

## ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS DE LA ZONA COSTERA FRENTE AL BALNEARIO DE MANTA, ECUADOR

Por:  
Bolívar Soledispa. <sup>(1)</sup>

### RESUMEN

Se estudian 17 muestras de sedimentos superficiales de fondo de la zona costera de Manta. Se presentan las características sedimentológicas en base al análisis granulométrico, parámetros estadísticos y distribución de los sedimentos.

Se establece que los sedimentos arenosos predominan en el área, y se ubican en el lado oeste y este del área de estudio. También hay limo y mezclas de este con arena.

### ABSTRACT

*A study of 17 samples of marine sediments taken from the seafloor off the coast of Manta, Ecuador was conducted. Characteristics of the sediments were defined based upon granulometric analysis, statistical parameters, and sediment distribution.*

*Sandy sediments predominated in the study area, and were collected on both the west and east sides.. Also, there was silt and mixture with sand in the studied samples.*

### INTRODUCCIÓN

La División de Geología Marina del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), viene llevando a cabo el proyecto sobre el estudio de los sedimentos de la zona costera ecuatoriana, con la finalidad de ubicar

recursos naturales como los áridos: arena, grava, conchilla, ahora que la industria de la construcción en el país está en auge. También se determina los cambios que se producen en la composición granulométrica del lecho marino, originado por el material sedimentario que es aportado por los ríos, cuando se producen lluvias torrenciales.

Esta información sirve para complementar la elaboración de las Cartas de Ayuda a la Navegación, que edita el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR).

También la información obtenida es aplicada en la construcción de puertos pesqueros, petroleros, turísticos, así como en la construcción de estructuras para el reforzamiento de la línea costera.

Esta vez ha planificado el proyecto titulado: "Estudio de las Características Sedimentológicas de la zona costera frente al

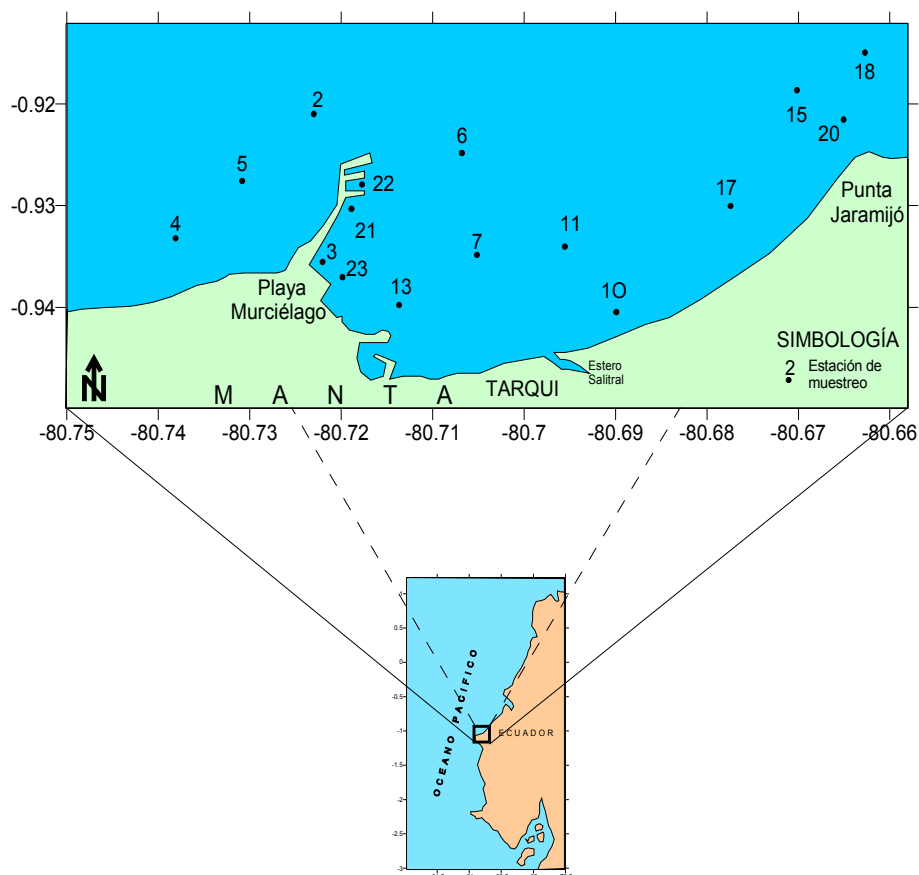
balneario de Manta, Ecuador", el mismo que a continuación se expone.

### OBJETIVO

Caracterizar el área de estudio en base a los tipos de sedimentos presentes, así como a su distribución aproximada en el mismo.

### ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada entre las coordenadas: Latitud  $0^{\circ}54'46''$  S y  $0^{\circ}57'S$ ; Longitud  $80^{\circ}39'30''$ W y  $80^{\circ}45'W$ , al oeste del país, en la Provincia de Manabí, Ecuador (Figura.1)



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

## MARCO GEOGRÁFICO

La zona costera de Manta está protegida por un rompeolas de 1.5 kilómetros, con una dirección noreste.

El transporte litoral, al oeste del rompeolas, parece derivar hacia el este (hacia el rompeolas). Al este del puerto pesquero, la deriva litoral es hacia el oeste; y, frente a Tarqui, hacia el puerto. Las corrientes de resaca son notorias entre Punta Jaramijó y Manta, especialmente durante eventos El Niño, época en las cuales se han producido inundaciones de la ciudad de Manta (PMRC, 1987).

## MARCO GEOLÓGICO

A nivel regional, el área de estudio es parte de una zona costera con morfologías muy variadas, de las cuales se pueden identificar 3 segmentos principales (Figura. 2)

### 1. Punta Charapotó-Crucita

En esta área, la planicie costera baja es aprovechada para la construcción de camaroneras y de lagunas salineras. Las residencias construidas a lo largo de la línea costera han sufrido la acción de procesos erosivos, especialmente durante los eventos El Niño de los años 1982-1983 y 1997-1998. Las playas de este sector son frecuentemente sometidas a las corrientes de resaca (PMRC, 1988).

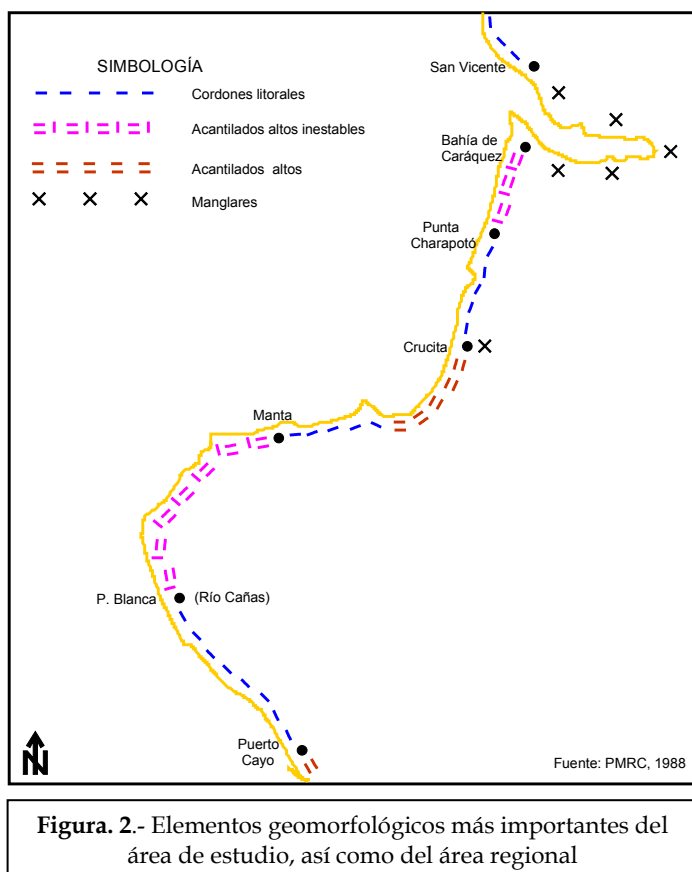
### 2. Crucita-Manta

Las playas de este sector son arenosas y bajas, con excepción de las de Jaramijó, donde la playa está conformada por grava, proveniente de la punta y de su plataforma rocosa.

Los acantilados al sur de Crucita son de mediana altura y de bajo ángulo, conformados por lutitas tobáceas, a veces calcáreas, generalmente blandas y fracturadas. Hasta Manta, los acantilados son bajos pero subverticales, conformados por areniscas conglomeráticas conchíferas, de la terraza marina del interestadio SE (Pedoja et al, 2006), pero erosionables, alternando con cordones litorales arenosos y sedimentos fluviales finos (PMRC, 1988).

### 3. Manta-Río Cañas

En este sector hay acantilados altos, de mediano ángulo, inestables, conformados por rocas blandas, es decir, arcillolitas, lutitas y pocas areniscas del Eoceno, los mismos que ocasionalmente están interrumpidos por pequeños y estrechos valles aluviales con fuerte pendiente de sus cauces, por causa del fuerte relieve. Cabo San Lorenzo está constituido por un afloramiento de roca volcánica (basáltica). Los acantilados se vuelven más inestables por la presencia relativamente abundante del yeso, que rellena las fracturas de las rocas sedimentarias del Terciario. Estos acantilados bordean plataformas litorales rocosas, las mismas que, por lo general están cubiertas de arena fina de poco espesor. Durante la estación lluviosa, los sedimentos de vertientes y acantilados son abundantes, debido a lo deleznable del terreno (PMRC, 1988).



### GEOMORFOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Los acantilados de la zona costera de Manta, en términos generales, son inestables, fracturados, con presencia de fallas, meteorizados, subverticales, con alturas que van de 30 a 50 metros aproximadamente, con escasa vegetación. Al pie de los acantilados se aprecia material caído de la ladera, y material depositado por el mar (rodados centimétricos y decimétricos) (INOCAR, 1992).

Litológicamente, la parte superior de los acantilados está conformada por lutitas del Eoceno, con finas intercalaciones de yeso, están muy fracturadas, por lo que al golpearlas con el martillo se rompen con facilidad. En la base del acantilado se presenta una secuencia de estratos de areniscas de grano medio a fino, poco cementadas y que, por su naturaleza, son

más duras y compactas que las lutitas (INOCAR, 1992).

Una característica geológica que resalta a simple vista, es la posición estructural de los estratos de lutitas, ya que están buzando ladera abajo, es decir, hacia el mar, presentando un rumbo N60°E, con una inclinación de 16° NW, lo que facilita el deslizamiento del acantilado (INOCAR, 1992).

La playa es relativamente amplia, cubierta de arena fina, con presencia de rocas areniscas que afloran en bajamar, y, al igual que las rocas de los acantilados, éstas presentan buzamientos hacia el mar.

Costa adentro, el terreno presenta pequeñas ondulaciones, apreciándose que, rodeando este sector, hay dos esteros intermitentes, los mismos que ante lluvias torrenciales,

transportan considerables cantidades de sedimentos terrígenos (INOCAR, 1992).

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

### Muestreo de sedimentos

Las muestras de sedimentos superficiales de fondo, en un total de 17, fueron tomadas por personal del Departamento de Hidrografía, cuya información servirá para complementar la elaboración de la Carta IOA-10401-Manta. El muestreo fue llevado a cabo el 2 de abril del 2007, a bordo de la lancha hidrográfica Bellatrix, utilizando una draga de caída libre, la que penetra aproximadamente 20 centímetros de la parte más superficial del fondo, colectando el sedimento que se ha depositado más recientemente. La draga es modelo Van Veen, marca WILDSCO 1206; para el posicionamiento de las estaciones de muestreo se utilizó un DGPS 5700 y el software HYPACK.

### Análisis granulométrico

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).

## RESULTADOS

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

Considerando lo expresado en el concepto anterior, se elaboraron cuatro mapas de distribución aproximada de sedimentos: a) en base a la textura (Figura. 3); b) al diámetro medio (Figura. 4); c) al grado de clasificación (Fig. 5) y; d) al grado de asimetría (Fig. 6).

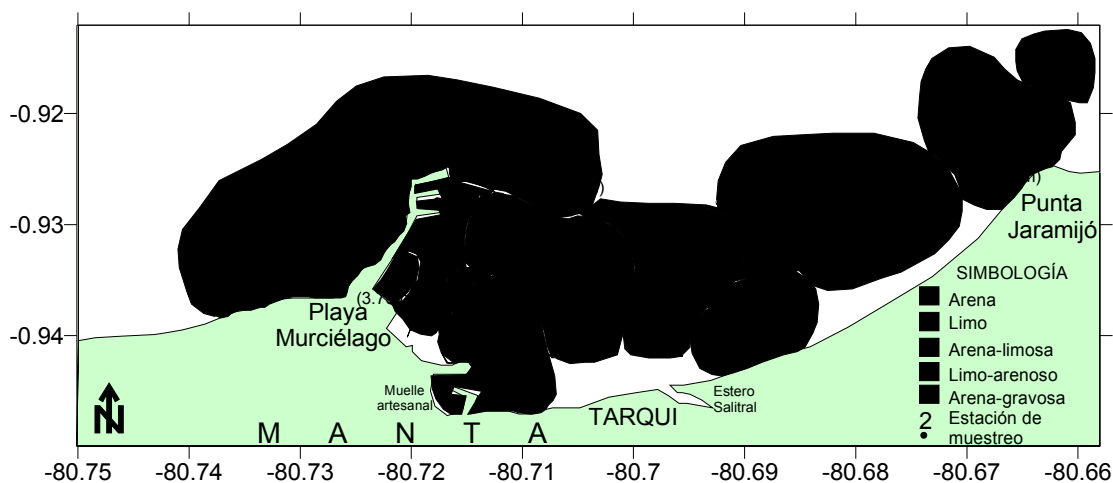
Cabe señalar que en estas figuras se ha anotado el número de la estación y su profundidad, en metros, con el fin de correlacionar el material sedimentario encontrado, con la profundidad a la que fue tomada dicha muestra.

### DISTRIBUCIÓN SEGÚN LA TEXTURA

La textura, según Carranza (1980), es el parámetro que más ha sido utilizado en estudios sedimentológicos, y se refiere al tamaño de las partículas que conforman el sedimento, el mismo que depende de varios factores, entre ellos su origen y su tamaño inicial, ya que dichos sedimentos tuvieron que haber sido transportados, por lo que su tamaño dependerá de los efectos de este transporte.

En base a este parámetro se identificaron varios tipos de material sedimentario: arena, limo, arena-limosa, limo-arenoso y arena-gravosa, graficados en la Figura 3.

Según este parámetro, la arena es el sedimento que más prevalece en el área de estudio, ya que del total de las muestras consideradas, un 47% han sido clasificadas como tales, con porcentajes comprendidos entre 70.21 y 94.60 % de dicho material; y se localiza principalmente frente a Playa Murciélago, y al lado oeste y norte del rompeolas de Autoridad Portuaria de Manta (APM) (Est. 2, 4, 5 y 6).



**Figura. 3.-** Mapa de distribución aproximada de los sedimentos según su textura, incluyendo la profundidad a la que fue tomada la muestra.

También se aprecian pequeños parches de este material en otros sectores: frente al muelle artesanal (Est. 13), casi frente al Estero Salitral (Est. 10), y frente a Punta Jaramijó (Est. 15 y 20). Además, forman parte de estas arenas, material de grava, limo y arcilla, pero están presentes en menor proporción.

Estas arenas provienen del mar, transportadas por la acción combinada de las olas, las corrientes y los vientos. Son las olas las que transportan la arena hacia la playa, cuando llegan en forma perpendicular a la línea de costa, denominándose transporte frontal; y a su vez, retornan hacia el mar, con el retroceso del agua (INOCAR, 1998).

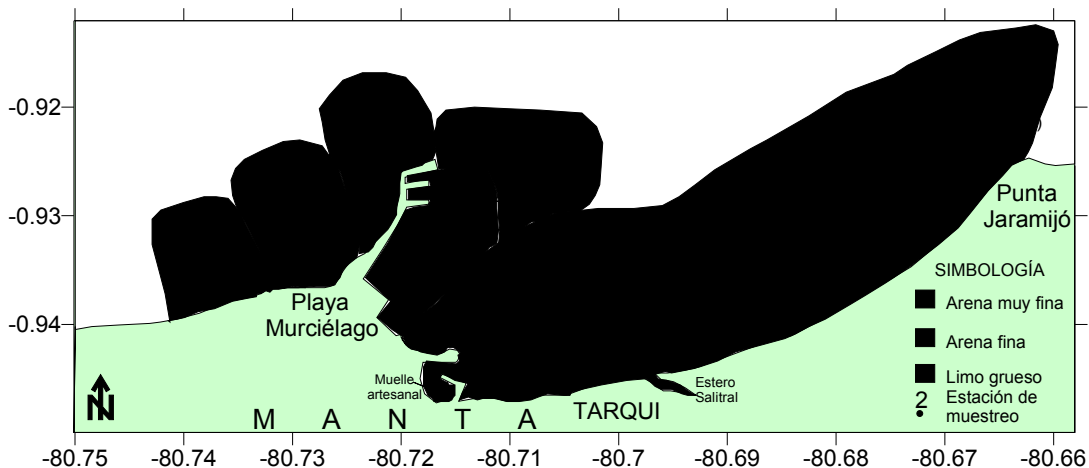
Cuando las olas rompen oblicuamente, con respecto a la línea costera, se produce la otra forma de transporte de arena hacia la playa, es decir, el transporte paralelo a la costa, originado por las corrientes litorales; por lo general están limitadas a la zona de resaca, y ocupan el primer lugar entre las corrientes que mueven sedimentos de la playa. Si sobre la costa se acumula más arena que la que pueden mover las olas, 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 (INOCAR, 1998). Con relación al muelle artesanal, éste detiene la deriva litoral, acumulando arena en su lado oeste.

#### DISTRIBUCIÓN SEGÚN EL DIÁMETRO MEDIO

El diámetro medio, como atributo sedimentario, se comporta parecido a la distribución por textura y puede, en igual forma, ser índice de la efectividad de selección por tamaños en cada ambiente, lo cual está en relación con la uniformidad de la energía presente. Se determina por la categoría del tamaño de las partículas que constituyen la porción más abundante del sedimento (Carranza, 1980).

Según este parámetro (Figura. 4), en el área de estudio predominan las arenas de grano muy fino, seguidas por las de grano fino, y se localizan en una franja paralela a la línea de costa, la misma que se extiende desde el muelle artesanal hasta Punta Jaramijó; también se aprecian frente a Playá Murciélago.



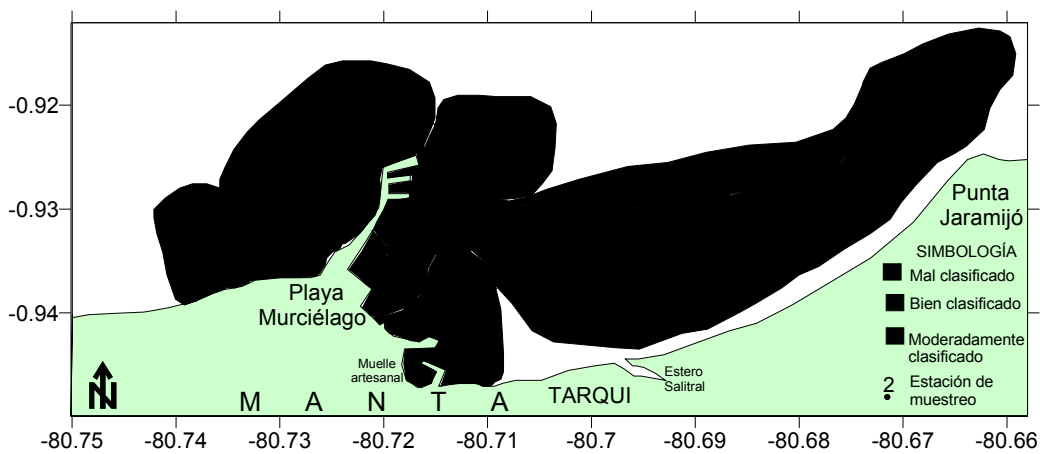
**Figura. 4.** Mapa de distribución aproximada de los sedimentos según su diámetro medio, incluyendo la profundidad a la que fue tomada la muestra.

**DISTRIBUCIÓN SEGÚN EL GRADO DE CLASIFICACIÓN**

Según Krumbein y Sloos (1963), los bajos valores de clasificación de los granos (menores de  $2.5\phi$ ), indican un sedimento bien clasificado, es decir, hay una tendencia a presentar un único tamaño; mientras que los altos valores (mayores a  $4\phi$ ), indican sedimentos mal clasificados, en los que no ha

habido selección por tamaños. Este parámetro depende de la efectividad de un agente selectivo, es decir, las corrientes marinas.

Según el grado de clasificación, estas arenas son mal clasificadas (Est. 2, 5, 10, 15 y 20), aunque también hay sectores con una buena clasificación de granos (Est. 4, 6 y 13), tal como se aprecia en la (Figura.5).



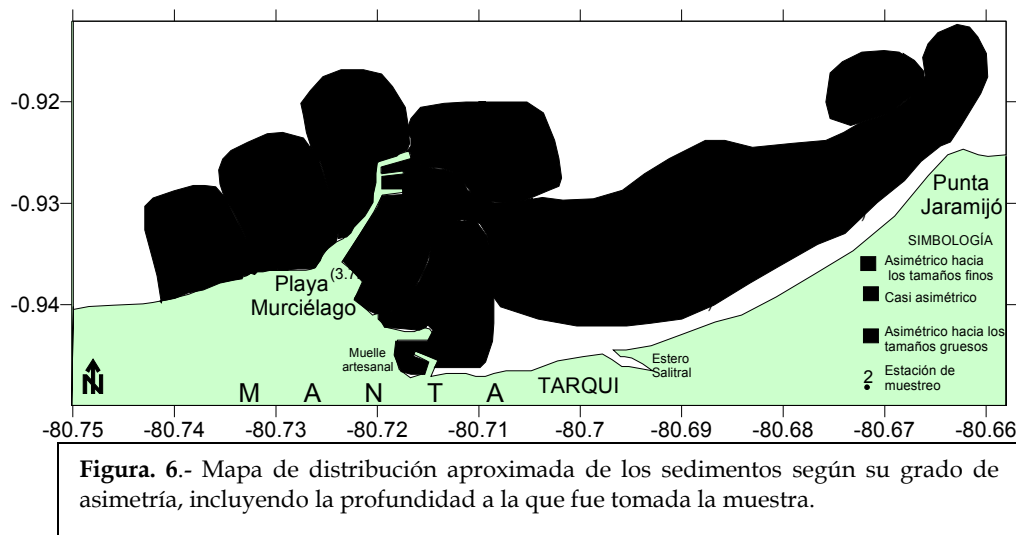
**Figura. 5.-** Mapa de distribución aproximada de los sedimentos según su grado de clasificación, incluyendo la profundidad a la que fue tomada la muestra.

## DISTRIBUCIÓN SEGÚN EL GRADO DE ASIMETRÍA

Uno de los parámetros más sensibles en el estudio de ambientes sedimentarios es el grado de asimetría, el mismo que depende de la dinámica que actualmente presentan las corrientes marinas; y en menor grado, de las

características heredadas de las áreas fuentes (Villwock, 1978).

Con relación a este parámetro, estas arenas presentan asimetrías positivas, es decir, tienen un exceso de material fino; aunque también hay con asimetrías negativas, o sea, un exceso de material grueso, pero en menor proporción. (Figura.6).



Los otros tipos de sedimentos que, además de la arena, también cubren el lecho marino de la zona costera de Manta son:

### LIMO

Esta presente en un 18% de la totalidad de las muestras, el mismo que cubre el fondo marino del lado este del rompeolas de APM (Est. 21, 22 y 23) (Figura. 3), es mal clasificado (Figura. 5), y asimétricamente positivo (Figura. 6). El porcentaje de limo en estas muestras está comprendido entre el 68.83% y 75.52%; el porcentaje restante está conformado por arena y arcilla.

### ARENA-LIMOSA Y LIMO-ARENOSO

El tercer grupo lo conforman: la arena-limosa (18% del total de muestras), (Est. 9, 17 y 18) y

el limo-arenoso (12% del total de muestras), (Est. 3 y 11) (Figura. 3), ambos son mezclas de sedimentos, prevaleciendo en el primero la arena; y en el segundo, el limo; son mal clasificados (Figura. 5), asimétricamente positivos (Figura. 5), y están distribuidos en todo el área de estudio.

### ARENA-GRAVOSA

Este último grupo de sedimento está conformado por la estación 7, y tiene un 29,86 % de arena de grano fino, un 25.14 % de grava, el restante 45 % es material terrígeno, es decir, limo y arcilla (Figura. 3); es mal clasificado (Figura. 5), asimétrico positivo (Figura. 6), y está ubicado frente a Tarqui.

## DISCUSIÓN

El mapa de distribución de la textura de los sedimentos permite apreciar dos sectores bien definidos: el uno ubicado al oeste del Puerto de Manta, cuyo fondo está cubierto por arena, transportado principalmente por las corrientes litorales desde el oeste hacia el este; el otro, localizado al este de dicho puerto, cuyo lecho marino está cubierto por sedimentos finos y gruesos (limo y arena), probablemente aportados por los esteros, intermitentes, del sector, durante eventos El Niño. Más hacia el este, cerca de Punta Jaramijó, la presencia de depósitos de arena hace presumir que nuevamente la influencia de las corrientes litorales se hace presente.

El río Manta, que desemboca en el área, es intermitente, es decir, sólo cuando llueve torrencialmente, especialmente ante un evento El Niño, transporta grandes cantidades de arena, así como material terrígeno, por lo que se considera el mayor proveedor de la arena que rellena el puerto (PMRC, 1989). Es posible que el sedimento limoso que se encuentra en el lado este del rompeolas de APM, haya sido aportado por este río, así como por otros pequeños esteros.

El material sedimentario también proviene de los acantilados conformados por material sedimentario, inestables, fracturados, con presencia de fallas, meteorizados, los mismos que por su origen son de fácil erosión, ya que están constituidos por rocas blandas: arcillolitas, lutitas y areniscas, con finas intercalaciones de yeso, lo que los hace aún más inestables (INOCAR, 1992).

En cuanto a la buena clasificación que presentan las estaciones 4, 6 y 13, esto se debe a que en esos sectores, posiblemente las corrientes son más dinámicas, que se

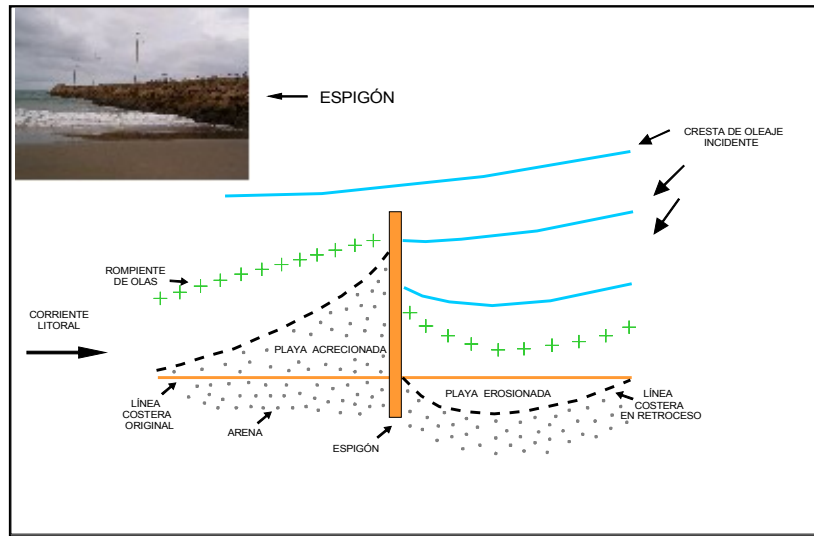
convierten en agentes clasificadores de granos, a la vez que lavan parte del sedimento limoso, quedando la arena en mayor porcentaje.

Con relación a la predominante asimetría positiva, es decir, las muestras presentan exceso de material fino, esto permite suponer que esos sectores están sometidos a un proceso de acreción, posiblemente porque las corrientes son moderadas. En cambio en aquellos sectores con asimetría negativas, es decir, con exceso de material grueso, se estaría produciendo erosión. Debido posiblemente a que la dinámica de las corrientes es suficiente para el lavado continuo de una parte del material limo-arcilloso que pudiera depositarse, y por lo tanto mantiene a esta arena con escaso porcentaje de dichos tamaños de grano.

Una de las estructuras que resalta en el balneario de Manta son las instalaciones de Autoridad Portuaria de Manta (APM), conformado por un rompeolas orientado hacia el noreste, en el que se asienta el puerto comercial y el puerto artesanal.

Estos rompeolas, conocidos también como enrocados, espigones o muros de contención, construidos en forma perpendicular a la línea de costa, obstruyen el transporte de sedimentos paralelo a la costa, además de que acrecionan la playa del lado de la deriva litoral, y erosionan del otro lado (Naciones Unidas, 1983).

Esto es lo originó la acreción de Playa Murciélagos, en el área de estudio, con la consiguiente erosión del lado este de la estructura, proceso erosivo que posiblemente se mantuvo hasta que la arena pasó al otro lado del rompeolas, y produjo también la acreción del sector de la playa de Tarqui y áreas aledañas (Figura. 7).



**Figura. 7.-** Un espigón afecta la morfología de una línea costera. 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.

Actualmente el puerto artesanal de Manta, conocido también como La Poza, está colmatado de arena, a tal punto que sólo ha

quedado un pequeño canal por donde ingresan las lanchas pequeñas de los pescadores.(Foto1)



**Foto 1.-** La arena ha rellenado completamente el sector conocido como la Poza.

## CONCLUSIONES

Los sedimentos que cubren este sector son predominantemente arenosos, de grano muy fino a fino, mal clasificados y asimétricamente positivos. El porcentaje de limo y arcilla en algunas muestras arenosas, es considerable, lo que demuestra la gran influencia de los ríos o esteros, intermitentes, del sector, que en determinada época, especialmente ante eventos El Niño, acarrear grandes cantidades de los materiales terrígenos antes señalados.

La arena proviene tanto del mar, como de la zona de acantilados bajos, muy inestables, y por lo tanto fácilmente erosionables, que se encuentran ubicados cerca del área en mención.

## 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 de este 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. Páginas. 42-48.

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

INOCAR, 1992.- Reconocimiento geológico de las áreas preseleccionadas para la construcción del nuevo Faro Manta. Página. 2-6.

INOCAR, 1998.- Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental y Levantamiento Hidrográfico requeridos para la Ampliación del Muelle del Yacht Club de Salinas. Páginas. 59 - 60.

Krumbein, W., Sloos, L. L., (1963). - Estratigrafía y Sedimentación; Segunda edición traducida al español. Páginas. 116.

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

Programa de Manejo de Recursos Costeros (PMRC), 1988.- Grandes Rasgos Geomorfológicos de la Costa Ecuatoriana. Páginas. 12-13.

Programa de Manejo de Recursos Costeros (PMRC), 1989.- Características Geológicas de la Costa de las Provincias de Esmeraldas, Manabí y Guayas, Ecuador. Páginas. No. 15-16.

Programa de Manejo de Recursos Costeros (PMRC), 1987.- Ecuador-Perfil de sus Recursos Costeros. Páginas. 127-128.

Villwock, 1978.- Aspectos da sedimentacao no regioa nordeste de Lago Dos patos: Lago Do Casamento e aco do Cocuruto-RS-Brasil; página.15.