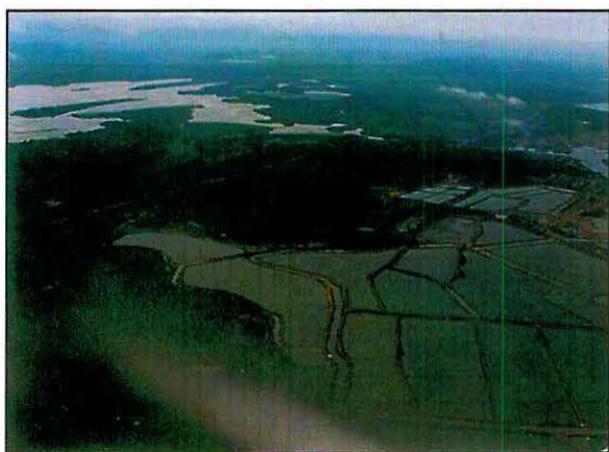


Figura 14. Vista panorámica en dirección al sur de las camaroneras ubicadas en la parte posterior de la Flecha de Galerazamba

continente y finalizan en el mar en forma aterrazada limitando con playas y dunas. Ocasionalmente estas últimas se depositan sobre ellas. A diferencia de otras zonas, la llanura localizada al este del Morro Pelao alcanza poca altura, ubicándose a pocos metros por encima del nivel actual del mar.

En el área las llanuras junto con las playas constituyen las unidades geomorfológicas predominantes y se presentan en los sectores de Turipaná, Santa Verónica, Salinas del Rey, Fray Domingo (Punta Piedra) – Cerro Mahates y en cercanías de la Flecha de Galerazamba. Se destacan por su extensión las llanuras ubicadas en inmediaciones del arroyo Cascabel y Galerazamba, donde alcanzan una amplitud promedio de 4 km y se extienden por más de 6 km hacia el continente.

• Planos Aluviales

Estas superficies planas o ligeramente inclinadas a favor de la corriente, son formadas a partir del depósito fluvial, asociadas a cauces y desembocaduras de las corrientes de agua. Están constituidas por sedimentos limoarcillosos, arenosos y ocasionalmente gravas. Se caracterizan por su forma aterrazada (Figura 17); dentro de esta unidad se incluyen los abanicos aluviales. De norte a sur, los cuerpos que ocupan mayor extensión, se localizan al sur de la Ciénaga de Mallorquín, inmediaciones al municipio de Puerto Colombia, arroyos Caja, Juan de Acosta, Bejuco, Astillero, Punta de Piedra y caseríos de Pueblo Nuevo y Lomarena.

Dentro de esta categoría se presentan terrazas de 1 a 2 m de altura desarrolladas a lo largo de los arroyos Caja y Juan de Acosta. En fotografías aéreas e imágenes de satélite fue posible apreciar claramente dos abanicos aluviales formados por el caño Bejuco y arroyo Astillero. Este último a su vez se comporta como una zona anegadiza, producto de las fluctuaciones periódicas de la marea.



Figura 15. Zonas de manglar intervenidas con la construcción de camarónicas en la parte posterior de la flecha de Galerazamba

Martínez (1993), presume que la planicie aluvial de 1.7 m de altura, donde se ubica el caserío de Pueblo Nuevo es originada por neotectonismo, al encontrarse en una zona relativamente sísmica y tectónicamente inestable

- Campos de Dunas

Acumulaciones de arena transportada por el viento, de formas alargadas dispuestas a lo largo de la línea de costa. Son depositadas en dirección al viento predominante, con alturas variables entre pocos cm hasta 18 m. Tres tipos de dunas se presentan en la zona: Dunas actuales (activas), dunas estabilizadas por vegetación y dunas antiguas. Están constituidas por sedimentos arenosos de grano muy fino a fino, de color gris y composición similar a las playas adyacentes. Las dunas activas se aprecian a lo largo de las espigas y playas que se extienden en forma paralela a la línea de costa, donde los fuertes vientos continuamente movilizan arena, moldeando su topografía. Algunas de estas dunas se encuentran incipientes y semivegetadas ocupando las espigas de Puerto Colombia, Puerto Caimán y la playa trasera de Turipaná, y en forma casi continua desde Santa Verónica hasta el

Morro, siendo interrumpidas en este tramo por el Cerro Mahates y Morro Pelao. Finalmente, se observan dunas sobre la barra que encierra las salinas de Galerazamba y la flecha de su mismo nombre.

Las dunas estabilizadas están muy desarrolladas y por lo general delimitan terrenos consolidados. Las dunas antiguas son las más altas y se depositan sobre las colinas y planos aluviales. Al norte se encuentran en proximidades a la Ciénaga de Mallorquín en el sector del caserío de la Playa, Punta Sabanilla, El Castillo, Puerto Salgar, distribuidas ampliamente sobre las rocas calcáreas; mientras que al sur del área, se observan restringidas a la zona costera principalmente al noreste de la Loma El Morro, en Punta de la Garita y sur de las Salinas de Galerazamba. Su origen está asociado a la presencia de los vientos alisios de dirección noreste.

- Barras Litorales

Acumulaciones de sedimentos arenosos contruidos por la acción combinada de las olas y de las corrientes litorales en aguas de poca profundidad. Se caracterizan por limitar cuerpos de aguas interiores y el mar abierto

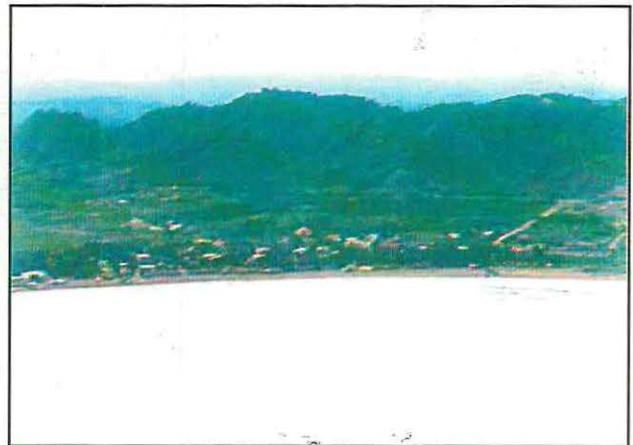


Figura 16. Zonas de manglar intervenidas con la construcción de camarónicas en la parte posterior de la flecha de Galerazamba



Figura 17. Plano aluvial localizado en cercanías de Punta Piedra, limita hacia el mar en forma aterrazada. Obsérvese los estratos de gravas dejados por el arroyo.

(Figura 18). Aparecen asociadas a estas unidades las playas, las zonas de inundación, las dunas y las espigas.

En el área, las barras litorales encierran de norte a sur las ciénagas de Mallorcaín, Manatíes y las salinas de Galerazamba, con longitudes entre 2 y 8 km. y amplitud de 100 m en promedio. La barra que individualiza las dos ciénagas se desprende desde el tajamar Occidental y se proyecta en dirección suroeste hasta Punta Sabanilla. Esta unidad ha sufrido cambios significativos en su morfología y amplitud como consecuencia de la variación de la dinámica costera que se generó desde la construcción del tajamar Occidental. Para Molina et al., (1997), estas modificaciones revelan en general un retroceso máximo de 600 m de la barra, asociada a una tasa de erosión de 60 m/año, lo que es corroborado por Martínez, (1993) quien reporta pérdidas de terrenos de este sector del orden de 63 m/año.

- Lagunas Costeras

Corresponden a depresiones de poca profundidad ocupadas parcial o totalmente por cuer-

pos de agua separadas del mar generalmente por una barra y/o espigas y presentan una comunicación directa o efímera con el mar. En el área todas las ciénagas presentan hacia sus bordes pequeñas franjas de manglar.

Por sus dimensiones las ciénagas más importantes en el área de estudio corresponden a la Ciénaga de Mallorcaín al norte y la Ciénaga del Totumo al sur. La primera, de forma semiredondeada, con una extensión de 9 km², está encerrada por la barra del mismo nombre y comunicada al mar a través de una boca que se abre y se cierra dependiendo de los períodos climáticos.

El substrato está constituido por material arcillo-limoso. La segunda, de forma alargada en sentido norte - sur, está enmarcada en una llanura costera. Otras ciénagas de menor extensión son: La Ciénaga de Manatíes, que tiene comunicación con el mar a través de varias bocas; Ciénaga de Puerto Colombia, de forma alargada se extiende en sentido noreste-suroeste e individualizada por la espiga de su mismo nombre; Ciénaga La Redonda localizada en la flecha de Galerazamba, conectada con la Ciénaga del Totumo a través del caño Amanzaguapos y comunicada al mar por medio de un canal artificial.

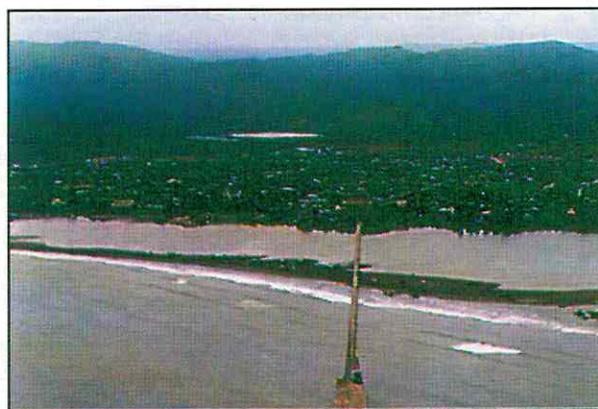


Figura 18. Barra litoral frente a Puerto Colombia a la altura del muelle turístico, actualmente desaparecida.

- Salares y Zonas de Inundación

Estas planicies o depresiones someras susceptibles a inundación marina o fluvial, están caracterizadas por un substrato principalmente lodoso. En el área, las zonas de inundación se localizan en los bordes de las Ciénagas Mallorcaín y Manatés, donde se desarrolla un bosque de manglar, Salinas del Rey, Punta de Piedra e inmediaciones del arroyo Astillero; mientras que los salares se restringen principalmente en el área de Galerazamba, los cuales actualmente se encuentran en explotación (Figuras 19 y 20).

- Tómbolos

Corresponden a planicies de aspecto triangular y extensión variable (pocos metros a kilómetros) que se forman al unirse una isla o un bajo con el continente por medio de playones, a través de los efectos de refracción y difracción del oleaje tanto en la zona continental como en la isla. En las playas de Salinas del Rey y Ensenada de Fray Domingo (Punta de Piedra) se desarrollan dos tómbolos, imprimiéndole un carácter dentado a la costa. En la playa trasera se aprecian amplios campos de dunas de 1.5 m de altura que separan una ciénaga del mar actualmente en proceso de colmatación, definida en este trabajo como zona inundable.

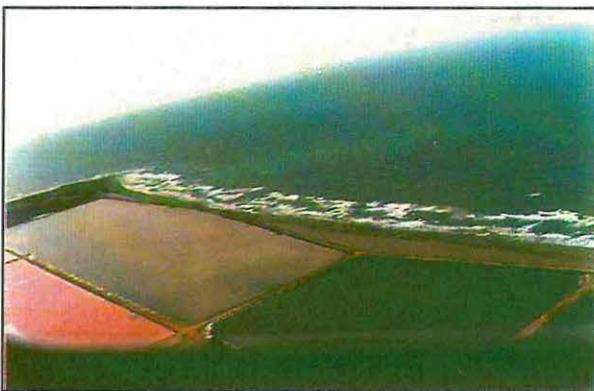


Figura 19. Vista panorámica de las Salinas de Galerazamba.



Figura 20. Vista panorámica del sector de Salinas del Rey. Obsérvense las zonas de inundación arcillosas en color café.

- Llanuras de Manglar (Zonas cenagosas con manglar)

Superficie cenagosa compuesta esencialmente de lodo y arena con abundante materia orgánica que constituye el substrato apto para el desarrollo del manglar y otras especies halófitas. Se presenta a manera de bosque en los alrededores de la Ciénaga de Manatés y en la Ciénaga de Mallorcaín y Punta de Piedra y como parches en inmediaciones del arroyo Astillero, las Salinas, Punta de la Garita y Flecha de Galerazamba

Unidades Geomorfológicas Asociadas a Costas Altas

Dentro de esta categoría, se consideran como unidades asociadas a costas altas aquellas expresiones topográficas con alturas superiores a los 10 m. sobre el nivel del mar, entre las cuales se destacan lomas, colinas y plataformas de abrasión elevadas.

- Lomas y Colinas

En el área, estas expresiones topográficas muestran en general una tendencia noreste, con alturas inferiores a 110 m s.n.m., asocia-

das a procesos orogénicos y morfogenéticos diferentes dentro de la evolución tectónica de la costa nor-occidental colombiana. Las lomas conforman un relieve suavemente ondulado con alturas entre 10 y 40 m s.n.m., asociadas a rocas arcillosas. Algunas formas dómicas producto del diapirismo arcilloso alcanzan los 40 m y desarrollan volcanes de lodo con un drenaje radial como ocurre al este y sur de Galerazamba (Figura 21). Estas geoformas asociadas a fenómenos tectónicos (Pelgrain, 1993) contribuyen a la inestabilidad del litoral y podrían ser a escala regional las causantes de los eventos de erosión y sedimentación en esta región del Caribe colombiano, (Correa, 1990).

Las colinas con alturas entre 40 y 100 m s.n.m. ubicadas en proximidades a línea de costa, se extienden en forma alargada en sentido noreste, limitando con el mar en forma de acantilados casi verticales. Están talladas en rocas sedimentarias, constituidas por intercalaciones de areniscas, arcillas y limolitas y en menor proporción conglomerados. De acuerdo con Duque, (1984) se encuentran estructuralmente asociadas al cinturón plegado del Sinú y controladas por fallas importantes cuyos efectos se reflejan en el fracturamiento y cizallamiento de las rocas. La

ausencia de playas en estas unidades que amortigüen los efectos del oleaje, la carencia de vegetación frente al acantilado y la composición litológica de la roca, principalmente arcillosa, sumados a los agentes climáticos, agudizan los procesos erosivos reflejados en la caída de bloques, cárcavas, surcos, tierras malas y erosión en hondonadas.

En el área, el perfil costero de norte a sur está definido por los promontorios rocosos de Pradomar, Castillejo, Vigía, Furú, El Sapo, San Diego, Mahates, San Vicente, Punta de Morro Pelao, Punta Manzanillo y Loma el Morro (Figura 22). De estas unidades las que presentan mayor amenaza y peligro en las viviendas construidas en proximidades a los acantilados son las que dibujan el sector de Pradomar, el Castillo, Furú y San Vicente.

- Plataformas de Abrasión Elevadas

Esta unidad corresponde a superficies planas con ligeras inclinaciones, labradas por la acción del mar en el pasado sobre formaciones rocosas. Afloran en sitios específicos: al norte del área, en Punta Sabanilla y el Castillo, labradas sobre rocas calcáreas de la formación La Popa; la primera según Martínez, (1993) se presenta ligeramente basculada 14° hacia

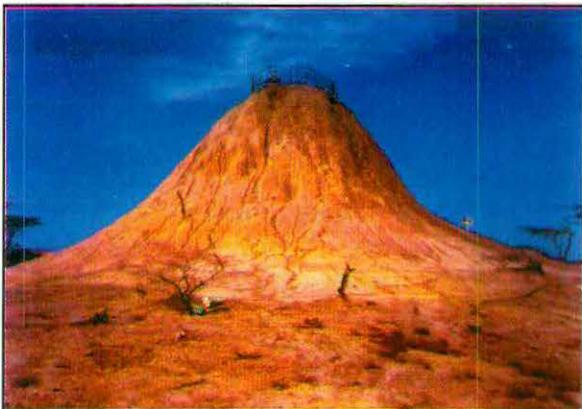


Figura 21. Volcán del Totumo. Evidencia la presencia del diapirismo arcilloso en proximidades de Galerazamba



Figura 22. Acantilado del Cerro Furú, en cercanías a Santa Verónica

el noreste (Figura 7). Al centro del área, adyacentes al Arroyo Caja, Cerro Vigía y Cerro San Vicente las plataformas están labradas sobre rocas detríticas, formando escarpes hasta de 13 m de altura (Figura 23). Al sur, en el sector comprendido entre Punta de la Garita y Punta Juan Moreno Sur, esta unidad se encuentra tallada sobre rocas Terciarias, altamente tectonizadas, limitando hacia el mar por escarpes acantilados de 5m de altura y pendiente vertical.



Figura 23. Plataforma de abrasión elevada labrada en roca detrítica localizada en cercanías del arroyo Caja

CONCLUSIONES

La zona costera entre Barranquilla (Bocas de Ceniza) y Flecha de Galerazamba está dominada por unidades geomorfológicas asociadas a costas bajas y costas altas. Entre las primeras se destacan las playas, llanuras costeras, flechas litorales, barras litorales, dunas, lagunas costeras, llanuras de manglar, planos aluviales, salares y zonas de inundación. Las segundas, están definidas por promontorios rocosos como lomas, colinas y plataformas de abrasión elevadas.

Las costas bajas se consideraron en este trabajo como de amenaza, teniendo en cuenta los problemas ocasionados por los fenómenos de erosión y de acrecimiento sedimentario.

Entre estas zonas se destacan las playas que dibujan el contorno costero entre la Ciénaga de Mallorquín, Punta Sabanilla y Puerto Salgar, parte septentrional y sur de la Espiga de Puerto Colombia. En este sector, la erosión se ha agudizado como consecuencia de la construcción del tajamar occidental.

Las costas altas catalogadas como zonas de amenaza se definieron a partir de los problemas de inestabilidad ocasionados por el volcanismo de lodo, la intervención antrópica, la composición litológica de las rocas, socavación del acantilado como consecuencia de la dinámica marina, fenómenos de remoción en masa y fenómenos de erosión producto de la deforestación en el frente del acantilado y las áreas adyacentes. Entre estas zonas se destacan los promontorios rocosos de Punta Sabanilla, el Castillo, Pradomar y Loma San Vicente.

En la planificación de las actividades turísticas e industriales en zonas costeras, se recomienda considerar la ejecución de estudios previos que permitan identificar las características de las unidades geomorfológicas que dominan el perfil costero, además del comportamiento de la dinámica marina, con el fin de que no agudicen los fenómenos de erosión o sedimentación en estas zonas.

De otro lado, como parte de la metodología en este trabajo se destaca la técnica de ortorectificación de fotografías aéreas que fue de vital importancia para definir con mejor resolución y precisión las unidades geomorfológicas y la línea de costa. Los modelos digitales de terreno, indispensables para este proceso se constituyen en un elemento adicional de análisis en 3D que permite visualizar más fácilmente la generalidad del relieve de la zona. Se considera entonces que tanto la ortorectificación y los DTM representan una herramienta muy valiosa para el investigador, en este caso el análisis geomorfológico.

BIBLIOGRAFÍA

Correa, I.D., Inventario de erosión y acreción litoral (1793-1990) entre los Morros y Galerazamba, departamento de Bolívar, *Memorias I Seminario Andino de Geología Ambiental*, Universidad EAFIT, Medellín, pp. 129-142, 1990

Duque Caro H., Estilo estructural, diapirismo y episodios de crecimiento del terreno Sinú-San Jacinto en el noroccidente de Colombia. *Boletín Geológico INGEOMINAS*, Vol. 27 No2, Bogotá, 29p., 1984.

Martínez, J. O., Geomorfología y amenazas geológicas de la línea de costa del Caribe Central colombiano. (Sector Cartagena-Bocas de Ceniza), *Publicaciones Geológicas Especiales del INGEOMINAS*, 62 p., 1993.

Molina, A, C. Molina, L. Giraldo y R. Barrera., Características estratigráficas y morfodinámicas de la franja litoral Caribe colombiana (sector entre Barranquilla - Flecha de Galerazamba), *Reporte Técnico CIOH*, 22p., 1997.

Molina, A., C. Molina, L. Giraldo y L.E. Molina, Variaciones morfológicas y texturales

de las playas entre Barranquilla y Flecha de Galerazamba. *Boletín Científico CIOH No 18*, Cartagena, pp. 23-38, 1998

Molina, A., C. Molina, Y. Thomas y L.E. Molina, Comportamiento de la línea de costa del Caribe colombiano, sector entre Barranquilla (Bocas de Ceniza) y Flecha de Galerazamba. *Reporte Técnico CIOH*, 25p., 1997.

Molina, L.E., F. Pérez, J.O. Martínez, J.V. Franco, L. Marín, J.L. González y H. Carvajal. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe colombiano, *Publicaciones Geológicas Especiales de Ingeominas*, 73p., 1996.

Pelgrain, A., Rasgos tectónicos y estilo estructural de la margen activa norte colombiano, desde el golfo de Morrosquillo hasta el delta del río Magdalena, *Memorias VII Seminario de Ciencias y Tecnologías del Mar*, Cali, pp. 109-119, 1990.