

CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS Y SEDIMENTOLÓGICAS DE LA BAHÍA DE SANTA ELENA

Por:
Bolívar Soledispa. ⁽¹⁾

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de las investigaciones realizadas sobre sedimentos superficiales de fondo, desde el punto de vista granulométrico.

Un total de 28 muestras de sedimentos del área entre la Puntilla de Santa Elena y Punta Blanca (Provincia de Santa Elena, Ecuador), fueron analizadas, de cuyo resultado se determinó una predominancia de arena media a fina, mal seleccionada, aunque también hay bien seleccionadas; son asimétricamente negativas.

Los acantilados del sector están conformados por rocas sedimentarias, muy inestables, por eso son de fácil erosión.

Centros turísticos y poblacionales se han instalado a lo largo de la línea de costa.

ABSTRACT

This papers presents the results of research in surface marine sediment samples, based upon granulometric analysis.

Twenty eight samples of sediments from the area between Santa Elena and Punta Blanca Province of Santa Elena, Ecuador, were analyzed. These samples displayed a predominance of medium to fine sand, poor as well as good sorting, and negative assymetricals.

The cliffs of the sector are composed of sedimentary rocks, very unstable and therefore susceptible to erosion. Tourist and populational centers are located along the coastline.

INTRODUCCIÓN

En este artículo se presentan los resultados de la investigación sobre sedimentos de fondo, los mismos que son parte del conocimiento básico de las zonas costeras, y que su entendimiento es necesario en el estudio de la morfología costera, así como en la búsqueda de recursos naturales como los áridos para la construcción: arena, grava y conchilla. Como parte complementaria,

también se presenta información sobre la geología y geomorfología del área de estudio.

ANTECEDENTES

La línea de costa, entre la tierra y el mar, se constituye en una interfase geográfica y geológica muy importante. Desde la mitad del siglo pasado se observa en varias regiones del mundo, una tendencia a la

1. Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. Avda. 25 de Julio, Base Naval Sur. Casilla 5940, Guayaquil, Ecuador.
Fax: (593-4) 2485166 E-mail: geofisica@inocar.mil.ec

migración de las poblaciones hacia la zona litoral, lo que la convierte en una de las áreas de mayor interés económico, a pesar de estar sometida a muchos riesgos particulares.

La variación de la línea de costa y los procesos geológicos, oceanográficos y climáticos que la controlan, es un tema de interés actual; sin embargo, la discontinuidad en la ocurrencia de estos cambios impide frecuentemente que se pueda apreciar fácilmente las tendencias de los mismos.

Por lo antes señalado, la División de Geología Marina, del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), viene realizando investigaciones sedimentológicas a la largo de la zona costera, ríos y esteros de la costa ecuatoriana. En este trabajo se presentan los resultados de un muestreo de sedimentos, llevado a cabo entre la Puntilla de Santa

Elena y Punta Blanca, en la Provincia de Santa Elena, en abril/mayo del 2005, el mismo que a continuación se expone.

OBJETIVO

El objetivo es determinar los tipos de sedimentos que predominan en el área de estudio, así como su distribución aproximada en el mismo.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es el sector de la zona costera comprendida entre la Puntilla de Santa Elena y Punta Blanca, en la Provincia de Santa Elena, al oeste del país (Figura. 1), cubriendo una extensión de aproximadamente 27.5 kilómetros. El muestreo de sedimentos alcanzó el veril de los 20 metros, distante unos 7 kilómetros de la costa.

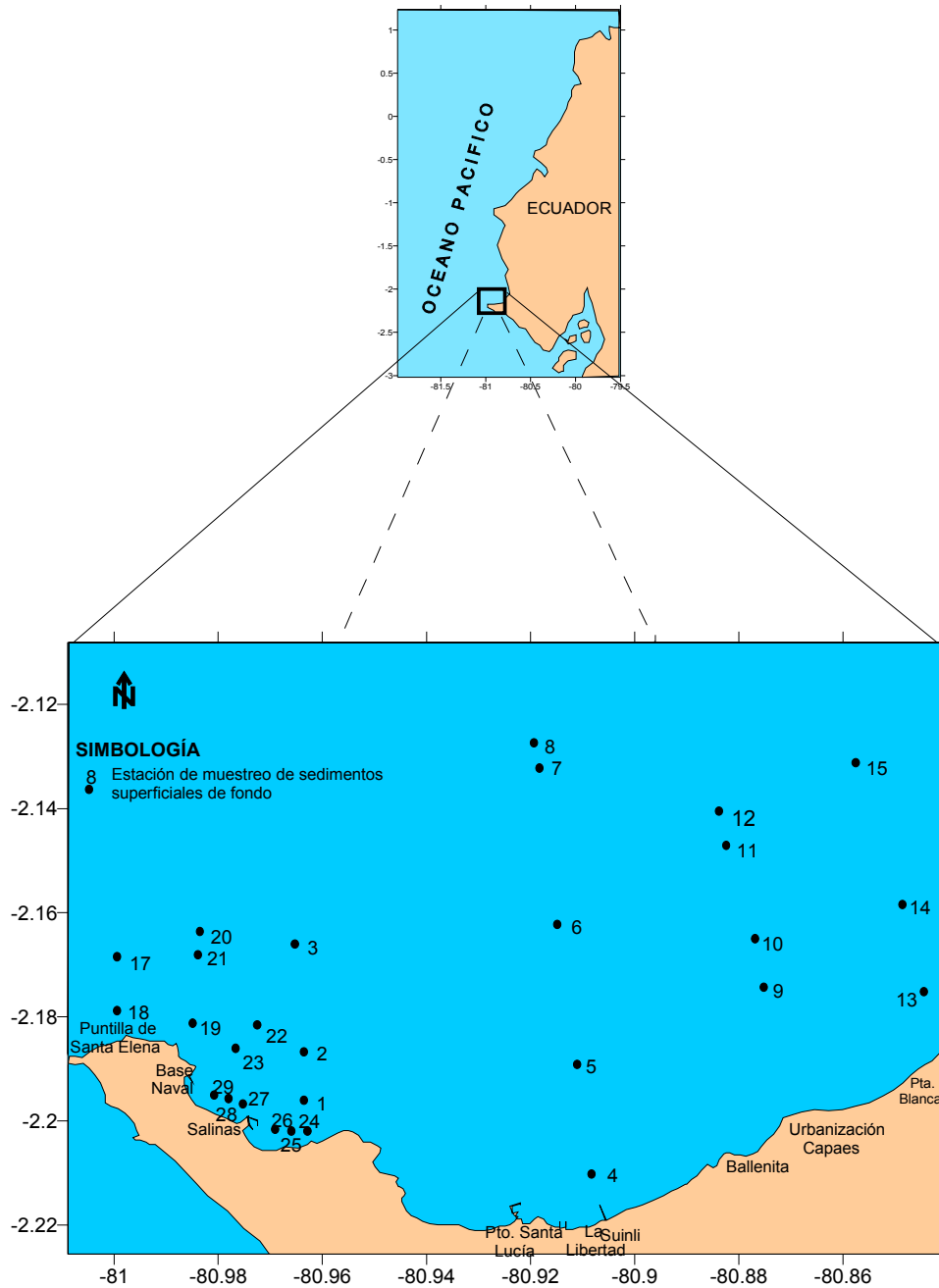


Figura 1.- Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo de sedimentos superficiales de fondo.

A esta zona costera del área de estudio sólo desemboca el estero La Libertad, ubicado en la población del mismo nombre; pero siguiendo el perfil costero, más hacia el noreste desembocan varios ríos y esteros tales como: San Pablo, Javita, Gramona, Palmar, entre otros, los mismos que son intermitentes, es decir, son secos en verano,

y sólo adquieren un pequeño caudal en los meses de invierno, siempre y cuando llueva en forma considerable. Pero, ante la presencia de un evento El Niño, fenómeno natural en el que se presentan lluvias torrenciales, estos ríos se vuelven correntosos, lo que facilita el acarreo de grandes cantidades de sedimentos.

La dirección de las corrientes cercanas a la costa es hacia el norte en las Provincias El Oro, Guayas y Manabí. Salvo casos excepcionales, la deriva litoral se dirige hacia el norte durante el estiaje, y al sur durante la estación lluviosa (PMRC, 1988).

Varios sectores poblados se han asentado a lo largo de la zona costera, convirtiéndose algunos, en centros turísticos como son: Salinas, La Libertad, etc.

METODOLOGÍA

De campo

Se colectaron un total de 28 muestras de sedimentos superficiales de fondo, distribuidas en 7 perfiles perpendiculares a la línea de costa, en cada uno de los cuales se tomaron entre dos y cinco muestras (Figura. 1).

Para este muestreo se utilizó una draga modelo Van Veen, a bordo de la lancha Bellatrix del INOCAR, trabajo que se llevó a cabo entre los días 30 de abril y 1 de mayo/2005. Para el posicionamiento de las estaciones de muestreo se utilizó un DGPS 5700 y el software HYPACK.

De laboratorio

La granulometría de las muestras de sedimentos se determinó utilizando métodos estándares de análisis con tamices y pipetas. La fracción gruesa fue sometida al tamizaje seco, utilizando un juego de tamices U.S. Standard Testing Sieve, y un agitador mecánico Ro-Tap, durante 15 minutos (Folk, 1969). La fracción fina, en cambio, fue tratada mediante el análisis de pipeta (Folk, 1969).

En cuanto a información geológica, se presenta un mapa de la geología regional,

un mapa de la geología de la Puntilla de Santa Elena, una figura del perfil intermareal, y otra, de un espigón, y por último, varias fotografías.

MARCO GEOGRÁFICO

En la región costera del Ecuador, en el espacio de unos pocos grados de latitud, se pasa de la selva tropical, en el norte del país, a condiciones desérticas en el sur. Dentro de las condiciones de aridez predominantes en la zona central del litoral, el sur de la Provincia de Manabí, y noroeste de la Provincia del Guayas, presentan un ambiente de sequía muy marcado, que alcanza máximas proporciones en la Península de Santa Elena. Estas condiciones se interrumpen hacia el este, en la zona meridional de la Cuenca del Río Guayas, donde el clima se caracteriza por temperaturas medias, alta humedad y abundantes precipitaciones en la temporada de lluvias. Más hacia el sur predomina nuevamente la aridez, la misma que es una prolongación de las condiciones climáticas del litoral peruano (Preston, 1959).

Las playas ecuatorianas, en determinadas épocas del año, son sometidas a procesos de erosión y acreción, jugando papel principal el transporte de sedimentos, principalmente arena, ya que da lugar a dos perfiles de playa: a) El perfil de calma, que tiene lugar en verano, cuando las condiciones de agitación del mar son menos severas, produciéndose un perfil con una acumulación de arena en la parte alta de la playa (en la berma), y; b) El perfil de tormenta, que tiene lugar en invierno, cuando hay mayor agitación de las olas, dando lugar a una serie de rompientes que forman barras y fosas, llamadas también artesas, tal como se esquematiza en la Figura 2 (INOCAR, 2007).

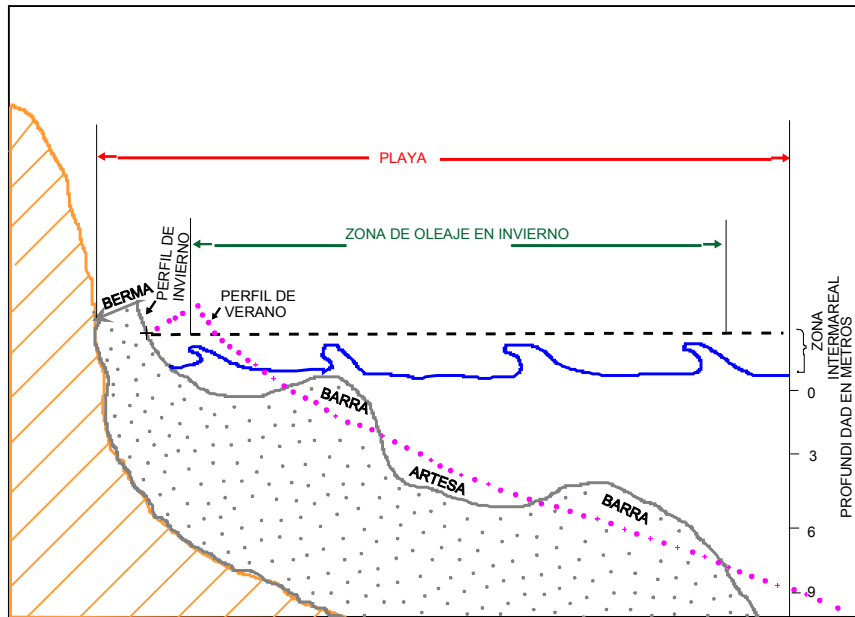


Figura 2.- En invierno hay mayor acumulación de arena en la berma. En verano, esta arena es transportada hacia el mar.

Este material arenoso posiblemente proviene del mar, transportado por las corrientes marinas (frontales y litorales, así como las de marea). Este transporte de arena hacia la costa es lo que origina la erosión o acrecencia de las playas ecuatorianas. Cuando las olas llegan en forma perpendicular a la línea costera, se produce el transporte hacia la playa, y desde ésta, hacia el mar. La energía de una ola que rompe es la que agita los sedimentos del fondo de la zona de resaca, y los deja en suspensión, para luego ser llevados hacia la playa, en

donde se derrama en forma de espuma, y luego, por la resaca, ser llevados hacia el mar. Este tipo de transporte es el denominado corriente frontal.

Un ejemplo del transporte frontal, y que evidencia la fuerza del oleaje ante una marejada, o ante un evento El Niño, es el arrastre de grandes cantidades de conchilla, depositada en la playa, y en ciertas ocasiones, hasta en la calle del Malecón de Salinas, tal como se puede apreciar en la Foto 1.



Foto 1.- Trabajadores municipales están sacando del Malecón de Salinas, la conchilla que ha sido transportada por las olas durante la marejada.

También hay el transporte de sedimentos paralelo a la costa, originado por las corrientes litorales. Es de señalar que estas corrientes se producen cuando las olas rompen oblicuamente, con respecto a la línea costera; por lo general, están limitadas a la zona de resaca y ocupan el primer lugar entre las corrientes que mueven sedimentos de la playa. Este tipo de transporte consta de dos componentes: 1) El movimiento originado por las corrientes litorales y; 2) El vaivén de la arena en la anteplaya, producida por el rompimiento de las olas. La cantidad de movimiento de la rompiente origina una corriente litoral, debido a lo cual a lo largo de la costa se produce un movimiento de agua, mezclada con los sedimentos que dicha rompiente ha puesto en suspensión (INOCAR, 2007).

Si sobre la costa se acumula más arena que la que pueden mover las olas, especialmente en época de verano, la línea costera acrecerá. Si en cambio, el suministro de arena es menor que la cantidad que pueden mover las olas, la costa se erosionará, especialmente durante eventos El Niño, donde hay lluvias torrenciales, así como agitación del mar (INOCAR, 1998). Estas corrientes, al igual que las corrientes frontales, son las que transportan hacia el fondo marino, el material sedimentario que es erosionado de los acantilados, los mismos que, en la zona de estudio, al igual que en otros sectores de la línea costera ecuatoriana, son bajos, verticales, muy inestables, fallados y, por lo tanto, fácilmente erosionables.

Una de estas fuentes de aporte de sedimentos hacia la Bahía de Santa

Elena, son los acantilados de la Puntilla del mismo nombre, los mismos que por el fuerte oleaje que se presenta en forma constante en ese sector, están sometidos a un permanente socavamiento de su base, y por ende, a una continua erosión.

Algunas veces, este transporte de sedimentos paralelo a la costa es interrumpido por los llamados espigones, es decir, enrocados o muros de contención perpendiculares a la línea de costa, construidos para edificar obras portuarias, como por ejemplo una marina, para áreas de recreación de turistas, para la ampliación de una playa, etc (Fig. 3). Un espigón es una estructura de protección destinada a modificar la deriva litoral, de modo que da lugar a la formación de una playa, o a su mantenimiento, es decir, por ser casi perpendicular a la costa, dicha estructura es una barrera parcial o total al transporte litoral entre su extremo marítimo, y el sector donde rompen las olas. La deriva litoral así bloqueada, se acumula a lo largo del costado deriva arriba del espigón, así como en la parte marina inmediata al extremo de la misma, lo que trae como consecuencia que el suministro de arena a la costa, deriva abajo de dicho espigón, quede reducido, trayendo como resultado el retroceso de la línea costera, por la erosión originada por las olas. Con una deriva litoral constante y unidireccional, este proceso continúa hasta que se rellena de arena el lado del espigón deriva arriba; luego de lo cual dicha arena pasa de nuevo al otro lado del espigón. Pero hasta que se produzca esto último tendrá que pasar un número no determinado de años.

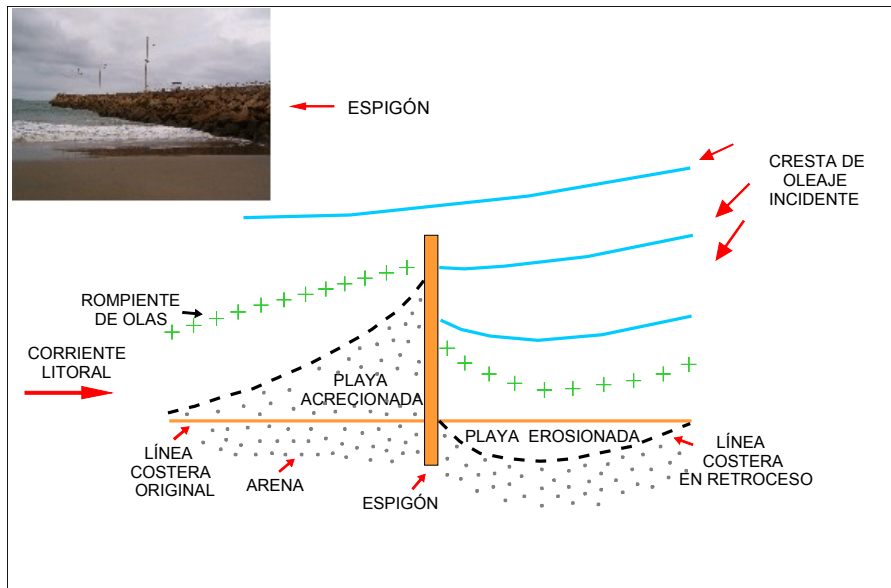


Figura. 3.- POSIBLE EFECTO EN LA MORFOLOGÍA DE UNA LÍNEA COSTERA POR LA CONSTRUCCIÓN DE UN ESPIGÓN

Se aprecia la acreción de la playa por la retención de arena deriva arriba de la corriente litoral, así como también el retroceso de la línea de costa por la erosión deriva abajo. Se observa además la refracción de las olas al aproximarse a la estructura.

En el área de estudio hay tres espigones: el del Yacht Club de Salinas, el de Puerto Lucía y el que últimamente han construido en el balneario La Libertad.

Uno de los sectores que ha sido afectado por un espigón es Salinas, en donde el rompeolas del Yacht Club originó la acreción de la playa del lado de la Base Naval, así como la erosión de la playa del otro lado. Actualmente, es posible que en este sector, la línea costera de Salinas esté en un equilibrio aproximado, ya que la arena transportada por la corriente litoral pasa de un lado a otro del espigón. Se afirma esto porque tanto la zona de playa ubicada hacia la izquierda de la estructura (playa del lado de la Base Naval), como la playa hacia su derecha (playa del malecón), están sometidas a un proceso de acreción. En el balneario La Libertad, en estos últimos años han construido espigones, con la finalidad de ampliar la playa.

Este mismo proceso está ocurriendo en la ciudad de Manta, donde el espigón de la Autoridad Portuaria ha originado el crecimiento de la Playa Murciélagos,

ubicada hacia su izquierda, así como la Playa Tarqui, incluyendo el muelle artesanal ubicado hacia su derecha. Aquí también se puede decir que la línea de costa ha alcanzado un equilibrio aproximado.

MARCO GEOLÓGICO

GEOLOGÍA DE LA PUNTILLA DE SANTA ELENA

Desde el punto de vista geológico, en el área de Salinas, el rasgo más importante es el promontorio de la Formación Cayo, representado aquí por areniscas, chert y arcillas silicificadas.

En las partes bajas, yaciendo directamente sobre la Formación Cayo, se encuentran depósitos cuaternarios constituidos por el Tablazo Pleistocénico del estadio SE (Pedoja et al., 2006), compuesto de areniscas calcáreas y conglomerados, con abundantes fósiles (Figura. 4).

Las costas, de acantilados incipientes, se encuentran en proceso de levantamiento (Pedoja et al., 2006 indica una tasa de levantamiento de 0.2 mm/año), a juzgar

por la presencia de rocas sumergidas de la Formación Cayo, y la ubicación actual de los afloramientos cuaternarios (INOCAR, 1975).

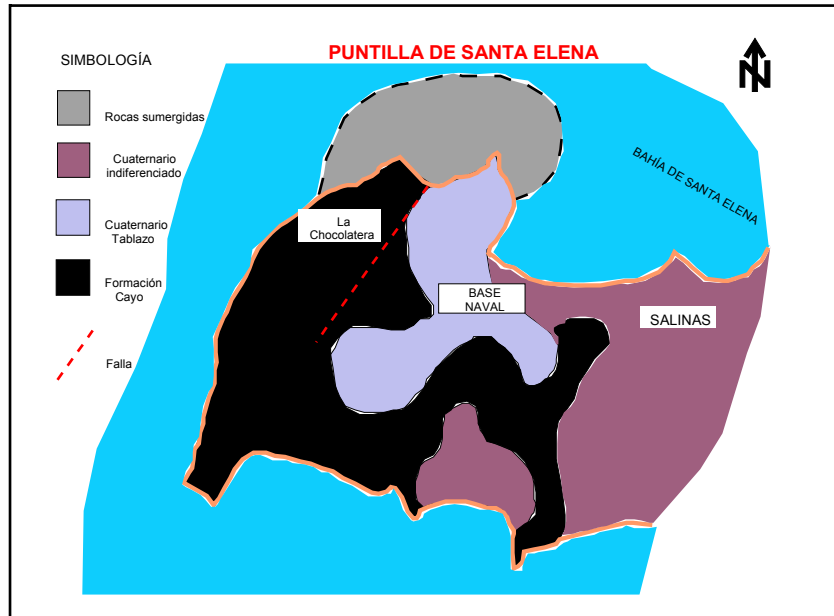


Figura. 4.- Mapa geológico de la Puntilla de Santa Elena

GEOMORFOLOGÍA

La costa desde Ballenita hasta la Puntilla de Santa Elena es muy irregular; los acantilados son bajos, verticales, muy inestables, lo que ha traído como consecuencia que muchas viviendas construidas en la cima, se

hayan destruido (Foto 2), o estén con serios daños, por no haber considerado en la planificación de construcción, el avance lento pero inexorable de la erosión.



Foto 2.- Una de las viviendas destruidas por la socavación de la base del acantilado.

Los bajos acantilados se originaron de un sistema de barrera levantada/planicie litoral, y están conformados de areniscas pobremente cementadas con carbonato, lutitas y arcillas (PMRC, 1994).

El flujo de agua subterránea facilita el colapso de los acantilados, en la forma de fallas de bloques y asentamiento de piscinas, patios y otras estructuras. Los muros de contención son inefectivos

para combatir el problema, y ellos mismos colapsan (PMRC, 1994).

Son muy notorias las salientes rocosas, llamadas también plataformas de erosión, las mismas que se extienden varias decenas de metros mar adentro; se constituyen en la evidencia del avance del mar, por el retroceso de los acantilados debido a la erosión. Ejemplos de estas plataformas son las del sector Punta Blanca-Capaes y las de la Puntilla de Santa Elena (Foto 3).



Foto 3.- Plataforma rocosa que evidencia el retroceso de los acantilados.

Este proceso erosivo es el causante de la destrucción de muchas obras civiles, como por ejemplo el antiguo muro de contención del balneario La Libertad (Foto 4), así como

el del Hotel Samarina, estructuras de concreto cuya base fue socavada, y por ende, desestabilizada.



Foto 4.- Antiguo muro de contención, de concreto, del balneario La Libertad, completamente destruido.

En el área de Salinas, las costas son bajas, los acantilados alcanzan alturas no mayores de 10 metros, en donde las olas han labrado tanto en las rocas de la Formación Cayo como en las del Tablazo. En los lugares en donde no afloran estas Formaciones, se han desarrollado playas que han hecho avanzar la línea de costa hacia el mar. La característica geomorfológica más importante de este sector, lo constituyen las plataformas de erosión, dos de ellas claramente observables en la Puntilla de Santa Elena, y corresponden a épocas en que el nivel del mar descendió hasta esas profundidades (4 y 10 metros), durante las épocas glaciares. En circunstancias favorables, estas plataformas escalonadas podrían aprovecharse para cimentar sobre ellas muelles u otras instalaciones (INOCAR, 1975).

Pero realmente su utilización es cuestionable por no existir protección de la ensenada, por cuanto en ese sector es continuo el fuerte oleaje. La construcción de espigones y el relleno de las plataformas encarecerían enormemente cualquier obra. Además, el material rocoso es aparentemente competente, resiste la erosión, pero por estar silicificado, se convierte en roca frágil, con escasa capacidad para soportar el esfuerzo de compresión: se fractura muy fácilmente cuando se toman bloques separados (INOCAR, 1975).

Hay que señalar que la base de estos acantilados, desde hace varios años viene siendo sometida a un fuerte socavamiento, produciendo un marcado retroceso de la línea de costa, cuya evidencia de este proceso erosivo son los grandes bloques rocosos caídos de la parte alta (Foto 5).



Foto 5.- Acantilados de la Puntilla de Santa Elena. Los bloques que han quedado en la playa son la evidencia del retroceso de los acantilados.

Otra de las evidencias de la fuerte erosión que afecta a esta área por acción del oleaje, son las cuevas (Foto 6), las mismas que se van formando cuando las olas en pleamar, al chocar, cubren la base del acantilado y encierran aire dentro de dichas grutas, el cual al no tener espacio, explota hacia la roca, agrietándola, con lo cual paulatinamente la va socavando (INOCAR, 2001). Las cuevas tienen aproximadamente

una altura entre 2 y 4 metros con una profundidad horizontal entre 4 y 8 metros. También se aprecia que a lo largo de la plataforma de erosión se están formando playas de bolsillo, es decir, pequeñas playas al pie de los acantilados, producto de la acumulación de arena, la misma que está cubriendo una gran parte de las rocas que afloran en la plataforma.



FOTO 6.- La socavación de las olas hace que se formen cuevas en la base del acantilado. También se están formando playas de bolsillo por la acumulación de arena.

RESULTADOS

En el reconocimiento de ambientes sedimentarios, varios parámetros granulométricos han sido ampliamente utilizados, entre estos están: la textura, el diámetro medio, desviación estándar (grado de clasificación) (Carranza, 1980).

El concepto de textura se refiere al tamaño de los granos que conforman el sedimento, y a la proporción con la que ciertos tipos determinados de tamaño intervienen en el sedimento. El conocimiento preciso de la textura de un sedimento se obtiene mediante el análisis granulométrico (De Miró, 1972).

Las partículas de un sedimento marino pueden ser de tamaños muy variados, ya que algunos contienen grava, arena, limo y arcilla, más o menos bien clasificados. En la práctica, se determina la cantidad de

material en determinados grupos de tamaño definido (De Miró, 1972).

Se elaboraron tres mapas de distribución aproximada de sedimentos: según su textura (Fig. 5), según su diámetro medio (Fig. 6), y según su grado de clasificación (Fig. 7).

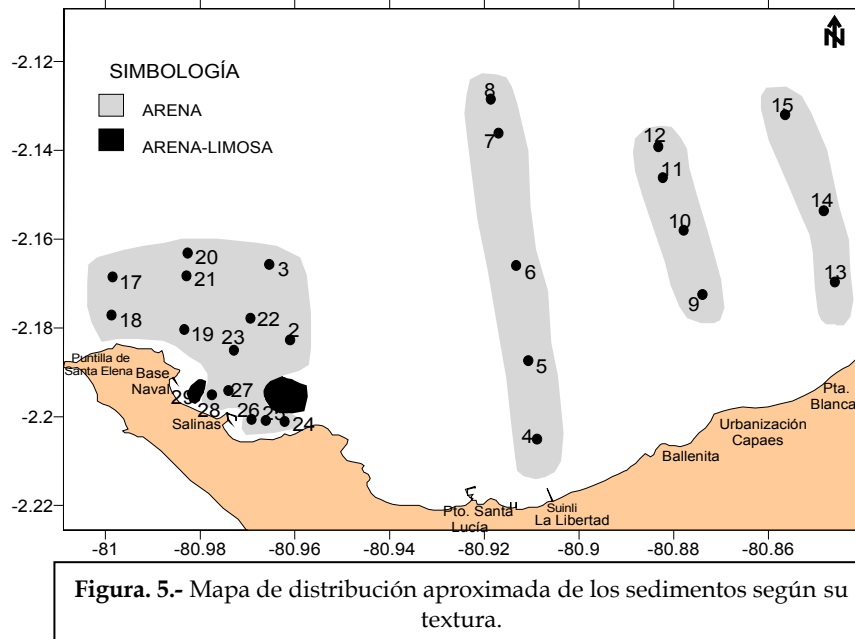
El análisis granulométrico dio como resultado general que todas las muestras de sedimentos son arenosas, cuya explicación a continuación se expone:

- **Sedimento Arenoso**

La arena es el sedimento predominante en casi todos los perfiles de muestreo, y cuyo porcentaje está comprendido entre el 77.54 Y 99.29 %. La Figura 5 representa esta distribución, ya que de las 28 muestras que fueron tomadas, 26 son arenosas.

Las estaciones 1 y 29 son las excepciones, ya que teniendo un alto porcentaje de arena (64.23%) y (74.22%), respectivamente,

también tienen un considerable porcentaje de limo (27.60%) y (25.78), respectivamente.

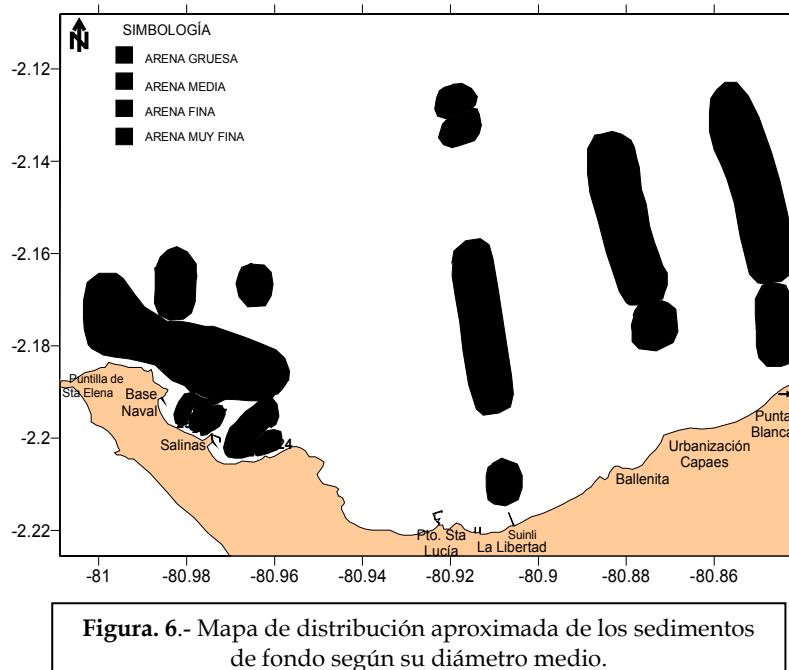


En cuanto a su diámetro medio, es decir, al tamaño de grano de las partículas, representadas en la Figura 6, estas arenas van desde muy fino, fino, medio y grueso, graficadas en parches de diferentes tamaños; están mezcladas con grava y limo, estos últimos, en menor porcentaje.

predominantes en este conjunto de material arenoso, representadas con parches de mayor tamaño, y se ubican tanto en la parte este, frente a Urbanización Capaes y Punta Blanca (Est. 10, 11, 12, 14, y 15), como hacia el oeste, frente a la Puntilla y frente a Salinas (Est. 2, 17, 18, 19, 22 y 23), en áreas de mayor profundidad (entre 10 y 15 metros).

De toda esta gama de tamaños, son las arenas de grano medio (de 1 a 2 Phi; de 0.50 a 0.25 mm), las fracciones más

La arenas son mal clasificadas, aunque también hay un porcentaje considerable de



arenas moderadamente clasificadas, así como otras que son muy bien clasificadas (Figura. 7); son asimétricamente negativas, es decir, tienen un exceso de material de

grano grueso; también hay muestras asimétricamente positivas, es decir, poseen un exceso de material fino

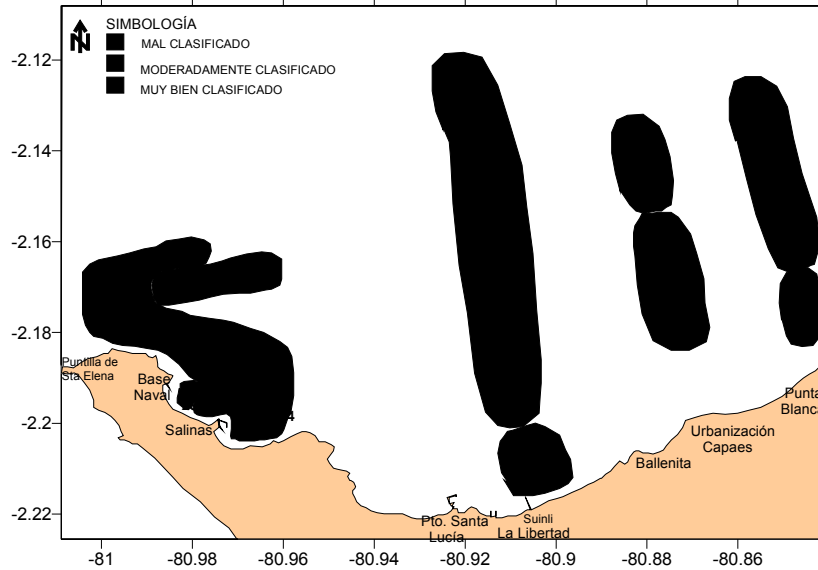


Figura. 7.- Mapa de distribución aproximada de los sedimentos en base a su grado de clasificación.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SEDIMENTOS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Con la finalidad de determinar algún cambio en la composición sedimentológica del fondo marino del área, se ha realizado un análisis comparativo del material sedimentario que cubre la Bahía de Santa Elena, en base a dos muestreos llevados a cabo en diferentes años:

- a) El muestreo efectuado para el estudio que se expone en este artículo, realizado en mayo del 2005 (Fig. 8-a) y;
- b) El muestreo realizado en noviembre de 1986 (Fig. 8-b), por la Compañía Belco Petroleum, a bordo del BAE ORIÓN, buque de investigación del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), y

consistió en un muestreo de sedimentos subsuperficiales de fondo, desde la Punta de Santa Elena hasta cerca de Ayampe, utilizando un Piston Core Sampler. Una representativa cantidad de la parte superior de estos núcleos de sedimentos, fue entregada a la División de Geología Marina del INOCAR, las mismas que fueron analizadas y cuyos resultados sirvieron para presentar el artículo de investigación titulado “Estudio Sedimentológico y Mineralógico de la Plataforma Continental Ecuatoriana en el tramo comprendido entre Salinas y Ayampe”, publicado en 1989. Utilizando esta información se elaboró la Figura 8-b, pero sólo desde la Punta de Santa Elena hasta El Palmar, la cual sirvió para el análisis comparativo.

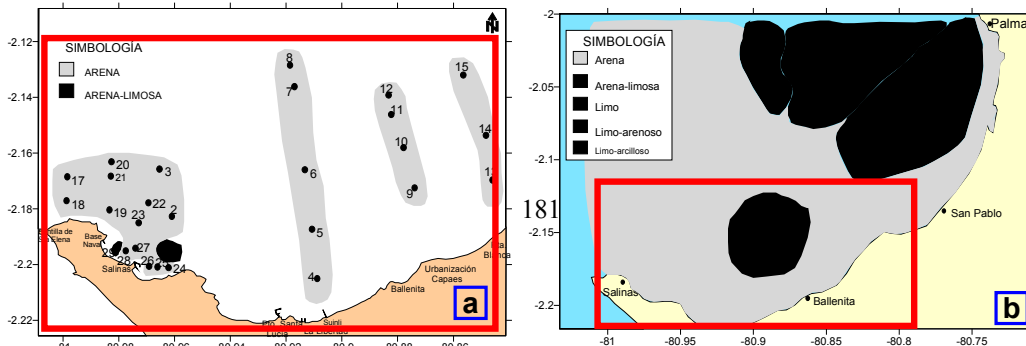


Figura. 8 (a, b).- Los recuadros en rojo indican las áreas del análisis comparativo de la textura de los sedimentos, tomados en mayo del 2005 (a); y en noviembre de 1986 (b).

DISCUSIÓN

La presencia de un elevado porcentaje de limo, en las muestras de sedimentos tomadas cerca de la orilla de Salinas (Est. 1 y 29), se debe posiblemente a que en invierno, especialmente antes eventos como El Niño, los pequeños esteros se cargan de agua y sedimentos en suspensión, y llegan hasta el malecón, donde salen por las alcantarillas hacia la playa, y como este sector está protegido de las fuertes corrientes de mar, por la Puntilla de Santa Elena, esto permite que los sedimentos limosos se depositen en el fondo, y permanezcan mezclados con arena.

La predominancia de arenas de mayor tamaño, como son las de grano medio, indica la gran influencia que ejercen las corrientes de mar en este sector, lavando y acarreado las partículas más finas hacia otros lugares, y dejando las más gruesas, siendo el área de la Puntilla (conocido también como la Chocolatera), un ejemplo de lo antes señalado.

Con relación a su procedencia, estas arenas, constituidas por cuarzo, fragmentos de roca y pequeños fragmentos de concha, provienen del mar, transportadas por la acción combinada de las olas, las corrientes y los vientos. Cuando las olas llegan en forma perpendicular a la línea costera, se produce el transporte hacia la playa, y desde ésta, hacia el mar. La energía de una ola que rompe es la que agita los sedimentos del fondo de la zona de resaca,

y los deja en suspensión para luego ser llevados hacia la playa, donde se derrama

en forma de espuma y luego, por la corriente de resaca, ser llevados hacia el mar. A este tipo de transporte se denomina también frontal (INOCAR, 2007).

La pobre clasificación de la mayoría de las arenas del área de estudio, se debe posiblemente a los cambios de energía que experimentan las corrientes, las olas y las mareas, lo que provoca que estos sedimentos sean movilizadados continuamente, principalmente por el vaivén de las corrientes de flujo y de reflujos, manteniendo siempre la mezcla, no habiendo por lo tanto una selección de los granos. Estos sedimentos mal clasificados se ubican frente a Salinas y frente a la Puntilla de Santa Elena.

Las arenas que presentan una mejor clasificación, ya que van desde moderadamente clasificadas a muy bien clasificadas, se ubican en el lado este del área, en los perfiles localizados desde el balneario La Libertad hasta Punta Blanca. Esta mejor clasificación se debe posiblemente a que en el sector donde están ubicadas estas arenas, las corrientes son más dinámicas, lo que permite lavar el sedimento más fino, a la vez que lo clasifica.

En cuanto al análisis comparativo de los sedimentos, ambas figuras (7-a y 7-b), muestran que en la Bahía de Santa Elena hay una predominancia de arena, con la diferencia de que en la primera (muestreo

de abril del 2005), el material arenoso es de grano medio y, en menor porcentaje, fino; mientras que en la segunda (muestreo de noviembre de 1986), prevalecen las de grano fino.

Por lo anteriormente expresado se puede deducir que en área de estudio, en esas fechas, no se han producido cambios significativos, en cuanto al material sedimentario que cubre el fondo, y esto posiblemente se debe a que no hay aporte de sedimentos terrígenos (limo y arcilla, incluyendo arena), porque no hay ríos que desemboquen en esta área, lo que significa que siempre habrá presencia mayoritaria de material arenoso. El río más cercano, que es el San Pablo, pero que está aproximadamente a 20 kilómetros de distancia, es intermitente, es decir, sólo transporta material limo-arcilloso en grandes cantidades cuando llueve torrencialmente, y esto sólo sucede cuando hay un evento El Niño, por lo que dicho río tiene poca o casi ninguna influencia en la sedimentación de la Bahía de Santa Elena.

En cuanto a la diferencia del tamaño de los granos que hay en los dos muestreos, podría ser que en el primero, que fue en abril del 2005, todavía en época invernal, las corrientes marinas hayan lavado la arena de grano fino, dejando al descubierto la arena de grano medio. Mientras que en el segundo muestreo, que fue en noviembre de 1986, todavía en época de verano, las moderadas corrientes marinas hayan permitido el depósito de arena de grano fino.

CONCLUSIONES

Los sedimentos que cubren la Bahía de Santa Elena son predominantemente arenosos, con granos que van de muy fino hasta muy grueso, con fragmentos de concha; son mal clasificados, pero también los hay bien clasificados, y están distribuidos en todo el área.

Esta arena, que proviene tanto del mar, como de la erosión de los estratos arenosos de la zona de acantilados, podría convertirse en el futuro, en una fuente adicional de material, ahora que la industria de la

construcción ecuatoriana está en pleno desarrollo.

Los acantilados, ubicados a lo largo de la línea costera del área de estudio, están conformados por rocas sedimentarias, muy inestables, y por lo tanto fácilmente erosionables. Muchas viviendas construidas en la cima de estos acantilados han sido destruidas por estos procesos erosivos.

La información actualizada sobre el material sedimentario sirve, entre otras aplicaciones, para complementar la elaboración de las Cartas de Ayuda a la Navegación, que edita el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR).

Amplios sectores de la línea de costa han sido transformados en centros habitacionales y turísticos.

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su agradecimiento al CPNV-EM Galo Garzón López; Director del INOCAR; al TNNV-SU Luis Morales Auz, Jefe del Departamento de Ciencias del Mar; y al TNNV-SU Giorgio De La Torre Morales, Jefe de la División de Estudios Costeros, por el apoyo brindado para la publicación del presente trabajo. También agradece al Dr. Jean Francois Dumont por la revisión del artículo.

BIBLIOGRAFÍA

Carranza A., 1980.- Ambientes Sedimentarios Recientes de la Llanura Costera Sur del Istmo de Tehuantepec; An. Centro Ciencias del Mar y Limnología; Univ. Nac. Auton. Méjico. Pagina. 43.

De Miró M., 1972.- Curso de Geología Marina. Programa de Investigación y Exploración Oceanográfica 1971-1975; Pagina. 119-147.

Folk, R. L., 1969.- Petrología de las Rocas Sedimentarias. Instituto de Geología de la U.N.A.M.; México. Pagina. 80 - 110.

INOCAR, 1975.- Anteproyecto de Bases Navales: Jaramijó, Puerto López, Salinas y Machalilla). Informe no publicado. Pagina. 2 - 6.

INOCAR, 2001.- Reconocimiento geológico-oceanográfico del área de la Base Naval de Salinas, para determinar la factibilidad de la construcción de un muelle en la mencionada Base. Informe no publicado. Pagina. 1-10.

INOCAR, 1998.- Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental y Levantamiento Hidrográfico requeridos para la Ampliación del Muelle del Yacht Club de Salinas. Informe no publicado. Pagina. 59 - 60.

INOCAR, 1998.- Evaluación del impacto que podría ocasionar la ampliación de las instalaciones del Yacht Club de Salinas. Informe no publicado. Paginas. 4-8.

Programa de Manejo de Recursos Costeros (PMRC), 1994.- Características de la línea costera del Ecuador y recomendaciones para su manejo. Pagina. 2.

Programa de Manejo de Recursos Costeros (PMRC), 1988.- Grandes rasgos geomorfológicos de la costa ecuatoriana. Paginas. 4-5.

Pedoja, K., 2003.- Etude des terrasses marines du Nord Pérou et de l'Équateur. Thèse de Doctorat Thesis, Paris VI.

INOCAR, 2007.- Características de la sedimentación marina litoral comprendida entre la Puntilla de Santa Elena y Punta Ancón, Provincia de Santa Elena, Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico; Vol. 14; No. 1. Pagina. 186.

INOCAR, 1989.- Estudio Sedimentológico y Mineralógico de la Plataforma Continental Ecuatoriana, en el tramo comprendido entre Salinas y Ayampe. Acta Oceanográfica del Pacífico; Vol. 5; No. 1.

Naciones Unidas, 1983.- Tecnologías para el control de la erosión costera. Pagina. 86.

Preston, J., 1959.- Información preliminar sobre los recursos, usos y problemas de la zona costera ecuatoriana; Seminario sobre ordenación y desarrollo integral de las zonas costeras. Tomo 4; páginas. 8.

Krumbein, W.C. y Pettijohn F. J., 1938.- Manual de Petrografía Sedimentaria. Paginas. 91.