

CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS Y SEDIMENTOLÓGICAS DE LA ZONA COSTERA DE PEDERNALES, EN LA PROVINCIA DE MANABÍ

Bolívar Soledispa ⁽¹⁾

RESUMEN

Análisis del tipo de costa por acreción sedimentaria y erosión marina, distribución de sedimentos en la zona de playa y formación de plataforma litoral de abrasión, han sido realizados en el sitio costero de Pedernales, Provincia de Manabí, Ecuador.

Las olas, corrientes, mareas y viento, dan lugar a la formación de zonas de acreción, aunque también hay zonas de erosión. También son notorios pequeños canales de marea que corren varias decenas de metros paralelos a la playa. El estudio fue complementado con fotografías que se tomaron de las características geomorfológicas más sobresalientes de zona costera.

Los acantilados son bajos a relativamente altos, conformados por rocas sedimentarias, como lutitas, limolitas y conglomerados, bien meteorizados.

También se presentan los resultados de las investigaciones realizadas sobre sedimentos superficiales de fondo, desde el punto de vista de la textura y de los parámetros estadísticos.

Un total de 28 muestras de sedimentos del fondo marino de la zona costera de Pedernales fueron analizadas, de cuyos resultados se determinó una predominancia de arena de grano fino, mal clasificadas, y se ubican en una amplia franja, en el lado oeste del área de estudio. También resalta una mezcla de limo y arena, localizada en una franja paralela a la línea de costa.

El material limo-arcilloso proviene de la socavación de los acantilados, así como del arrastre originado por los ríos durante los eventos El Niño.

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

ABSTRACT

Analysis of the type of shoreline erosion and accretion sedimentary marine, distribution of sediments in the area of beach and formation of coastal platform of abrasion, have been performed in the coastal site of Pedernales, in the Province of Manabí, Ecuador.

The waves, currents, tides and wind, gives rise to the formation of zones of accretion, although there are also areas of erosion. They are also notorious small tidal channels that run several tens of meters parallel to the beach. The study was complemented with photos that were taken of the geomorphological characteristics most outstanding of the coastal zone.

The cliffs are low to relatively high, consisting of sedimentary rocks, such as shales, siltstones and conglomerates, weathered well.

It also presents the results of the investigations carried out on surface sediments of fund, from the point of view of the texture and the statistical parameters.

A total of 28 sediment samples of the seabed in the coastal zone of Pedernales were analyzed, the results of which will be determined a predominance of fine-grained sand, wrongly classified, and are located in a wide band, on the west side of the study area. It also highlights a mixture of silt and sand, located in a strip parallel to the coast line.

The silt-clay comes from the undermining of the cliffs, as well as the drag caused by the rivers during the El Niño events.

INTRODUCCIÓN

Las Divisiones que conforman el Departamento de Ciencias del Mar, del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), vienen llevando a cabo el Proyecto “Caracterización Oceanográfica de la Zona Costera Ecuatoriana”, cuyo objetivo principal es caracterizar las diferentes áreas de la costa ecuatoriana, en base a estudios multidisciplinarios como: biología, química, oceanografía, meteorología y geología.

En cuanto al objetivo de este estudio, desde el punto de vista del análisis geológico, se pretende establecer la dinámica de erosión marina y la formación acelerada de plataformas litorales de abrasión.

La delimitación de sitios críticos, con evidencia de fallamientos superficiales en los acantilados rocosos, tipo de litología y resistencia a la erosión marina, identificaciones de excavaciones

ilícitas para la extracción de arena, con incremento de rápida erosión en la plataforma litoral, mapa de distribución de sedimentos en el piso marino, es información fundamental para la construcción de obras civiles como puertos pesqueros, petroleros, turísticos; estructuras para el reforzamiento de la línea costera como: espigones, malecones; y en dragados de canales, etc. Además, sirve para complementar la elaboración de las Cartas IOA de ayuda a la navegación, que edita el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR).

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM Datum 17 Sur: 587786mN y 609425mN; y 0.00 y 18423mE, en la parte norte de la Provincia de Manabí, al oeste del país (Figura 1).

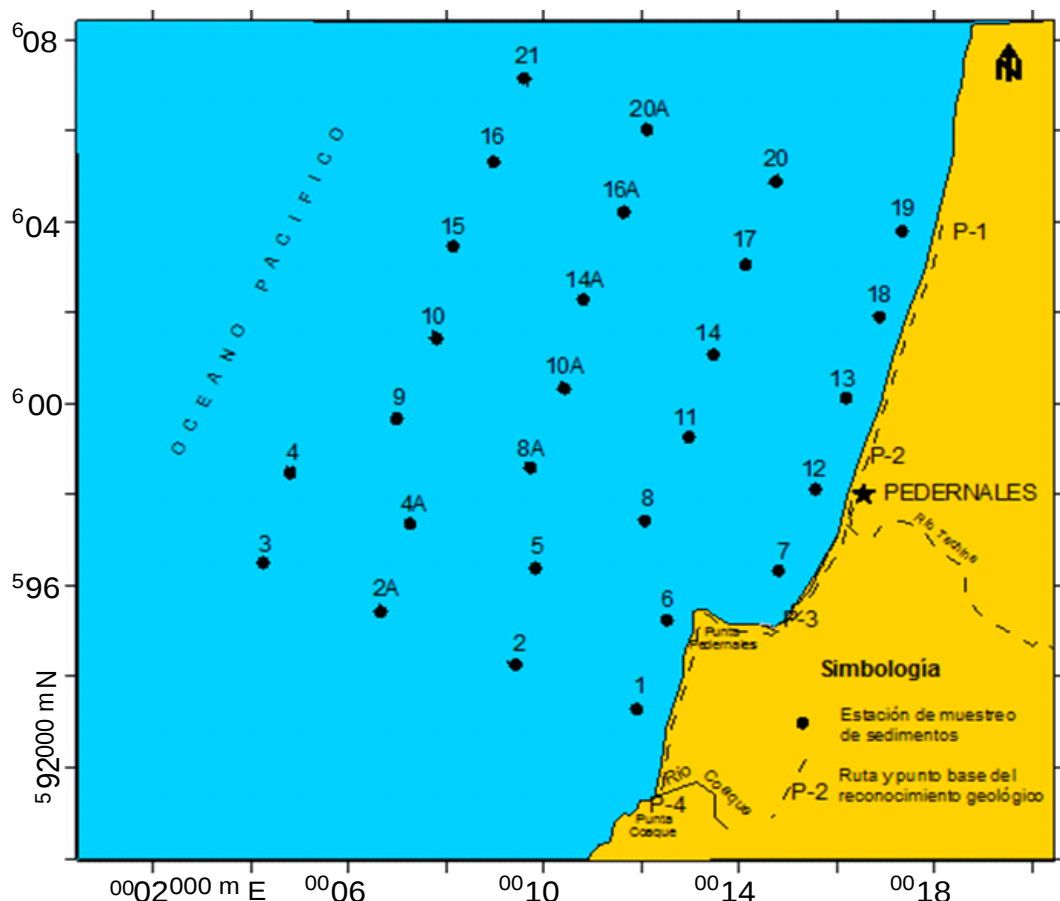


Figura 1.- Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo de sedimentos superficiales de fondo, y de la ruta del reconocimiento geológico del área de estudio (Pedernales, abril, 2013).

METODOLOGÍA DE TRABAJO

De Campo:

Muestreo de sedimentos

Entre el 9 y el 17 de abril/2013, personal de las Divisiones de Oceanografía Química, Biológica, Meteorológica y Geológica, del Departamento de Ciencias del Mar, del INOCAR, participó en los trabajos multidisciplinarios de campo, en la zona submarina frente a Peder-nales (Figura 1).

Para este proyecto, el personal de la División de Oceanografía Geológica recolectó un total de 28 muestras de sedimentos superficiales de fondo, cuyas ubicaciones están indicadas en la Figura 1, y sus coordenadas UTM, incluyendo su profundidad, en la Tabla I. El muestreo se llevó a cabo en 7 perfiles perpendiculares a la línea de costa, con un distanciamiento aproximado de 2 kilómetros entre perfiles, en cada uno de los cuales se recolectaron 4 muestras de sedimentos, en profundidades comprendidas entre 3.10 y 22.40 metros.

El trabajo se realizó a bordo de una lancha alquilada para tal efecto; para el muestreo de los sedimentos se utilizó una draga de caída libre, pequeña, marca WILDCO, la misma que penetra aproximadamente 20 centímetros en la parte más superficial del fondo marino, recolectando el material sedimentario que se ha depositado más recientemente; las muestras fueron guardadas en fundas plásticas previamente rotuladas.

El posicionamiento de las estaciones de muestreo estuvo a cargo del personal del Departamento de Hidrografía, utilizando un DGPS-5700 y el software HYPACK.

Reconocimiento geológico

También para este proyecto, a lo largo de la línea de costa del área de estudio, se realizó un reconocimiento geológico de la zona de playa,

zonas de acantilados, zonas de erosión y/o acreción; zonas de dunas; se determinó la inclinación de la playa, el material que lo conforma, zona de influencia de marea alta y baja como ancho de playa; se realizaron calicatas de hasta aproximadamente 80 centímetros de profundidad; se determinó el espesor aproximado de los estratos de los acantilados, etc; se recolectaron muestras de arena y de roca; se tomaron fotografías de los rasgos geomorfológicos más importantes, las mismas que van a servir para complementar el informe técnico. Este trabajo se llevó a cabo entre los días 3 al 8 de septiembre del 2013 (Figura 1).

De laboratorio:

Análisis granulométrico

La granulometría de las muestras de sedimentos superficiales de fondo, se determinó en base a métodos estándar de análisis, con tamices y pipeta, es decir, fueron lavadas sobre un tamiz No. 230, que tiene 0.0625 milímetros de abertura de malla, para separar la fracción gruesa (grava-arena), de la fracción fina (limo-arcilla).

La fracción gruesa fue sometida al tamizaje seco, utilizando un juego de tamices U.S. Standard Testing Sieve, cuyas aberturas de malla están comprendidas entre 4 mm (Tamiz No. 5) y 0.0625 mm (tamiz No. 230); y un agitador mecánico Ro-Tap, durante 15 minutos (Folk, 1969). La fracción fina en cambio, fue tratada mediante el análisis de pipeta, el mismo que consiste en tomar alícuotas de la suspensión, previamente agitada, a una profundidad y tiempo pre-determinados (Folk, 1969); dicha profundidad y el tiempo fueron obtenidos a partir de la ecuación de la velocidad de asentamiento de la Ley de Stokes (Krumbein y Sloss, 1963).

De gabinete:

Con la aplicación del software Surfer 8 se elaboró la Figura 1, que representa el mapa de

ubicación de las estaciones de muestreo de sedimentos superficiales de fondo; así como la ruta del reconocimiento geológico; esta última, indicada como: Punto 1 (Inicio del reconocimiento geológico); Punto 2 (Inicio de la zona poblada de Pedernales); Punto 3 (Desembocadura del Estero La Chorrera); y Punto 4 (Desembocadura del Río Coaque).

Información de tipo geomorfológico de costa ha sido compilada en este estudio, y es corroborable a la presentada en literatura por el PMRC (1988), en la que se puede apreciar los elementos geomorfológicos más importantes, especialmente los tipos de costa a nivel regional. (Figura 2). También se revisaron los datos obtenidos en el reconocimiento geológico, y en base a todo lo cual se redactó el informe geomorfológico, el mismo que fue complementado con fotografías que presentan las características geomorfológicas más sobresalientes del área de estudio; las fotos están indicadas por números, los mismos que van desde el 1 hasta el 29.

A través de la interpolación de datos granulométricos, con un programa de cartografía Surfer 8, se elaboró la Figura 3, que representa el mapa de distribución textural aproximada de los sedimentos superficiales de fondo; y por último, se redactó el informe sedimentológico del área de estudio.

Los porcentajes de los diferentes tamaños de grano y su textura, así como los principales parámetros estadísticos, cuya interpretación sirve de base en la redacción del estudio de los sedimentos, se obtuvieron de acuerdo al Sistema de Información Hidrográfico-Oceanográfica (SIHO), programa que fue elaborado por el Centro Ecuatoriano de Datos Marino Costero (CENDO).

Las coordenadas UTM de las estaciones de muestreo y su profundidad; el porcentaje de las fracciones: grava, arena, limo y arcilla, y su textura; así como los principales parámetros estadísticos, se presentan en las Tablas I, II y II, respectivamente.

Tabla I.- Coordenadas de las estaciones de muestreo de sedimentos superficiales de fondo del área de estudio, incluyendo su profundidad (Pedernales, abril, 2013)

PEDERNALES			
COORDENADAS DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO Y SU PROFUNDIDAD			
ESTACIÓN	Y (NORTE)	X (ESTE)	PROFUNDIDAD (m)
1	600089.46	3315.08	4.92
2	597367.22	4372.90	9.80
2A	594487.02	5459.87	15.30
3	591858.16	6570.47	22.40
4	592475.15	8580.47	20.60
4A	595113.6	7363.35	14.7
5	597943.72	6350.09	9.10
6	600810.97	5249.30	4.30
7	602935.03	6412.81	3.10
8	600341.35	7457.72	7.90
8A	597686.79	8569.55	12.80
9	594771.34	9672.45	16.70
10	595610.28	11547.4	18.20
10A	598484.32	10436.8	13.10
11	601266.56	9303.21	7.20
12	603864.26	8298.23	3.50
13	604672.00	10129.9	4.05
14	601829.19	11181.6	8.20
14A	598945.18	12343.7	8.20
15	596074.54	13444.1	17.50
16	596937.26	15348.6	18.25
16A	599777.31	14244.5	13.70
17	601560.81	13050.1	7.90
18	605402.13	11974.5	7.90
19	606023.74	13820.3	5.30
20	603238.36	15010.4	8.70
20A	600334.61	16147.1	11.90
21	597647.26	17222.9	16.30

Tabla II.- Porcentajes de las diferentes fracciones que conforman los sedimentos, incluyendo su textura (Pedernales, abril, 2013)

PEDERNALES					
PORCENTAJES DE LAS FRACCIONES QUE CONFORMAN LOS SEDIMENTOS, Y SU TEXTURA					
ESTACIÓN	GRAVA %	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASIFICACIÓN TEXTURAL
1	0.3258	17.0898	61.9547	20.6299	LIMO
2	0.4484	97,09	2,5	0	ARENA
2A	6.9224	77.4388	12.4406	3.1982	ARENA
3	2.8774	74.3045	18.0816	4.7366	ARENA
4	1.2283	70.0784	23.5059	5.1876	ARENA
4A	5.4904	85.5314	8.28	-	ARENA
5	0.2093	26.4839	69.1354	4.1716	LIMO- ARENOSO
6	-	5.7627	70.8451	23.3937	LIMO
7	-	97.79	2.21	-	ARENA
8	0.7687	36.5629	59.2592	3.4089	LIMO- ARENOSO
8A	0.2026	17.8711	78.5508	1.8412	LIMO
9	5.1920	93,48	1.34	-	ARENA
10	0.6101	94,22	5,78	-	ARENA
10A	1.0578	50.7459	46.3076	1.8888	ARENA LIMOSA
11	0.7716	36.1115	61.2522	0.9323	LIMO- ARENOSO
12	0.6167	75.7743	20.5871	3.0209	ARENA
13	0.0457	51.4504	31.9438	16.5603	ARENA - LIMOSA
14	3.6512	27.7248	66.4058	2.2185	LIMO - ARENOSO
14A	4.9931	73.9761	17.0911	3.3921	ARENA
15	5.1692	83.3874	10.1832	1.2605	ARENA
16	1.7147	91,99	6.4	-	ARENA
16A	1.1007	67.6705	8.7784	22.862	ARENA
17	0.4265	33.1065	63.5176	1.0000	LIMO-ARENOSO
18	-	63.3815	33.7961	2.627	ARENA - LIMOSA
19	-	60.6462	35.3801	3.9737	ARENA - LIMOSA
20	0.1675	25.0341	71.4064	3.3921	LIMO - ARENOSO
20A	6.0506	90.2432	3,6	-	ARENA
21	4.8295	86.8539	8.32	-	ARENA

Tabla III.- Principales parámetros estadísticos de los sedimentos superficiales de fondo (Pedernales, abril, 2013).

PEDERNALES (AÑO 2013)			
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS			
ESTACIÓN	DIÁMETRO MEDIO (PHI)	GRADO DE CLASIFICACIÓN (Desviación Estándar) (PHI)	GRADO DE SIMETRÍA
1	5.06 (Limo grueso)	1.48 (mal clasificado)	-0.1197 (Asimétrico hacia los tamaños gruesos)
2	2.43 (Arena fina)	0.48 (Bien clasificada)	-0.4194 (Muy asimétrica hacia los tamaños gruesos)
2A	2.72 (Arena fina)	1.65 (Mal clasificada)	-0.0195 (Casi Asimétrica)
3	3.72 (Arena muy fina)	0.93 (Moderadamente clasificada)	0.4192 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)
4	3.63 (Arena muy fina)	0.66 (Moderadamente bien clasificada)	3.5799 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)
4A	2.74 (Arena fina)	1.44 (Mal clasificada)	-0.4322 (Muy asimétrica hacia los tamaños gruesos)
5	4.56 (Limo grueso)	1.06 (Mal clasificado)	-0.2389 (Asimétrico hacia los tamaños gruesos)
6	5.42 (Limo medio)	0.37 (Bien clasificado)	1.289 (Asimétrico hacia los tamaños finos)
7	2.44 (Arena fina)	0.62 (Moderadamente bien clasificada)	0.4109 (muy asimétrica hacia los granos finos)
8	4.31 (Limo grueso)	0.94 (Moderadamente clasificado)	0.6411 (Asimétrico hacia los tamaños finos)
8A	4.68 (Limo grueso)	1.82 (Mal clasificado)	0.1095 (Asimétrico hacia los tamaños finos)
9	2.48 (Arena fina)	1.42 (Mal clasificada)	-0.2642 (Asimétrica hacia los tamaños grueso)
10	2.12 (Arena fina)	-0.05 (Muy bien clasificada)	1.2182 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)
10A	4.09 (Limo grueso)	1.82 (Mal clasificado)	0.1095 (Muy asimétrico hacia los tamaños finos)
11	4.00 (Limo grueso)	1.03 (Mal clasificado)	0.5271 (Muy asimétrico hacia los tamaños finos)
12	3.60 (Arena muy fina)	0.23 (Muy bien clasificada)	0.7164 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)
13	3.71 (Arena muy fina)	0.21 (Muy bien clasificada)	1.6383 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)
14	3.72 (Arena muy fina)	1.38 (Mal clasificada)	0.2012 (Asimétrica hacia los tamaños finos)
14A	3.16 (Arena muy fina)	1.94 (Mal clasificada)	0.2603 (Asimétrica hacia los tamaños finos)
15	2.05 (Arena fina)	1.58 (Mal clasificada)	-0.4958 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)
16	2.81 (Arena fina)	0.89 (Moderadamente clasificada)	0.3515 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)

16A	3.63 (Arena muy fina)	1.43 (Moderadamente bien clasificada)	0.2962 (Asimétrica hacia los tamaños finos)
17	3.77 (Arena muy fina)	0.51 (Moderadamente bien clasificada)	0.5150 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)
18	3.89 (Arena muy fina)	1.07 (Mal clasificada)	0.6174 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)
19	3.40 (Arena muy fina)	0.09 (Muy bien clasificada)	0.9521 (Muy asimétrica hacia los tamaños finos)
20	4.00 (Limo grueso)	0.48 (Bien clasificado)	2.2393 (Asimétrico hacia los tamaños finos)
20A	0.84 (Arena gruesa)	1.04 (Mal clasificada)	-0.1713 (Asimétrica hacia los tamaños gruesos)
21	2.53 (Arena fina)	1.31 (Mal clasificada)	-0.4226 (Muy asimétrica hacia los tamaños gruesos)

Geomorfología regional

En la parte norte de Pedernales se observan colinas bajas que llegan hasta la misma playa rectilínea; cerca de dicha población, las colinas son medianamente altas (mayores de 10 metros), y forman acantilados sub-verticales, en cuyas bases se forman pequeñas cuevas por la socavación del oleaje. Los depósitos coluviales, y que se ubican entre la playa y las colinas, son frecuentes. Coluviales son aquellos

materiales meteorizados y transportados por la acción de la gravedad (PMRC, 1988).

Las huellas de pequeños paleo-deslizamientos son abundantes. Las corrientes de resaca son notorias en la desembocadura del río Pedernales, en cuyas vecindades se observan cordones (barreras) litorales que limitan un ambiente lagunar (PMRC, 1988).

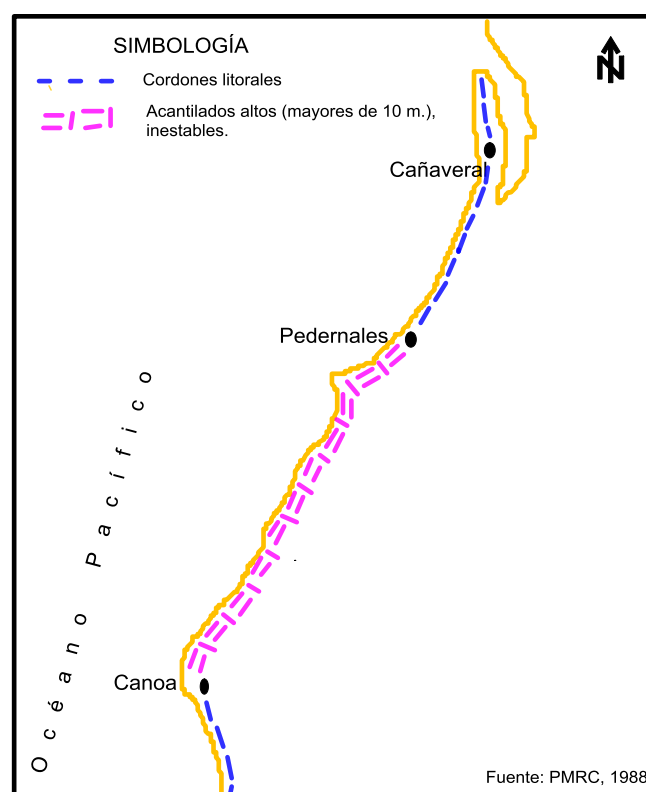


Figura 2.- Tipos de costa desde Cañaveral, pasando por Pedernales hasta Canoa.

En la parte sur de Pedernales en cambio, se observan acantilados de alturas variables, de bajo ángulo. Las colinas tierra adentro son bajas a medianas, de areniscas-arcillosas, limolitas y micro-conglomerados blandos. La inestabilidad de los acantilados es muy alta (PMRC, 1988).

Geología Regional

Según el Mapa Geológico Nacional del Ecuador, escala 1:1'000.000, publicado por el Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos en 1982, el área de estudio está constituida por varias unidades estratigráficas, conformadas por rocas sedimentarias de ambiente marino, de edad Terciaria; siendo las más antiguas las del Eoceno, con areniscas, lutitas, calizas y arcillas de las Formaciones: San Mateo, Punta Blanca y Zapallo. Las más jóvenes son las del Mioceno, con lutitas limolitas y conglomerados de la Formación Onzole del Grupo Daule.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

a) GEOMORFOLOGÍA DE LA LÍNEA DE COSTA DE PEDERNALES

Punto 1 (Inicio del reconocimiento geológico)

El reconocimiento geológico se inició en un sector de la playa, de la parte norte de Pedernales, (Coordenadas: 605610mN y 10256mE), siguiendo un rumbo aproximado norte-sur.

En este sector, el acantilado es bajo, de aproximadamente 6 metros de altura, cubierto de vegetación, por lo que no se aprecian las rocas que lo conforman; la playa es bien amplia, de aproximadamente 82 metros de ancho, conformada por arena de grano fino. En dicha playa resalta la presencia de un pequeño canal, con aproximadamente un metro de ancho y unos 20 centímetros de profundidad, que se inicia en el mar, y que se extiende por la playa, casi paralelo a la línea de costa, por varias decenas de metros, donde finaliza, ya que no ingresa tierra adentro, es decir, se localiza en la zona inter-mareal, tal como se ve en la Foto 1; este canal se forma durante el ascenso del nivel del mar por la marea de flujo.

Por la orientación que tiene este pequeño canal, se determina que la corriente litoral proviene del norte, y divide longitudinalmente a la playa en dos sectores con desniveles: playa superior y playa inferior; y por la morfología que presenta, se asemeja a una incipiente flecha litoral, es decir, a una pequeña barrera en la que uno de sus extremos está unido al continente, mientras que el otro extremo forma parte de la desembocadura.

También se observan rocas centimétricas en la orilla del pequeño canal, lo que permite presumir que el oleaje tiene una gran dinámica, capaz de arrastrar material grueso hacia la playa.

Foto No. 1.-
Pequeño canal de marea que,
dando la forma de una incipiente flecha litoral,
se ubica en la zona inter-mareal, en forma paralela
a la playa



Continuando con el reconocimiento geológico, en las coordenadas: 605994mN y 11392mE, el acantilado es bajo, de aproximadamente 6 metros de altura, sigue cubierto de vegetación. Aquí nuevamente se repite el rasgo geomorfológico señalado anteriormente, es decir, un pequeño canal con casi las mismas características señaladas en párrafos anteriores, con la diferencia de que aquí, durante el descenso del nivel del mar, por la marea de reflujo, el agua queda retenida en una angosta y alargada laguna, quedando al descubierto una playa muy irregular.

En la parte superior de la playa hay acumulación de arena gruesa (conchillas de diferentes tamaños, con rocas centimétricas, etc), lo cual se debe posiblemente a que en las mareas de sicigia (en los “aguajes”), se produce la agitación de las olas, las mismas que por su aumento de energía transportan material grueso desde el mar, y lo depositan en la playa; pero una vez que cesa la agitación, dicho material es transportado, tal vez no en un cien por ciento, nuevamente hacia el mar. Cabe señalar que las mareas de sicigia se producen aproximadamente cada 15 días, cuando la posición de los astros (sol, luna y tierra), forman una línea recta, lo que aumenta la atracción gravitacional entre éstos (INOCAR, 1997).

También se observan los llamados “ripple mark”, que son pequeñas ondulitas o estructuras sedimentarias no consolidadas, que indican el grado de agitación de las olas del mar sobre la arena, y se forman por las corrientes oscilantes; cuando el oleaje hace que los granos sean transportados pendiente arriba de la ondulita, pasan su cresta, y se deslizan por la pendiente opuesta; casi inmediatamente el proceso se invierte y los granos son transportados en la dirección opuesta, es decir, hacia atrás, y re-depositados del otro lado; como este proceso se repite, paulatinamente se va formando la ondulita, por el ir y venir de las olas (INOCAR, 2009).

En el punto de coordenadas: 606086mN y 11638mE, continúa observándose una playa bien amplia. Aquí se hizo la primera calicata de unos 35 centímetros de profundidad, en la que se recolectaron 2 muestras: la primera, una arena fina, en una capa de 10 centímetros de espesor; y la segunda, una arena gruesa, en una capa de 20 centímetros (Foto 2). Una vez que se recolectaron las muestras, el hueco fue enterrado. Cabe indicar que las calicatas son perforaciones manuales de poca profundidad, que permiten una observación directa de las diferentes capas del terreno, en este caso de la playa, y determinar su granulometría, mediante la extracción de muestras de las mismas, así como realizar ensayos “in situ” (García, 2008).



Foto 2.- Primera calicata que se hizo en la playa

También en este sector se aprecia una escollera, conocida también como muro de contención o enrocado, conformado por rocas grandes (Foto 3), colocadas en el fondo del mar, hasta levantar una especie muro o rompeolas, acomodadas al pie del talud, y cuya función es proteger del oleaje, la carretera costanera que corre paralela a la playa; tiene unos 6 metros de altura por unos 150 metros de largo. La finalidad de una escollera es aumentar la defensa de la orilla, así como proteger las instalaciones ubicadas en la parte alta, contra la erosión de las olas; su construcción exige mucha habilidad y experiencia, de allí que debe ser llevada a cabo por técnicos especializados en este campo, de lo contrario, la estructura no cumplirá su objetivo,

y será destruida paulatinamente (Naciones Unidas, 1983).

Cabe señalar que la arena está acrecionando el nivel de la parte superior de la playa, lo que a su vez está originando un lento enterramiento de las rocas ubicadas al pie de la escollera, por lo que, de seguirse acumulando la arena, ésta podría servir de plataforma para que las olas, ante un fuerte aguaje, se deslicen hasta la base de la capa asfáltica de dicha carretera, lo que podría traer como consecuencia una posible socavación de la misma. Cabe indicar que “acreción” es el aumento, en volumen, de un cuerpo, por adición de materia exterior; en este caso, la arena que se acumula en la parte superior de la playa (INOCAR, 1998).



Foto 3.- Muro de contención construido para proteger la carretera del choque de las olas

Hacia el otro lado de la carretera, y colindando con ésta, hay unas piscinas camaroneras, cuyos propietarios, para la protección de éstas, han aprovechado las depresiones topográficas, así como los cordones litorales estabilizados (PMRC, 1988).

Un poco más adelante, en la parte superior de la playa se aprecian manchas de material grueso, es decir, rocas centimétricas, conchilla, etc., así como vestigios de arena ferrotitanífera, también conocida como arena “negra”. Esta arena,

al igual que la arena común, la grava y la conchilla, llamados también áridos, cuando se presentan en cantidades importantes, constituyen una fuente importante como materia prima en la industria de la construcción; es por esto que en varios sectores de la costa ecuatoriana, estos materiales son explotados artesanalmente, con o sin la respectiva autorización del ministerio correspondiente (INOCAR, 2006). Cabe señalar que estas excavaciones artesanales ilícitas, incrementan los niveles de erosión o socavamiento en la plataforma litoral.

En este sector también se aprecia un canal de concreto para el drenaje de agua de lluvia; éste atraviesa la carretera y desemboca en la playa; actualmente está seco, pero su desembocadura está parcialmente taponada por arena y palizada, las cuales han sido transportadas y depositadas allí por las olas, durante la marea de flujo; una vez que llueva, la fuerza de la corriente proveniente del continente despejará todo el material acumulado allí, y las aguas drenarán normalmente hacia el mar.

También hay que señalar que a lo largo de la playa se continúa observando los pequeños canales de marea, siempre con una orientación norte.

En el punto de coordenadas: 605994mN y 11340mE, se sigue apreciando el acantilado bajo, y cubierto de vegetación, aunque ya se nota una leve socavación de su base.

Además, se observan claramente los desniveles que presenta la playa, originados por los pequeños canales de marea antes señalados, lo que la transforma en un sector muy irregular (Foto 4). También se hace más notoria la presencia de material grueso en la parte superior de la playa, lo que pone a ese sector en un nivel más alto con relación a la parte inferior, que está cubierta de arena de grano fino.



4.- Playa muy irregular, con presencia de material grueso

Cabe señalar que las playas ecuatorianas están sometidas a ciclos de erosión marina y acreción sedimentaria, en los cuales éstas pierden un volumen considerable de arena en una determinada época, y la recobran en otra (INOCAR, 1996); es por lo tanto normal la presencia de material grueso en estas playas, en determinada época del año, cuando los agentes hidrodinámicos (corrientes, olas, mareas) se presentan con alta energía (INOCAR, 2006).

En este sector se hizo la segunda calicata de aproximadamente 80 centímetros de profundidad; aquí se recolectaron 3 muestras: la

primera, arena gruesa, en una capa de 15 centímetros de espesor; la segunda, arena fina, en una capa de 25 centímetros; y la tercera, arena gruesa, en una capa de 40 centímetros.

Un poco más adelante, en las coordenadas: 605901mN y 11091mE, aproximadamente en el centro de la playa hay un afloramiento de roca limolítica, de color amarillento (Foto 5), que ha estado cubierto por arena, pero debido a la socavación producida por el ya mencionado pequeño canal de marea, la arena fue lavada y transportada a otro sector, dejándola al descubierto.



Foto 5.- Plataforma de abrasión cubierta parcialmente de arena

Este afloramiento rocoso es lo que se denomina plataforma de abrasión, plataforma rocosa o plataforma de erosión, el mismo que se constituye en una prueba evidente del retroceso de los acantilados, y por ende, del avance del mar hacia el continente, ya que, en épocas pasadas, hasta allí se extendían; pero como el fuerte oleaje, y otros agentes de meteorización, lo erosionaran en forma lenta pero continua por un tiempo prolongado, geológicamente hablando, actualmente ha quedado al nivel de la superficie de la playa, eso sí, presentando pequeñas irregularidades, es decir, desniveles del terreno (INOCAR, 2012). Cabe señalar que esta plataforma de abrasión, con la marea de flujo, queda cubierta por el agua de mar.

Aquí en este sector, el acantilado tiene una altura de 3 metros, y su cima está cubierta de vegetación; su base, cubierta de limolita, continúa siendo socavada por el oleaje, siendo la evidencia de esto, un escarpe de aproximadamente 1.50 metros de altura; también se aprecia un pequeño lente de arena de un metro de largo por 30 centímetros de espesor; hay material caído al pie del mismo; también se observa vestigio de arena “negra”. También hay, en forma diseminada, rocas decimétricas a centimétricas, las mismas que forman parte del paisaje playero.

En el punto de coordenadas: 605777mN y 10655mE, la playa continúa siendo amplia, baja, pero con desniveles, conformada por arena de grano fino; se siguen apreciando los pequeños canales de marea; también se observan montículos de material grueso (rocas pequeñas, redondeadas, incluyendo conchillas), de aproximadamente 50 metros de largo por 25 metros de ancho, material que posiblemente se acumula durante los ya mencionados aguajes, época en la que hay una mayor agitación de las olas, y en la que parte de la arena que se ha acumulado en el mar, es transportada hacia la playa. Cabe señalar sin embargo, que normalmente sucede lo contrario, es decir, en presencia de agitación marina, las olas acarrean material de la playa hacia el mar, y una vez que pasa dicha agitación, las mismas olas la arrastran hacia la playa (INOCAR, 2000).

En cuanto al acantilado, éste presenta una altura de 5 metros, y un poco más adelante, de 8 metros; la erosión en su base se acentúa, ya que la altura del escarpe socavado alcanza los 4 metros (Foto 6); observándose además, pequeños lentes de arena, ya señalados anteriormente, con 50 centímetros de espesor, e intercalados con lentes de limo de un centímetro de espesor. Este aumento de la altura del escarpe hace presumir que en este sector, la corriente

litoral, complementada por el fuerte oleaje, el que a su vez está influenciado por el viento, está acelerando el proceso erosivo, con el consiguiente retroceso del acantilado, y por ende, el avance del mar hacia el continente. Se debe señalar que las corrientes litorales son las que originan el transporte de arena a lo largo de

la línea de costa; 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 (INOCAR, 2007).



Foto 6.-
Tipo de deslizamiento, caída de
roca y volcamiento

En el punto de coordenadas 605456mN y 9826mE, en la parte superior de la playa hay evidencia de la intervención del hombre en el amontonamiento de arena en una forma de semi-luna (Foto 7), la misma que luego es transportada en vehículo, posiblemente para

utilizarla en construcciones de obras civiles; no se aprecian las excavaciones, pero es posible que las olas se hayan encargado de nivelar la playa, aunque no del todo; el área de extracción es de unos 150 metros a lo largo de la playa.



Foto 7.-
Extracción de arena por método
artesanal, es amontonada para
luego ser transportada

Es conveniente señalar que una extracción anti-técnica e indiscriminada de arena, y en el lugar no apropiado, como en el presente caso, si bien es beneficiosa para la población, ésta, interfiere en los procesos costeros naturales. Al hacer excavaciones en la playa para extraer arena, se altera el equilibrio natural que hay entre el material depositado por las olas, cuando rompe, y el material que es arrastrado hacia el mar, cuando se retira; todo lo cual, sumado al constante golpear del oleaje, puede iniciar un proceso erosivo, sin que se pueda predecir el alcance de sus efectos.

Esta extracción produce cambios que afectan la tasa de suministro, o de pérdida del transporte litoral, y genera modificaciones en la línea costera, las mismas que perduran hasta cuando alcanza una nueva configuración estable; lamentablemente, estos cambios no se observan

de inmediato, por lo que siempre tomará algún tiempo, a veces, un poco más prolongado, que la misma naturaleza se encargue de demostrar, que los cambios hechos por el hombre, producen impactos negativos en la línea de costa (INOCAR, 2009).

Punto 2 (Inicio de la zona poblada de Pedernales)

En este sector, cuyas coordenadas son: 605375mN y 9580mE, la playa es bien amplia ya que tiene unos 186 metros; hay una angosta duna donde están asentadas las viviendas (Foto 8), las mismas que se extienden hacia la parte de atrás, a lo largo y ancho de una pequeña colina. Un poco más adelante, también están ubicados “en primera fila” de la playa, los bares y restaurantes para atención de los turistas.

Foto 8.-
Bares y restaurantes
asentados “
en primera fila”
de la playa



Se debe mencionar que una duna es un depósito de arena, que se forma por acción de fuertes vientos desde la línea de playa hacia atrás, y se extiende paralela a ésta; puede o no tener vegetación; esta última le da estabilidad, es decir, evita que el viento traslade la arena a otros sitios; para que se forme una duna, los vientos deben ser fuertes y tender a soplar en una sola dirección (INOCAR, 2009).

Además, la mejor protección contra la erosión de una zona costera es la preservación de una amplia franja de playa, que esté protegida por una duna frontal que reciba las olas de tormenta. Con la duna respaldando la playa, habría suficiente arena para alimentar la barra que se forma aguas adentro durante las tormentas, la misma que luego, en la época de calma, nuevamente es depositada en la playa, por las olas. Los desarrollos turísticos (hoteles,

restaurantes, centros comerciales, etc.) deben ser construidos atrás de la zona de dunas, en primer lugar, para que no la destruyan (la duna), y en segundo lugar, para que no resulten afectadas estas inversiones en caso de un fuerte oleaje (INOCAR, 2009).

Por lo tanto, es importante que se tome conciencia de que, si bien es cierto que edificaciones con “vista al mar”, y “en primera fila”, resultan económicamente más rentables, especialmente para un negocio, también es cierto que a corto o largo plazo, esto resultará perjudicial por la acción erosiva de los agentes naturales, principalmente el oleaje (INOCAR, 2009).

También en este sector se aprecia que la carretera costanera nuevamente pasa cerca de la playa; hay un canal para la desembocadura de agua de lluvia, que está parcialmente cubierto por arena y basura.

En el punto de coordenadas: 604881mN y 8106mE, se extiende un pequeño enrocado de unos dos metros de alto, construido para reforzar la parte inferior del bajo acantilado sobre el que cruza la carretera; la base de dicho

enrocado está siendo cubierto por arena, por lo que se deduce que este sector está sometido a un proceso de deposición, es decir, acumulación de arena por el empuje de las olas y de la corriente litoral. Además se observa que la duna antes mencionada, se prolonga hasta más allá del área donde están ubicadas las cabañas para atención de los turistas, presentando una anchura de unos 20 metros.

En el punto de coordenadas: 604572mN y 7372mE, la playa es baja, conformada por arena de grano medio; tiene unos 50 metros de ancho; aquí se observan esporádicas acumulaciones de pequeñas rocas de hasta 3 centímetros de diámetro; en su parte superior hay vestigios de arena ferrotitanífera (arena negra).

Aproximadamente a unos 200 metros del punto anterior, desemboca el estero Tachina (Foto 9), el mismo que tiene influencia de las mareas, ya que durante el flujo, el agua de mar ingresa tierra adentro hasta cierta distancia, y sale durante el reflujo; el estero se lo puede cruzar caminando; tiene una anchura aproximada de 6 metros; las orillas se presentan socavadas por el agua, y cuya evidencia es un escarpe de un metro de altura.



Foto 9.- Desembocadura del Estero Tachina

El estero Tachina, así como la mayoría de los esteros que desembocan en la línea costera ecuatoriana, se lo puede catalogar como intermitente, es decir, normalmente por éste no desemboca agua de lluvia, sino el agua de mar que ingresa y sale con la marea; pero en la época invernal, cuando las lluvias son torrenciales, especialmente si está presente un evento “El Niño”, éste erosiona y transporta grandes flujos de agua, arrastrando consigo muchos sedimentos en suspensión y de fondo, afectando muchas veces viviendas, carreteras, puentes, etc. (INOCAR, 2008).

En este mismo sector se efectuó la tercera calicata de unos 50 centímetros de profundidad; se recolectaron 2 muestras: la primera, arena fina, en una capa de 10 centímetros de espesor;

y la segunda, arena gruesa, en una capa de 40 centímetros.

En el sector izquierdo del estero, tomando como referencia a una persona mirando hacia el mar, hay un enrocado de 1.70 metros de altura, y unos 200 metros de largo (Foto 10), para el reforzamiento de la línea de costa, y por ende, la protección de las viviendas construidas en dicho margen; el enrocado paulatinamente va siendo cubierto por la arena, por lo que poco a poco va perdiendo su efectividad, debido a que va disminuyendo su altura, y en caso de producirse un fuerte oleaje, éstas podrían traspasar el enrocado, poniendo en riesgo la estabilidad de las viviendas. Aquí también se observa una duna de unos 30 metros de ancho, la misma que se prolonga por algunas decenas de metros a lo largo de la playa.

Foto 10.-
Muro de protección que va
perdiendo su efectividad
porque está siendo cubierto
por arena



Un poco más adelante, en el punto de coordenadas: 604417mN y 7001mE, se observa que para la construcción de viviendas, los pobladores han cortado la base del acantilado en el carretero, en unos 6 metros de ancho, dejándolo vertical, y el material extraído ha sido colocado encima del enrocado (Foto 11). Se debe indicar que muchos procesos antrópicos, es decir, donde interviene el hombre, como en el presente caso, conllevan riesgos, ya que por ejemplo al saturarse la cima con el agua de lluvia, éste se infiltra, saturando los

estratos, o también debido a movimientos sísmicos, el material que conforma el acantilado, que de paso, es limolita, roca sedimentaria de fácil erosión, podría de repente, por gravedad, deslizarse por la ladera vertical, trayendo consigo alguna consecuencia para sus habitantes. Lo relativamente ventajoso en este caso es que el acantilado es bajo, ya que tiene unos 8 metros de altura; además, la cima está cubierta de vegetación, lo que de alguna manera disminuye la infiltración del agua.



Foto 11.-
Corte del acantilado
para ampliar la
superficie del
terreno, y construir
viviendas

A unos 80 metros del punto anterior aflora sólo la base de un pequeño acantilado, conformada por limolita, de color amarillento, de 1.30 metros de altura; hacia arriba no se aprecian los estratos por cuanto está cubierto por el enrocado y por vegetación.

Un poco más adelante, a unos 150 metros del punto con las últimas coordenadas indicadas, la duna está siendo erosionada por el oleaje, ya que presenta un escarpe socavado de 60 centí-

metros (Foto 12); cabe señalar sin embargo, que el nivel del agua de mar no llega hasta donde se está produciendo la erosión, por lo que se puede deducir que la erosión se produce posiblemente durante las mareas de sicigia, es decir, cuando hay la mayor elevación del nivel del mar; también actúa la corriente litoral, así como el viento, que es más fuerte en este sector, por lo que el golpeteo de las olas es mayor.



Foto 12.-
Escarpe de erosión en
una duna

En el punto de coordenadas: 604324mN y 6724mE, también se aprecia evidencia de la extracción de arena, ya que aquí si hay huecos en la parte superior de la playa, así como

huellas de los vehículos que sirven para amontonarla y luego transportarla. Además, la erosión de la duna antes citada, continúa, y se extiende por unos 250 metros aproximadamente.

En el sector de coordenadas: 604324mN y 6725mE, continúa apreciándose que la playa es baja, con unos 70 metros de ancho, cubierta de arena de grano fino; hay vestigio de arena “negra” en la parte superior de la playa; el bajo acantilado está cubierto de vegetación, por lo que no se aprecian las rocas que lo conforman. La duna, con unos 30 metros de ancho, se extiende por unos 400 metros de largo; aquí, la erosión en ésta, es más acentuada, ya que presenta un escarpe de 0.70 a 1 metro de altura; hacia atrás, está cubierta de vegetación, lo que indica que dicha duna estuvo estabilizada por un tiempo no determinado, es decir, hasta allí no llegaban las olas, lo que permitió el crecimiento de hierba; pero ahora, posiblemente cada cierto tiempo esté sometida a la erosión; esto último se deduce porque cuando

se hizo este reconocimiento geológico, la marca del agua de mar en pleamar, quedó evidenciada en la parte superior de la playa, distante varios metros del escarpe erosionado antes mencionado, lo que significa que al menos en esos días, el agua no estaba llegando hasta este último sector.

En el punto de coordenadas: 604170mN y 6448mE, continúa la extracción de arena, ya que se aprecian huecos de 60 centímetros de profundidad, por 4 metros de largo y 3 metros de ancho (Foto 13); están ubicados en la parte superior de la playa, pero no en la duna, ya que ésta está un poco más atrás, y está cubierta de vegetación, aunque, como ya se indicó, continúa siendo erosionada.



Foto 13.- Excavaciones hechas por el hombre para extraer arena.

A unos 250 metros del punto anterior se aprecia un canal (Foto 14), por donde ingresa agua de mar en la marea de flujo, y llega hasta una piscina camaronera; tiene en su desembocadura unos 20 centímetros de profundidad, y 1.50 metros de ancho; a medida que ingresa hacia tierra va ensanchándose, y a unos 80 metros de la orilla, el estero alcanza unos 30 metros de ancho, sitio en el cual están ubicadas las tuberías que sirven para proveer de agua a la piscina camaronera.

Con marea llena todo este sector es cubierto por el agua de mar.

En la orilla derecha del estero aflora la limolita de color amarillento, con 1.20 metro de altura; mientras que desde su orilla izquierda, la duna sigue haciéndose presente, siempre cubierta de vegetación y con su escarpe erosionado.



Foto 14.- Canal de marea por donde ingresa agua de mar

Un poco más adelante, en las coordenadas: 603771mN y 5723,763mE, la playa, bien amplia, sigue conformada por arena de grano fino. Sobre la duna se aprecian palmeras, las mismas que bordean un pequeño sector de la playa. Cabe señalar que las raíces de estas palmeras juegan un papel importante ante un proceso erosivo, ya que como están entrelazadas en la arena, hacen que estos granos permanezcan adheridos unos a otros, lo que contribuye a disminuir significativamente el socavamiento; pero también se debe indicar que si es fuerte y prolongado el oleaje, la arena es erosionada y transportada hacia el mar, lo que trae como consecuencia la caída de la planta. De allí que es recomendable sembrar este tipo de planta en las dunas, especialmente en la línea de playa, para que en caso de un fuerte aguaje, sean estas palmeras, y por ende sus raíces, las primeras que hagan frente al fuerte oleaje.

En este sector, la parte superior de la playa presenta un mayor declive, ya que tiene una inclinación de 9° , debido a la acumulación de arena.

Algo que resalta en esta área es la presencia de maquinaria pesada, con la que están extrayendo arena de la parte superior de la playa (Foto 15); según la versión de uno de los que allí estaban trabajando, el objetivo era abrir un canal que atravesase la duna, y que facilite el ingreso de agua de mar, durante la marea de flujo, hacia una piscina camaronera ubicada a unos 30 metros de la playa. Se debe indicar que al abrir un canal, a través de la barrera natural hecha por el oleaje, hay la posibilidad de que, ante un aguaje, el agua de mar ingrese con fuerza hacia el interior, causando problemas de socavamiento en las bases o muros de contención de la piscina camaronera, con el consiguiente perjuicio económico para su propietario. En opinión del autor de este informe, y tomando como base las muchas evidencias de extracción de arena que se han observado en todo el recorrido del reconocimiento geológico, esta extracción no tenía dicha finalidad, sino amontonarla y transportarla para ser utilizada posiblemente en la construcción de obras civiles.



Foto 15.- Maquinaria pesada con la que extraen arena de la playa

A unos 80 metros del último sitio de extracción de arena, se inicia la población La Chorrera, puerto pesquero ubicado hacia la izquierda de Pedernales. Aquí se aprecia un muro de contención, de aproximadamente 1.50 a 2 metros de altura, conformado por rocas grandes (Foto 16); se extiende a lo largo de la playa, bordeando la población; dicho muro fue construido en el 2007. Además, se observa que las olas están depositando arena en la base del enrocado, así como también entre los orificios que quedan entre una y otra roca, lo que está disminuyendo

su eficacia en el reforzamiento de la línea de costa, y por ende, de la zona poblada, ya que está perdiendo altura. Esta acumulación de arena permite deducir que este sector está siendo afectado por un proceso de deposición y, tal como ya se indicó en párrafos anteriores, el enrocado, ante un aguaje, podría actuar como una rampa, donde las fuertes olas se deslicen hasta el otro lado de la angosta calle que corre paralela a la playa, y luego choquen contra las viviendas, afectándolas considerablemente.



Foto 16.- Por la acumulación de arena, el enrocado podría estar actuando como una rampa

Cabe señalar que la saliente rocosa denominada Punta Pedernales, protege de las fuertes olas al puerto pesquero La Chorrera, ya que al chocar contra dicho cuerpo rocoso, éstas disminuyen su fuerza, volviéndose el área más calmado, lo

que hace que muchas veces, cuando no pueden embarcarse los pasajeros en Pedernales, se trasladan a la población La Chorrera donde, con menos dificultad, sí lo pueden hacer.

Sin embargo, según los moradores de esta última población, hay ciertas épocas en que el oleaje se presenta extremadamente fuerte, que ha erosionado la playa, de allí que fue necesario construir el antes mencionado enrocado.

Punto 3 (Desembocadura del Estero la Chorrera)

El Estero La Chorrera (Foto 17), está ubicado en el sector de coordenadas: 602933mN y 5220mE; queda hacia el lado izquierdo de la

población del mismo nombre, y presenta una anchura aproximada de 12 metros en su desembocadura; el agua de mar entra y sale de acuerdo a la marea; el estero es estrecho, lo que hace que la corriente aumente su velocidad, y al hacerlo, socava la orilla derecha, dejando un escarpe de erosión de aproximadamente 80 centímetros; además, se divide en dos ramales: el uno, que es el más ancho, y que sale hacia el mar; y el otro, más angosto, que corre paralelo al enrocado, varias decenas de metros, dirigiéndose hacia la población, donde termina.



Foto 17.- Desembocadura del Estero La Chorrera

Un poco más adelante, en el punto de coordenadas: 602748mN y 5189mE, se aprecia un acantilado de aproximadamente 7 metros de altura (Foto 18), conformado por una lutita amarillenta, bien meteorizada; por la morfología que presenta dicho acantilado, es decir,

casi vertical, se deduce que anteriormente ha sido erosionado, pero que actualmente, por la vegetación que cubre parcialmente su base, se presume que hace algún tiempo no llegan las olas hasta ese sector.



**Foto 18.-
Acantilado cubierto
parcialmente
de vegetación**

A unos 100 metros del punto anterior aflora una plataforma de abrasión (Foto 19), en una playa relativamente baja, cubierta parcialmente de arena de grano fino; dicha plataforma se inicia al pie del acantilado, y se extiende varias decenas de metros mar afuera, con una longitud

aproximada de 100 metros; la roca que aflora es la misma que aparece en el acantilado, es decir, lutita amarillenta, la misma que tiene un rumbo N20°E y un buzamiento de 16°SO. Como ya se indicó, esta plataforma de abrasión es la evidencia del retroceso del acantilado.



19.- La plataforma de abrasión es cubierta poco a poco por el agua

Por ese mismo sector, en la parte superior de la playa, y al pie del acantilado, se aprecia una acumulación de rocas decimétricas (Foto 20), de unos 4 metros de ancho, que se extiende paralelo a la playa por varias decenas de metros; muchas de estas rocas están parcialmente enterradas por la arena; posiblemente provienen de la socavación de las rocas cercanas a Punta Pedernales; son semi-redondeadas, lo que permite suponer que continuamente han sido movilizadas por las olas, hasta ser depo-

sitadas en el sitio donde actualmente se encuentran.

En cuanto al acantilado, su altura va aumentando en forma paulatina, y su ladera, está cubierta de vegetación; aunque un poco más adelante, a sus pies, hay rocas de diferentes tamaños, hasta de 1.20 metros de diámetro, que han caído por gravedad desde la parte alta.



**Foto 20.-
Acumulación
de rocas al pie
del acantilado**

Como parte de la plataforma de abrasión, a unos 200 metros de la acumulación de las rocas decimétricas antes señaladas, resalta la presencia de un pequeño farallón, es decir, un promontorio rocoso conformado por lutita (Foto 21), de aproximadamente 6 metros de altura, el mismo que debido a la erosión, ha sido separado del acantilado principal, y ha



Foto 21.-
Bloque en medio de la
playa, y que es la
evidencia del retroceso
de los acantilados por
la erosión de las olas

En el punto de coordenadas: 602439mN y 5189mE, se aprecia una playa de bolsillo, es decir, una pequeña playa formada por la acumulación de arena al pie del acantilado; tiene 60 metros de largo por 50 metros de ancho, conformada por arena de grano fino.

Aquí se hizo la cuarta calicata de aproximadamente 83 centímetros de profundidad, donde se recolectaron 4 muestras: la primera, arena fina, en una capa de 3 centímetros de espesor; la segunda, arena gruesa, en una capa de 10 centímetros; la tercera, arena fina nuevamente, en una capa de 30 centímetros; y la cuarta, arena gruesa otra vez, en una capa de 40 centímetros.

Un poco más adelante, la plataforma de abrasión continúa, aunque con sectores parcialmente cubiertos de arena. En el acantilado, vertical, de unos 10 metros de altura, conformado por lutita de color amarillento, resalta la presencia de varias cuevas (Foto 22), las

quedado en medio de la playa, convirtiéndose en una prueba evidente de cómo se produce el retroceso de los acantilados en general; sin embargo, a mediano plazo, poco a poco los agentes de meteorización, entre los cuales están: las olas, el sol, la lluvia, el viento, irán disminuyendo su tamaño hasta que desaparezca.

mismas que se han formado cuando las olas en pleamar, lanzan fragmentos de roca, contra la parte baja del acantilado, y provocan pequeñas grietas, las mismas que con el transcurso del tiempo se van agrandando, hasta provocar que pequeños fragmentos empiecen a caer; la erosión eólica también hace su papel, actuando en la parte alta del acantilado, arrancando pequeños fragmentos de roca; por último, también interviene directamente la gravedad, especialmente cuando la ladera tiene una fuerte pendiente (INOCAR, 2009). Este choque continuo de las olas sobre la base del acantilado, hace que el agua cubra dicha base, a la vez que encierra aire dentro de las pequeñas grietas que se van formando; pero el aire, al no tener espacio suficiente, explota hacia adentro, es decir, hacia la roca, agrietándola más, con lo cual paulatinamente la va socavando; estas cuevas son la evidencia del alto grado de socavamiento que generan las olas en este sector (INOCAR, 2001).

Foto 22.-
Una de las cuevas
formadas por la
socavación de las olas



En el punto de coordenadas: 602160mN y 5159mE, la altura del acantilado es de unos 12 metros, vertical, teniendo en la base un conglomerado de 4 metros de espesor; con clastos de hasta 40 centímetros de diámetro, así como pequeñas intercalaciones de arena gruesa; supra-yaciendo al conglomerado hay una capa de lutita amarillenta, bien meteorizada, de aproximadamente 8 metros de espesor.

Un poco más adelante se observa también un pequeño paleo-deslizamiento (Foto 23), es decir, un deslizamiento de la parte superior del acantilado, el mismo que ha ocurrido en una época no determinada, provocado por la inesta-

bilidad del talud, debido entre otras causas a su verticalidad, así como también al conglomerado de la base, que tiene poca consistencia, por lo que es fácilmente erosionado por el agua de mar, al chocar las olas, dando como resultado el agrietamiento, desprendimiento y deslizamiento de un gran sector de la parte superior del acantilado, junto con la vegetación existente. La evidencia de este proceso natural es la presencia de dos áreas bien definidas, ubicadas a diferente altitud; la una, que es la parte superior, fija; y la otra, la parte inferior, que es la que se ha deslizado, y cuya cima está cubierta de vegetación, separadas las dos, por un escarpe casi vertical y sin vegetación.



Foto 23.- Deslizamiento de la parte superior del acantilado

Prosiguiendo con el reconocimiento geológico, en el sector de coordenadas: 602037mN y 5220mE, el acantilado mantiene su altura, es decir, de unos 12 metros, está bien meteorizado, fracturado; aquí también continúan apareciendo las cuevas, pero de menor dimensión, si se comparan con las cuevas señaladas en párrafos anteriores.

Aquí resalta la acreción que ha sufrido la parte superior de la playa de este sector (Foto 24), lo que ha hecho que se presente un poco más alto, con respecto a la parte inferior, por lo que tiene una inclinación de 5 grados. La arena, conjuntamente con basura y restos de árboles, que han sido depositados por las olas en esta parte de la playa, ha cubierto casi totalmente la plataforma de abrasión.



Foto 24.- Se aprecia la acreción de la parte superior de la playa

En este sector se observa además un escarpe de erosión de unos 30 centímetros de alto, de una pequeña duna que está conformada por capas milimétricas de arena ferrotitanífera, intercaladas con capas también milimétricas de arena común, es decir, aquella arena gris que se encuentra en las playas; pero como predomina la primera, el depósito de arena presenta una coloración negruzca. Posiblemente la erosión de la duna tuvo lugar antes del crecimiento de la parte superior de la playa, pero quedó allí como evidencia del socavamiento que producen las olas en la línea de costa.

En el punto de coordenadas: 601635mN y 5466mE, está ubicada Punta Pedernales (Foto 25), la mayor saliente rocosa del área de estudio; está conformada por un acantilado de unos 12 metros de altura, vertical a los lados, bien meteorizado, fracturado; se aprecia en la base, un estrato de limolita, de color amarillento, de unos 8 metros de espesor, el mismo que se presenta fracturado; subyaciendo a la anterior, está una capa de unos 4 metros de espesor, de lutita, de color amarillo-pardo, con esporádicas inclusiones de material grueso; sobre esta última subyace una capa de limolita, también de color amarillento, de unos 2 metros de espesor.



Foto 25.- Acantilado fracturado, que forma parte de Punta Pedernales

Cabe señalar que un acantilado va alcanzando su verticalidad, a medida que su base va siendo socavada por el oleaje y por la corriente litoral; el material socavado es transportado hacia mar adentro; al no tener el soporte de la base, el material de la parte superior, por gravedad, se desliza hacia abajo, cayendo a sus pies, e interviniendo nuevamente las olas y la corriente litoral, para el acarreo del material caído; la repetición en forma continua, de todo este proceso, es lo que hace que el acantilado retroceda, o lo que es lo mismo, el mar avance hacia tierra.

Sin embargo, en este sector se aprecia que la parte superior de la playa está en una etapa de acreción, lo que hace que parte de las rocas de la plataforma de abrasión que afloran en este sector, queden cubiertas; en cambio en la parte inferior, frente a la punta, afloran rocas pequeñas y grandes de dicha plataforma, evidenciando el retroceso del acantilado.

A medida que avanza el recorrido del reconocimiento geológico, la altura del acantilado alcanza unos 20 metros; hay una playa de unos 57 metros de ancho, conformada por arena de grano fino; siguen observándose pequeñas manchas de rocas de la plataforma de abrasión, ya que el resto está cubierto por la arena.

Pasando Punta Pedernales, en el punto de coordenadas: 601419mN y 5220mE, la playa es baja, amplia, conformada por arena de grano fino; en su parte superior hay vestigio de arena “negra”, así como también restos de árboles amontonados por el oleaje.

El acantilado continúa vertical, bien meteorizado, fracturado, con una altura aproximada de 15 metros; a sus pies se han acumulado los llamados conos de derrubios (Foto 26), es decir, material más fino, suelto, que se acumula en la base del acantilado, como producto de la erosión eólica; y toma la forma de un cono boca abajo, debido a que, como el agente que desencadena la caída de los clastos es la gravedad, los granos gruesos se sitúan en la parte ancha del cono, mientras que la fina, en orden decreciente se ubica hacia el ápice (punta) del cono; posteriormente con la subida del nivel del mar, en la marea de flujo, el material es transportado por las olas y corrientes, hacia mar adentro, distribuyéndolo a lo largo de la zona costera. Cabe señalar que la erosión eólica es el desgaste que puede ocasionar el viento, a las rocas, o bien a la remoción del suelo (INOCAR, 2012).



Foto 26.-
Conos de derrubios, es decir,
material suelto acumulado al
pie del acantilado

Un poco más adelante, desaparece el acantilado, y en cambio aparece una duna de unos 300 metros de largo, por 10 metros de ancho, la misma que está cubierta, aparte de la arena, por restos de árboles; éstos últimos, utilizados por los pobladores como leña para hacer fuego; hay sectores de la duna que están siendo socavados, evidenciado por un escarpe de erosión, vertical, de 1.50 metros de altura, ubicado al pie del acantilado. A continuación reaparece el acantilado, sub-vertical, de limolita amarillenta, con una altura aproximada de 12 metros.

En el punto de coordenadas: 601140mN y 4022mE, la playa tiene unos 70 metros de ancho; hay material caído al pie del acantilado, y como éste es vertical, se producen pequeños

derrumbes, es decir, el desprendimiento repentino, por efecto de la gravedad, de bloques aislados de roca, tal como se observa en la (Foto 27), en el que hay otro bloque a punto de caerse. La caída de estos bloques comienza con la presencia de varias grietas, que se originan debido a varios factores entre los cuales están: la socavación que producen las olas en la base del acantilado, la misma que en forma lenta, pero continua, lo va haciendo retroceder; la lluvia, la misma que satura el material sedimentario que conforma los estratos; la erosión eólica que paulatinamente va desprendiendo fragmentos de roca, etc; todos estos procesos naturales conllevan a que el mar vaya avanzando, con el consiguiente retroceso del acantilado.



Foto 27.-
Tipo de
deslizamiento por
caída de roca y
volcamiento de
estratos

La presencia de este material suelto, caído desde la parte alta del acantilado, hace suponer que el oleaje es fuerte en esta área, lo que hace que socave en forma continua su base; más aún, siendo el material que lo conforma, de origen sedimentario, está meteorizado, fallado, fracturado, todo esto lo hace más fácilmente erosionable; una vez que socava y el material se desliza hacia abajo, las olas lo transporta mar adentro, donde las corrientes marinas lo distribuyen, sea en suspensión o arrastrado por el fondo, siendo ésta, una de las formas de la naturaleza, de cambiar las características sedimentológicas del fondo marino, y por ende, su morfología (INOCAR, 2009).

A unos 200 metros del punto con las últimas coordenadas indicadas, sobre un terraplén que tiene un pequeño muro de contención o enrocado, se aprecian los restos de una vivienda que aparentemente fue destruida hace algún tiempo por un fuerte oleaje, posiblemente durante un Evento El Niño 1982-1983 y/o 1997-1998 (Foto 28), cuando éstas llegaban hasta ese sector. La posición de estos restos, que están separados de la playa por una duna de unos 30 metros de ancho, permite suponer que cuando se produjo el daño en la vivienda, ésta estaba “en primera fila” de la playa, ya que en esa época posiblemente no se había formado la duna que actualmente hay, lo que facilitó que las olas impactaran directamente sobre dicha estructura, provocando su destrucción.

Foto 28.-
Restos de una vivienda
destruida
posiblemente durante
un evento El Niño



En el punto de coordenadas: 601017mN y 3593mE, se aprecia una amplia playa, conformada por arena de grano fino, en la que también se observan acumulaciones alargadas de material grueso. La playa es irregular, y se debe a la presencia de un pequeño canal de marea, con lagunas de agua; se extiende paralelo a ésta, y la divide en forma longitudinal, en dos sectores; este rasgo geomorfológico es casi similar al que ya se mencionó al principio de este informe.

Punto 4 (Desembocadura del Río Coaque)

El reconocimiento geológico concluyó en el sitio donde finaliza el río Coaque (Foto 29),

ubicado en las coordenadas: 600924mN y 3347mE; en su desembocadura tiene una anchura aproximada de 50 metros; en su orilla izquierda se ubica una franja arenosa que está a un nivel más elevado que la orilla derecha; en esta última se aprecia gran cantidad de material grueso, en la que sobresalen rocas hasta de 20 centímetros de diámetro; tiene influencia de la marea, lo que significa que con el flujo ingresa el agua de mar hacia tierra, y con el reflujo sale, mezclada, el agua que proviene del continente, con el agua salada.



**Foto 29.-
Desembocadura
del Río Coaque**

El rasgo geomorfológico más sobresaliente de este río es la flecha litoral que forma parte de su desembocadura (Foto 29), es decir, de una lengua de arena cuya característica es que está conectada al continente por uno de sus extremos, y que se ha formado por la interacción de varios factores, entre los cuales están: el ingreso y salida del agua por la desembocadura, la corriente litoral, el oleaje y el transporte de arena. La formación de esta flecha litoral posiblemente se inició de la siguiente manera:

- La corriente marina que llega a la desembocadura del río, y que transporta la arena que ingresa con la marea hacia tierra, cuando sale hacia el mar, se frena al chocar con las olas; este encuentro hace que se anule la velocidad de ambas, lo que facilita la deposición de la arena en el fondo, dando lugar a la formación de un banco arenoso, alargado, el mismo que se inició en la desembocadura del río; al principio dicho banco estuvo cubierto por el agua de mar, pero poco a poco fue acreciendo hasta que afloró, y lo hizo en la dirección que tiene la corriente litoral, en este caso hacia el norte, y siempre paralelo a la línea de costa (INOCAR, 2009).

b) SEDIMENTOLOGÍA DE LA ZONA SUBMARINA FRENTE A PEDERNALES

A partir de los trabajos de Folk (1957), innumerables son los investigadores que bus-

can, en las distribuciones granulométricas, así como en el análisis de los parámetros estadísticos, criterios para la identificación de los ambientes sedimentarios.

Considerando lo anterior, se ha elaborado una distribución en base a la textura, la misma que, según Folk (1957), da una mejor definición del tipo de sedimento de cada muestra.

Según Carranza (1980), hablar de textura de un sedimento es referirse al tamaño de los granos que lo conforman, así como a la proporción con la que estos diferentes tamaños de grano intervienen en dicho sedimento, el mismo que depende de varios factores, entre ellos su origen y su tamaño inicial.

La nomenclatura utilizada para referirse a la textura de los sedimentos es la siguiente (De Miró, 1972):

- Cuando el porcentaje de la fracción que predomina, en este caso “la arena”, (tomándola como ejemplo para esta explicación), llega al 75% o más del total de la muestra, va como nombre de la textura del sedimento, y se escribe simplemente “arena”.
- Cuando el porcentaje de arena está entre el 50 y 75%, ésta también va como nombre de la textura del sedimento, pero va acompañado de un adjetivo, y se escribe “arena-limosa”, si es que este último es el que le sigue en porcentaje.

- Cuando el porcentaje de arena está entre el 25 y 50%, ésta va como adjetivo, acompañando a la fracción predominante, y si dicha fracción es limo, se escribe: “limo-arenoso”.
- Cuando el porcentaje de arena es menor al 25% del total de la muestra, ésta no se menciona, y se escribe solamente “limo”, si es que esta fracción es la que predomina entre las demás.

Como ya se señaló anteriormente, con los resultados del análisis granulométrico, y tomando en cuenta la nomenclatura anterior, se elaboró el mapa de textura (Figura 3), cuyos porcentajes están indicados en la Tabla II.

En este mapa, en el que se ha graficado la distribución aproximada de los sedimentos superficiales de fondo, se aprecian cuatro tipos de material sedimentario, los cuales en orden de predominancia son: arena, limo-arenoso, arena-limosa y limo, los mismos que a continuación se exponen:

✓ Arena

Según la clasificación textural, el material sedimentario que predomina en la zona costera de Pedernales es la arena (Figura 3), con porcentajes comprendidos entre 67.67 y 97.09 % de dicho material (Tabla II); la mayoría son de grano fino (de 2 a 3 Phi), mal clasificadas, y son asimétricamente positiva, aunque también las hay asimétricamente negativa (Tabla III); el porcentaje restante está conformado por grava, limo y arcilla. La arena se ubica en la parte más exterior de la zona de muestreo, y se extiende en una amplia franja en forma de una “L”, con una orientación noreste-suroeste, es decir, paralela a la línea de costa, cubriendo casi la mitad del área de estudio (Estaciones: 2, 2A, 3, 4, 4A, 9, 10, 14A, 15, 16, 16A, 20A y 21); también se aprecia que hay arena en la zona de la orilla, frente a la población de Pedernales (Estaciones: 7 y 12).

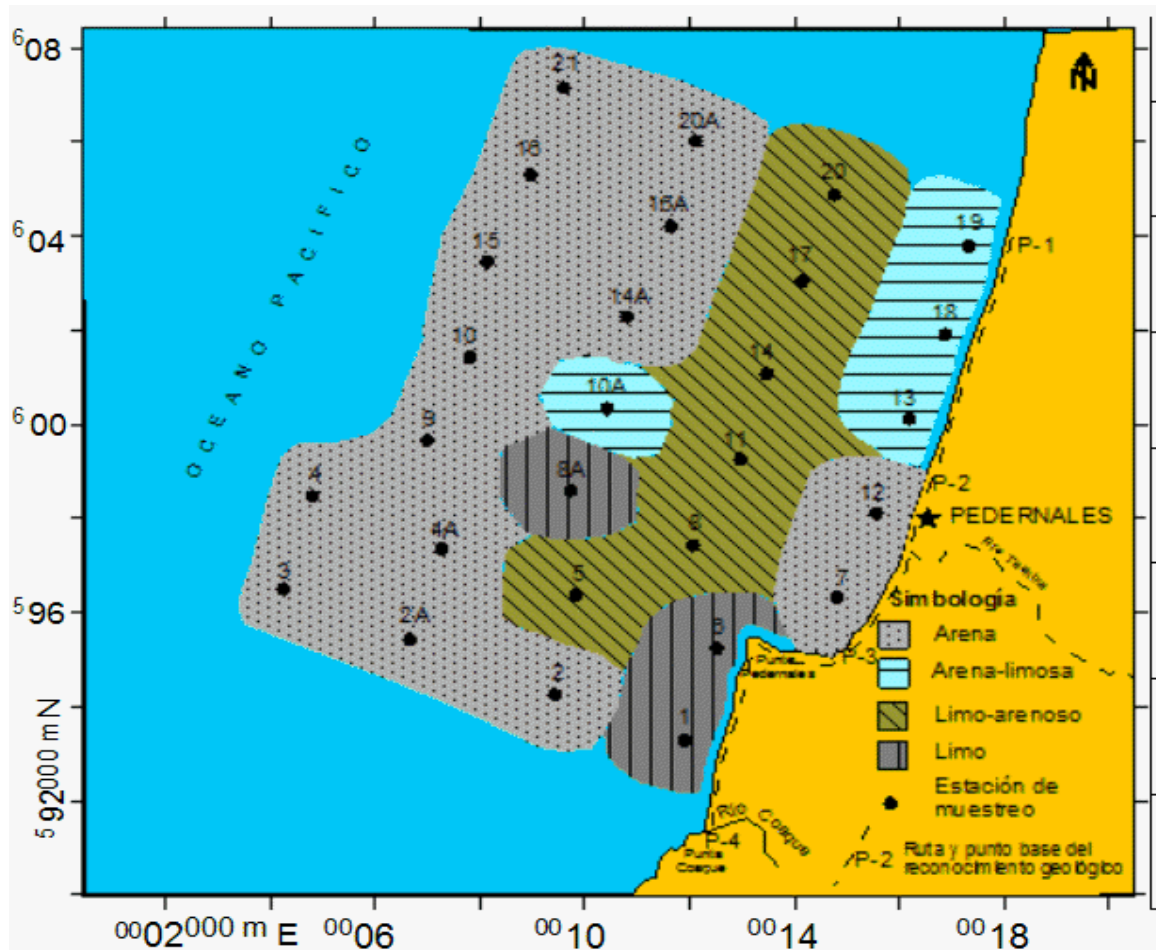


Figura 3.- Mapa de distribución aproximada de los sedimentos superficiales de fondo, según su textura (Pedernales, abril, 2013).

Con relación al origen de las arenas de la parte exterior del área de estudio, éstas podrían provenir del mar, y de ser así, constituyen las huellas dejadas por la última Transgresión Holocena, que comenzó hace unos 18.000 años, en la que comenzó a migrar la línea de costa hacia tierra, y aún lo está haciendo en la misma dirección (De Miró, 1972).

Dichas arenas han sido encontradas en casi todas las plataformas continentales del mundo, y las han denominado “Arenas Transgresivas Basales”, porque son la base, o el punto inicial de las nuevas capas de sedimentos que se depositaron, debido a la transgresión marina; también son denominadas “Arenas Relictas”, que quiere decir que estos sedimentos no tienen ninguna relación con las condiciones ambientales de los sedimentos actuales (De Miró, 1972). Cabe señalar que el término “transgresión” indica la migración de la línea de costa en dirección a tierra, por lo que a medida que esta línea (de costa) fue migrando y avanzando, las arenas se fueron depositando siempre en un ambiente costero, y así fueron cubriendo la plataforma continental.

En cuanto a las arenas ubicadas cerca de la orilla, frente a la población de Pedernales, posiblemente también provengan del mar, transportadas por las corrientes litorales y por la marea de flujo, y son las que hacen que este material sedimentario llegue hasta la playa, ya que cuando la energía de una ola rompe en la orilla, agita los sedimentos del fondo de la zona de rompiente, y los deja en suspensión, e inmediatamente son transportados hacia la zona de playa, donde se derrama en forma de espuma y luego, por la corriente de resaca, son acarreadas en vaivén, hacia el mar. Cabe señalar que se denomina resaca al movimiento de retroceso de las olas cuando llegan a la orilla. También aportan arena, las dunas, así como los acantilados presentes a lo largo de la línea de costa del área de estudio, los mismos que están conformados por material sedimentario, muy inestables, fracturados, con fallas, meteorizados, por lo que son de fácil

erosión, ya que además están constituidos por rocas blandas entre las cuales están: arcillolitas, lutitas y areniscas, con finas intercalaciones de yeso, lo que los hace aún más inestables; dicho material es arrastrado por las corrientes y olas hacia mar adentro, distribuyéndolo cerca de la playa (INOCAR, 1992).

La mala clasificación que presentan las arenas de la parte exterior, es decir, que no ha habido selección por tamaños, indica que posiblemente las corrientes las mantienen en continuo movimiento, lo que hace que se produzcan mezclas con granos de diferentes tamaños; en cambio, las arenas ubicadas cerca de la costa son muy bien clasificadas, es decir, hay una tendencia a presentar un único tamaño, y se debe a que las corrientes en ese sector, por su gran dinámica, se convierten en buenos clasificadores de los granos de arena.

Con relación a la predominancia de arena con asimetría positiva, es decir, presentan exceso de material fino, esto hace presumir que esos sectores están sometidos a acreción, posiblemente porque las corrientes son relativamente moderadas. En cambio en aquellos sectores arenosos con asimetrías negativas, es decir, con exceso de material grueso, estarían sometidos a 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 esta arena se mantiene con escaso porcentaje de dichos tamaños de grano.

✓ **Limo-arenoso**

A las arenas, le sigue en predominancia las mezclas de limo y arena (Estaciones: 5, 8, 11, 14, 17 y 20) (Figura 3), en el que el primero tiene un mayor porcentaje, comprendido entre 59.25 y 71.40% de dicho material (Tabla II), teniendo además arcilla pero en menor proporción; son mal clasificados; mayoritariamente son asimétricos positivos (Tabla III), es decir, presentan un exceso de material fino; y se ubican en una franja angosta, con una

orientación noreste-suroeste, es decir, paralela a la línea de costa. Cabe señalar que las corrientes marinas y de marea son las encargadas de movilizar estos sedimentos, lo que da como resultado el que obtenga una mala clasificación de los mismos.

✓ **Arena-limosa**

A los tipos de sedimentos anteriores, le siguen las mezclas de arena y limo (Estaciones: 13, 18 y 19) (Figura 3), en el que la primera tiene un mayor porcentaje, comprendido entre 51.45 y 63.38% de dicho material (Tabla II), incluyendo un menor porcentaje de arcilla; son polimodales, es decir, están conformados por varios tamaños de grano; son asimétricos hacia los tamaños finos (Tabla III), y se localizan en la parte noreste del área de estudio, en una pequeña franja paralela, y cerca de la línea de costa. También hay un pequeño parche de este material (Estación 10A), ubicado en la parte central del área.

✓ **Limo**

El material limoso es el sedimento menos predominante ya que se presenta en dos pequeños parches; el primero, conformado por las Estaciones 1 y 6 (Figura 3), con porcentajes que van desde 61.95 y 70.84% de dicho material (Tabla II), y se ubica frente a Punta Pedernales, extendiéndose hacia el sur; y el segundo, constituido por la Estación 8A, con 78.55% de limo, ubicado en el centro-sur del área; está mezclado con arena y arcilla, pero en menor proporción.

Con relación a la procedencia de este sedimento limoso, incluyendo la arcilla, posiblemente provienen de la erosión que produce el oleaje, especialmente en la época de aguaje, donde la base de los acantilados del sector es socavada debido a que está conformada por rocas sedimentarias, fracturadas, meteorizadas, inestables, por lo tanto erosionables. Aquí también interviene la gravedad, ya que al haber sido socavada la base, el material de la parte

alta, cae y se acumula al pie del acantilado formando los llamados conos de derrubios, el mismo que luego es transportado en suspensión por las mismas olas y por las corrientes litorales y frontales, hacia el mar, y si éste, está en calma, se depositará en el fondo; pero si está agitado, el material limoso, incluyendo arcilla, seguirá siendo transportado en suspensión mar afuera, hasta el momento en que se presenten las condiciones apropiadas para su deposición (INOCAR, 1992).

Debido a que el terreno es montañoso y húmedo, esto ha determinado la existencia de varios ríos, entre los cuales están: el Tachina, el Cojimies, entre otros; y son los que, junto a otros pequeños esteros, los que también aportan limo y arcilla del continente. Normalmente estos ríos permanecen secos, por lo que se los conoce como intermitentes, pero ante lluvias torrenciales, como por ejemplo las que se presentan ante un evento El Niño, se convierten en verdaderos sistemas de drenaje, con un gran caudal, que hace que erosione el fondo, así como las orillas por donde atraviesan, arrastrando por ende, considerables volúmenes de sedimentos de fondo y en suspensión, siendo ésta, una de las causas que originan los cambios de las características sedimentológicas y morfológica del lecho marino y de los ríos.

CONCLUSIONES

➤ **Geomorfología de la línea costera de Pedernales**

Los acantilados del área de estudio son bajos a relativamente altos, conformados por rocas sedimentarias, siendo las más jóvenes las formaciones rocosas del Mioceno, con lutitas, limolitas y conglomerados, bien meteorizados, correspondientes a la Formación Onzole, del Grupo Daule. La mayoría de los acantilados están cubiertos de vegetación.

Las playas son amplias, conformadas principalmente por arena de grano fino, en la que se aprecian zonas de acreción, especialmente en

su parte superior; aunque también hay zonas de erosión, en donde las olas, corrientes y mareas, entre otros, por la dinámica de sus movimientos, están cambiando la geomorfología de la línea de costa.

En la playa resalta la presencia de plataformas de abrasión, las mismas que se presentan parcialmente cubiertas de arena, y que son la evidencia del lento retroceso de los acantilados, debido a la erosión del oleaje. También son notorios pequeños canales de marea que corren varias decenas de metros paralelos a la playa.

También hay que indicar que la base de una escollera o muro de contención, conformado por rocas grandes, para proteger la carretera costanera del oleaje, está siendo enterrada por la arena, por lo que, de continuar la acumulación de este material, ésta podría servir de plataforma para que las olas, ante un fuerte aguaje, se deslicen hasta la base de la capa asfáltica de dicha carretera, lo que podría traer como consecuencia una posible socavación de la misma.

➤ **Sedimentología de la zona submarina frente a Pedernales**

El sedimento predominante en la zona costera frente al cantón Pedernales son las arenas, de grano fino, mal clasificadas, con asimetrías positivas, las mismas que se ubican en el lado oeste, en una amplia franja, es decir, en el lado más exterior del área de estudio.

También hay presencia, en menor proporción, de otros tipos de sedimentos; pero de éstos, el que más resalta es una mezcla de limo y arena, localizada en una franja paralela a la línea de costa.

Las arenas posiblemente provienen del mar, por lo que se constituyen en la evidencia de la última Transgresión Holocena que tuvo lugar hace 18.000 años, en la que se produjo el inicio de la migración de la línea de costa hacia tierra. También hay aporte de arena del continente,

desde las dunas, así como de los acantilados ubicados a lo largo de la línea de playa.

El material limo-arcilloso también provendría de la socavación de los acantilados; pero además, del arrastre originado por los ríos y esteros en el interior del continente, durante los últimos eventos El Niño que se han presentado en el país.

En cuanto a alguna variación en la distribución de sedimentos en los meses estacionales, en el área de estudio, no se la puede determinar, debido a que no se ha realizado otro muestreo en épocas anteriores, para comparar los resultados.

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su agradecimiento al CPNV-EM Humberto Gómez Proaño, Director del INOCAR; así como al TNNV-SU Carlos Perugachi Salamea, Jefe del Departamento de Ciencias del Mar, por el apoyo brindado para la publicación del presente trabajo. Así también agradece al Dr. Kervin Chunga M. Ph.D, por su invalorable contribución en la revisión, comentarios y sugerencias a este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

De Miró M., 1972.- Curso de Geología Marina. Pág. 133-134

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. Pág. 42-48.

Folk, R., 1957.- Petrology of Sedimentary Rocks. Ed. Hemphill's book Co., EE. UU. Pág. 170.

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

García F., (2008).- Estudios Geotécnicos. Escuela Politécnica Superior Huesca, España. Pág. 7-9.

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

INOCAR, 1996.- Reconocimiento Geológico de la playa ubicada al sur de la Puntilla de Santa Elena. Pág. 3.

INOCAR, 1997.- Informe sobre el primer reconocimiento de las zonas costeras, que han sido más afectadas por el fenómeno “El Niño”, en las Provincias del Guayas y Manabí. Pág. 3.

INOCAR, 1998.- Informe sobre el Segundo Reconocimiento de las Zonas Costeras que han sido más afectadas por el Fenómeno “El Niño”, en las Provincias del Guayas y Manabí. Pág. 4.

INOCAR, 2000.- El efecto “El Niño” 97-98 y sus efectos en las costas ecuatorianas. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Vol. 10, No. 1-2000. Pág. 181.

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. Pag. 9.

INOCAR, 2006.- Geomorfología del área comprendida entre la Puntilla de Santa Elena y Ancón. Pag. 1-14.

INOCAR, 2007.- Estudio de las Características Sedimentológicas de la Zona Costera comprendida entre la Puntilla de Santa Elena y Punta Ancón, en la Provincia del Guayas, Ecuador.

Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol. 14, N0. 1, 2007. Pág. 186.

INOCAR, 2008.- Caracterización Sedimentológica Superficial de la Zona Costera de Monteverde. Pág. 3.

INOCAR, 2009.- Geomorfología de la zona de playa comprendida entre Data de Villamil y Posorja; y sedimentología del área de las Boyas 8a y 9, en el Canal Exterior (Área de los Goles) de ingreso al Puerto Marítimo de Guayaquil. Pág. 1-29.

INOCAR, 2009.- Informe sobre el reconocimiento geológico de la Isla Jambelí, en la Provincia de El Oro, afectada por procesos de erosión. Pág. 1-51.

INOCAR (2009).- informe sobre el reconocimiento geológico del área donde está ubicado el Santuario de Santa María de la Fíat, en Olón, Provincia de Santa Elena, afectada por la desestabilización del acantilado. Pág. 1-28.

INOCAR, 2012.- Caracterización Geomorfológica y Sedimentológica de la Bahía de Jaramijó, en la Provincia de Manabí. Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol. 17; No. 1, 2012. Pág. 205-220.

Krumbein W., Sloos L., L., 1963.- Estratigrafía y Sedimentación. Segunda Edición traducida al español; Pág. 116.

Naciones Unidas, 1983.- Tecnologías para el control de la erosión costera. Pág. 1-142.

PMRC, 1988.- Grandes Rasgos Geomorfológicos de la costa ecuatoriana. Pág. 1-31.