



.1
551.8
MAR
C.2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra



“Geología Marina en el Área de Bajo Alto – Provincia de El Oro, y su aplicación al Manejo Costero”

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO EN GEOLOGÍA



Presentado por:

Carlos Eduardo Martillo Bustamante

GUAYAQUIL – ECUADOR
2002



D-27389

CIB

AGRADECIMIENTO

Agradezco a las instituciones que hicieron posible el desarrollo de esta Tesis: A EDC por la ayuda económica y a INOCAR, ESPOL y Petroproducción por la asesoría técnica y por la oportunidad que me brindaron de trabajar en sus laboratorios.

Agradezco también a mi **director** de tesis y amigo, Dr. Stalin **Benítez**, por los acertados consejos brindados a lo largo de todo el trabajo; a la Ing. **Essy** Santana por su **eficaz** y desinteresada ayuda; y al Jng. Enrique **Sánchez** por **las** recomendaciones realizadas.

Hago extensivo mi agradecimiento a mis amigos: **E. Larreta**, I. Nolivos, F. Hemández, E. Gómez y O. Ríos por la ayuda oportuna que supieron brindarme para el desarrollo de la tesis; y por supuesto a mi amiga y compañera incondicional, Lupita Nolivos A., por todo el trabajo y sacrificio que realizó para que este trabajo fuera una realidad.

Realizo un reconocimiento especial al Ing. Edison **Navarrete** Cuesta, por la valiosa ayuda que me prestó durante **los** últimos años de mi carrera.



DEDICATORIA

Al Creador, Salvador y Amigo.

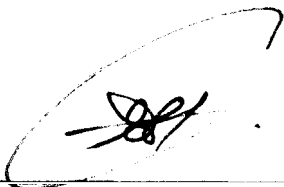
A DIOS.

**A quienes tuvieron el amor y la valentía
para traerme al mundo, formarme,
educarme y brindarme su amistad
incondicional siempre.**

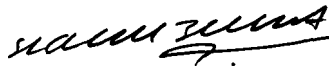
A MIS PADRES.

A MIS HERMANOS.

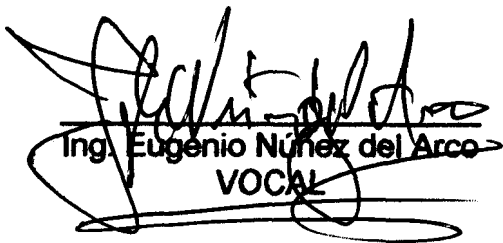
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Edison Navarrete Cuesta
DECANO DE LA FICT



Dr. Stalin Benítez Acosta
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Eugenio Núñez del Arco
VOCAL

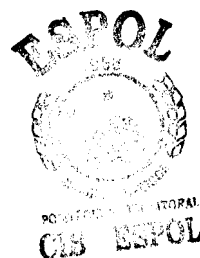


Ing. Galo Montenegro
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“ La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Carlos E. Martillo Bustamante".

Carlos Eduardo Martillo Bustamante



RESUMEN

En la primera parte del presente trabajo se realiza una interpretación **estratigráfica** regional del Cuatemario; se hace la descripción **de** los aspectos físicos regionales y locales del área **de** estudio (Geología, Oceanografía y Meteorología); y **se** analiza la dinámica litoral del **sector** de Bajo Alto - Provincia de El Oro, realizando el cálculo de la deriva litoral y el estudio **multitemporal** a partir de fotografías aéreas.

En la segunda parte del trabajo se realizan sugerencias sobre el manejo costero con el fin de ayudar al desarrollo sustentable de la población de Bajo **Alto**.

INDICE GENERAL

RESUMEN	I
INDICE GENERAL	II
INDICE DE FIGURAS	VI
INDICE DE TABLAS	VIII
INDICE DE CUADROS	IX
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo y Justificación	2
1.2 Ubicación y delimitación del área de estudio	2
1.3 Estudios Previos	4
1.4 Método General de Trabajo	4
II. CARACTERÍSTICAS REGIONALES DEL MEDIO FÍSICO	7
2.1 Geología Regional	7
2.1.1 Configuración Tectónica	7
2.1.2 Estratigrafía	10
2.1.2.1 El Graben de Jambeli	10
2.1.2.2 El Cuaternario en el Canal de Jambelí	11
2.1.3 Geomorfología	16
2.2 Hidrografía	24
2.3 Meteorología	30
2.4 Oceanografía	32

2.4.1 Mareas	32
2.4.2 Oleaje	33
III. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS LOCALES	35
3.1 Meteorología	35
3.1.1 Vientos	35
3.1.2 Precipitaciones	37
3.1.3 Temperatura	38
3.2 Oceanografía	39
3.2.1 Mareas	39
3.2.2 Oleaje	41
3.2.3 Comentes	48
3.2.3.1 Corriente "Offshore"	49
3.2.3.2 Corriente Litoral	66
3.3 Geología Marina	68
3.3.1 Sedimentología	68
3.3.2 Mineralogía de sedimentos de playa	98
3.3.3 Morfología Submarina	100
3.3.4 Perfiles de playa	107

IV. DINÁMICA LITORAL	118
4.1 Aspectos Teóricos	118
4.1.1 Procesos en la Zona Costera	118
4.1.2 Factores que influyen en la geometría de la playa	120
4.1.2.1 Olas	120
4.1.2.2 Mareas	121
4.1.2.3 Nivel Freático	122
4.1.2.4 Vientos	123
4.1.2.5 Cambios del nivel del mar	124
4.1.3 Corriente Litoral	125
4.1.3.1 Velocidad de la corriente litoral	126
4.1.4 Transporte Litoral	127
4.1.5 Balance de sedimentos	128
4.2 Cálculo del transporte litoral	129
4.2.1 Transporte litoral neto	132
4.3 Estudio Multitemporal	134
4.3.1 Las Flechas Litorales	134
4.3.2 Uso de la Teledetección	136
4.3.3 Análisis de Fotografías Aéreas	137

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	157
5.1 Área Fuente	157
5.2 Dinámica Litoral	160
5.2.1 Consideraciones previas	160
5.2.2 Paleogeografía y evolución de la dinámica litoral	164
5.3 Manejo Costero	172
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	180
6.1 Conclusiones Regionales	180
6.2 Conclusiones Locales	182
6.3 Recomendaciones	185

Anexos

Bibliografía

INDICE DE CONTENIDO

FIG. N°	PAG
1.1 Área de estudio	3
2.1 Carta estructural del Golfo de Guayaquil	9
2.2 Pozos Amistad Sur 1 y Golfo de Guayaquil 1	12
2.3 Unidades estratigráficas del Cuaternario. Corte L-L'	14
2.4 Morfología Regional. Corte L-L'	17
2.5 Características morfológicas del área de estudio	22
2.6 Mapa morfológico del Golfo de Guayaquil	23
2.7 Modelo digital del terreno con la clasificación morfológica	23
2.0 Comportamiento de las corrientes en el Golfo de Guayaquil	34
3.1 Ubicación de estaciones en el área de estudio	45
3.2 Sentido de la corriente en pleamar de la estación E 1	56
3.3 Sentido de la corriente en bajamar de la estación E 1	57
3.4 Sentido de la corriente en pleamar de la estación E2	58
3.5 Sentido de la corriente en bajamar de la estación E2	59
3.6 Sentido de la corriente en pleamar de la estación E3	60
3.7 Sentido de la corriente en bajamar de la estación E3	61
3.8 Sentido de la corriente en pleamar de la estación E4	62
3.9 Sentido de la corriente en bajamar de la estación E4	63
3.10 Resumen de corriente en pleamar y en bajamar	65
3.11 Ubicación de muestras de sedimentos de fondo y playa	72

3.12	Distribución areal de diámetro medio de sedimentos de fondo	87
3.13	Distribución areal texturales de sedimentos de fondo	91
3.14	Distribución del grado de clasificación de sedimentos de fondo	96
3.15	Distribución de los grados de asimetría de sedimentos de fondo	97
3.16	Morfología submarina del área de estudio	106
3.17	Zonas de los perfiles de playa	108
3.18	Pendiente de playa	109
3.19	Tipos de perfiles de playa	113
4.1	Variabilidad costera 1961 - 1969	141
4.2	Variabilidad costera 1969 - 1977	145
4.3	Variabilidad costera 1977 - 1986	148
4.4	Variabilidad costera 1986 - 2001	151
5.2	Mapa Paleogeográfico I	167
5.3	Mapa Paleogeográfico II	168

INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAG.
I	Descripción de facies sedimentarias del corte L-L'	15
II	Mediciones de magnitud y dirección del viento	36
III	Tipos de rompientes	46
IV	Cálculos para la obtención del tipo de rompiente	47
V	Coordenadas de siembra de veletas	51
VI	Velocidad y dirección de la Corriente Litoral	67
VII	Clasificación de Sokolov	78
VIII	Minerales predominantes en los sedimentos	99
IX	Pendiente de playas vs. diámetro medio	110
X	Velocidades de corriente litoral	130
XI	Resultados del transporte litoral	132
XII	Transporte litoral neto	133
XIII	Erosión-Acreción de la línea costanera entre 1961 y 1969	142
XIV	Erosión-Acreción de la línea costanera entre 1969 y 1977	142
XV	Erosión-Acreción de la línea costanera entre 1977 y 1986	149
XVI	Erosión-Acreción de la línea costanera entre 1986 y 2001	149

INDICE DE CUADROS

CUADRO N°		PAG.
3.1	Estadística de precipitación en el período 1959-1998.	37
3.2	Estadística de temperatura en el período 1959-1998.	39
3.3	Mareas del mes de Julio del 2001 para Puerto Bolívar.	41
3.4	Velocidades de corriente en pleamar de la estación E1	56
3.5	Velocidades de corriente en bajamar de la estación E1	57
3.6	Velocidades de corriente en pleamar de la estación E2	58
3.7	Velocidades de corriente en bajamar de la estación E2	59
3.8	Velocidades de corriente en pleamar de la estación E3	60
3.9	Velocidades de corriente en bajamar de la estación E3	61
3.10	Velocidades de corriente en pleamar de la estación E4	62
3.11	Velocidades de corriente en bajamar de la estación E4	63
3.12	Diámetro medio de sedimentos de playa	81
3.13	Grado de clasificación de sedimentos de playa	81
3.14	Grado de curtosis de sedimentos de playa	84
3.15	Grado de asimetría de sedimentos de playa	84
3.16	Diámetro medio de Sedimentos de fondo	88
3.17	Textura de sedimentos de fondo	88
3.18	Grado de clasificación de sedimentos de fondo	93
3.19	Grado de asimetría de sedimentos de fondo	93
4.1	Cuadro comparativo de variabilidad costera	153

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

Una de las grandes riquezas que tiene el Ecuador es la que se encuentra en el límite terrestre-marino o línea de costa. A lo largo de esta faja costera se encuentra una diversidad de ecosistemas que incluyen acantilados, playas, dunas, lagunas costeras, estuarios, manglares, islas y bosques en donde se desarrollan muchos pueblos con diversas actividades económicas como son la pesca, el turismo, la industria y la artesanía.

En el sector Sur ecuatoriano, en la Provincia de El Oro, una de las poblaciones que se ha desarrollado en dependencia directa de los recursos costeros es Bajo Alto, que hasta mediados de la década de los 60 fue el principal balneario de los pobladores meridionales del país. Sin embargo, desde aquella década la dinámica litoral ha venido erosionando su playa, trayendo como consecuencia la desaparición

del turismo, que había sido hasta esa época la principal fuente de ingreso para los habitantes de ese lugar.

1.1 Objetivo y Justificación

En la primera parte del presente trabajo se determinarán las características del medio físico del área de Bajo Alto y la dinámica litoral que controla su playa. En la parte final se analizarán los aspectos del manejo litoral para un mayor desarrollo de la población bajoalteña.

1.2 Ubicación y delimitación del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la orilla SE del Canal de Jambelí. Tiene como límites: al Norte la desembocadura del Río Pagua, al Sur la desembocadura del Río Jubones, al Este la línea de marea más alta en sicigia, y al Oeste 2 Km 'offshore". La línea de costa que abarca el estudio tiene una longitud de 13 Km. Los muestreos y los análisis se concentraron en la zona desde Bajo Alto hasta la Puntilla. (Fíg. 1.1 y Fig. 3.11)



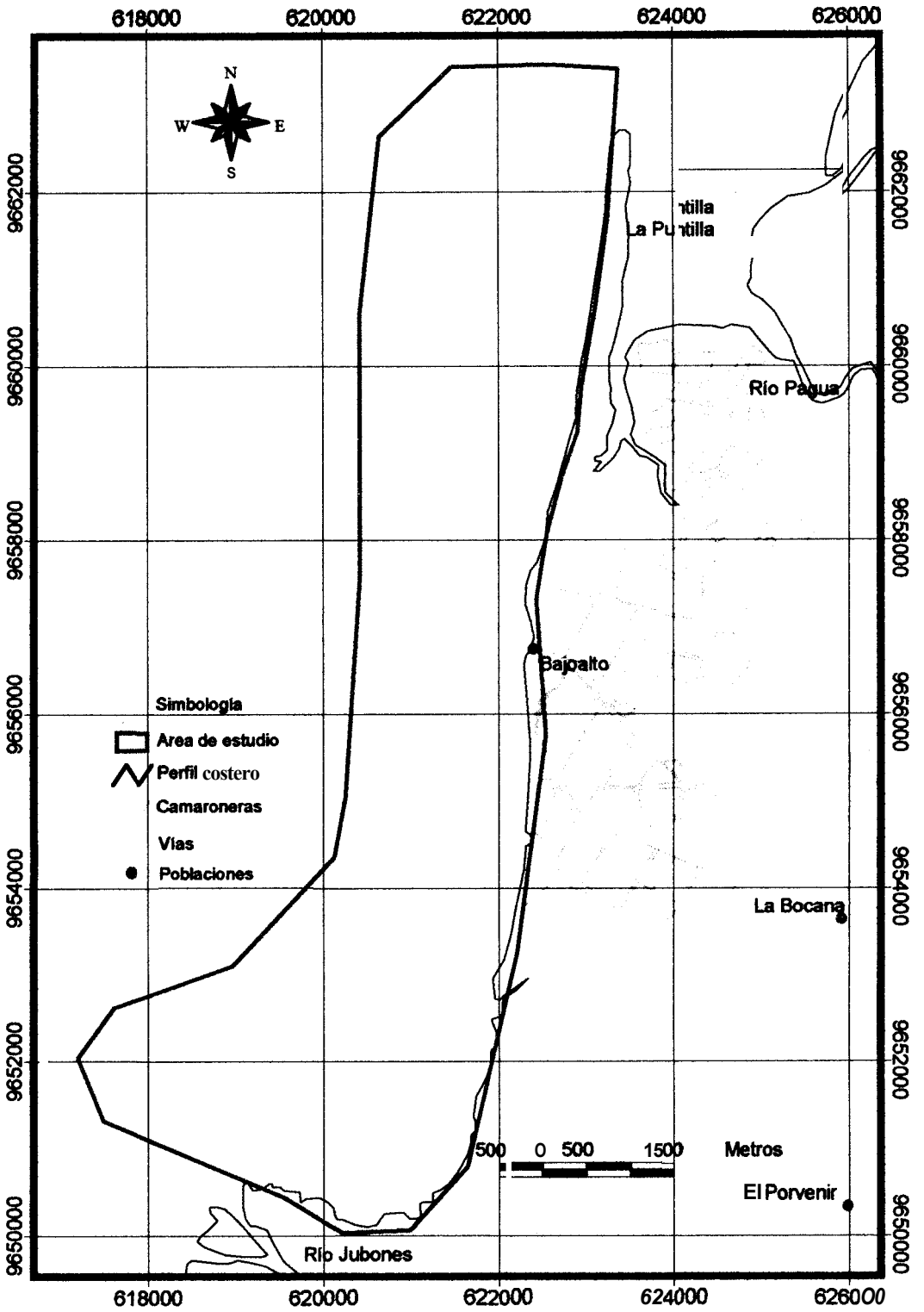


FIGURA 1.1.- Área de Estudio

1.3 Estudios Previos

El área definida para este estudio es una pequeña parte del Golfo de Guayaquil localizada en el Canal de Jambelí, por lo que fueron de gran ayuda todos los estudios existentes de carácter regional. Entre los más importantes se tiene: "Morphodynamics and Sedimentation of the Río Guayas Delta, Ecuador" de Cruz (1975); "Morfología y Sedimentos de la plataforma Continental del Golfo de Guayaquil" de Benítez (1975); y Actas Oceanográficas del Pacífico, (INOCAR).

El Único estudio local realizado hasta el momento es el de Evaluación de Impacto Ambiental realizado por KOMEX INTERNATIONAL, para la construcción y funcionamiento de la planta termoeléctrica de EDC, que estará emplazada a mediados del 2002 a la entrada de Bajo Alto.

1.4 Método General de Trabajo

El trabajo se lo dividió en cuatro etapas fundamentales:

- a) *Planificación general y búsqueda de información*, cuyos objetivos se describen a continuación:

1. Buscar bibliografía referente a la dinámica litoral o temas relacionados.
2. Revisar estudios realizados en el área de Bajo Alto o cercanos al lugar.
3. Realizar entrevistas con personas conocedoras del tema.
4. Conseguir mapas base del área de estudio: hojas topográficas, hojas batimétricas, fotografías aéreas.
5. Gestionar ante diferentes instituciones y organismos la ayuda que se necesitaría para las próximas etapas, como son la recolección de datos de campo y análisis de muestras.
6. Elaborar un borrador de temario de tesis, un cronograma de actividades y el presupuesto para su ejecución.
7. Hacer una visita de reconocimiento al área de estudio.

b) Salidas de Campo, durante las cuales se realizó:

1. El levantamiento topográfico y batimétrico del área de estudio.
2. La obtención de las muestras de sedimentos de fondo, sedimentos en suspensión y sedimentos de playa.
3. La medición de parámetros oceanográficos (olas, corrientes, mareas, etc.), y meteorológicos (vientos).

c) Estudios en los siguientes Laboratorios:

1. Geología Marina del INOCAR: Se estudió la granulometría y la mineralogía de las muestras de sedimentos.
2. Teledetección y Sistemas de Información Geográfica en la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra: Se realizó la corrección geométrica de las fotografías aéreas y el estudio multitemporal.
3. Petrografía en la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra: Se realizó la interpretación de ciertas láminas delgadas.
4. Petrografía en el Centro de Investigaciones Geológicas de Guayaquil de Petroproducción: Se realizó la interpretación de algunas láminas delgadas.

d) Interpretación de la Información:

Fue la Última etapa y la más importante, pues a lo largo de ella se realizaron los análisis, correlaciones y síntesis de toda la información, para luego dar lugar a las conclusiones y a la redacción final de la tesis.

CAPITULO II

2. CARACTERÍSTICAS REGIONALES DEL MEDIO FÍSICO

2.1 Geología Regional

2.1.1 Configuración Tectónica

El área de estudio está emplazada en una de las cuencas de antearco del Ecuador: El "Graben de Jambelí". Esta cuenca fue descrita por Faucher y Savoyat (1973), cuya interpretación fue luego actualizada por Benítez (1995), está limitada por fallas de desplazamiento de rumbo que pueden jugar, según el caso, en transtensión dando origen a subsidencia y depositación de grandes paquetes de sedimentos o en transpresión provocando la formación de altos estructurales.



Los sistemas de fallas que predominan en la región son dos: NE - SO y NO - SE, siendo la falla Guayaquil la más relevante por haber sido postulada como límite de placa (Case et al., 1971; Campbell 1974) y cuyo movimiento transcurrente dextral de dirección NE-SO forma una amplia zona de deformación conocida como Graben Jambelí. La falla misma forma una serie de altos estructurales como la Isla Santa Clara, el Campo Amistad, los cerros Zambapala y Mala en la Isla Puná entre otros, formados por movimientos transpresivos.

Un lineamiento de mucha importancia en el presente estudio es la falla Jubones de dirección EO, que controla el curso mediano del río Jubones. Por las características litológicas y estructurales al Norte y Sur de su trazado la falla Jubones parece haber sido reactivada durante el Terciario. El trazado muy rectilíneo del valle mediano del río Jubones, y el juego visible de fallas asociadas sugiere que también estuvo activa durante el Cuaternario. Estos movimientos tectónicos son responsables de la formación de conos aluviales y/o de glacis-terrazas escalonadas y, en parte por lo menos, de la migración de los paleocauces (Laubacher y Soubrane, 1995).

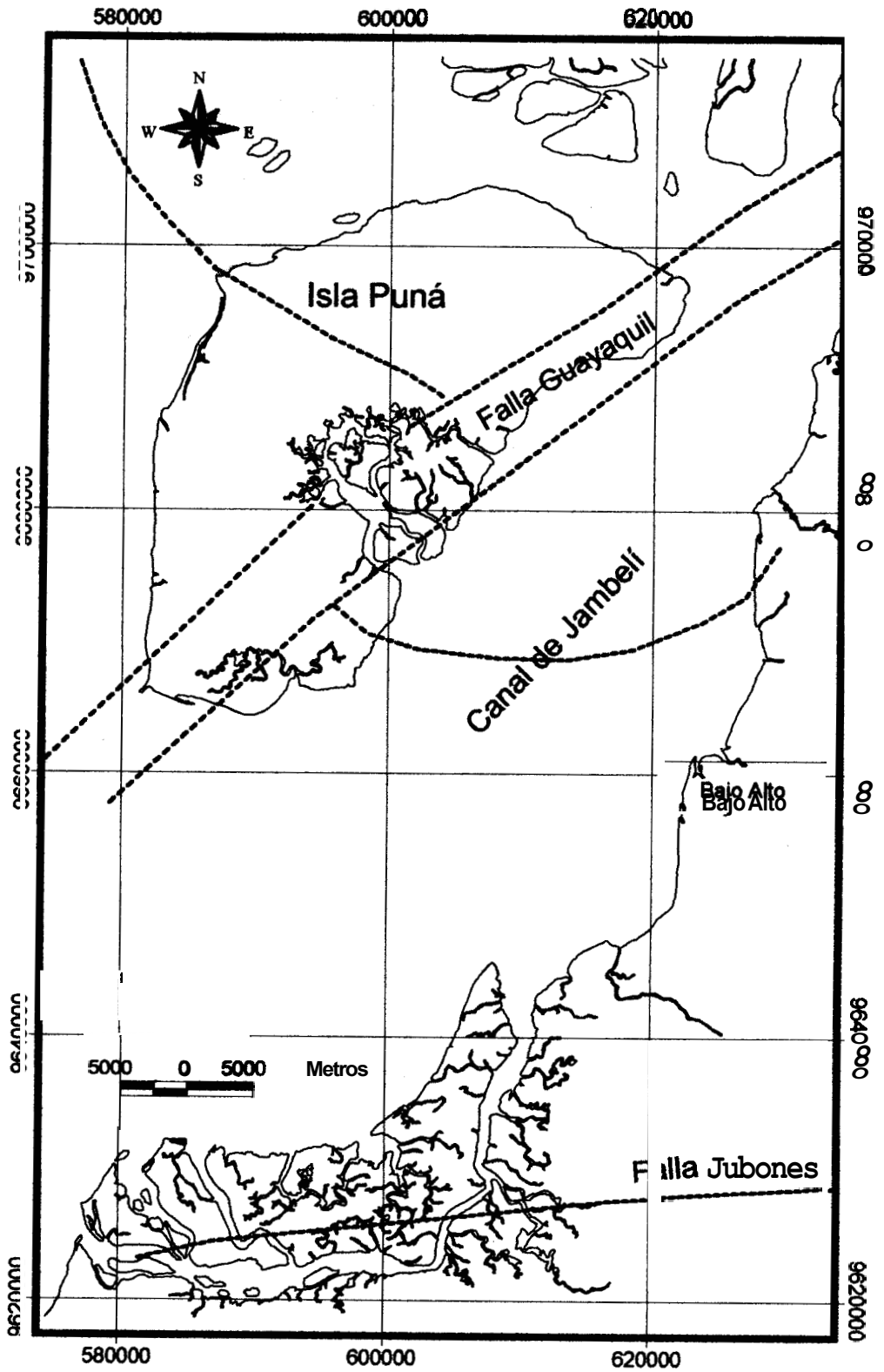


FIGURA 2.1.- Carta estructural del Golfo de Guayaquil

2.1.2 Estratigrafía

2.1.2.1 El Graben de Jambelí

El “Graben Jambelí” actúa como cuenca desde el Mioceno inferior y tiene como morfología actual el canal de Jambelí. Contiene un paquete sedimentario que alcanza los 12 Km de espesor máximo. Actualmente recibe los aportes sedimentarios del río Guayas y el río Jubones

Estando relacionado con la Cuenca Progreso se ha definido una historia deposicional similar, siendo sus secuencias estratigráficas semejantes. En la Isla Puná se han encontrado aflorando las mismas formaciones de la Cuenca Progreso con excepción de la Fm. Zapotal del Mioceno Inferior – Oligoceno terminal (?). (Benítez, 1995).

En el área subsidente se han perforado principalmente las series más jóvenes del Mioceno superior al Reciente y solo en los pozos Golfo de

Guayaquil-1 y Amistad Sur-1 se alcanzaron rocas del Mioceno inferior. (Benítez, 1995).

2.1.2.2 El Cuaternario en el Canal de Jambelí

No hay estudios de detalle sobre el Cuaternario en el Canal de Jambelí. Para inferir el substrato Cuaternario de este canal se ha tomado información del pozo Amistad Sur 1 (Figura 2.2) que proporciona información desde el Mioceno inferior hasta el Pleistoceno Superior – Holoceno.

Lions y Marocco (1995) en su estudio "Evolución Tectono-Sedimentaria del Golfo de Guayaquil, desde el Mioceno hasta el Reciente", realizan una interpretación de las secuencias estratigráficas encontradas en los pozos del Golfo de Guayaquil 1 y el Amistad Sur 1 (Fig. 2.2).

A partir de la información del Pozo Amistad Sur 1 y una Tabla del Tiempo Geológico del Cuaternario (Aubouin et al, 1975) se realizó la interpretación

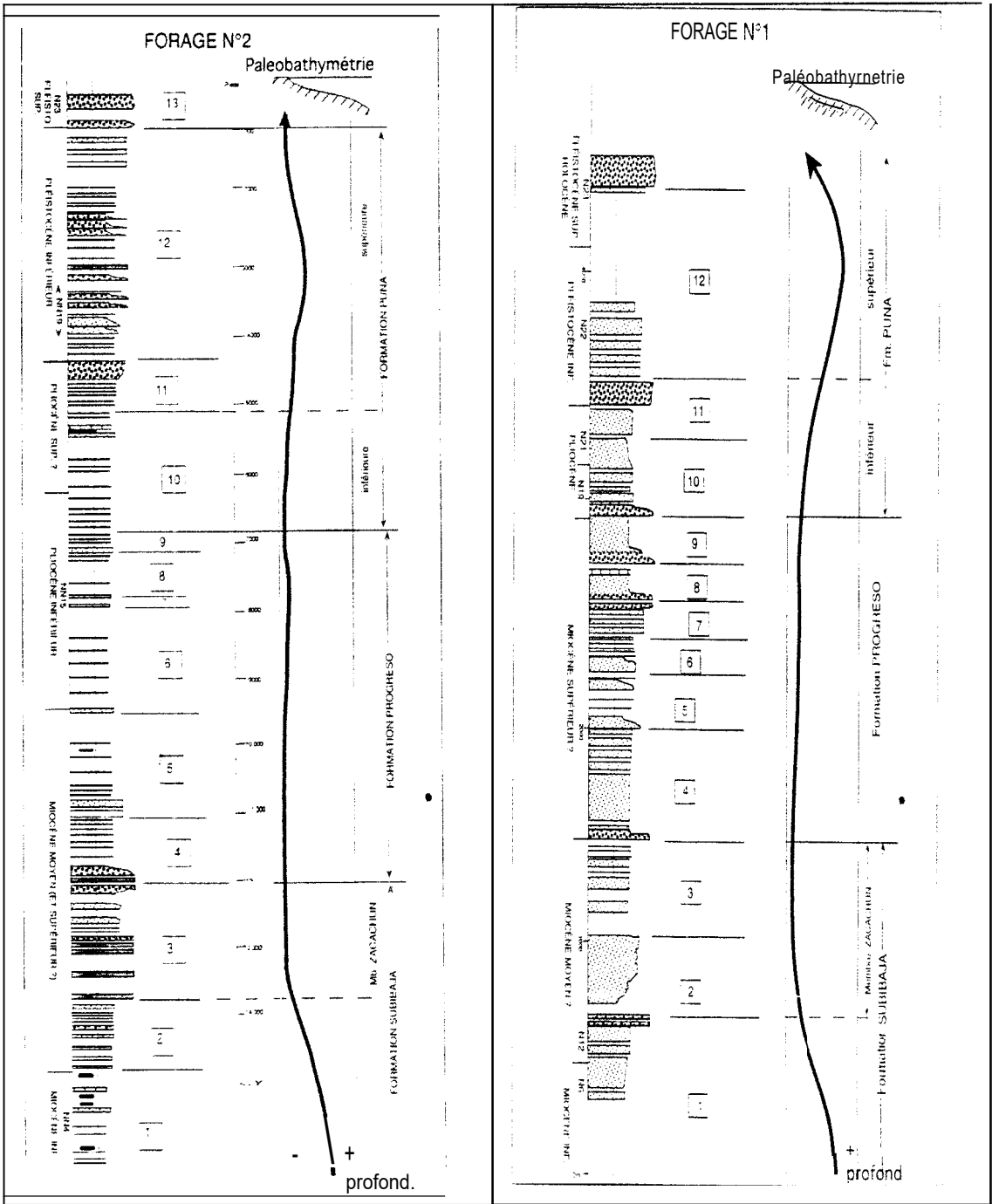


FIGURA 2.2.- Pozo 2: Amistad Sur 1.

Pozo 1: Golfo de Guayaquil 1

(De la tesis: Evolución Tectono-Sedimentaria del Golfo de Guayaquil, desde el Mioceno hasta el Reciente" de Lions, 1995)

estratigráfica del Pleistoceno Superior-Holoceno mostrada en el corte L-L' de la figura 2.3.

Se considera como límite entre el Pleistoceno Superior y el Pleistoceno Inferior cuando se inician las glaciaciones, es decir hace 1,5 Ma. Solamente los períodos interglaciales producen depósitos reconocibles.

El espesor del Pleistoceno superior - Holoceno es de 330 m de acuerdo a los análisis micropaleontológicos de Ordóñez (1991) registrados como N23. Para ilustrar el corte L-L' se subdividió este espesor en cuatro unidades estratigráficas que comprenden los tres ciclos interglaciales y el Holoceno (Postglacial). Los espesores de cada unidad están directamente relacionados al tiempo de duración de cada etapa interglacial a las cuales se les asignaron los nombres de las formaciones del Mar Mediterráneo, tal como se muestra en la Tabla I.

Fig. 2.3.- Corte estratigráfico interpretativo del Pleistoceno Superior al Holoceno

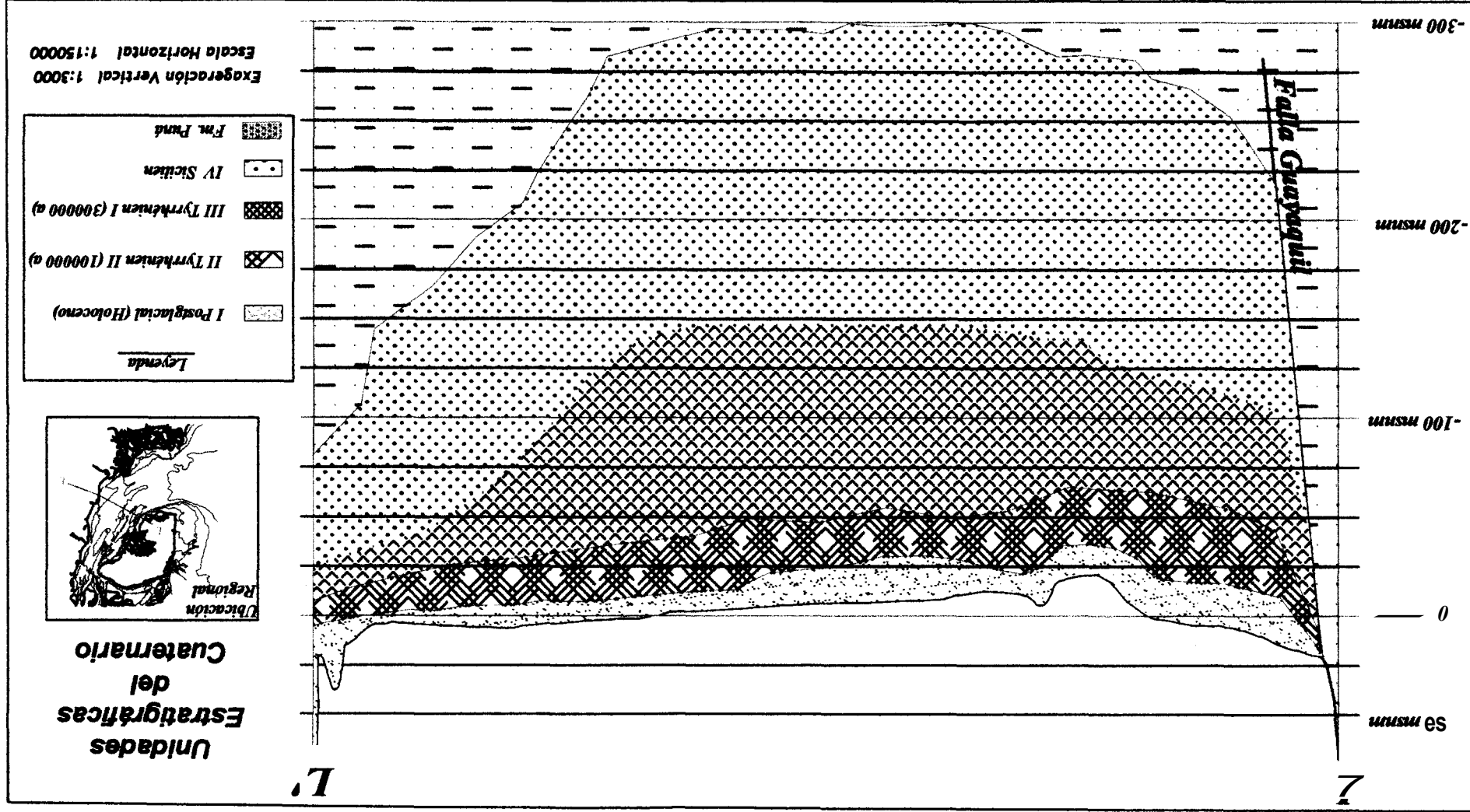


Tabla I
Descripción de Facies Sedimentarias del Corte L-L'

Unidad Estratigráfica	Nombre de Formaciones Marinas del Mediterráneo	Edad (x 1000 años)	Potencia de Unidades (m)
I	Holoceno (Postglacial)	10 actualidad	10
II	Tyrrehénien II	100-80	20
III	Tyrrehénien I	300-200	100
IV	Sicilien	700-500	200

Litológicamente las unidades interglaciales, según Lions (1995) corresponden a un ambiente muy detrítico de grano grueso conglomerático debido a un cambio tectónico compresivo.

La unidad correspondiente al postglacial (Holoceno) corresponde a un ambiente de sedimentación de estuario y prodelta descrito por Benítez (1975) como sedimentos limo – arcillosos en las zonas de menor influencia de las corrientes de marea y con mezclas con sedimentos arenosos en las zonas con influencia de corrientes.

La interpretación de facies del Holoceno se muestra en el corte L-L' de la Figura 2.4, y su descripción en el subcapítulo 2.1.3

Como zócalo del corte L-L' se tiene la Formación Puná (Plioceno-Pleistoceno Inferior), formada por arcillas gris oliva, limos arcillosos color marrón, areniscas finas marrón, y coquinas raras (Benítez, 1995).

2.1.3 Geomorfología

El área de estudio forma parte de los paisajes costaneros ubicados al Occidente de las estribaciones andinas de la Sierra Austral. Regionalmente se pueden identificar dos zonas geomorfológicas (figura 2.4): La Zona Costera y la Zona Estuarina (Corte L-L').

Zona Costera

Ubicada tanto en el extremo Oriental como en el Occidental del Corte L-L' y se encuentra formada por dos subzonas: la de planicie costera y la de estribaciones.

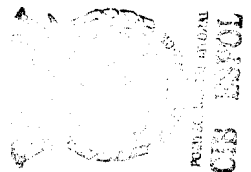
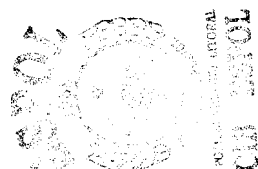
Planicie Costera

Es una zona con pendientes muy bajas a nulas. Las cotas varían desde los 0 hasta los 20 msnm. El relieve costero se configura sobre el material detrítico aluvial Cuatemario que rellena las cuencas costeras.

Durante las épocas con lluvias excesivas, en las zonas planas y bajas con deficiencias de drenaje se producen inundaciones.

Zona de Estribaciones

De relieves medios, que se presentan en las estribaciones externas de la Cordillera Occidental de los Andes (Zona de Estribaciones Orientales) comprendiendo las estribaciones cordilleranas bajas constituidas por conos de deyección con



elevaciones que van desde los 20 hasta a los 100 msnm. (en el corte). Su litología, al igual que en la planicie costera, corresponde material detrítico aluvial.

La zona de **Estribaciones** Occidentales está conformada por las faldas del cerro Zambapala de la Isla Puná donde aflora la formación Puná (Lions 1995).

Zona Estuarina

Comprende la parte central del corte L-L'. Es una zona influenciada directamente por el estuario del Canal de Jambelí. Está conformada por la zona mareal y la zona de canal.

Zona Mareal (Tidal)

Está constituida por terrenos planos ubicados a nivel del mar. Se subdivide en los sectores:

- *inframareal* que se encuentra generalmente sumergido en el agua y está parcialmente

influenciado por las olas y la corriente litoral, formada por lo tanto por arenas limosas;

- *intermareal* que se **aprecia** cuando la marea baja y está formado por un llano lodoso (mud flat); y
- *supramareal*, que se encuentra expuesta siempre, es la zona de marismas donde **se** desarrollan los bosques de manglares. Este sector ha sido afectado significativamente en forma **antrópica**, producto de la construcción de piscinas camaroneras.

Junto al **sector** inframareal **se** desarrolla el sector de cordón litoral. Son barras alargadas paralelas a la costa, de pocos metros de ancho. Está influenciado directamente por las **olas**, la corriente litoral y la **deriva** litoral. La litología predominante son las arenas.

La **acreción** continua de estas barras o cordones de arena es el formador de la gran zona **mareal** en la que se encuentra el área comprendida entre Bajo Alto y la Puntilla **tal** como lo describe Cruz (1975) en su mapa de

características geomorfológicas generado a partir de fotografías aéreas (figura 2.5).

Es importante mencionar que la acreción se sigue dando actualmente tal como se analiza en el Capítulo IV de esta tesis.

Zona de Canal

Corresponde al relieve **1a** descrito por Stalin Benítez en su Tesis de Grado "Morfología y Sedimentos de la Plataforma Continental del Golfo de Guayaquil" (1975), cuyo mapa y representación en un Modelo Digital del Terreno se lo puede observar las Figuras 2.6 y 2.7 respectivamente.

Se encuentra formado por los canales de marea y las barras estuarinas de arena. Los canales de marea tienen fuertes pendientes y una profundidad promedio de 15 m causadas por la erosión de las corrientes de mareas. Las barras de arena se encuentran presentes donde la corriente de marea no actúa, tienen una morfología parecida a las barras litorales. Se encuentran formadas por arenas limosas.

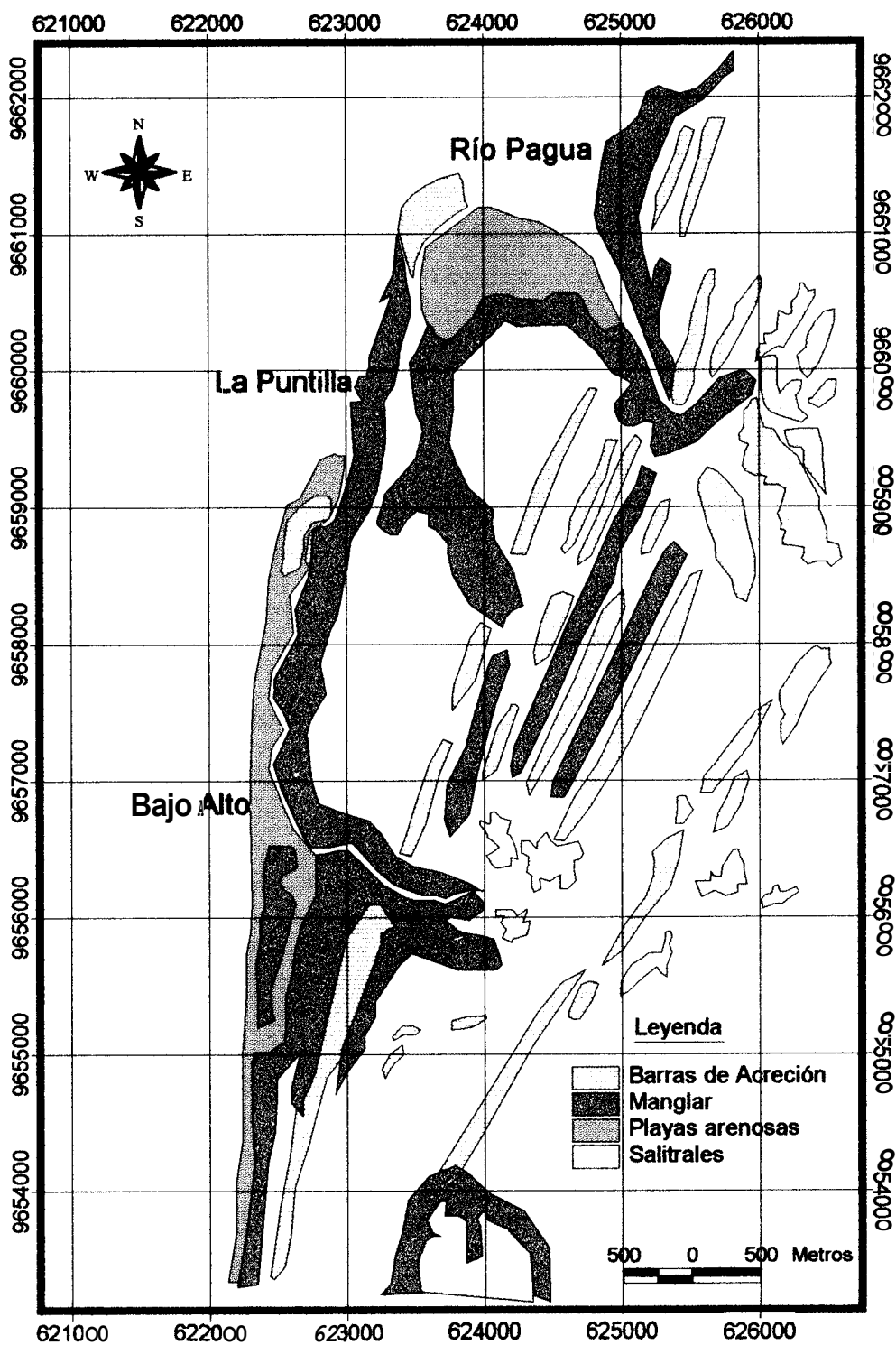


FIGURA 2.5.- Características Morfológicas del área de estudio. (Cruz, 1975)

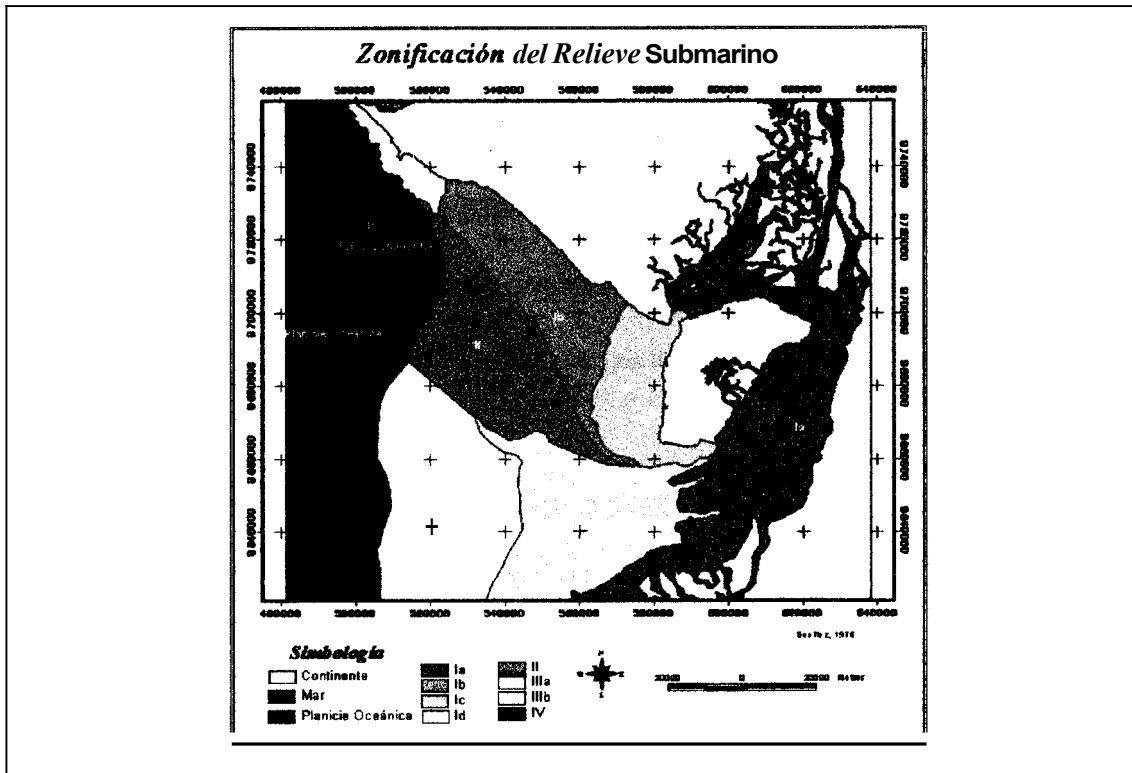


FIGURA 2.6.- Mapa Morfológico del Golfo de Guayaquil (Benítez, 1975)

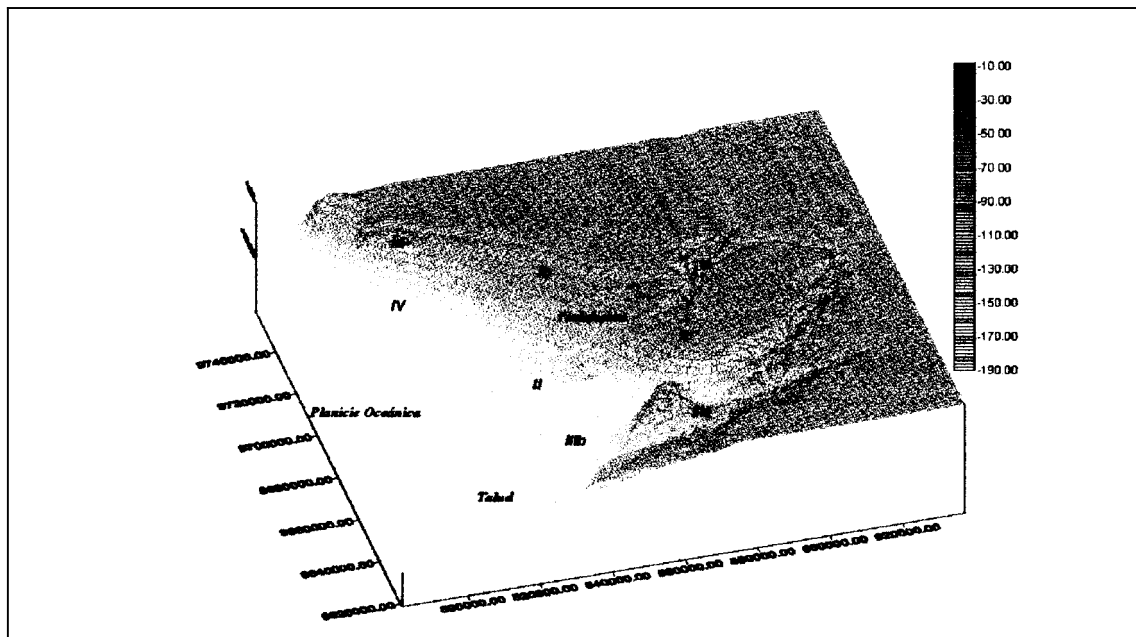


FIGURA 2.7.- Modelo Oigital del Terreno con la clasificación morfológica de Benítez (1975)

2.2 Hidrografía

Los principales drenajes en la zona de estudio son el Río Guayas, el Río Jubones y el Río Pagua. Los dos primeros, el Guayas y el Jubones, son de gran importancia por su caudal, extensión de cuenca, y la economía que se genera alrededor de ellos.

Los drenajes en el área de estudio, a excepción del río Guayas, tienen un sentido general E-O, teniendo como origen las cumbres o línea de cresta de la Cordillera Occidental y como desembocadura y línea base las costas del canal de Jambelí.

El valle de los cauces de agua en esta zona tiene menos de 100 Km de ancho, lo que indica que sus zonas de erosión (ríos jóvenes) y erosión-sedimentación (ríos maduros) están muy cercanas a su desembocadura, sin alcanzar la senectud. Los ríos forman de esta manera una extensa llanura de inundación, donde se produce con rapidez la migración de los meandros individuales, y de toda la faja de meandros, tal como ha sucedido con el río Jubones, cuya historia se analizará más adelante.

El Río Guayas.-

El Río Guayas es estrictamente una ría o estuario, porque:

- Está influenciado directamente por las mareas que llegan hasta cerca de Babahoyo por el río Babahoyo y hasta cerca de la Toma por el río Daule (Benítez, 1975);
- Sus canales actúan como la cuenca de **deposición** de la gran "Cuenca Hidrográfica del Guayas" donde desembocan **los** ríos Daule y Babahoyo con aporte fluvial continuo; y
- Tiene suficiente conexión con el mar permitiendo la mezcla continua de agua dulce con agua salada.

El canal principal de la ría Guayas tiene dirección N-S, con una longitud de 55 Km medido de% la ciudad de Guayaquil hasta la **Isla Verde**. Su ancho se mantiene casi uniforme entre 1.5Km y 3 Km, excepto frente a la ciudad de Guayaquil donde se divide en dos ramales que bordean a la **Isla Santay** de unos 5 Km de ancho, y donde en la actualidad se está produciendo una importante sedimentación, formando **enormes** barras de arena.

En su desembocadura forma un gran delta, ubicándose ~~el~~ área de estudio en su zona de ProDelta.

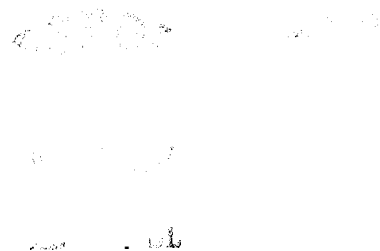
La cuenca del Guayas está constituida por un sistema fluvial de 32130 Km² y constituye el sistema fluvial más importante de la vertiente occidental de la Cordillera de Los Andes. Está conformada por seis subcuencas aportantes que se alimentan con los afluentes provenientes, de la vertiente oriental de la Cordillera Costanera Chongón Colonche y de la Cordillera Occidental de Los Andes. Las seis subcuencas aportan a la ría Guayas un volumen anual promedio de 22000 millones de metros cúbicos de agua.

Su caudal o gasto varía según la pluviosidad desde 800 m³/s en los años de sequía, hasta 1500m³/s en los años lluviosos.

El Río Jubones-

Es el río de mayor importancia en el área de estudio por las siguientes razones:

- Forma el segundo delta más grande de la costa ecuatoriana, después del delta del Río Guayas, provocando, en su desembocadura una regresión de la costa y una línea costanera de morfología lobular.



- Es el principal formador de la llanura de inundación de la costa Sur ecuatoriana.
- Ha cambiado de cauce en más de tres ocasiones en los últimos doscientos años, siendo uno de sus cauces antiguos el actual estero que cruza la población de Bajo Alto.

Generalidades:

En el estudio realizado por Laubacher y Soubrane (1994) se indica que:

- El río Jubones drena una cuenca de más de 3.000 km² de superficie, escalonada entre 0 y 4.000 m de altura, corriendo en sentido E-O.
- Su cuenca se beneficia de condiciones climáticas variadas, pero el régimen hidráulico está regido por 2 temporadas, la una seca y la otra lluviosa, con diferencias enormes en el caudal (algunos m³/s en agosto-septiembre y mas de 700 m³/s en mayo 1.983).

- La cuenca alta corresponde a zonas de páramo y zonas áridas a **desérticas**, con lluvias que varían de más de 3 m a menos de 1 m por año.
- La vegetación poco densa y el substrato rocoso, no favorecen la retención de las lluvias lo que explica, en parte, el aumento acelerado del cauce en tiempos de lluvia, y la fuerte carga en suspensión sólida del río en su curso inferior.
- En todo el sector donde el curso del río se superpone a la falla de Jubones, el cauce del río Jubones es muy encañonado y aquí también se notan frecuentes deslizamientos que alimentan el río con sólidos en suspensión.
- Al desembocar, aguas arriba de Pasaje, en la llanura costera, el río Jubones ha construido con **sus** aluviones varios abanicos aluviales superpuestos. El último de ellos es un glacis-terracea de 200 km², con una leve pendiente del orden de 0.1%, en **los** 20 km que separan su salida de la cordillera, a **los** manglares de la costa. Por sus características **geomorfológicas** su edad es Holoceno.

Historia de los cambios de Curso del Río Jubones

El mapa más antiguo del Ecuador fue elaborado por Pedro Vicente Maldonado en el año de 1750, y en él se ubica el curso del Río Jubones, al Sur de lo que denominó Río Machala, Laguna de Jambelí y Río Salto del Buey; y al Norte del Río de Túmbez. En su desembocadura aparece formando los Ríos Payana 1, Payana 2 y Payana 3, y los bancos de Payana, lo que en la actualidad correspondería a lo que es la isla de Payana, al Sur del Archipiélago de Jambelí.

Según una Monografía Descriptiva del Cantón Machala (Publicaciones Ecuatorianas) en los mapas a partir de 1858, el Río Jubones ha variado de curso desde el lugar en que sale de las estribaciones de la cordillera, al Este de Pasaje, hasta su desembocadura en Santa Rosa, o en el Río Siete al Norte.

Se conoce por pruebas escritas y verbales (tradicción) que durante este siglo el Río Jubones ha seguido diferentes cursos, al Norte y al Sur de El Guabo. A comienzos del siglo, el Río Jubones siguió el curso desde Pasaje, vía La Clotilde (Bocatoma) y el Guabo hasta su desembocadura en Bajo Alto. El Guabo era un pueblo pesquero situado en la orilla sur del río. Pero después talvez en



1929, o a más tardar en 1948, el Jubones abrió un nuevo curso hacia el Sur, desde Pasaje, vía La Clotilde (Bocatoma) y la Iberia a una nueva desembocadura 6 Km al Norte de Machala.

En mayo de 1970, el Jubones cambió de curso nuevamente hacia el Norte, fluyendo a través de un canal artificial de drenaje desde un punto situado a 2 Km al Oeste de la Iberia, hacia una nueva desembocadura al Oeste del pantano de Chalacal, aproximadamente a 8 Km al Norte de Machala.

El Río Pagua.-

Nace de la laguna de Mollepungo, en las montañas de Molleturo. Posee 218 Km² de área de drenaje, corre en sentido E-W y tiene un caudal natural de 1,265 m³/s.

2.3 Meteorología

Los tipos climáticos que se presentan alrededor de la zona son el clima seco, tropical monzón y tropical húmedo.

Las estaciones son dos: Una lluviosa (llamada invierno) de Enero a Mayo con la máxima pluviosidad en Febrero, y una seca (llamada verano) con escasas precipitaciones.

Las temperaturas más elevadas se presentan entre Noviembre y Junio con una estación más fresca entre Julio y Octubre. Los meses de Marzo y Abril tienden a ser **los** más calurosos con promedio de temperatura de 25.6 °C; agosto y septiembre son **los** más frescos con temperaturas de 23.4 °C. (CLIRSEN, 1989).

La humedad relativa media es del 80% entre **los** meses de Diciembre a Mayo, y alcanza hasta el 85 % entre Junio a Noviembre. (CLIRSEN, 1989).

La nubosidad regional es alta durante todo el año. La nubosidad media anual en Machala es de siete octavos. (CLIRSEN, 1989).

La heliofanía o brillo solar es mayor en **los** meses de invierno, siendo **los** más soleados Marzo y Abril; mientras en **los** meses de verano el mes con menos horas de brillo solar es Octubre. (CLIRSEN, 1989).

Los mayores rangos de evaporación se dan entre los meses de Diciembre a Mayo con un máximo de 118 mm en el mes de Abril; y los menores rangos de evaporación se dan entre Junio y Noviembre, siendo Octubre el mes de menor evaporación (82 mm).

Los valores medios de vientos son de 2 m/s, con una dirección predominante Oeste, variando entre NO y SO. (CLIRSEN, 1989).

2.4 Oceanografía

2.4.1 Mareas

Toda la costa ecuatoriana, por su situación geográfica, tiene mareas de tipo semidiuma, esto es, que presentan un período de 12 horas 25 minutos, lo que indica que en un período de 24 horas se producen 2 pleamares y 2 bajamares.

Murray (1973) realizó el estudio de las corrientes de marea en el Golfo de Guayaquil, y presentó los resultados en gráficos que muestran el comportamiento de las corrientes en intervalo de dos horas "lunares". La figura 2.8 muestra la segunda, la sexta y la décima hora lunar, respectivamente, de los gráficos de Murray; donde se puede apreciar el sentido Norte de la corriente en pleamar y el sentido Sur en bajamar.

2.4.2 Oleaje

En la costa ecuatoriana, el oleaje proviene de grandes distancias, con período de **olas** superior a **los** 12 s, es decir, mares de leva (Piedra, 1990) del Suroeste.

Sin embargo, durante la estación lluviosa se presentan en las costas **del** Ecuador **olas** remotas que se generan en **el** Pacífico Norte, como resultado de las tormentas propias de esta temporada, siendo las causantes de la modificación **destruktiva** de **la** morfología costera ecuatoriana.

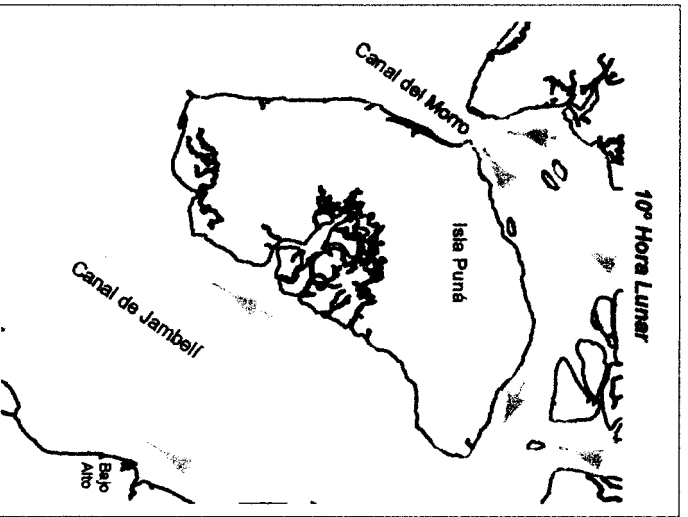
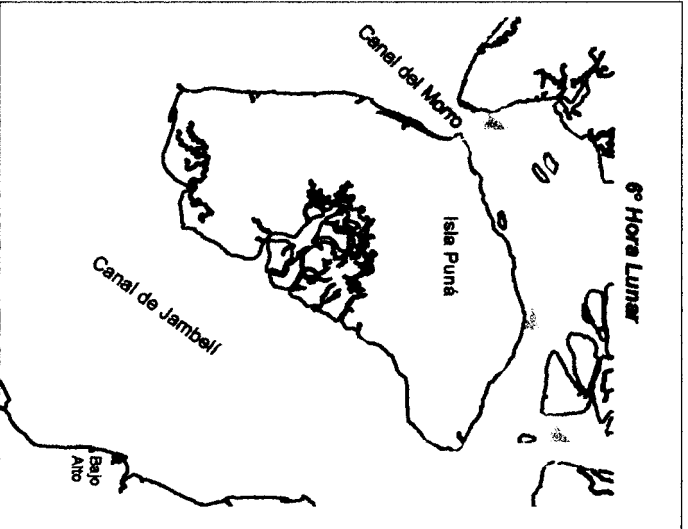
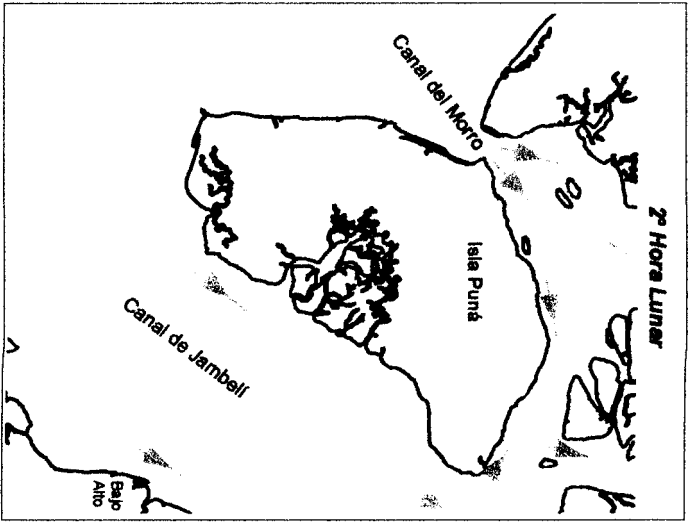


FIGURA 2.8. - Comportamiento de las Corrientes en el Golfo de Guayaquil. (Murray, 1973)

CAPÍTULO III

3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS LOCALES

3.1 Meteorología

3.1.1 Vientos

Se hicieron mediciones de la magnitud y dirección de la velocidad del viento a lo largo de la playa utilizando un anemómetro de mano y una brújula Brunton, estableciendo para ello cuatro estaciones.

Los datos obtenidos en el campo se muestran en la tabla II

Se puede observar que los vientos con mayor magnitud, durante las horas medidas, se dan en Bajo Alto con una magnitud promedio de 3 m/s, y con dirección preferencial NO-O.

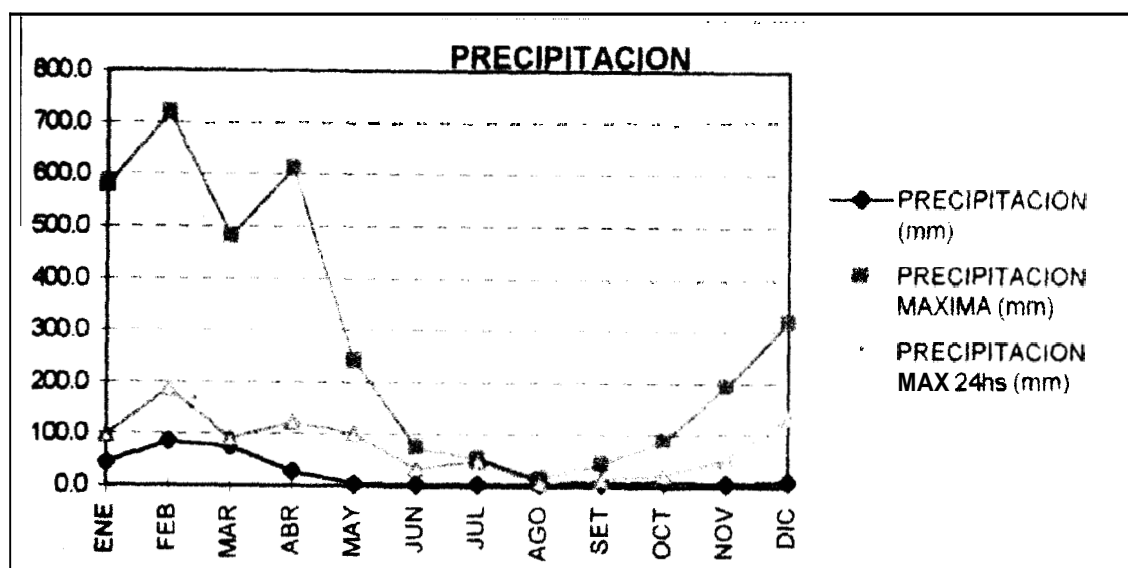
Tabla II

Mediciones de la Magnitud y Dirección de la velocidad del Viento

Estación:	E 1	Hora	Magnitud	Dirección
Coordenada Y:	9651800	08:00	2,01	245
Ubicación:–	Desembocadura Río Jubones	09:03	0,89	170
		10:25	calma	
		11:03	0,89	50
		12:05	2,68	45
		13:13	2,68	40
Estación:	E2	08:25	2,68	40
Coordenada Y:	9654700	09:31	2,23	20
Ubicación:	Frente a camaronas	10:30	1,79	30
		11:30	2,23	32
		12:05	2,68	45
		13:30	2,68	40
		14:30	calma	
		15:30	2,23	90
Estación:	E3	08:40	2,01	45
Coordenada Y:	9656200	09:50	2,91	70
Ubicación:	Frente Bajo Alto	10:45	2,68	80
		11:43	3,13	75
		12:43	4,02	70
		13:52	3,35	75
		14:45	3,13	80
		15:42	3,35	70
		16:46	2,68	70
Estación:	E4	08:45	calma	
Coordenada Y:	9661000	09:45	calma	
Ubicación:	Frente a la Puntilla	10:45	1,56	45
		11:45	1,34	45
		12:45	1,56	70
		13:49	1,79	70
		14:45	1,34	135
		15:45	1,56	135

3.1.2 Precipitaciones

Los datos de precipitaciones se tomaron del resumen meteorológico estadístico multianual entre los años 1959 –1998 de la estación de Puerto Bolívar, elaborado por el INAMHI.



CUADRO 3.1. Estadística de Precipitación en el Período 1959 -1998. Estación Puerto Bolívar (INAMHI).

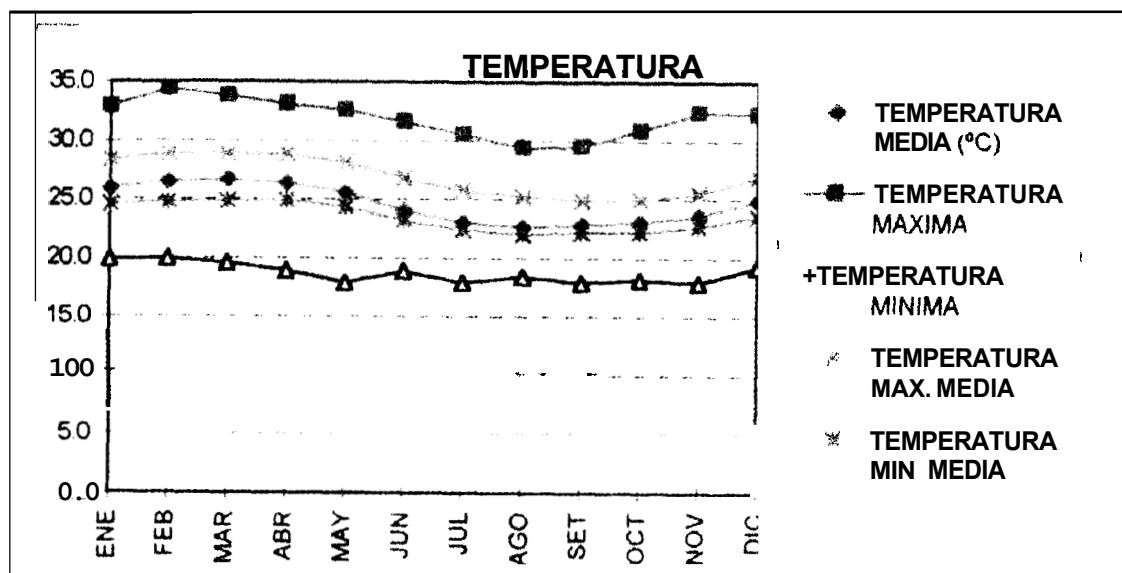
Según el cuadro 3.1., las precipitaciones medias en los meses de invierno (Enero – Mayo) no son mayores a 100 mm, sin embargo las precipitaciones máximas dadas en los años Niños, los meses

de lluvia comienzan en Octubre y terminan en Junio, con lluvias de **hasta 700 mm** en el **mes** de **Febrero**.

3.1.3 Temperatura

El dato de temperatura del aire a la sombra, también, se tomó del resumen **metereológico estadístico multianual** entre los años 1959 –1998 de la **estación** de Puerto Bolívar., elaborado por el INAMHI.

Según estos datos **las** mayores temperaturas **se** presentan durante **los** meses de invierno (Enero - Mayo) con un promedio **de 27 °C** , mientras que en **los** meses de verano las temperaturas están alrededor de **los 22°C**.



CUADRO 3.2. Estadística de Temperatura en el Periodo 1959 -1998. Estación Puerto Bolívar (INAMHI).

32 Oceanografía

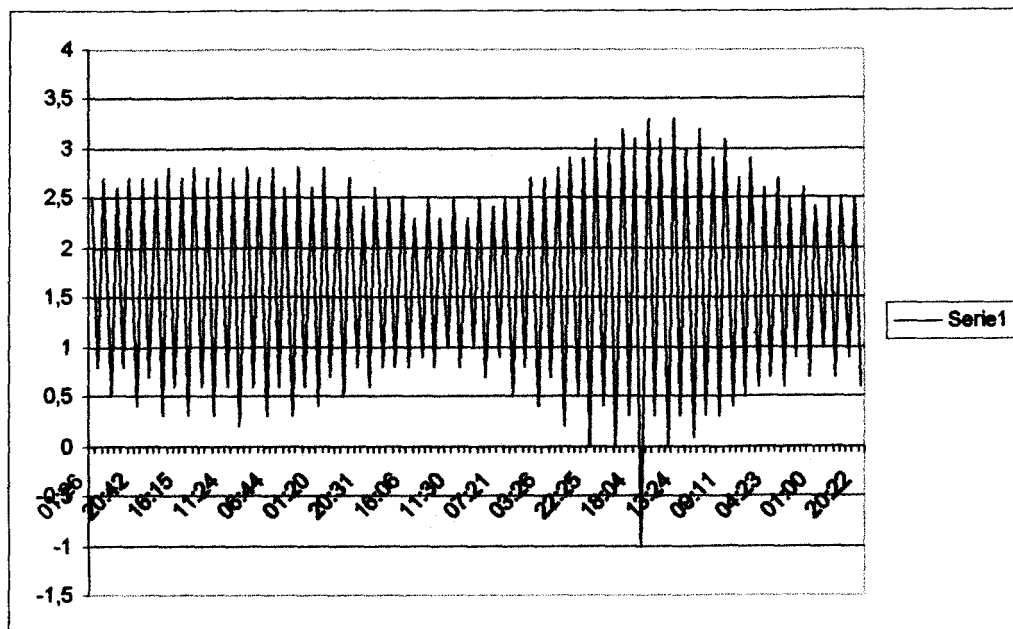
3.2.1 Mareas

Las mareas son importantes para la geomorfología costera porque provocan cambios regulares en el nivel del mar a lo largo de la costa, y porque con el flujo y reflujos generan "comentes de marea" que modelan las superficies del fondo produciendo barras y canales (Ver subcapítulo 3.2.3). Además las variaciones del nivel del mar determinan el ancho de la playa tanto como de las

áreas adyacentes sobre las cuales se desarrollan los procesos costeros.

Para el área de estudio se tomó como referencia la predicción diaria de hora y altura de las pleamares y bajamares referida Puerto Bolívar, de la Tabla de Mareas elaborada por INOCAR.

Para el mes de Julio, mes en que se realizaron la mayoría de las salidas al campo la máxima pleamar fue de 3.3 m y la mínima bajamar de -1 m, como se lo puede observar en el cuadro estadístico 3.3.



CUADRO 3.3.- Mareas durante el mes de Julio para Puerto Bolívar según la Tabla de Mareas de INOCAR.

3.22 Oleaje

Las formas fisiográficas ribereñas son producidas *por* una diversidad de procesos que actúan sobre la zona costera (Bird 1981). Entre estos procesos predominan la acción de las olas generadas por vientos que soplan sobre el mar y avanzan para romper en la costa, donde son responsables de la erosión y la deriva litoral de sedimentos (Komar, 1983).

Las olas al llegar a la zona de rompiente, debido a la energía que traen, producen el movimiento de sedimentos, que luego los

transportan y los llevan a la zona de **estrán**; que, dependiendo de la energía con que la **ola** regrese (resaca) los **sedimentos** se depositan o se **erosionan**.

El **acrecionamiento** o **la** erosión de una playa dependen, entonces, directamente de **la** diferencia entre la energía **de** la ola al llegar con la energía de la ola **al** regresar, **lo** que a su vez depende de **la** cantidad de agua que se filtre durante el "remonte" a la zona de **estrán**¹.

Los **parámetros** que **determinan** **las características** de una ola son:

- Su **longitud** de onda, que es la **distancia** entre dos crestas de olas consecutivas (**L** o **A** en metros).
- Su altura, o sea el desnivel entre **la cresta** y el fondo de **los** senos continuos (**h** en metros).
- Su **periodo**, considerado como el tiempo transcurrido entre el pasaje de dos **crestas** consecutivas por el **mismo** punto (**T** en segundos).

¹ Ver "Perfiles de Playa" y "Procesos Litorales"

- Su ***dirección de propagación***, que es en la cual se desplazan las olas perpendiculares a las de las crestas (expresándolas en función de los puntos cardinales o en grados con relación al N).

A partir de ellos se puede calcular dos parámetros adicionales que ayudan a definir bastante bien a las olas y son:

- Su ***velocidad de propagación*** o "celeridad" ($C = L/T$; expresada en *mis*).
- Su peralte o sea su relación entre la altura total y la longitud de onda: $P = H/L$.

Metodología Empleada

Para la medición de los parámetros de las olas en el área de estudio se ubicaron, previo a la salida de campo, cuatro estaciones que abarcan el área que va desde la desembocadura del río Jubones hasta la del río Pagua. (Fig. 3.1)

En cada estación por simple observación se determinó la altura de la ola en la zona de rompiente; con una brújula Brunton se midió la dirección del frente de olas; y con un cronómetro se obtuvo el período del oleaje, para lo cual se tomó el tiempo que se demora en contar once crestas consecutivas.

Los datos obtenidos en el campo son los que se muestran en el Anexo A.

Tipos de rompientes:

La rotura (R) ha sido clasificada en tres tipos: derrame (spilling), volteo (plunging) y surgientes (surging): Esta clasificación hace una descripción de la forma en que rompe la ola, es decir que visualmente, en el campo, se la puede clasificar, pero Galvin (1968) determinó criterios analíticos para realizar la clasificación de una rompiente de ola. Piedra (1990) presenta en su tesis de

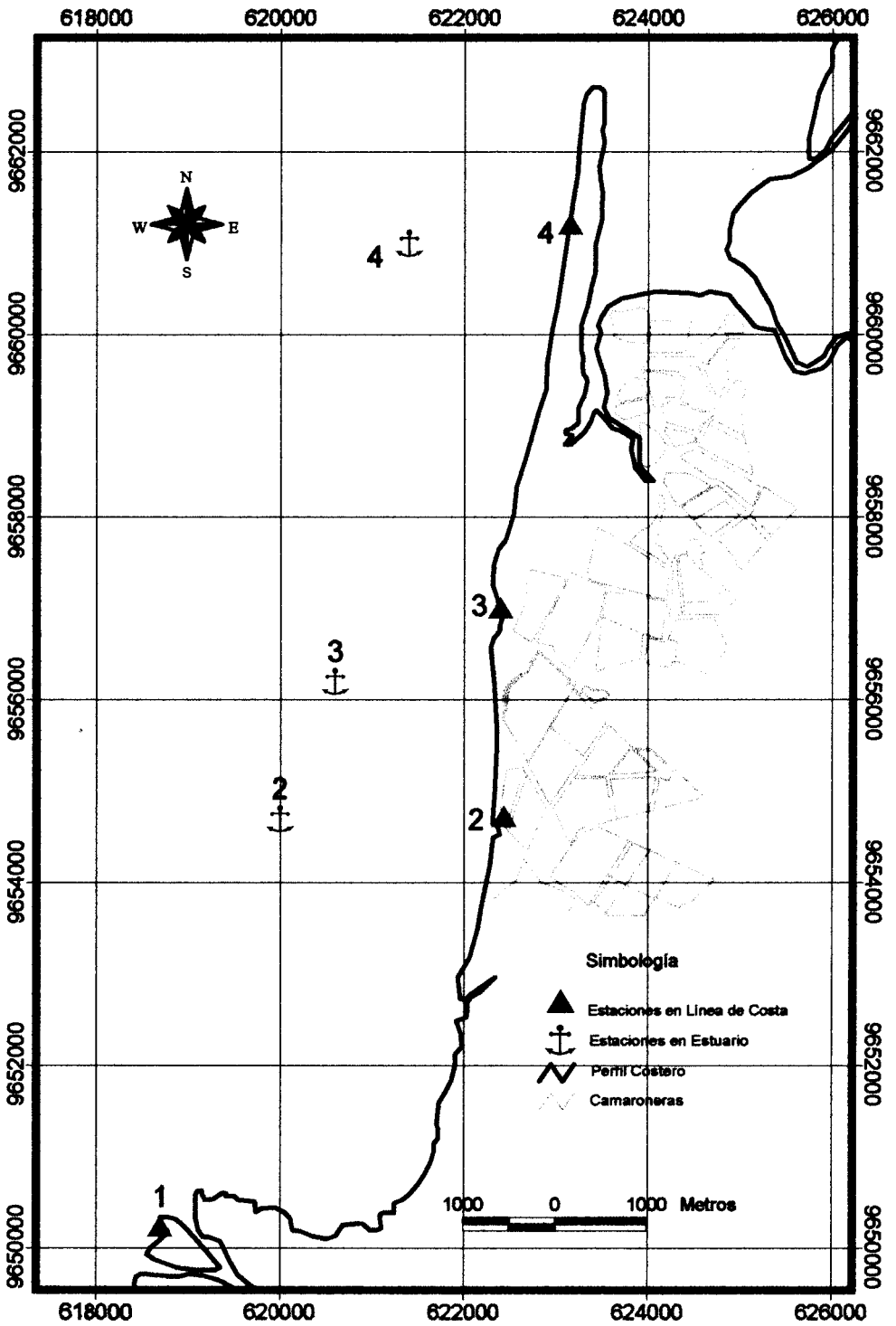
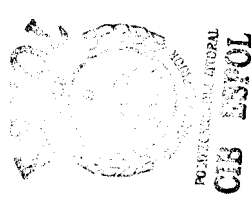


FIGURA 3.1.- Ubicación de Estaciones en el área de estudio



grado, la relación de la siguiente manera: $R = H_b/gmT^2$, donde: H_b es la altura de rompiente, m la pendiente de la playa, T el período, y g la gravedad; mostrando la relación numérica, como se muestra en la tabla III.

Tabla III
Tipos de Rompientes

Surgientes (surging)	Volteo (plunging)	Derrame (spling)
10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}
		10^{-1}

- Para el área de estudio se estableció el tipo de ola para cada estación, haciendo uso de los valores promedios de H_b y T tomados en el campo y m a partir del Cálculo de pendientes de los perfiles de playa (Ver subcapítulo 3.3-). Para la estación dos el valor de m se calculó a partir de las curvas batimétricas, puesto que no hay playa, y para la estación uno se asumió un valor mayor que el de la estación dos. Los resultados se muestran en la tabla IV.

Tabla IV

Estación	H_b promedio (m)	T promedio (s)	M promedio	$R =$ H_b/gmT^2	Clasificación
E1	0,20	9.2	0.01	0.02	derrame
E2	0,1	3.1	0.006	0.1	derrame
E3	0,21	14.7	0.092	0.001	volteo
E4	0,20	14.8	0.095	0.001	volteo

Según los cálculos para el tipo de rompiente, las olas en las estaciones E1 y E2 son de tipo derrame, mientras que para las estaciones E3 y E4 son de tipo volteo, tal como lo demuestra la foto 3.1, tomada frente a Bajo Alto.



FOTO 3.1.- Olas Tipo Volteo frente a Bajo Alto

3.2.3 Corrientes

Existen varios tipos de corrientes entre las cuales Ottmann (1967) destaca:

- **Las corrientes de Arrastre**.- son producidas por las olas en el sentido de propagación. Cuando las olas son oblicuas con respecto a la ribera producirán una Corriente Litoral (ver Capítulo IV).
- **Corrientes Undertow**.- se producen cuando las aguas superficiales se escurren por el fondo (resaca). Esta corriente tiene la velocidad necesaria, sino para erosionar el fondo, por lo menos para transportar mar afuera las partículas.
- **Corrientes Desgarrantes (Rip-currents)**.- es un fenómeno parecido al undertow, pero su localización está vinculada con la topografía de la playa, que concentra las aguas y las corrientes en una zona estrecha.
- **Corrientes de Marea**.- son capaces de efectuar la erosión de los fondos y de transportar grandes cantidades de sedimento. El volumen de agua que desplazan en tiempo relativamente corto, a menudo reforzado por el escurrimiento de las aguas dulces en

marea baja, le dan velocidades que alcanzan algunas veces los 5 m/s.

En sectores arenosos la corriente de marea hace rodar los sedimentos sobre los fondos en largos bancos paralelos a su dirección. Las corrientes más débiles se limitan a transportar arena poco a poco formando ondulaciones de corrientes (*ripple-marks*).

3231 Corriente "Offshore"

Metodología Empleada

Metodología de Campo.-

Las mediciones de corrientes en el Brea de estudio se realizaron aplicando el Método de Lagrange que consiste en el uso de flotadores ó veletas superficiales y subsuperficiales (3 metros), cuyo desplazamiento permite medir el sentido y la intensidad de las corrientes. Las veletas consisten de dos pantallas de plywood cruzadas entre sí, ubicándose en su parte superior una varilla delgada de hierro a la cual se une un eje formado por un

tubo galvanizado de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro, la misma que sostiene una bandera plástica **pequeña** de diferentes colores para **diferenciar** a unas de otras. El peso de la veleta es compensado por tres **boyarines** ubicados en el tubo **galvanizado** manteniéndola en flotación y permitiendo observar la parte superior de su eje (varilla y bandera) sobre la **superficie**. La diferencia entre veletas **superficiales** y **subsuperficiales** consiste en que **en** las segundas las pantallas **cruzadas** se suspenden del eje por medio de un cabo de polietileno de 5 metros **de** largo.

Con respecto a este tipo de flotadores **utilizado**, es decir una parte sumergida y otra no sumergida, el efecto de las corrientes sobre la parte sumergida es mucho mayor que **el** efecto de corriente y viento sobre la parte flotante, es **por** esto que efectivamente **se** mide la corriente a algún nivel bajo la **superficie** del mar (Allauca y Lucero 1992).

Las veletas fueron **posicionadas** con un GPS (Sistema de Posicionamiento **Global**) **marca** Garmin modelo 76, con el

cual se tomaba la coordenada X y Y en el sistema de proyección UTM con datum SAD 56, de cada veleta cada 15 minutos.

Las mediciones se hicieron en cuatro estaciones, con un período de medición diario de hasta 8 horas (8h30 – 16h30), entre los días 18 y 21 de julio de 2001, coincidiendo con la sición (Tabla de Mareas 2001, INOCAR).

Las coordenadas de siembra de las veletas de cada estación se muestran en la tabla V. Los datos obtenidos en el campo se los puede observar en el Anexo B.

Tabla V
Coordenadas de Siembra de Veletas

NO de Estación	Coordenada X	Coordenada Y	Ubicación
1	616000	9651800	Desembocadura Río Jubones
2	620000	9654700	Frente a camarónicas
3	620600	9656200	Frente Bajo Alto
4	621400	9661000	Frente a la Puntilla

Análisis de las mediciones

A partir de los datos de campo se graficaron, utilizando el software AutoCAD 2000 y el SIG ArcView, las trayectorias de los flotadores obteniendo así una descripción visual del comportamiento de la comente en la zona "offshore".

A partir de las posiciones iniciales y finales de cada flotador y del tiempo que le tomaba entre la siembra y la recogida se *hizo* el cálculo de la velocidad media ($V_{med.} = \text{Vector desplazamiento} / \text{Tiempo total}$)

Con el cálculo de la velocidad media se prepararon gráficos estadísticos que permiten entender las relaciones de las velocidades en pleamar y bajamar entre las diferentes estaciones.

En la primera *estación* las mayores velocidades *se* encontraron en pleamar (Cuadro 3.4), con un rango entre 0.10 m/s y 0.90 m/s, dominando las que se encuentran en

el rango de 0.50 m/s a 0.60 m/s con un 35%. El sentido general de la corriente en pleamar fue de **N 43° E (Fig. 3.2)**.

Las velocidades obtenidas en bajamar (Cuadro 3.5) están en un rango de 0.01 m/s hasta 0.50 m/s, encontrándose el mayor porcentaje de velocidades (**37%**) dentro del rango 0.00 m/s a 0.10 *mis*. El sentido general de la corriente en bajamar fue **S 42° O (Fig. 3.3)**.

En la segunda estación, las mayores velocidades fueron encontradas en **pleamar** (Cuadro 3.6) con un rango que **oscila entre los 0.30m/s a 0.50m/s.**, predominando las velocidades que se encuentran entre el rango de **0.30m/s a 0.40m/s** con un **56.25 %**. El sentido general de la corriente en pleamar fue de **N 69° E (Fig. 3.4)**.

En bajamar se obtuvieron velocidades que se encuentran en dos rangos (Cuadro 3.7) de 0.01 **m/s** a 0.10 **m/s** y entre 0.20 **m/s** y 0.30 **m/s** encontrándose en un **50%**

cada una. La dirección de la corriente en bajamar en esta estación no siguió un patrón claro como la de pleamar, sin embargo, en forma general tenía dirección **S 61° O** (Fig. 3.5).

En la *tercera* estación, a diferencia de las demás, el rango de velocidades más alto fue encontrado en bajamar: 0.60 **m/s** a 0.70 **m/s** (Cuadro 3.9), destacando el rango de velocidades entre 0.30 **m/s** a 0.40 **m/s**, con un porcentaje de **34 %**. La dirección general de la corriente en bajamar de esta estación fue de **S 27° O** (Fig. 3.7).

En pleamar (Cuadro 3.8), el rango de velocidades está entre 0.10 **m/s** hasta 0.60 **m/s**, siendo preponderante el rango entre 0.30 **m/s** y 0.40 **m/s**, con un porcentaje del **33%**. La dirección para la corriente en pleamar de esta estación fue de **N 32° E** (Fig. 3.6).

Se puede observar que en pleamar y bajamar, en esta estación, coinciden los rangos de preponderancia en

límites y porcentajes, es decir en el rango 0.30 *m/s* – 0.40 *m/s* en un 33%.

La **cuarta estación** presentó los rangos más altos de comente de todas las estaciones, de 0.20 *m/s* a 0.90 *m/s*, rango medido en pleamar.

En pleamar (Cuadro 3.10) predominó el rango de velocidades 0.80 *m/s* a 0.90 *m/s*, con un 37%, manteniéndose similares los porcentajes de los rangos entre 0.20 *m/s* a 0.70 *m/s*, todos ellos con un 14%.

La dirección general de la comente en pleamar, de la estación cuatro fue de N 16° E (Fig. 3.8).

En bajamar (Cuadro 3.11) el rango de velocidades estuvo entre 0.30 *m/s* a 0.70 *m/s*, siendo mayor el rango entre 0.60 *m/s* a 0.70 *m/s* con un porcentaje de 41.67%. La dirección general de la comente fue de S 7° O (Fig. 3.9).

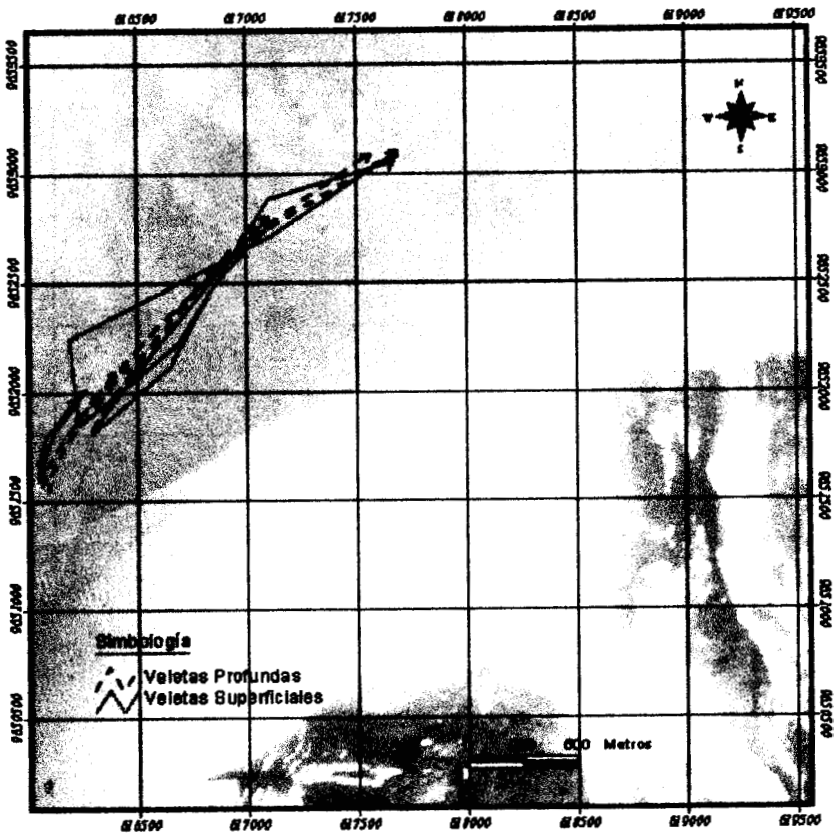
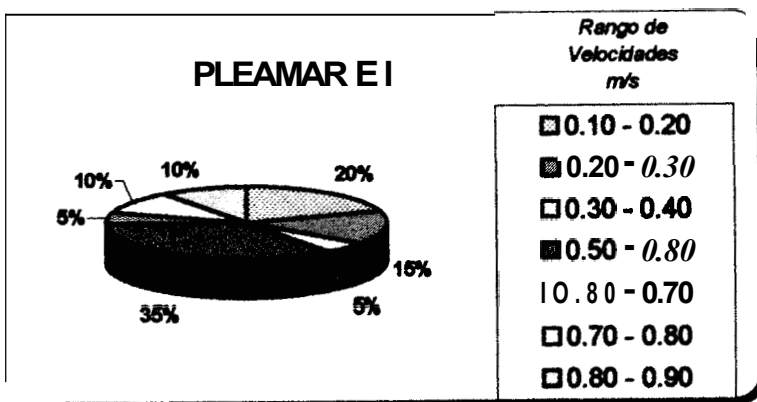


FIGURA 3.2.- Sentido de la Comente en Pleamar E1



CUADRO 3.4.- Velocidades de Corriente E I

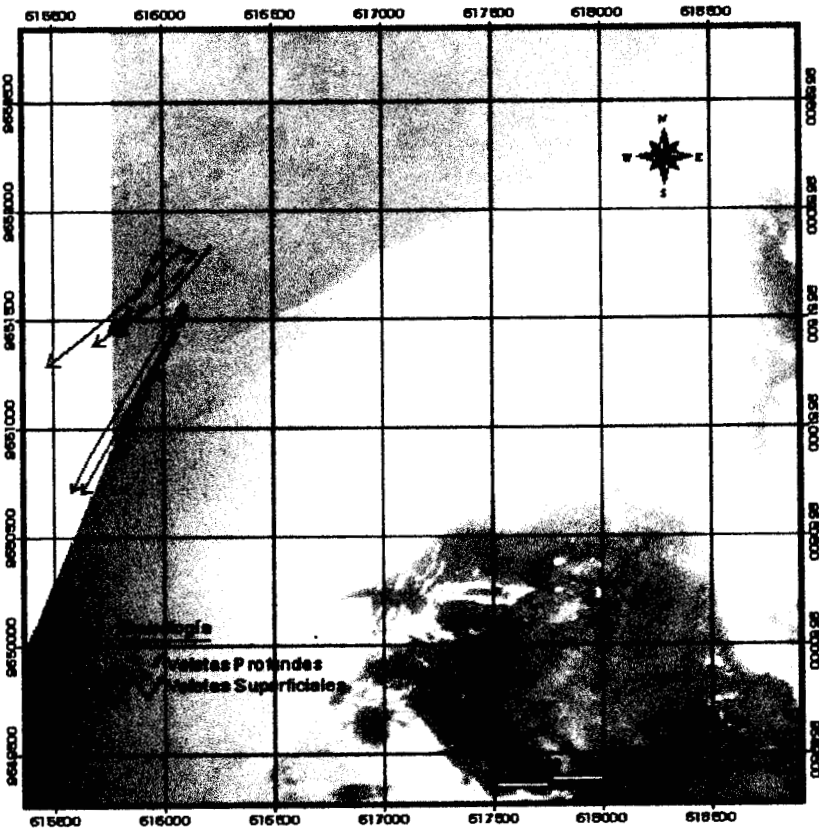
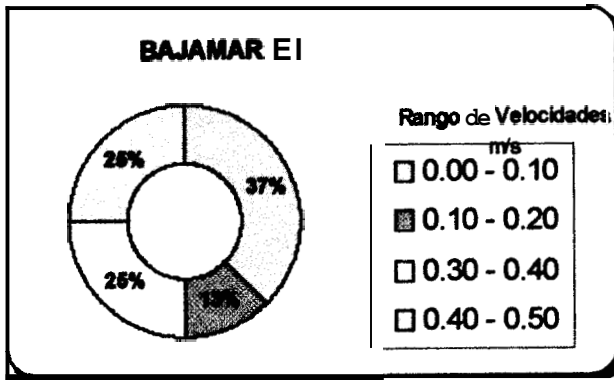


FIGURA 3.3.- Sentido de Corriente en Bajamar E I



CUADRO 3.5.- Velocidades de Corriente E1

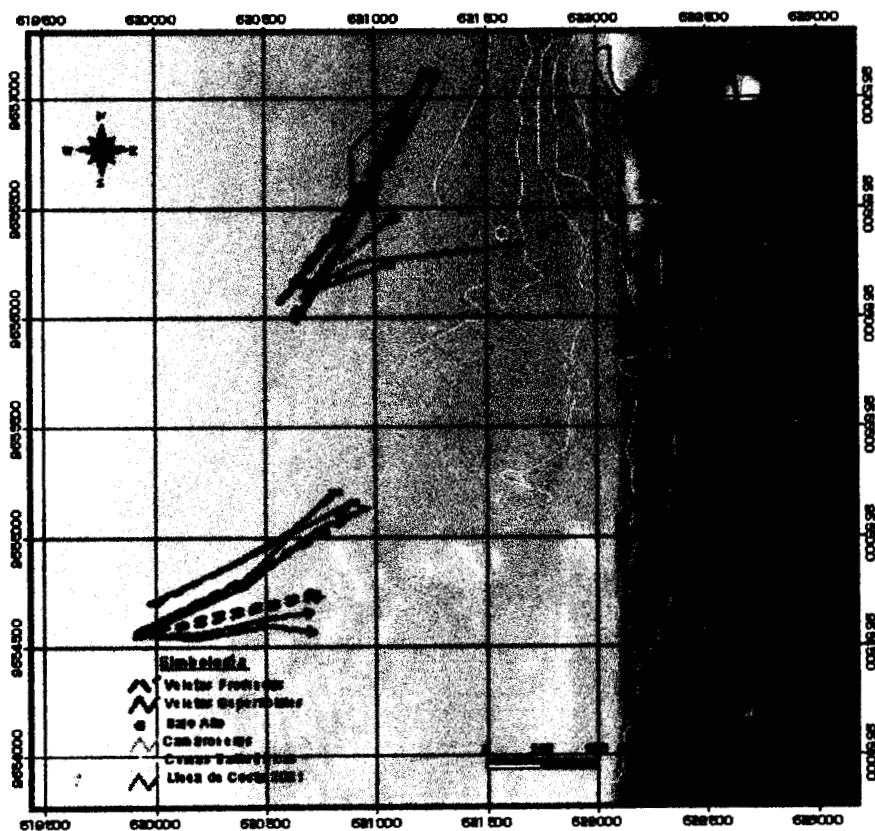
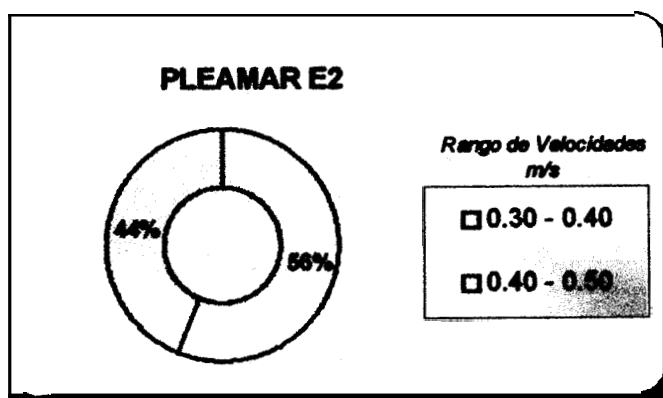


FIGURA 3.4.- Sentido de la Corriente en Pleamar E2



CUADRO 3.6.- Velocidades de Corriente E2

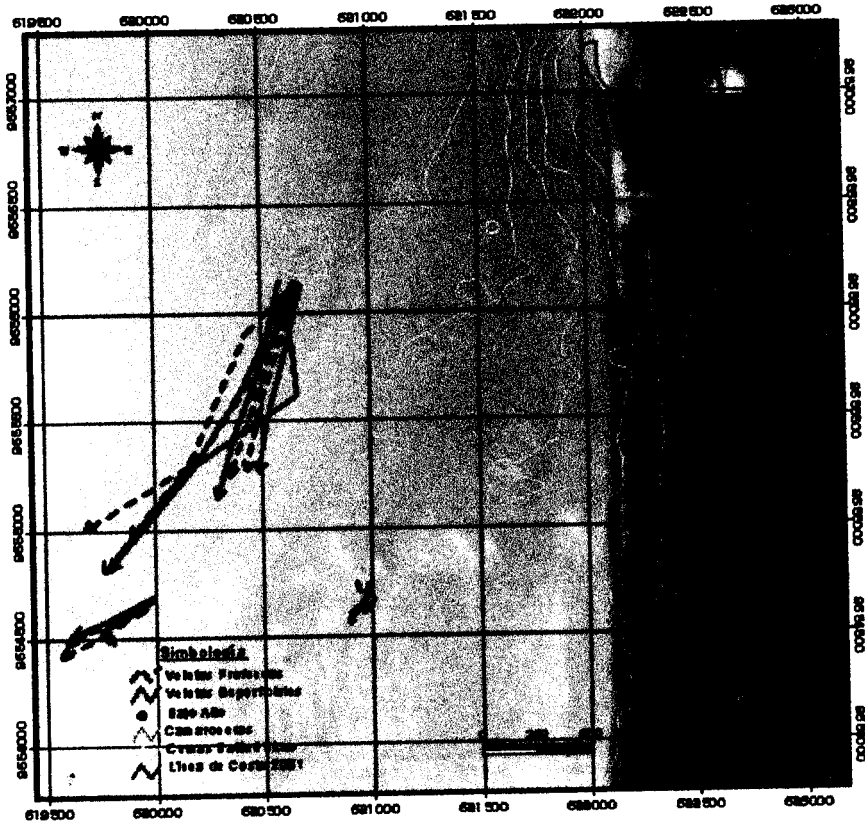
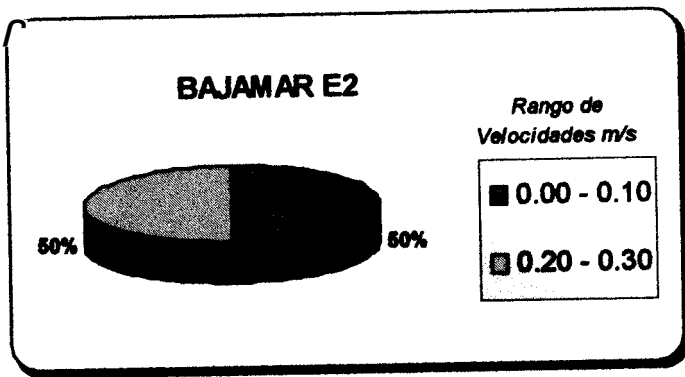


FIGURA 3.5.- Sentido de Corriente en Bajamar E2



CUADRO 3.7.- Velocidades de Corriente E2

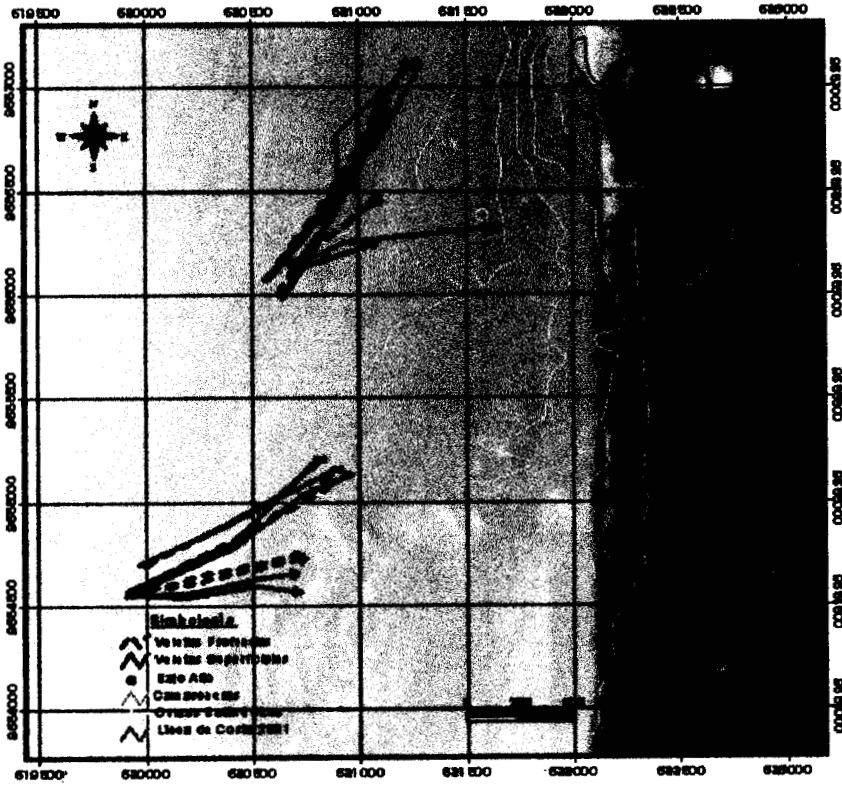
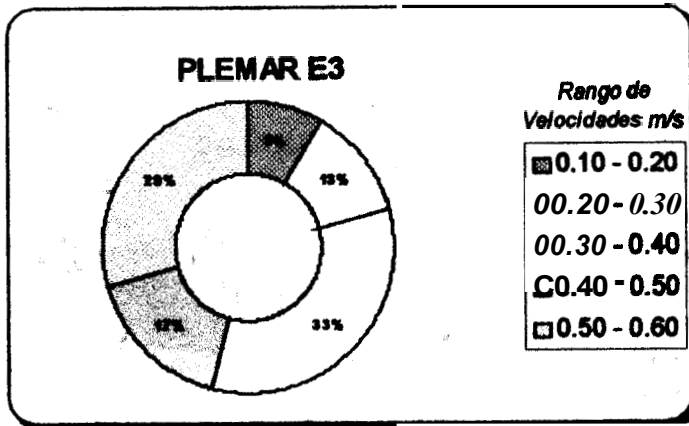


FIGURA 3.6.- Sentido de la Corriente en Pleamar E3



CUADRO 3.8.- Velocidades de Corriente E3

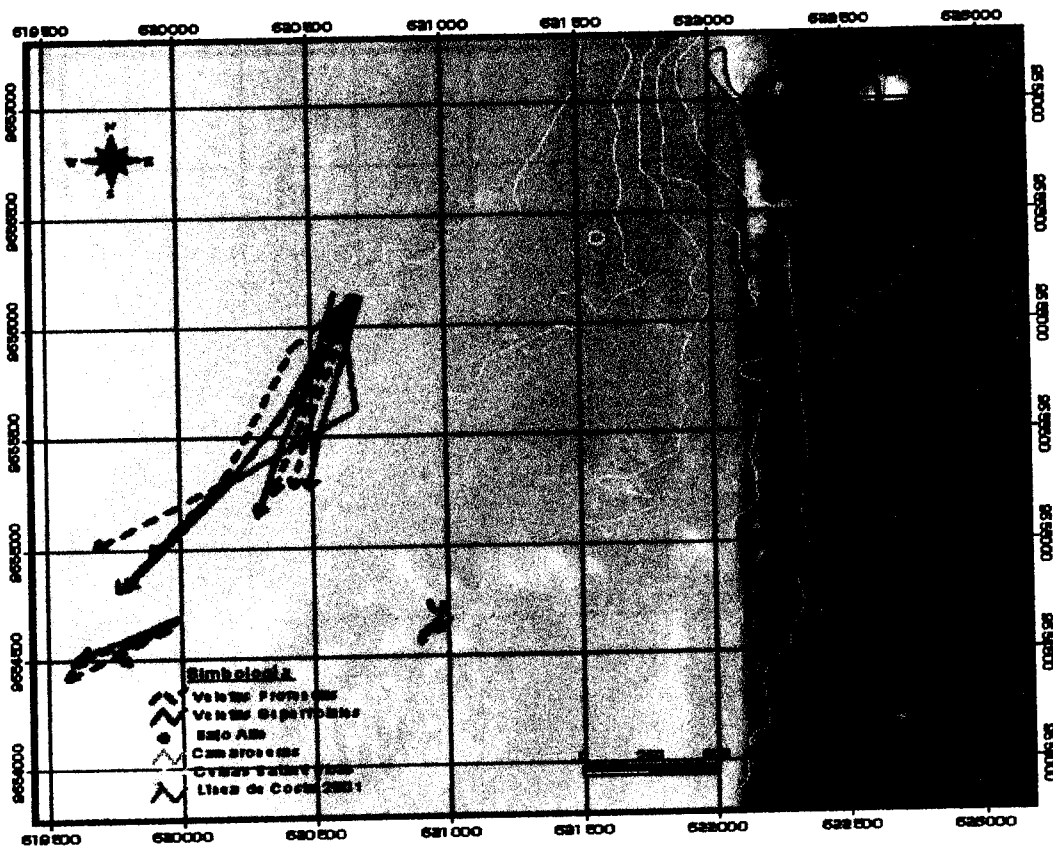
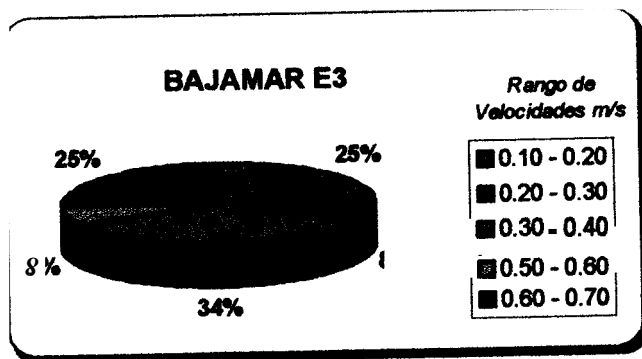
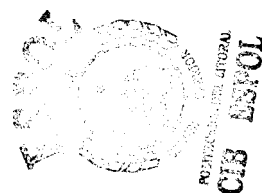


FIGURA 3.7.- Sentido de Corriente en Bajamar E3



CUADRO 3.9.- Velocidades de Corriente E3



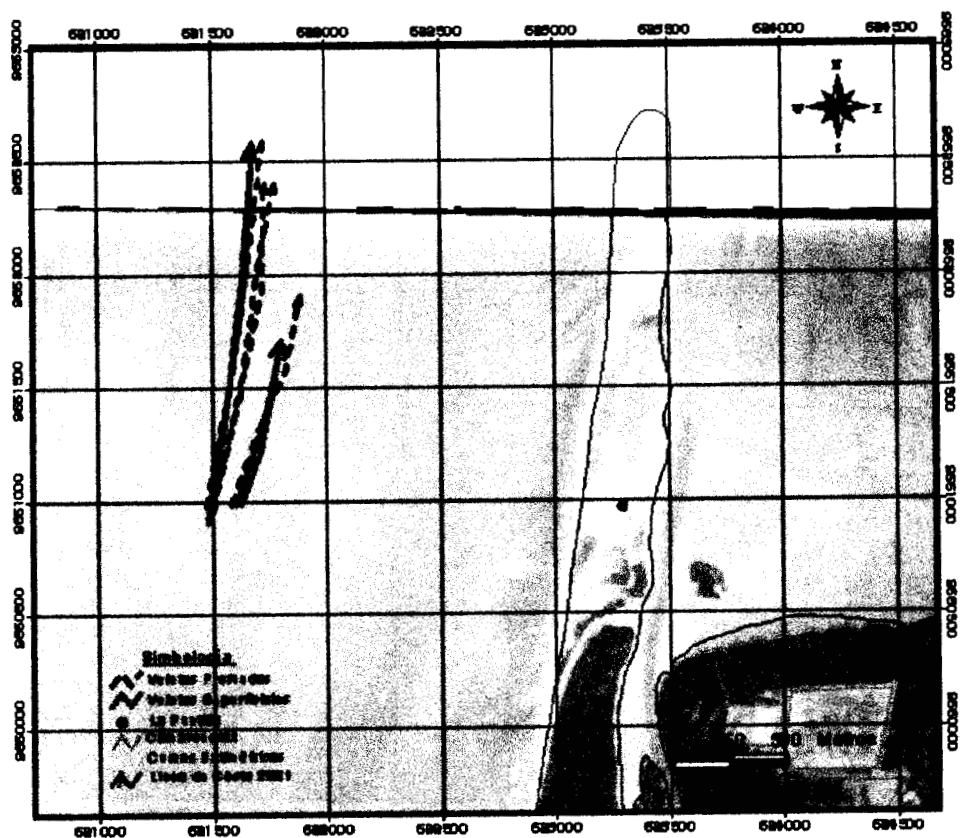
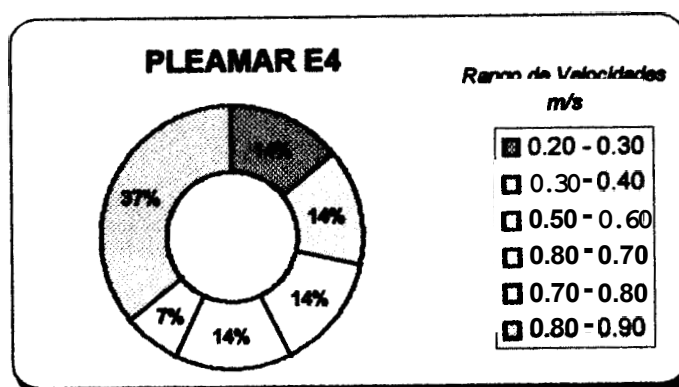


FIGURA 3.8.- Sentido de Corriente en Pleamar E4



CUADRO 3.10.- Velocidades de Corriente E4

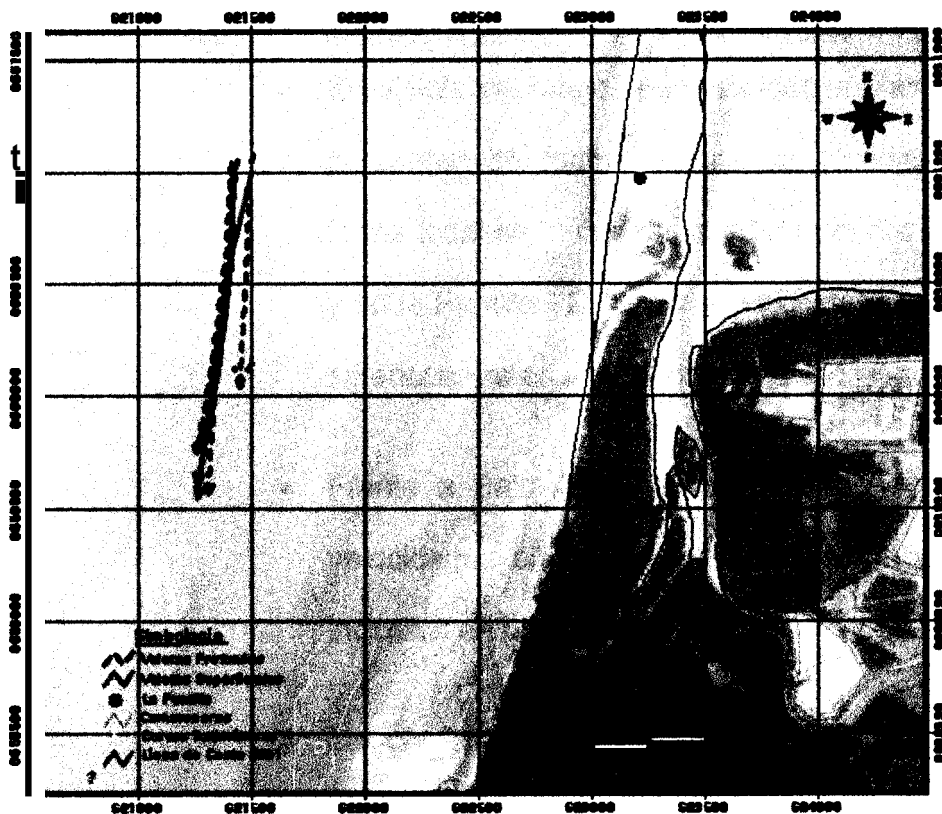
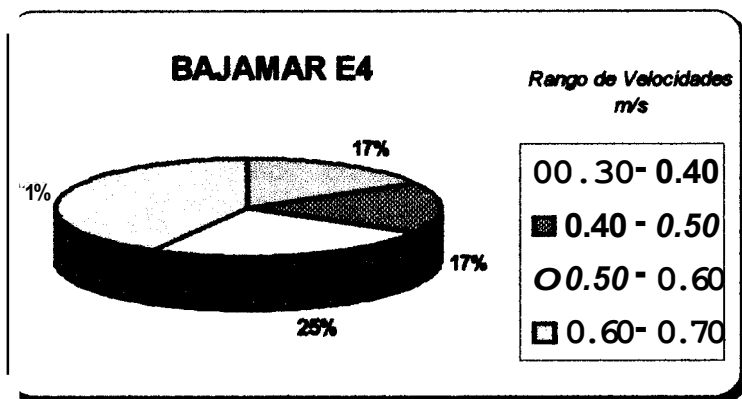


FIGURA 3.9.- Sentido de Corriente en Bajamar E4



CUADRO 3.11.- Velocidades de Corriente E4

Conclusión:

- En sicigia los rangos de **velocidades** más altas se presentan de **forma** general en pleamar, y de **forma** local en la desembocadura del Río Jubones y en la Puntilla. El rango de velocidades **más** bajo se encuentra en la segunda estación.
- Frente a Bajo Alto, **el** rango preponderante de velocidades en bajamar y pleamar son similares, **inclusive** en porcentaje.
- La comente “**offshore**” en el área de estudio cuando sube la marea va en sentido NE en **la** desembocadura del río Jubones siguiendo la línea de costa hasta tomar sentido casi N en la Puntilla. Cuando la marea baja el sentido es inverso, es decir comienza con sentido S en la Puntilla, terminando en sentido **SO** en la desembocadura del **río** Jubones (Fig. 3.9). Las **características** mencionadas corresponden a una comente de marea.

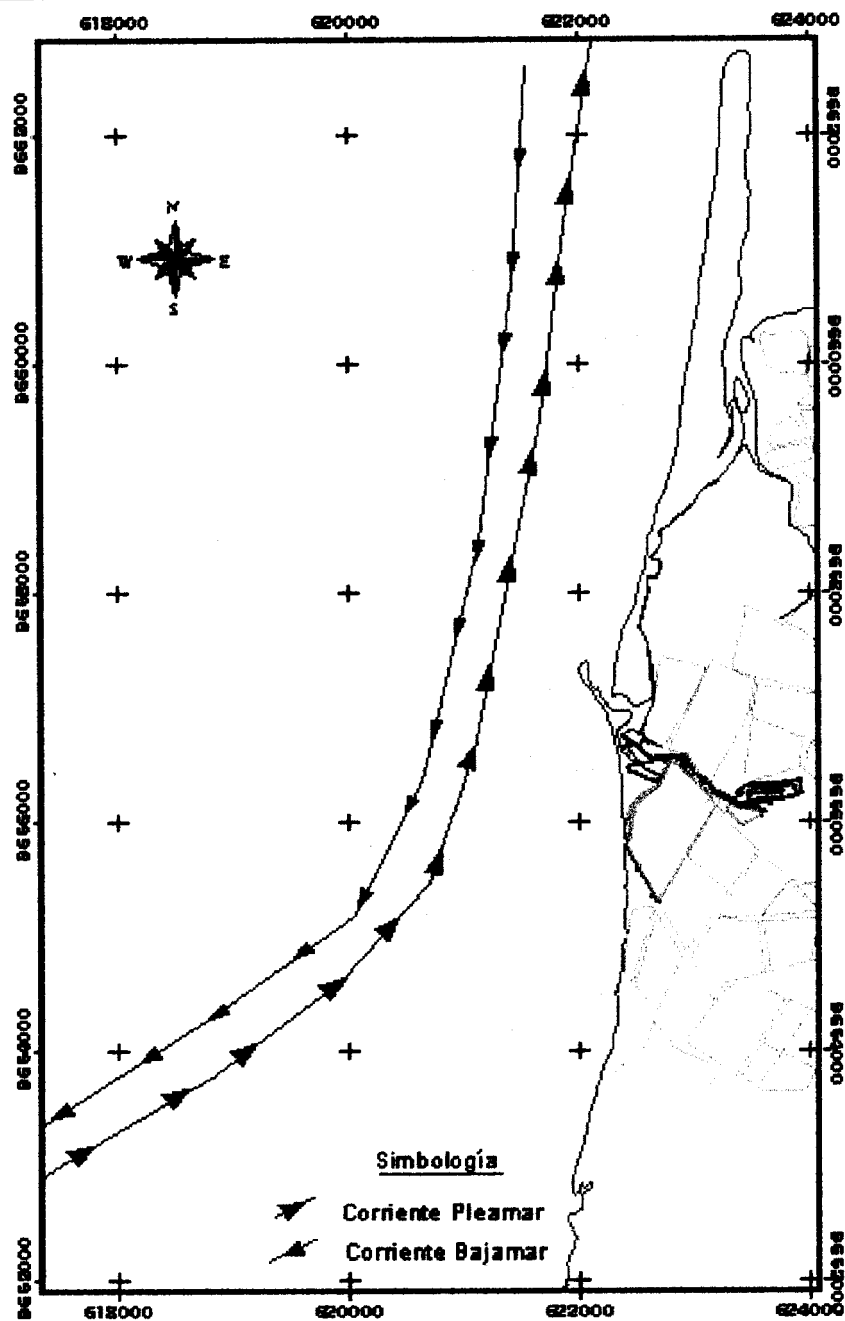


FIGURA 3.10.- Resumen de Corriente en Pleamar y Bajamar

3.2.3.2 Corriente Litoral

Metodología

Se establecieron cuatro estaciones de medición en la playa frente a la misma latitud de las estaciones de siembra de las veletas utilizadas para la medición de la corriente "offshore".

En las estaciones dos, tres y cuatro las mediciones se realizaron durante un período de 8 horas. En la estación uno del delta del Jubones, la pleamar estaba en la mañana, sólo se pudo realizar las mediciones durante una hora.

Para medir la velocidad y dirección de la corriente litoral se utilizó como flotador una botella de gaseosa de dos litros llena hasta los $\frac{3}{4}$ de su capacidad con agua dulce, la misma que se lanzaba cada 15 minutos dentro de la zona de "surf" después de que la ola rompía. Luego se calculaba el tiempo que le tomaba a la botella en avanzar

50 m en línea paralela a la playa. Cuando la botella se varaba antes de llegar a los 50 m se hacia, también, la medición de la distancia. Se anotó adicionalmente la dirección del flotador, de izquierda a derecha (I-D) o viceversa (D-I) del observador mirando hacia el mar, lo que geográficamente significa de Sur a Norte y de Norte a Sur.

Los datos obtenidos en el campo se los puede observar en el Anexo C. A partir de los mismos se obtuvieron los valores máximos y promedios para cada estación como se muestra en la Tabta VI.

Tabla VI

Velocidad y Dirección de la Corriente Litoral

Estación	Velocidad Máxima (m/s)	Velocidad Promedio (m/s)	Dirección
E1	0.15	0.13	N
E2	0.14	0.12	N
	0.10	0.06	S
E3	0.20	0.11	N
	0.05	0.05	S
E4	0.33	0.23	N
	0.28	0.11	S

De **los** valores expuestos se **concluye** que las velocidades más fuertes se presentan de Sur a Norte, con un promedio de velocidades, de 0.12 **m/s** entre **las** cuatro estaciones; mientras la **corriente** de Norte a Sur, presenta un promedio de 0.07 **m/s**.

3.3 Geología Marina

3.3.1 Sedimentología

Aspectos Teóricos

La sedimentología es la rama de la Geología que se encarga del estudio de **los** materiales producidos por la erosión y **meteorización** de las rocas, es decir, de **los** sedimentos.

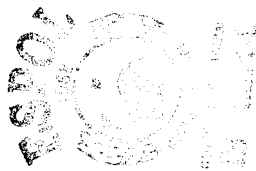
El estudio del **tamaño**, morfología y **textura** de **los** sedimentos permiten **determinar los** fluidos que actúan (**sedimentología** actual), o que actuaron en algún momento **del tiempo geológico**, como agentes de erosión, transporte y **deposición**. Permite

también determinar los ciclos, fluctuaciones, caudales y área fuente de los fluidos y de los detritos.

En el caso particular de este estudio, el principal agente es el agua del estuario, cuyos mecanismos de erosión, transporte y **deposición** son muy variados, (Introducción de Capítulo III) y por lo tanto produce cantidades de materiales **sedimentarios** de características diversas. Adicionalmente a **los** productos **detríticos** de la erosión marina deben **añadirse** los de origen **biológico**, y **los** de origen **continental** **aportados** por **los** ríos y el viento.

Los materiales **detríticos** **se** clasifican en bloques, gravas (cantos rodados), arenas, limos y arcillas. (Ver Anexo E).

De estos materiales, los más grandes son **los** bloques que son raramente removidos **por** el mar y se producen generalmente al pie de los acantilados por el desmoronamiento de las **escarpas** y paredes; su desgaste produce la grava y la arena.



Las gravas o cantos rodados son movidos con facilidad por el mar o por la resaca que se produce donde rompen las olas.

Las arenas se generan por la desagregación y la alteración química de las rocas de estructura granosa. La mayor parte de ellas provienen del arrastre y depósito que hacen los ríos. El mar, en este caso actúa más como agente de transporte y depositación.

Los limos y las arcillas son producidos por la trituración de las arenas a lo largo de las riberas del mar, pero la mayor cantidad de ellos provienen del continente, gracias al aporte de los ríos y el viento.

Metodología de Trabajo

Trabajo de Campo

El trabajo de campo para la recolección de muestras se dividió en dos etapas:

1. Estudio de la playa. Se tomaron cuatro muestras en **perfiles** ubicados cada kilómetro. En cada perfil se tomó una muestra en la zona de médano y **tres** en la zona de **estrán**: una en **la** de marea más alta, otra en la de marea media y otra en el sector de la marea más baja. La **ubicación** de las muestras se **las** puede observar en el Anexo D.
2. Estudio **“offshore”** del fondo del canal estuano. Se tomaron 57 muestras de sedimentos superficiales de fondo (ver Anexo E) con una draga Van Veen, para **lo** cual **se** realizaron 13 perfiles de **muestreo** perpendiculares a la **línea** de **costa**, con un distanciamiento de 1000 m entre perfiles y 500 m entre estaciones. (Ver Fig. 3.11).

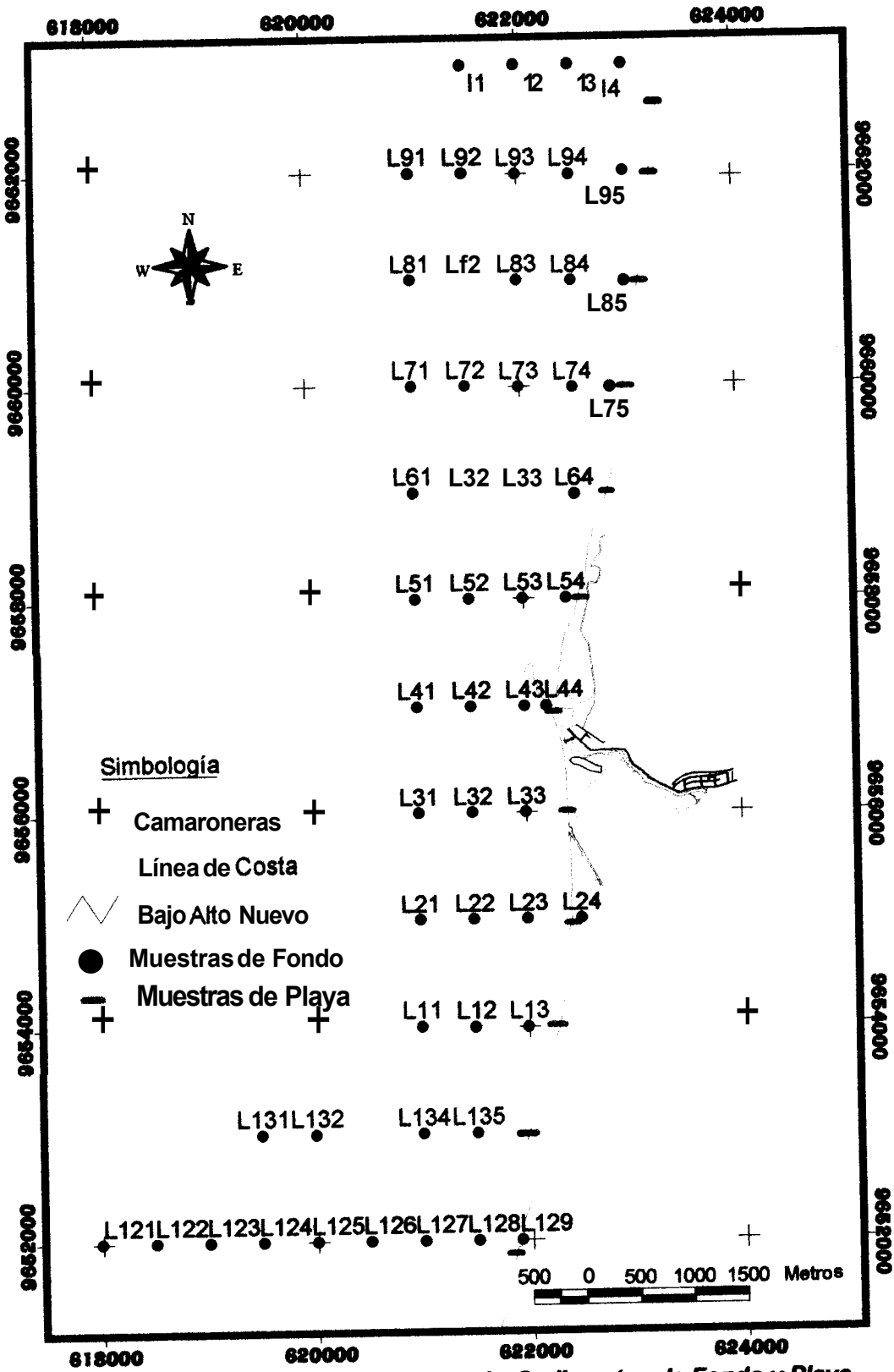


FIGURA 3.11.- Ubicación de Muestras de Sedimentos de Fondo y Playa

Para ambas etapas se utilizó como sistema de posicionamiento un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) marca Garmin, modelo 76. El Sistema de Coordenadas utilizado fue el UTM, con el datum SAD 56.

Trabajo de Laboratorio

Después del secado de las muestras, se realizó un tamizaje húmedo sobre la malla # 230, con el fin de separar la fracción gruesa (grava - arena) de la fracción fina (limo-arcilla).

La fracción gruesa fue sometida a un tamizaje seco, utilizando un juego de tamices números 5, 7, 10, 14, 18, 25, 35, 45, 60, 80, 120, 170 y 230 (USA, Standard Testing Sieve), en un agitador mecánico Rotap, durante 10 minutos.

La fracción fina fue analizada por el método de la pipeta, basado en la Ley de Stokes, que indica que el diámetro de pequeñas partículas puede ser determinado en base a su velocidad de caída en agua a una determinada temperatura.

Los resultados de los análisis granulométricos fueron procesados estadísticamente utilizando un programa del Centro de Datos Oceanográficos del INOCAR.

Parámetros Estadísticos

A partir de la información estadística de las muestras se realizaron gráficos que permitieran describir el comportamiento sedimentológico de la playa y del fondo estuarino.

Los parámetros estadísticos más utilizados en sedimentología son:

Textura.- Según el criterio de De Miró (1971), la textura de un sedimento se refiere a la proporción con la que determinados tipos de tamaño de grano intervienen en el mismo.

La nomenclatura usada para referirse a la textura del sedimento es la propuesta por Folk (1969). (Anexo F).

Diámetro Medio.- El tamaño o diámetro medio, como atributo sedimentario, representa la categoría de tamaño de las partículas que constituyen la porción más abundante del sedimento (Soledispa y Villacrés 1989), y su nomenclatura se determina en base a las clases de tamaño propuestas por Wentworth (1972). (Anexo F).

Grado de **Clasificación.-** Es una medida de la cantidad de granos repartidos por todas las clases de tamaño de grano, distintas a la clase modal (Folk 1956), y el valor estadístico que lo determina es la desviación estándar. Geológicamente indica los cambios del nivel de energía del agente deposicional y su capacidad de seleccionar los materiales allí movilizados (Soledispa 1992). (Anexo F).

Grado de Asimetría.- Este parámetro establece la relación entre mezclas gruesas y finas. Los valores de asimetría positiva indican un exceso de material fino, y aquellas con material grueso presentan asimetría negativa. Cuanto mayor se aleje del valor 0.000, tanto mayor será el grado de asimetría. (Anexo F).

Grado de Curtosis.- De acuerdo con Morais (1980), este parámetro es muy útil en la determinación de la concentración de la uniformidad de los granos sedimentarios. Mide la razón entre el grado de selección de las colas y de la porción central de la curva de frecuencia, pero considerando toda la distribución de dicha curva (Soledispa y Villacrés 1989).

Folk (1959) la considera también como un índice de apuntamiento o angulosidad, es decir un índice que mide cuan definida es la curva en uno o más porcentajes de tamaño: Si la parte central tiene mejor selección que las colas, la curva de frecuencia es fuertemente puntiaguda, o sea "leptocúrtica". Si las colas tienen mejor selección que la parte central, la curva de frecuencia se muestra poco aguda, o sea "platicúrtica". Una distribución que presenta un apuntamiento que no es ni muy achatado, ni muy apuntado se llama "mesocúrtica". (Anexo E).

Muestras de Playa

Diámetro Medio.- Para realizar el cuadro estadístico por diámetro medio (Cuadro 3.12) se realizó una subclasificación, puesto que el mayor porcentaje de las arenas, según la clasificación de Wentworth, son medianas, lo que no permitía realizar una comparación entre los diferentes zonas de playa.

La subclasificación sólo se la realizó para el rango de las arenas medianas ($1 < \phi < 2$), tomando un rango entre 1-1.5, y 1.5-2.

De acuerdo al diagrama de barras, en la zona de médano¹ el 11.11% de las arenas tienen diámetro entre 1-1.5, el 55.56% entre 1.5 - 2, y el 33.33% menor que 2.

De acuerdo a Ottmann (1967), el diámetro transportado en los médanos litorales, está en función directa de la Velocidad del viento y de acuerdo a la clasificación de Sokolov. (Ver Tabla VII). Para movilizar las arenas que se tienen en la zona de estudio será necesario vientos con velocidades mayores a 6.7 m/s.

¹ La descripción estadística se la realizó utilizando la división del perfil de playa, descrito en el punto 3.3.2

Tabla VII
Clasificación de Sokolov

Diámetro ϕ	Diámetro mm	Viento (m/s)	Viento (km/hora)
2	0.25	4.5 a 6.7	16 a 24
1	0.5	6.7 a 11.4	24 a 31.5
-0.5	1.5	11.4 a 13	42 a 47

En la zona de marea alta sólo hay dos tipos de arenas: las arenas con ϕ entre 1.5-2, con un porcentaje del 77.78%, y en un 22.22% las arenas con $\phi > 2$.

En la zona de marea media los diámetros de sedimentos son más variados que en la de marea alta, se encuentra arenas de $\phi < 1$ en un 8.33%, $1 < \phi < 1.5$ en un 16.67%, $1.5 < \phi < 2$ en un 50% y < 2 en un 25%.

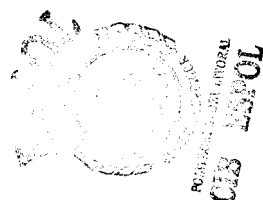
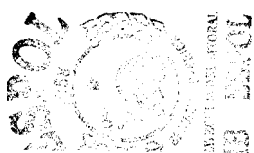
En la marea baja el mayor porcentaje de sedimentos se encuentra en el rango 1-1.5 de arena media gruesa (44.45%), las arenas con diámetro 1.5-2 de arena media fina se hallan en un porcentaje del 33.33% y las más finas, con un diámetro > 2 , están presentes en un 22.22%.

Conclusión: La zona de marea media contiene los seáimientos más **gruesos**, seguida de la zona de marea baja; lo que indica la erosión en la zona alta y la **deposición** en la zona baja.

Grado de *Clasificación*.- (Cuadro 3.13) En la zona de médano los sedimentos, en su totalidad, se encuentran entre bien **clasificados** y moderadamente clasificados, lo que indica que el principal agente de transporte, el aire, tiene una energía constante o uniforme que permite seleccionar o “**escoger**” los detritos.

En la zona de **estrán**, el comportamiento del mar selecciona de manera diversa los **detritos**, en la marea alta el 100% de los sedimentos **se** encuentran entre bien clasificado y moderadamente bien clasificado; diferenciando de **la** zona de **médano** sólo por la **relación** del porcentaje entre los bien **clasificados** y moderadamente bien clasificados.

La zona de marea media contiene **material** mal clasificado, moderadamente clasificado, moderadamente bien clasificado y

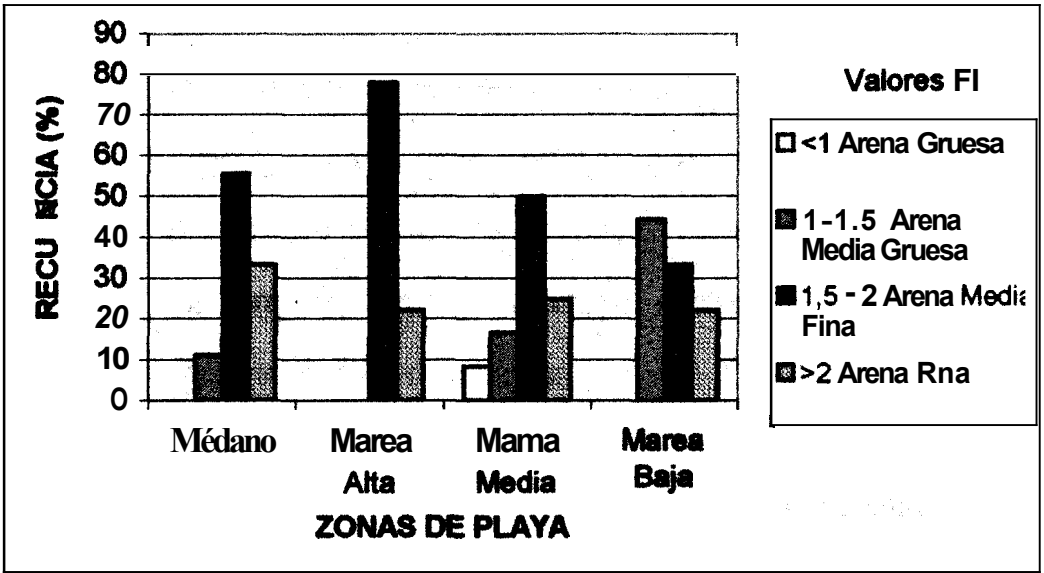


bien clasificado, prevaleciendo el moderadamente bien clasificado (58,34%). Esto indica que el grado de clasificación en este sector de playa es menos uniforme que la de médano y marea alta, demostrando la variabilidad de la energía en esta zona.

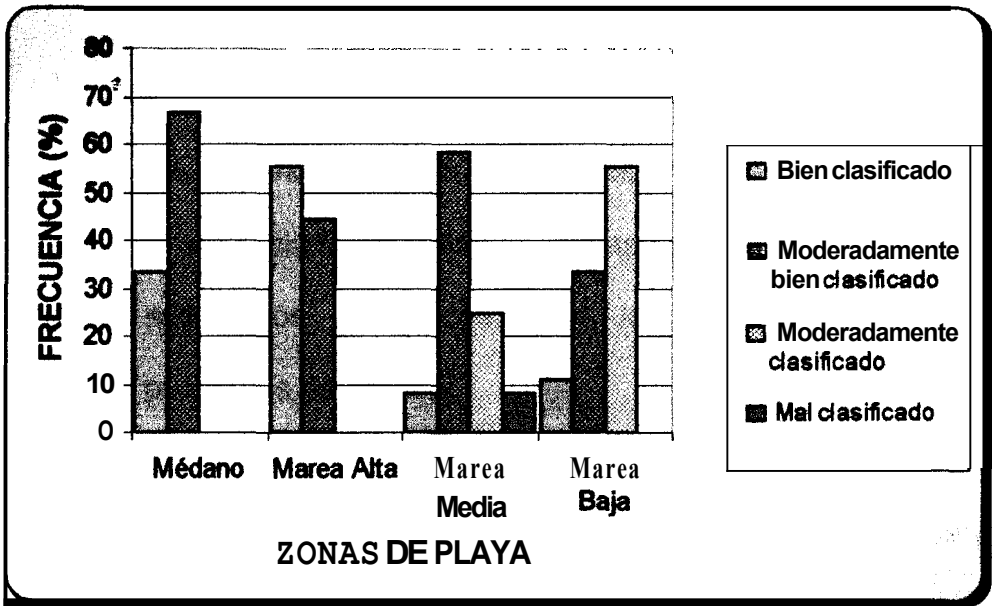
En el sector de la marea baja prevalecen los sedimentos moderadamente clasificados (55,56%), la energía del fluido, en este caso es más uniforme que la de marea media, pero menos que la de marea alta y médano.

Conclusiones: El viento, principal medio de transporte de los sedimentos en la zona de médano, ha clasificado bien los sedimentos, hallándose el 100% de los detritos, por lo menos, moderadamente bien clasificados.

La energía de las olas (principal factor del transporte de sedimentos marinos) en el área de estudio, es uniforme, pues en todas las zonas de playa (marea alta, media y baja) más del 75% de los detritos se encuentra por lo menos moderadamente clasificado. Siendo el sector de la marea media donde existe mayor variabilidad de la energía y la de marea alta la de menor variabilidad.



CUADRO 3.12.- Diámetro medio de sedimentos de playa



CUADRO 3.13.- Grado de Clasificación de sedimentos de playa

Asimetría.- (Cuadro 3.14) En la zona de marea baja prevalecen los sedimentos casi asimétricos (66,67%), menos de la cuarta parte de los detritos tienen asimetría hacia los tamaños gruesos (22.22%) encontrándose también material con asimetría hacia los tamaños finos en un 11.11%, debiéndose principalmente a la presencia de los manglares.

En la zona de marea media prevalece la asimetría hacia los tamaños gruesos (58.34%) . La tercera parte de los sedimentos son casi **asimétricos** (33.33%) ; mientras que el 8.33% **son muy asimétricos** hacia los tamaños gruesos.

En la zona de marea alta y médano se presentan grados de simetría similares: Sedimentos casi **asimétricos** en un 88.89%, y sedimentos **asimétricos** hacia los tamaños gruesos en un porcentaje de 11.11%.

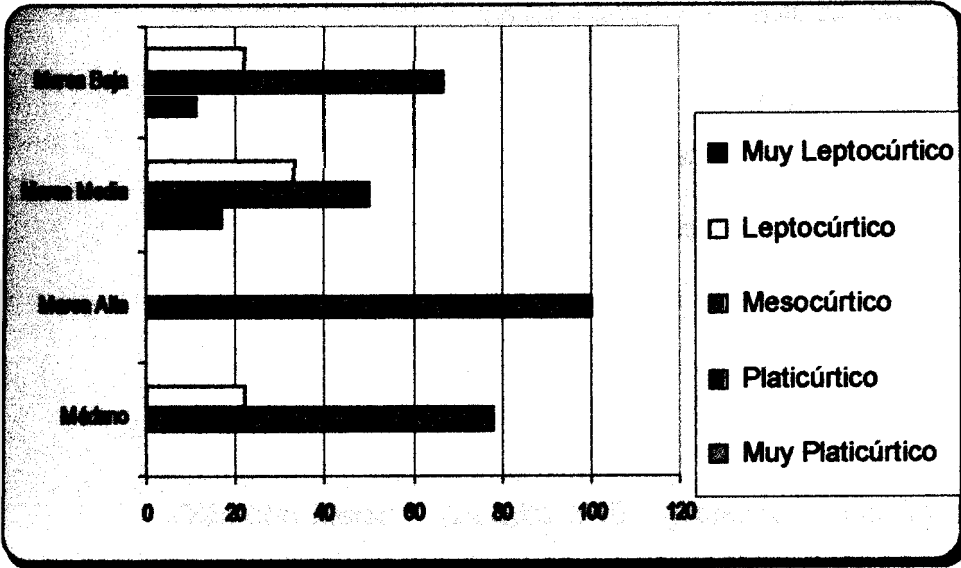
Conclusión: La energía es mayor en la zona de marea media, donde el 66.67% de los sedimentos son **asimétricos** o muy asimétricos hacia los tamaños gruesos.

Curtosis.- (Cuadro 3.15) En la zona de marea baja el 66.37% de los sedimentos son mesocúrticos, el 22.22% son leptocúrticos y sólo el 11.11% son platicúrticos.

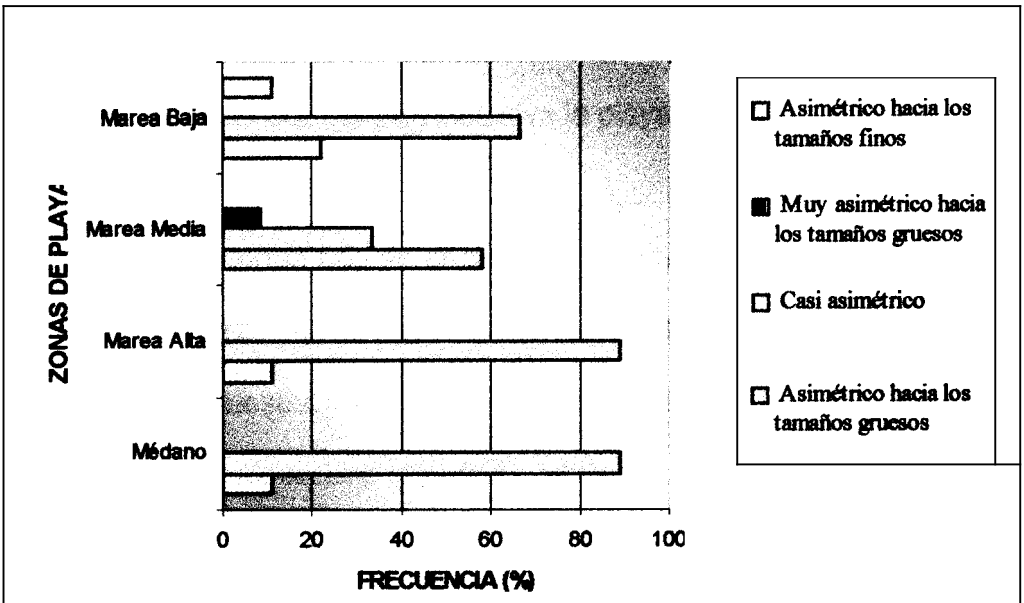
En la zona de marea media, crece el porcentaje de los sedimentos leptocúrticos (33.33%), mientras que el porcentaje de los detritos mesocúrticos disminuye a la mitad (50%), manteniéndose en bajo porcentaje los platicúrticos (16.67%).

En la zona de marea alta todos los sedimentos son mesocúrticos. En la zona de médano el 77.78 % son detritos mesocúrticos y el 22.22% leptocúrticos.

Conclusión: Los sedimentos de la zona de marea alta presentan la distribución más uniforme entre las colas y la parte central de sus respectivas curvas de frecuencia, seguida por la zona de médano.



CUADRO 3.14.- Grado de Curtosis de Sedimentos de Playa



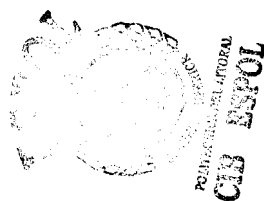
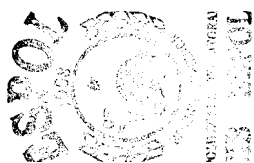
CUADRO 3.15.- Grado de Asimetría de Sedimentos de Playa

Muestras Superficiales de Fondo de Canal Estuarino

A partir de los factores estadísticos de los sedimentos de superficie de fondo se generó mapas de distribuciones y cuadros estadísticos, los mismos que se muestran e interpretan a continuación.

Diámetro Medio.- (Cuadro 3.16) Predominan los limos con una presencia del 71,43% del total de las muestras, ocupando mayor porcentaje los limos medios y finos. Geográficamente (Fig. 3.12) se ubican al Oeste, a partir de una distancia promedio de 700 m desde la línea de costa. Pero desde 1 Km al Sur de Bajo Alto hacia el Sur ocupan inclusive la playa, con desarrollo de manglar.

Las arenas que se encuentran en mayor porcentaje son las muy finas (12,50% del total de las muestras) y finas (8,93% del total de las muestras) y se distribuyen a lo largo de línea de costa, y en la desembocadura del Río Jubones. Las arenas medianas se encuentran en un 7,14 % del total de las muestras, concentrándose frente a Bajo Alto y alrededor de la Puntilla.



Calculándose las extensiones ocupadas por cada tipo de diámetro medio, se obtuvo:

DIAMETRO	HECTAREAS	!PORCENTAJE
Arena Mediana	230,06	7,19
Arena Fina	393,24	12,29
Arena Muy Fina	266,45	8,33
Limo Grueso	199,50	6,23
Limo Medio	1400,36	43,76
Limo Fino	710,18	22,19

Conclusión: En la superficie de fondo predominan los limos, lo que ratifica que el sector de muestreo está dentro de la zona de ProDelta del Delta Estuario del Guayas. Los sedimentos más gruesos (arenas y limos gruesos) se concentran a lo largo de la línea de costa desde Bajo Alto hacia el Norte, así como en la desembocadura del río Jubones. Se hallan presentes por la acción de las corrientes de arrastre o corrientes de deriva litoral.

Textura.- (Cuadro 3.17) El 63,16% del total de las muestras de los sedimentos son limosos, y se hallan ocupando la mayor parte del área de estudio.

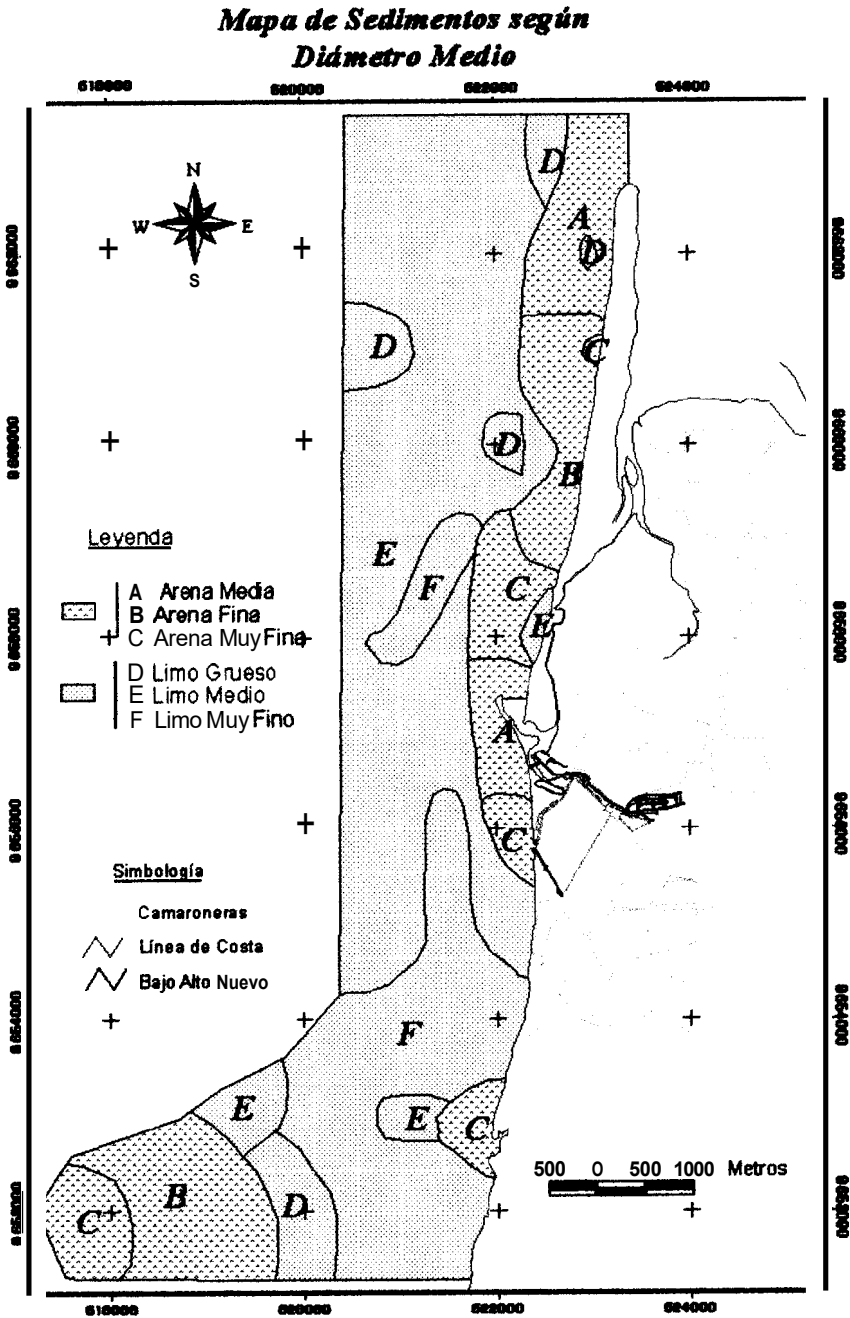
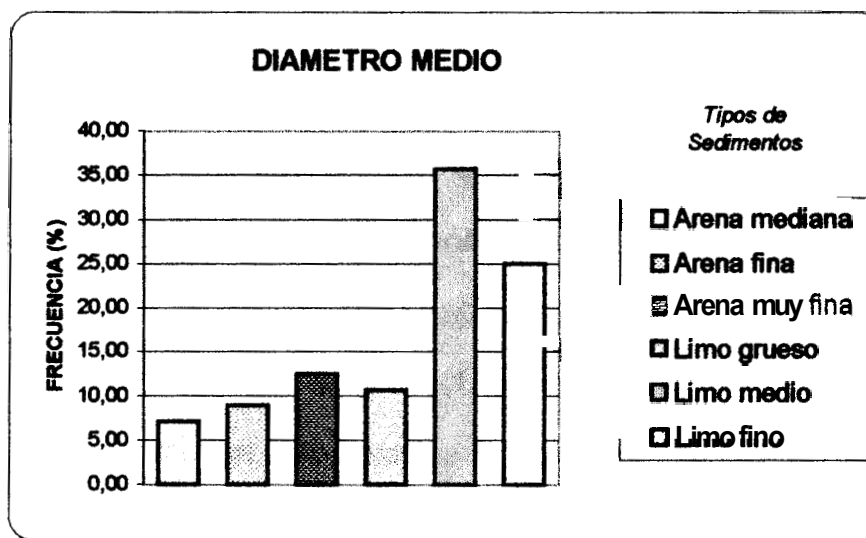
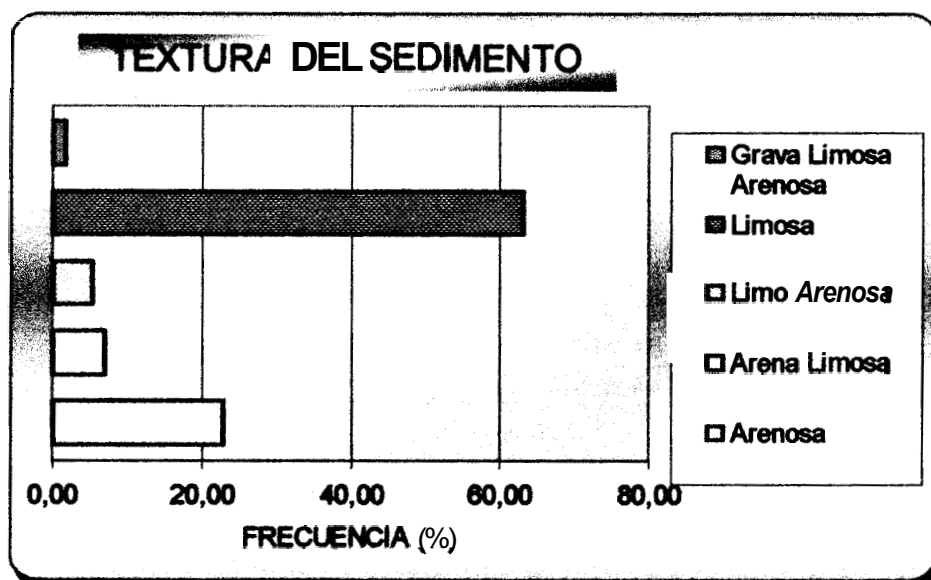


FIGURA 3.12.- Distribución areal de los Grados de Diámetro Medio de sedimentos de fondo estuarino



CUADRO 3.16.- *Diámetro Medio de sedimentos de fondo.* Cada barra indica el porcentaje de número de muestras que corresponde a cada categoría.



CUAORO 3.17.- *Textura de sedimentos de fondo.* Cada barra indica el porcentaje de número de muestras que corresponde a cada categoría.

Algunas zonas o sectores alrededor de la línea de costa (Fig. 3.13) poseen sedimentos de textura arenosa presentes en un 22,81% del total de las muestras, concentrándose en el sector de la Puntilla, en la desembocadura del Río Jubones y frente a Bajo Alto. La textura arena limosa (7,02% del total de las muestras) y grava limosa arenosa (1,75% del total de las muestras), se encuentran asociadas a la textura arenosa. La textura limo arenosa (5,26 % del total de las muestras) se encuentran en pequeños sectores aislados.

Al calcularse la extensión ocupada por cada textura, se obtuvieron los resultados mostrados a continuación:

TEXTURA	HECTAREAS	PORCENTAJE
Grava Limosa Arenosa	28,67	0,90
Arena Limosa	171,71	5,37
Arenosa	628,80	19,65
Limo Arenosa	144,16	4,51
Limosa	2226,44	69,58

Conclusión: En la zona de estudio predomina la textura limosa. Las texturas de grano más grueso (arenosa, arena limosa y grava limo arenosa) se encuentran distribuidas a lo largo de la línea de

costa desde Bajo Alto hacia el Norte y en la desembocadura del Río Jubones, indicando sectores de mayor energía.

Grado de Clasificación.- (Cuadro 3.18) Los sedimentos muy bien clasificados y bien clasificados, presentes en un porcentaje **1,75%** y **3,51%** del total de las muestras, respectivamente, se encuentran ubicados en el extremo Oeste de la desembocadura del Río Jubones y al Norte de la Puntilla en la desembocadura del río Pagua, y en un sector aislado a 2.5 Km al Noroeste de Bajo Alto.

Los sedimentos moderadamente bien clasificados (**5,26%** del total de las muestras) se encuentran únicamente en la zona sublitoral, a **1 Km** al Norte de Bajo aito. Los sedimentos moderadamente clasificados (**12,28%** del total de las muestras) se ubican en ~~tres~~ **sectores**: un sector alrededor de Bajo Alto, otro formando parte del deita del Río Jubones, y el **tercero** de forma aislada a 4 Km al NO de Bajo Alto.

Los **detritos** mal clasificados están presentes en un **57,89%** del total de las muestras y ocupan **la** mayor parte del área de estudio.

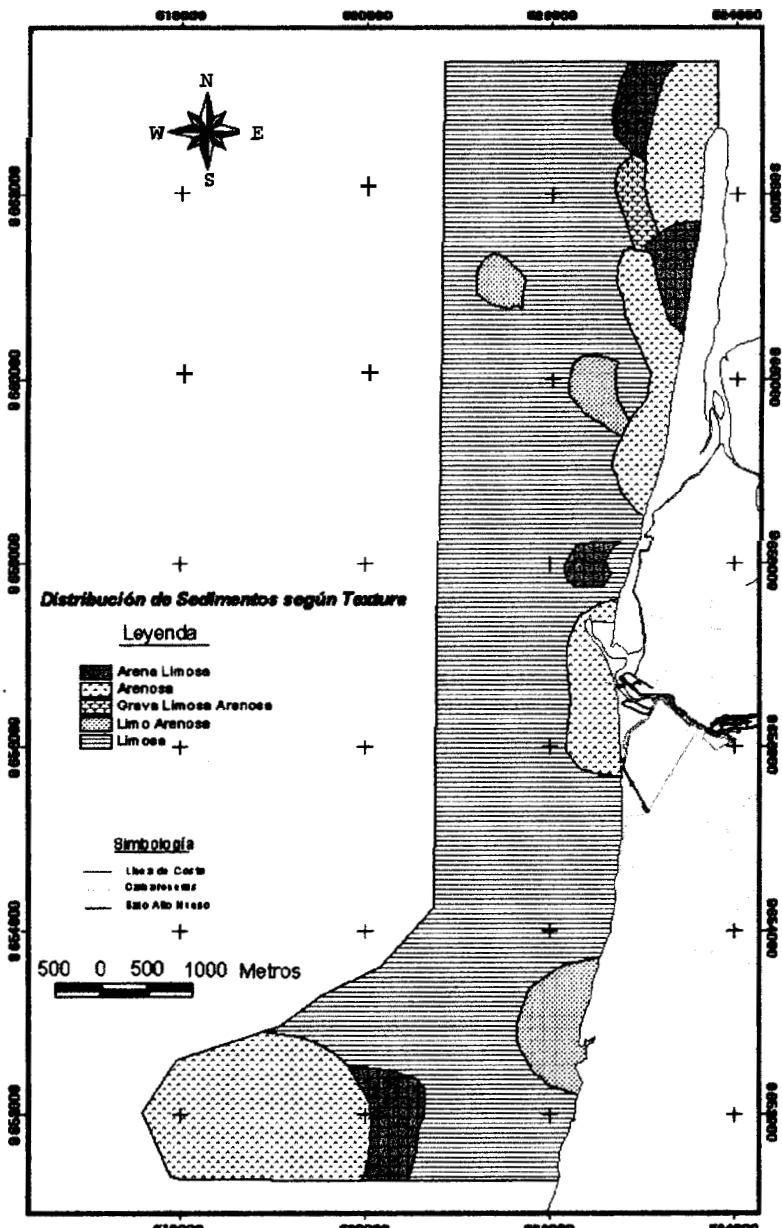


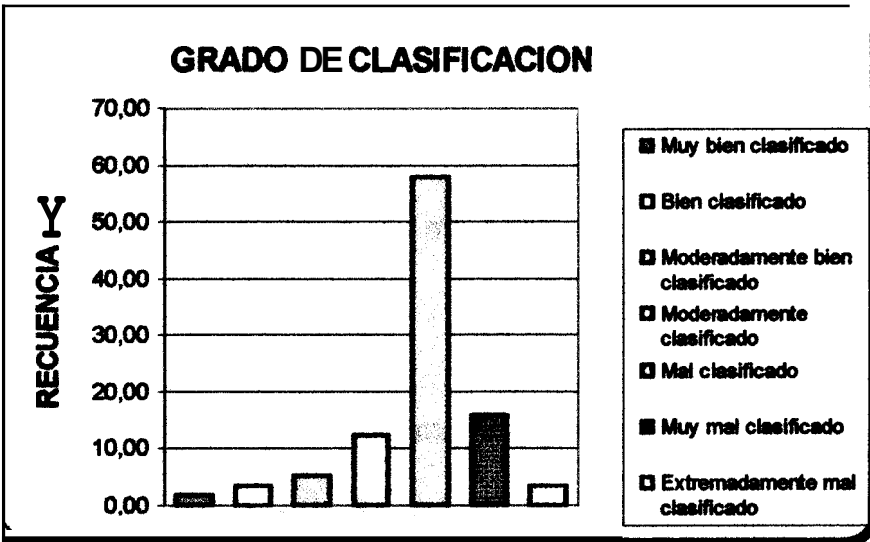
FIGURA 3.13.- Distribución areal de los Grados Texturales de sedimentos de fondo estuarino

La superficie calculada para cada grado de selección se la muestra en la siguiente tabla:

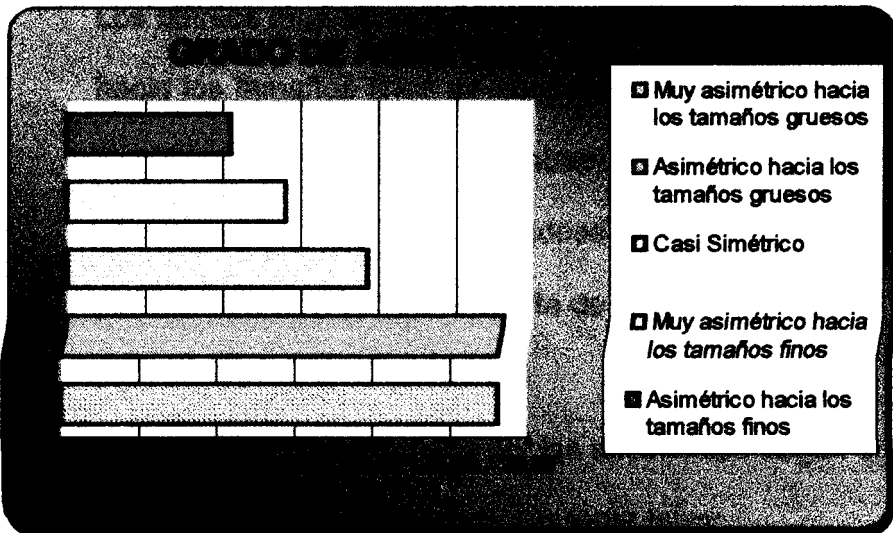
GRADO DE CLASIFICACION	HECTAREAS	PORCENTAJE
Muy Bien Clasificado	115,23	3,60
Bien Clasificado	78,77	2,46
Moderadamente Bien Clasificado	57,15	1,79
Moderadamente Clasificado	310,8	9,71
Mal Clasificado	2172	67,88
Muy Mal Clasificado	397,18	12,41
Extremadamente Mal Clasificado	68,66	2,15

Conclusión: En gran parte del área predominan los sedimentos entre mal clasificados y extremadamente mal clasificados, lo que indica que la energía de transporte es variable; seguramente por la interacción que existe entre la energía de las corrientes de marea y la energía de las olas.

Los sedimentos entre muy bien clasificados y moderadamente clasificados se encuentran al Oeste de la desembocadura del río Jubones, frente a Bajo Alto, a dos kilómetros al Norte de Bajo Alto y en la desembocadura del río Pagua. Estos sectores son, por lo tanto, de energía de transporte constante.



CUADRO 3.18.- *Grado de Clasificación de sedimentos de fondo.* Cada barra indica el porcentaje de número de muestras que corresponde a cada categoría.



CUADRO 3.19.- *Grado de Asimetría de sedimentos de fondo.* Cada barra indica el porcentaje de número de muestras que corresponde a cada categoría.

Grado de Asimetría.- (Cuadro 3.19) Predominan los sedimentos muy asimétricos hacia los tamaños gruesos y **asimétricos** hacia los tamaños gruesos, sumando entre los dos un porcentaje del **56,14%** del total de las muestras. Se encuentran extendidos en toda el área de estudio.

Los sedimentos casi simétricos se encuentran presentes en un **19,30%** del total de las muestras, ubicándose aisladamente en algunos sectores, entre ellos al Norte de la Puntilla, frente a Bajo Alto y en el delta del río Jubones (Fig. 3.15).

Los detritos muy asimétricos hacia los tamaños finos y **asimétrico** hacia los tamaños finos se encuentran en el porcentaje restante (**24,57%** del total de las muestras). Se emplazan en sectores muy pequeños aislados, ubicándose uno de esos sectores junto a la línea de costa, a 4 Km al Norte de Bajo Alto.

El cálculo del Brea ocupada por los sedimentos según el grado de asimetría, se lo muestra en la siguiente tabla:



GRADO DE ASIMETRÍA	HECTÁREAS	PORCENTAJE
Asimétrico hacia los Tamaños Finos	366,08	11,44
Asimétrico hacia los tamaños Gruesos	2424,99	75,78
Casi Simétrico	408,77	12,77

Conclusión: La mayoría de los sedimentos son **asimétricos** hacia los tamaños gruesos. Los sedimentos **asimétricos** hacia los tamaños finos y casi simétricos se encuentran en pequeñas porciones distribuidas por toda el área, concentrándose un poco más en el sector Norte de la Puntilla y en el delta del Jubones.

Mapa Según Grado de Clasificación

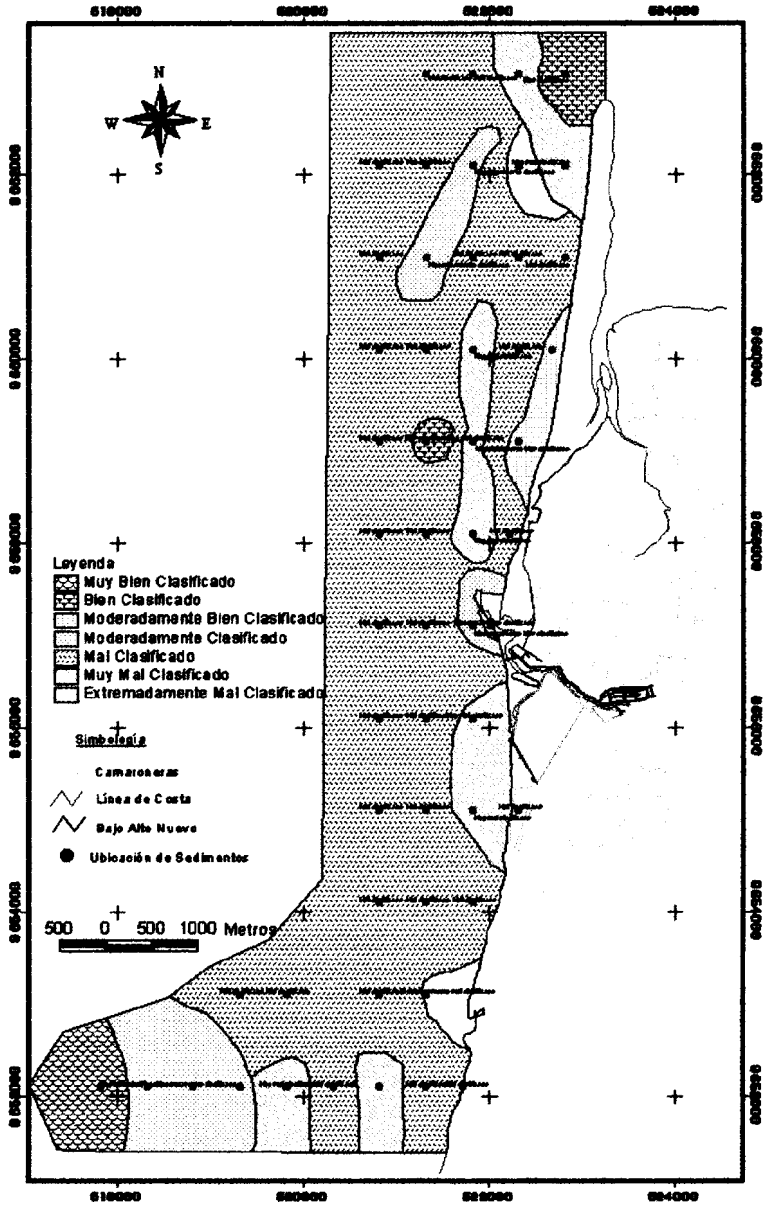


FIGURA 3.14.- Distribución areal de los Grados de Clasificación de sedimentos de fondo estuarino

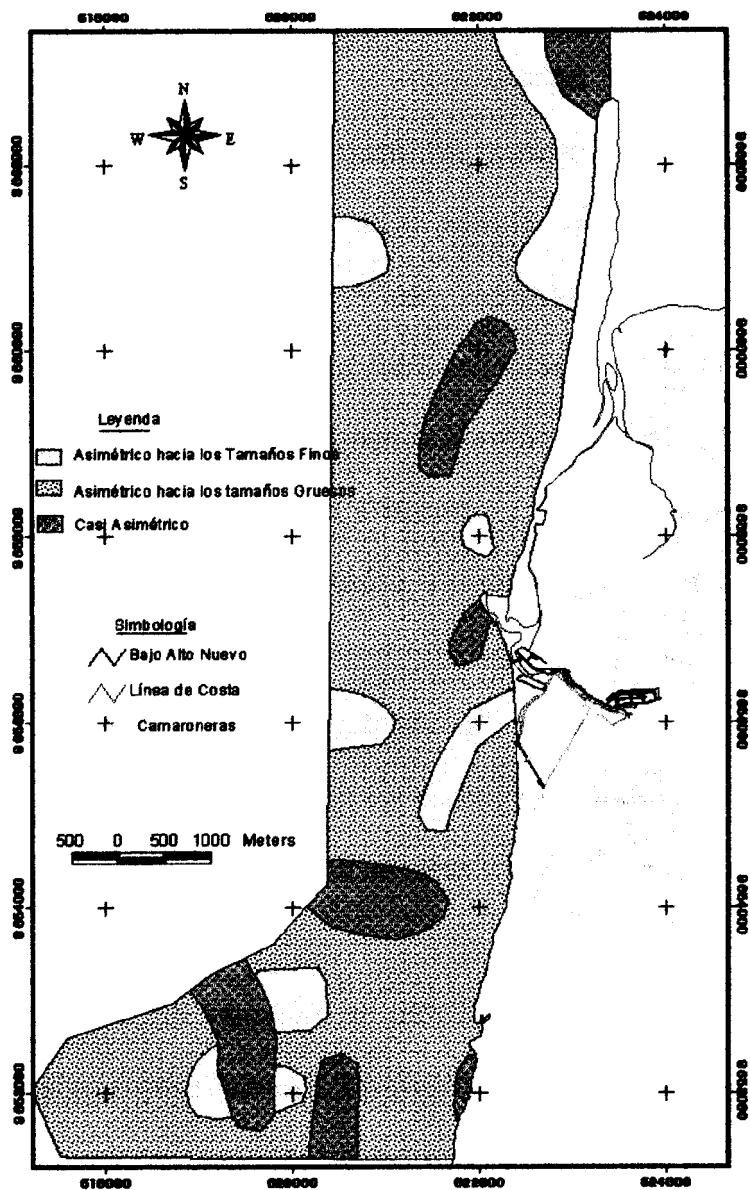


FIGURA 3.15.- Distribución areal de los Grados de Asimetría de sedimentos de fondo estuarino



3.32 **Mineralogía de Sedimentos de Playa**

La determinación de la composición mineralógica de los sedimentos ayuda a entender **los procesos costeros** en el área de estudio y sirve principalmente para la **determinación** de su área fuente. Los minerales indican, además los diferentes estados ambientales por los que ha **pasado** el sedimento y junto a los fragmentos de roca ayudan a identificar el **marco tectónico** del área fuente, que según Dickinson y Suczek (1979) pueden ser: Continental, Arco Magmático, y Orógeno Reciclado.

Para el estudio mineralógico se tomaron cinco muestras de sedimentos de playa con las cuales se hicieron láminas delgadas, para luego identificar los minerales constituyentes (Tabla VIII).

En todas las muestras se **presentan los** siguientes minerales: el cuarzo monocristalino, **las plagioclasas macladas** y zonadas, **los feldespatos** alcalinos, y minerales opacos. Se encontraron como minerales accesorios en las diferentes muestras: **piroxenos**, moscovita, biotita, clorita, **anfíboles** y en muy rara ocasión granate y epidota. Además, se encontró que **los granos constituidos** por

fragmentos líticos son más abundantes que los granos de minerales. Los fragmentos líticos pertenecían a rocas tobáceas medias, granodioritas y rocas básicas.

Aplicando la clasificación de McBride (1963) todas las muestras son litarenitas feldespáticas, y según la clasificación de Williams, Tumer y Gilbert (1982) son arenas líticas (Ver Anexo G).

TABLA VIII

Minerales predominantes en los sedimentos del área de estudio

Muestra	% Cuarzo	% Feldespatos	% Fragmentos de Roca	% Micas	% Opacos	% Piroxenos
A2	7,8	17,07	72,19	2	1	< 1
25	11	13	54,8	5,45	14	< 1
33	15	11	61,65	2	5,52	< 1
38	9,27	9	71,4	4,12	6	< 1
R. Jubones	7,81	10,3	74,5	3,6	1,5	< 1

Se analizó también la redondez de los granos de arena, y todas las muestras están compuestas por granos subangulares a subredondeados lo que indicaría un transporte en saltación.

3.3.3 Morfología Submarina

Para determinar la forma del fondo marino, dentro del área de estudio, fue necesario hacer un levantamiento batimétrico que fue realizado con la ayuda del personal del departamento de Hidrografía de INOCAR.

La campaña duró cuatro días durante la primera semana del mes de Julio, haciéndolo coincidir con la sicigia, de tal manera que se obtuvieran las mareas más altas y así poder avanzar con la lancha hasta la parte superior del estrán.

Se hizo el levantamiento batimétrico de 8 Km a lo largo de la línea de costa, desde 9654000 N hasta 9662000 N en coordenadas UTM, por 1.5 Km costa afuera (off shore), desde 621000 E hasta 622500 E en coordenadas UTM. Se realizaron perfiles cada 100 metros perpendiculares a la línea de costa, obteniéndose 80 perfiles.

El trabajo tuvo las siguientes etapas:

- 1) Traslado de estación **geodésica** base desde Puerto Bolívar hasta Bajo Alto.

En el Liceo Naval de Puerto Bolívar el INOCAR tiene colocada un punto **geodésico** con coordenadas **geográficas** de Primer Orden, que fue tomado como referencia para dar precisión al punto colocado en Nuevo Bajo Alto. Desde allí se localizó la estación **temporal** en la playa, que después serviría para hacer la **corrección diferencial** en tiempo real de la posición geográfica de la lancha desde la cual se haría el **levantamiento batimétrico**.

Los equipos utilizados para esta primera etapa fueron:

- ✓ 2 GPS **topográficos** 4700 de la **casa Trimble**
- ✓ 2 Antenas satelitales Trimble
- ✓ 2 Trípodes

2) Levantamiento Batimétrico

Los sondeos fueron ejecutados desde la lancha ALNILAM con un transductor incorporado, y equipado con un ecosonda marca Echotrack, modelo DF 3200 MKII de alta frecuencia, que enviaba la señal a una computadora con el programa Hypack de Coastal, el mismo que registraba de forma inmediata la profundidad.

Al tiempo que el programa obtenía la profundidad calculaba también la posición a través de un GPS de la marca Trimble modelo 4000. La ubicación geográfica era corregida en tiempo real por la estación temporal colocada en la playa.

Los datos obtenidos fueron procesados posteriormente en gabinete y corregidos por los siguientes parámetros:

- a) Altura de Mareas. Los valores de las alturas de mareas de la fecha de las mediciones se restaron de las profundidades registradas por el ecosonda, para

obtener el sondaje referido al nivel medio de las bajamares de sicigia (MLWS), y luego pasar los datos al nivel medio del mar (msnm).

- b) Calado del Transductor. Al medir el sondaje los valores que registra el ecosonda tienen un error igual a la profundidad que se encuentra sumergido el transductor, entonces la profundidad real está dada por la registrada por el equipo más aquella a la que se encuentra el transductor.
- c) Desplazamiento del cero del ecosonda. Suele ocurrir que el nivel de profundidad cero del ecosonda se desplaza con respecto al del papel del registro. Este desplazamiento se añade al valor registrado para obtener valor mal.

El resultado del trabajo se lo muestra en la figura 3.16. En él se puede diferenciar dos tipos de morfologías:

El primer tipo de morfología **se** presenta desde Bajo Alto hacia el Norte, donde **se** observan veriles casi paralelos a la línea de costa. **Los veriles** indican la presencia de una forma acanalada de dirección **N S** que **sería** un canal de marea. El veril más profundo es **el** de menos 5 metros, y **se** ubica **en la parte** central del **área** del canal.

Hacia **el** lado Este del canal, el espaciamiento de **las** curvas batimétricas indican una pendiente mayor que hacia el lado Oeste. Esto **se** debe a la presencia **de los** sedimentos de mayor diámetro en el sector Oriental del canal (Fíg. 3.12).

Al Sur de Bajo Alto los veriles giran en dirección SO **produciéndose un aumento considerable** en **el** espaciamiento entre **ellos**. El nuevo espaciamiento entre los venles indica una disminución de la pendiente. La morfología corresponde a un gran llano, que seguramente es parte del gran delta del Jubones (Zona de Prodelta).

La pendiente baja de este sector ratifica la presencia de limos muy finos observados en la Fig. 3.12., y ratifica la idea de que pertenece a la zona de Prodelta del río Jubones).

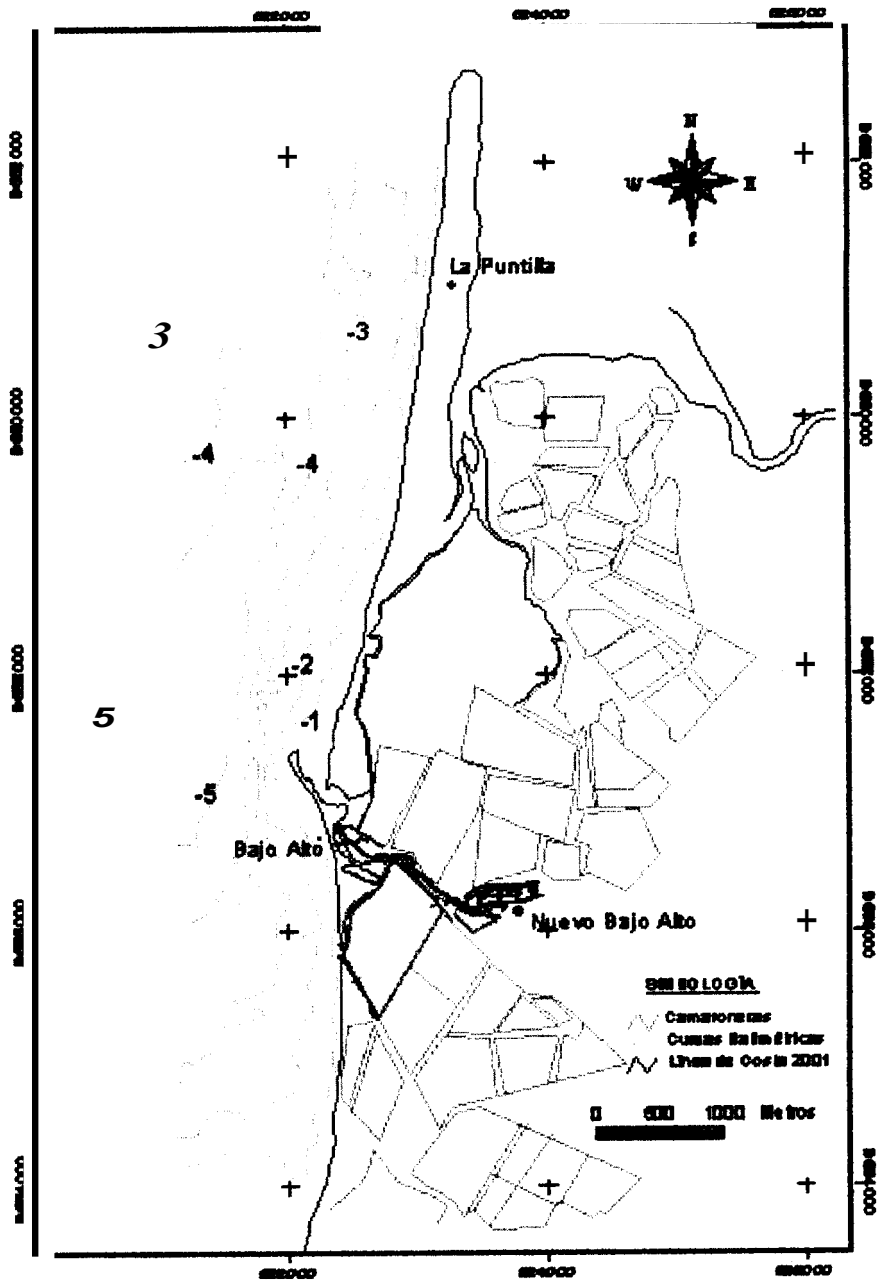


FIGURA 3.16.- Morfología submarina del área de estudio

3.3.4 Perfiles de Playa

Aspectos Teóricos

Las características del oleaje producen efectos diferentes en la formación del perfil de la playa.

A medida que las olas se aproximan a la playa, al llegar a una distancia igual a la mitad de su longitud de onda, el sedimento del fondo marino se agita forzando a las partículas a moverse hacia la costa por tracción, saltación y suspensión.

La profundidad y la pendiente del perfil se modifican hasta que la tendencia de las partículas hacia la costa queda equilibrada con las fuerzas opuestas, resultando de este proceso un perfil de equilibrio.

El perfil de equilibrio ideal consta de la zona de médanos o dunas del lado continental, seguida de la "alta playa" (back shore), casi siempre constituida por pequeños "escalones de playa" o bermas. Viene luego la playa propiamente dicha, separada de la alta playa por un microacantilado, zonas que se

extiende entre los *niveles* de las altas y bajas mareas, denominada *estrán*.

Después se encuentra la zona siempre sumergida, la "playa submarina" u *offshore* de los ingleses, que comienza a menudo por una franja frecuentemente ondulada con huecos y hoyos o surcos llamados *prelitorales* (*foreshore*), que luego se continúa de una manera regular para unirse con la plataforma submarina. (Fig. 3.17)

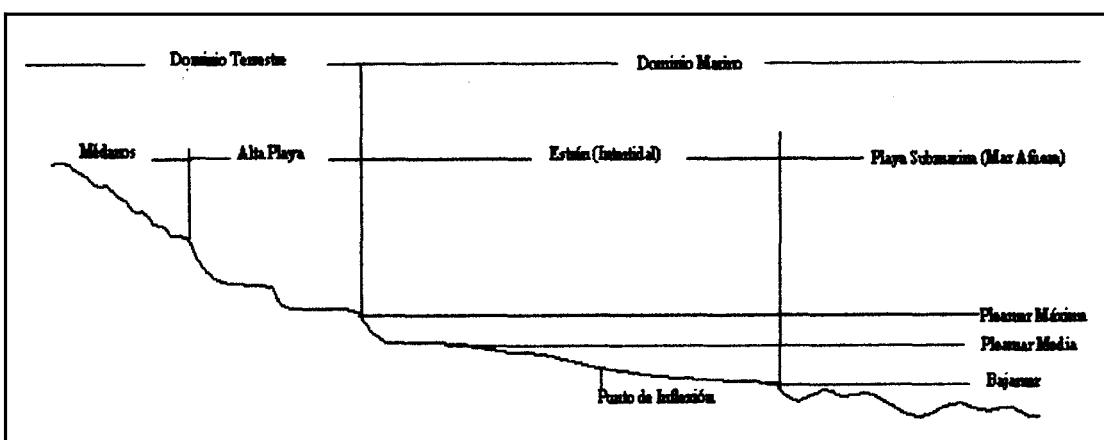


FIGURA 3.17.- Zonas de los perfiles de playa

Una de las características principales de un perfil de playa es su pendiente, pero cuando se habla de pendiente, sólo se trata de la pendiente del estrán. (Ottmann 1967).

La pendiente del estrán se define como la relación entre la altura a (desnivel entre la línea de la baja marea y la de la alta marea) y el ancho L , distancia horizontal entre esas dos líneas, es decir:

Pendiente (m) = a / L (Fig. 3.18)

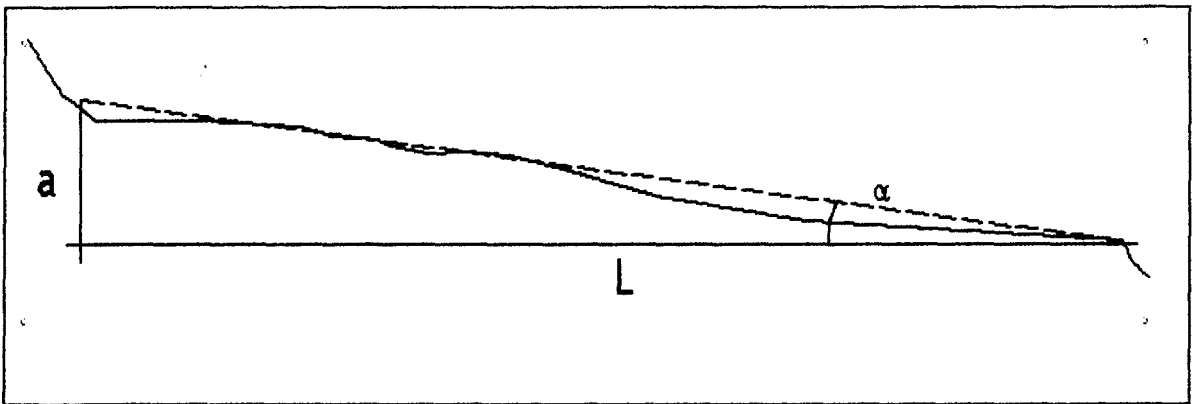


FIGURA 3.18.- Pendiente de playa

El factor que determina la pendiente de una playa es la granulometría de los sedimentos. Cada sedimento tiene su propia pendiente de equilibrio para unas características de ola dada; y cuanto mayor sea el tamaño del grano, más empinada será la pendiente. Según Ottmann (1976), esto se debe al coeficiente de frotamiento de los mismos.

En la Tabla IX se observa una relación hecha por Shepard entre la pendiente de una playa y el diámetro medio de los sedimentos.

TABLA IX
PENDIENTES DE PLAYAS VS. DIÁMETRO MEDIO
(OTTMANN, 1976)

<i>Pendiente</i>	<i>Diámetro medio (mm)</i>	<i>Diámetro medio(ϕ)</i>
2°	0.12	3
8°	0.50	1
12°	2.00	-1

Otro parámetro importante es la humedad, el ángulo de talud o de equilibrio es mayor mientras más seco esté, lo que explica un cierto enderezamiento de la zona de la alta playa con respecto al estrán.

Metodología de Trabajo

Trabajo de Campo

Se realizó el levantamiento topográfico de la playa por medio de tres poligonales abiertas, ubicando estaciones cada cien metros (100 m) con perfiles cada cincuenta metros (50 m).

Se determinó puntos, para cada perfil, en la pleamar **máxima**, pleamar media y bajamar, teniendo en cuenta las horas en las cuales se trabajaba para determinar el comportamiento de la **marea**.

Las mediciones comenzaron al Norte, desde la Puntilla, hasta 2500 metros al Sur de Bajo Alto, cubriendo una extensión de 8000 m. Se estableció como punto de partida un hito monumentado en la esquina Noroeste del retén de la Marina de Bajo Alto, tomando como Norte de la poligonal el Norte geográfico.

Las relaciones de altura fueron establecidas por nivelación geométrica.

El equipo utilizado fue un Teodolito marca Leica modelo T100 y una mira de 4m marca Leica.

Para obtener los puntos en coordenadas UTM, se tomó con un GPS Trimble 4000, de INOCAR, la coordenada del punto de partida o Hito 1.

Trabajo de Laboratorio

Los datos del trabajo topográfico fueron tratados en un 8 hoja de cálculo (EXCEL), la misma que permitió calcular las coordenadas Norte y Este.

A continuación se graficaron los puntos en el programa AutoCAD 2000, en donde se procedió a dibujar los diferentes perfiles de playa, y a medir sus pendientes.

Clasificaciones de los Perfiles de Playa

Existen varias clasificaciones de los perfiles de playas, entre los que se encuentran los de Jhonson (1949), Noda (1962) y Nayak (1970), quienes propusieron ciertos parámetros por los cuales los perfiles de las playas podrían ser *clasificados* en dos tipos: con barre y escalón (Step) (Ver Fig. 3.19).

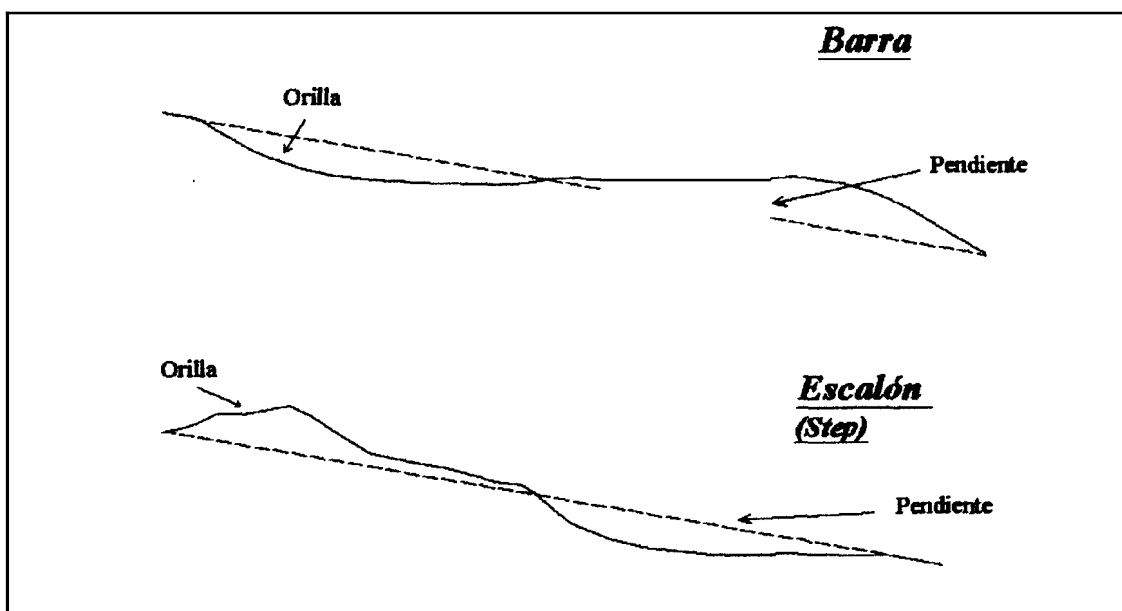


FIGURA 3.19.- Tipos de perfiles de playa

Una variación de la clasificación de Johnson, Noda y Nayak es la propuesta por, Sunamura y Horikawa (1974), quienes hacen una clasificación del perfil de playa basándose en el desplazamiento de la topografía respecto a la pendiente.

Sin embargo Johnson, Noda, Horikawa, Sunamura y Horikawa difieren de Ottmann al referirse a la pendiente de playa. Ottmann (1976) considera para determinar la pendiente sólo a la zona de estrán, que es lo que se va determinar, mientras los otros autores toman en cuenta también la zona offshore.

Para realizar la clasificación de la playa de Bajo Alto por medio de perfiles, se combinaron las definiciones y se determinaron tres tipos de perfiles de playa.

Tipo 1- Acumulación en la zona de marea alta, indicando un avance de la línea de costa.

Tipo **II-** Estable con respecto a la pendiente.

Tipo III.- Erosión en la zona de marea alta, produciendo la regresión de la línea costanera.

Los perfiles de Tipo I, en el área de estudio, se ubican en el sector Norte de la Puntilla, a partir de la latitud 9660451 abarcando una longitud de 2160 m.. Tienen como pendiente promedio **5,47°**, como máxima pendiente **6,58°**, y como mínima **4,66°**.

Los perfiles de Tipo II se encuentran en **tres** sectores a lo largo de la **playa**, el primero inmediatamente al Sur de los perfiles de Tipo I, hasta la latitud **9659720** , es decir abarcando una longitud de **748** m. Tienen una pendiente promedio de **6,36°**, siendo la mínima pendiente **de 6,15°** y la máxima pendiente **de 6,58°**.

El segundo sector **se** ubica entre las **latitudes** (de Norte a Sur) **9659393** y **9658686** , abarcando una longitud de **740** m. **Tiene** una pendiente promedio **de 4,73°**.

La tercera zona se encuentra entre las latitudes 9657507 y 9656093. La longitud de este sector es de 1540 m. y con pendiente promedio de 5,180, siendo la máxima pendiente de 7,220 y la mínima de 1,64°. El perfil con pendiente más baja se encuentra en el área utilizada para el turismo por los pobladores de Bajo Alto.

Los perfiles de Tipo III se encuentran ubicados en dos sectores. La primera entre dos zonas de perfiles Tipo II, es decir entre las latitudes 9659720 y 9659393, con una extensión de 321 m, y una pendiente promedio de 8,65°.

El segundo sector se encuentra entre las latitudes 9658686 y 9658154, con pendiente promedio de 4,47° y extensión de 548 m.

Al comparar las pendientes medidas con la Tabla IX, se podrá notar que los diámetros medios que les corresponden están, en gran parte, entre 3 ϕ y 1 ϕ , es decir arena media a arena fina, que

coinciden con los diámetros medios determinados en el laboratorio (Cuadro 3.12).



CAPITULO IV

4. DINÁMICA LITORAL

Las zonas **costeras** debido a diferentes procesos varían a través del tiempo en forma y dimensiones.

La dinámica litoral es el conjunto de procesos **costeros** y la manera particular en que actúan éstos en cada playa.

4.1 Aspectos **teóricos**

4.1.1 **Procesos** en la zona costera

En una playa se produce **acreción**, erosión o se mantiene en 'equilibrio dinámico', dependiendo del balance entre el volumen del sedimento suministrado y el que es transportado por las corrientes.

Equilibrio dinámico significa que la **posición media** de **la línea de playa** es relativamente estable, como en el Tipo II de perfiles de playa (ver sección **3.3.3**), en un período de meses o años, aunque la posición instantánea tenga oscilaciones cortas.

Como ya se ha mencionado en los capítulos precedentes el movimiento de los sedimentos responde Continuamente a la acción de diferentes factores como son las olas, mareas, corrientes, nivel freático, y en menor grado, a los vientos y variaciones del nivel del mar.

La **interacción** entre estos procesos con los materiales de la playa, y el balance sedimentario producen las modificaciones del ambiente costero, determinando un perfil de playa representativo, ya establecido para el área de estudio en el Capítulo 11, en la sección **3.3.3**

4.1.2 Factores que influyen en la geometría de la playa.

4.1.2.1 Olas

Las condiciones de alta energía de las olas tienden a erosionar la **berma**, aumentando su pendiente, la arena fina es trasladada fuera de **la** costa y depositada en la rompiente donde **se** forman barras paralelas a la costa. Con **el** retorno de las calmas la arena fina es lentamente movida hacia la costa para reconstruir la **cara** de la playa y extender **la** berma, y la barra tiende a desaparecer.

La pérdida del sedimento de la **berma** en altos oleajes permite que la ola ataque directamente las **construcciones** edificadas dentro de la zona activa donde **Ocurren los** procesos litorales.

La **formación** de barras depende **de** una serie de factores relacionados con las características de las olas, pendiente y material **de** la playa. Con olas más altas la barra **se** mueve hacia mar adentro, y una nueva barra es formada **más** cerca de **la** playa. Las

barras son relativamente menos comunes donde el rango de marea es grande. En la mayoría de playas hay una respuesta **estacional** a **los** niveles de energía de olas (Komar, 1983).

Existe una correlación general entre la inclinación **de** la playa, tamaño de grano y exposición **al** ataque de olas. Para un clima dado de olas, **mientras** más gruesos o medianos son **los** diámetros de las **partículas** de arena en la cara de la playa, más inclinada es la playa.

4.1.2.2 Mareas

Las mareas juegan un rol indirecto en **el** transporte de sedimentos y en los cambios **morfológicos** en la playa. Su importancia radica en la exposición **alternante de** la playa y en que cubre una gran porción de la misma. Altos rangos de marea pueden agrandar la **zona** de rompiente alterando la razón de transporte de sedimentos y **la** geometría de la playa.

Las corrientes generadas por la marea transportan en la sección costa afuera el material que eventualmente ha estado en las playas. Conforme la marea baja, el reflujó puede aumentar las corrientes de resaca y alimentar las corrientes a lo largo de la costa. Las corrientes de resaca pueden ser mayores en bajamar que en pleamar. El nivel de la marea controla la intensidad de la ola rompiente y por lo tanto la intensidad de la circulación (Sonu, 1972). En otras palabras, las corrientes de resaca interactúan con el flujo y el reflujó de las mareas, modificando la dirección de las aguas costeras hacia y fuera de la costa.

4.1.2.3 Nivel Freático

La posición del nivel freático es un aspecto significativo en la sedimentación de la playa porque durante condiciones de nivel freático alto hay una tendencia a erosionar y durante nivel freático bajo es más común la acreción (Grant, 1948, Harrison et al, 1971, Waddel, 1976 (7)).

4.1.2.4 Vientos

El viento tiene efectos directos e indirectos en el grado de erosión y sedimentación de la playa (Svasek y Terwindt, 1974). La zona que está sobre el promedio de pleamares, el médano, está continuamente bajo la influencia directa del viento.

La influencia indirecta del viento consiste en la generación de olas que a su vez producen corrientes a lo largo de la costa. Las brisas marinas intervienen en la generación de corrientes que transportan los sedimentos.

Los vientos, igualmente modifican la textura y la superficie de la cara posterior de la berma. Durante condiciones de baja marea la parte superior de la playa es comúnmente secada por los vientos, lo cual facilita el transporte tierra adentro de la arena y la acumulación tras la berma. Vientos hacia la costa producen un transporte significativo de arena hacia tierra. Vientos hacia fuera de la costa causan transporte hacia mar adentro del sedimento de las

dunas y playa posterior, contribuyendo con material que es transportado en la zona litoral. Si el viento actúa en la dirección de la corriente litoral, se incrementará la magnitud de la corriente resultante (King, 1953).

4.1.2.5 Cambios del Nivel del Mar

El período de ocurrencia de cambios en la playa es muy similar al período del nivel del mar, demostrando así que la geomorfología de la playa está relacionada con los cambios del nivel del mar (Komar y Enfield, 1987).

Si se piensa en la estrechez de la playa comparada con el área del mar que ha de ser alimentada por la erosión de la playa, a fin de equilibrar la subida del nivel del mar con un aumento equivalente de los depósitos de material de fondo, se comprende que una subida media de 3 mm por año puede causar regresiones en la línea de costa de 0,60 a 1,50 m. Una regla empírica es que la costa retrocede 1 pie por milímetro de subida del nivel del mar.

41.3 Corriente Litoral

Las corrientes litorales han sido reconocidas como el principal agente formador de playas. Las corrientes litorales fluyen paralelas a la playa y están restringidas principalmente en la zona de rompientes (**surf**), es decir entre la rompiente más lejana y la línea de playa.

En esta zona **se** desarrollan dos sistemas de corrientes inducidos por las olas que llegan **a** la playa. Uno de ellos ocurre cuando las crestas de **las** olas llegan paralelas a la **línea de** playa y se manifiesta en forma de celdas de **circulación** con corrientes de resaca que se dirigen mar adentro.

El segundo y más común sistema de corrientes litorales ocurre cuando las olas rompen formando un ángulo agudo considerable con la playa (mayor que 5 grados) produciendo una corriente relativamente continua y paralela a **lo** largo **de** la playa (Komar, 1969), dirigida hacia la abertura **de** dicho ángulo.

4.1.3.1 Velocidad de la **Corriente** Litoral

La magnitud de la velocidad de estas corrientes varia a través de la zona de rompiente. Aunque hay varias teorías, **en** general la velocidad **se** incrementa con la distancia desde la línea de playa hasta llegar a un máximo en la posición central, para luego decrecer rápidamente hacia fuera de la zona de rompiente.

Son numerosos los investigadores que han intentado llegar a una formulación matemática para encontrar la velocidad de la corriente litoral; Ottmann en su libro "Introducción a la Geología Marina y Litoral" (1967) pone a **consideración** la fórmula de Puttman, Munk y Traylor (1949), válida para playas **rectilíneas**, como es el **caso** de la playa del área de estudio:

$$V = K3 \sqrt{g \frac{h}{T} m \times \text{sen}^2 a}$$

donde V es la velocidad, h la altura de las rompientes, T el período de las **olas**, g la aceleración de la gravedad, m la pendiente media de la playa, a el ángulo de **incidencia** y K una constante igual a **2,58**.

4.1.4 Transporte Litoral

Transporte litoral es el movimiento de material **sedimentario** en la zona litoral debido a la acción de olas y corrientes (Shore Protection Manual, CERC, 1984).

El transporte litoral está **clasificado** en: Transporte hacia mar adentro (**onshore-offshore** transport) con una dirección neta promedio perpendicular a la playa; y el Transporte Litoral propiamente dicho (**longshore** transport) con una **dirección** neta paralela a la playa.

En estudios **costeros** y trabajos de ingeniería efectuados, lo más práctico ha sido establecer la razón del transporte paralelo a la costa, pues la complejidad **en** cada uno de **los** procesos se reduce mediante consideraciones simples al usar la teoría de pequeña amplitud de olas, la que es aplicada al cálculo del transporte a lo largo de la línea de Costa (Vera 2000).

Aunque las razones de transporte a **lo** largo de la costa son generalmente dadas como volumen de sedimento anual, **se** debe de recordar que la razón instantánea **local** puede ser

extremadamente variable, excediendo la razón promedio anual en presencia de fuertes oleajes y cayendo a cero durante muy bajos oleajes; además la razón de transporte anual puede variar debido a fluctuaciones en el oleaje, modificaciones en estructuras costeras y variaciones en el volumen de sedimento de una fuente principal, por ejemplo: el aporte de un río en época lluviosa (Piedra 1990).

4.1.5 Balance de Sedimentos

Si se considera un tramo de costa, el balance de sedimentos considera la totalidad del sedimento removido, transportado o depositado en la zona.

Los elementos que intervienen en el estudio de balance de sedimentos son:

- a) **Fuente.**- es todo proceso que incrementa la cantidad de arena en el volumen controlado.
- b) **Dren** o **Sumidero.**- es el proceso que produce disminución en el volumen de sedimento.

Para establecer pérdidas o ganancias de sedimentos en un lugar determinado se realiza la diferencia entre el sedimento que entra (fuente) y el que sale (sumidero o dren).

4.2 Cálculo del Transporte Litoral

Son algunos los autores que han planteado métodos y fórmulas para estimar el transporte litoral. Para el presente estudio se van a utilizar los métodos de Galvin (1972), que hace un cálculo del transporte bruto de sedimentos y proporciona un valor máximo de transporte basándose únicamente en la altura de olas en la rompiente y el método mejorado de Komar (1976), con base en ecuaciones de Bagnold y desarrolladas en su modelo energético del transporte de arena en las playas.

Para obtener los valores de velocidad de corriente litoral se aplicó la fórmula de Puttman descrita en el subcapítulo 4.1.3.1, y los valores obtenidos se muestran en la Tabla X. Sin embargo al comparar los valores obtenidos teóricamente se observó que eran muy superiores a los medidos en el campo, lo que probablemente indica que la fórmula es aplicable sólo para mar abierto, condición que no cumple el área de estudio, ya que está totalmente dentro de una zona estuarina.

Tabla X
Velocidades de Corriente Litoral

Estación	Velocidad (m/s)
E1	0,21
E2	0,28
E3	0,75
E4	0,87

Por lo tanto la velocidad de corriente litoral y las alturas de las olas usadas en los cálculos son el promedio de las mediciones de las cuatro estaciones establecidas en el área de estudio, y no se ha considerado la dirección neta de las corrientes litorales, por lo que los resultados representan el valor del transporte bruto.

Método de Galvin:

$$Q_g = 16,5 H_b^2 \times 10^5$$

Donde:

Q_g es el Transporte Litoral Bruto expresado en metros cúbicos sobre año.

Método de Komar

$$Q_s = \frac{I_s}{((\rho_s - \rho)ga^\gamma)}$$

$$I_s = \frac{K'(EC_b V_l)}{U_m \cos \alpha_b}$$

$$E_b = \left(\frac{1}{8}\right) \rho g H_b^2$$

$$C_b = \sqrt{gh_b}$$

$$U_m = \left(\frac{2 * E_b}{\rho h_b}\right)^{1/2}$$

Donde:

Q_s es el transporte litoral (m^3/s)

I_s es la razón de transporte del peso sumergido (N/s)

E_b es la energía del oleaje en la rompiente

C_b es la velocidad del grupo de olas en la rompiente

V_l es la velocidad promedio de corriente litoral medida en el campo

U_m es la máxima velocidad orbital en la rompiente

H_b es la altura de la ola en la rompiente

ρ es la densidad del agua de mar : 1025 Kg/m^3

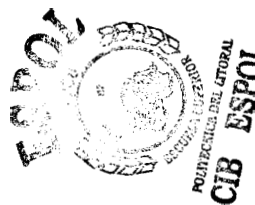
ρ_s es la densidad del sedimento : 2650 Kg/m^3

γ es el índice de rompiente : 0,8 adimensional

h_b es la profundidad en la rompiente : 0,4 m

g es la aceleración de la gravedad : 9,8 m/s^2

K' es el coeficiente adimensional de Komar : 0,28



La tabla XI presenta los valores obtenidos por las fórmulas de Komar y de Gaivin.

Tabla XI
Resultados del Transporte Litoral

Método	Transporte Litoral (m³/año)
Komar	39296
Galvin	66000

Sin embargo hay que tomar en cuenta que existen fuertes variaciones en el transporte litoral en una playa, pudiendo producirse durante las tormentas que el transporte sea mucho más significativo en comparación con el resto del año. Estas tormentas se presentan a lo largo del año sin periodicidad con olas rompientes que superan alturas de 1.5 m, ocasionando un mayor impacto cuando coinciden con las máximas mareas.

4.21 Transporte Litoral Neto

El transporte litoral neto se define como la diferencia entre las cantidades de deriva litoral transportadas hacia un lado u otro de la playa, en el caso de este estudio hacia el Norte y hacia el Sur, pasando por un punto de la playa en un determinado periodo de tiempo.

El transporte litoral está **directamente** relacionado a la velocidad de la **corriente** litoral.

La playa estudiada es una playa de estuario, es decir, que la corriente litoral está **influenciada** directamente por la marea.

Por eso cuando la marea sube la corriente litoral va hacia el Norte, y cuando la marea baja la corriente litoral va hacia el Sur.

La velocidad media de comente litoral medida en el campo es dos **veces** mayor hacia el Norte que hacia el Sur (Tabla VI. Velocidad y Dirección de la Comente Litoral) se concluye, **por** lo tanto, que el transporte neto hacia el Norte es **2/3** del transporte bruto, y el transporte neto hacia el Sur **1/3**. (Ver Tabla Xii).

Tabla XII
Transporte Litoral Neto

Dirección	Transporte (m³/año)	
	Método de Galvin	Método de Komar

4.3 Estudio Multitemporal

El estudio multitemporal consiste en tomar información de varios años para compararla, y a partir de ese análisis determinar el comportamiento de los elementos estudiados y a partir de ellos poder indicar lo que podría ocurrir en el futuro.

Para el caso de la presente tesis se desea estudiar la variación que ha sufrido en el tiempo la línea de costa en el área de estudio.

43.1 Las Flechas Litorales

Las flechas litorales son un tipo de variación costera que resulta de la acción de las corrientes de deriva litoral. Están por consiguiente, vinculadas a la oblicuidad de la ola; no se encuentran flechas cuando el oleaje es perpendicular a la playa (Ottmann, 1967).

Cuando las olas y la deriva lateral que las acompaña se aproximan a una punta o a un bajo fondo, ambas pierden energía y abandonan sus sedimentos. El fenómeno se hace más acentuado con la disminución de la profundidad. Los sedimentos depositados provocarán la refracción de la ola y

su rotación alrededor de la parte terminal llamada "morro". La flecha adquiere, entonces, un aspecto curvado en gancho.

Si hay poca agua, la ola rompe paralelamente al litoral, con lo que favorece al alargamiento de la flecha y la formación de bancos en su prolongación.

Los ganchos formados por las arenas que acompañan a la rotación de la ola llegan, por acción de la corriente fluvial, a cerrarse sobre sí mismos, configurando así pequeñas lagunas, rápidamente invadidas por los manglares.

En los estuarios, a lo largo de las costas bajas, la punta puede tener muchos kilómetros de largo y mantenerse en continuo crecimiento año tras año.

La progresión de las flechas no es, empero, indefinida. Con frecuencia las olas oblicuas que impelen los sedimentos pueden erosionar el comienzo del cordón que han construido. Luego de una violenta tempestad puede recortar, por ejemplo, el cordón en su comienzo, en las

zonas donde es más estrecho y menos alto. Al poco tiempo nacerá otro cordón más hacia el mar y el fenómeno tenderá a repetirse.

4.3.2 **Uso de la Teledetección**

La **Teledetección** es la tecnología relacionada con la adquisición de datos espaciales **analógicos** y digitales para la observación y el estudio de **procesos** naturales y artificiales en el ambiente terrestre, **oceánico** y atmosférico. Sin embargo la Teledetección no **se** limita a la “**adquisición de datos**”, sino que corresponde a una segunda fase de procesamiento y una tercera que desemboca sobre la **confección** de documentos utilizables por **los** usuarios.

Entre **los** tipos de tratamiento que **se** da a las imágenes satélites o fotografías aéreas, **se** encuentra la corrección **geométrica** que consiste en “**deformar**” una imagen para ajustarla a una nueva geometría de referencia (**georeferenciación**) que puede ser otra imagen o un mapa **topográfico**, **lo** que permitirá para el caso de este estudio tener fotografías aéreas de varios **años** en **el** mismo sistema

de coordenadas para así poderlas comparar y determinar la variabilidad existente entre ellas.

La corrección geométrica de una imagen necesita una secuencia de tratamientos:

- Establecimientos de puntos de control (**Ground Control Points**).
- Cálculo de un modelo de deformación.
- Cálculo de la intensidad de la imagen deformada o interpolación que permite la transferencia de los niveles digitales originales a la posición corregida.

4.3.3 Análisis de Fotografías Aéreas

Metodología

Se utilizaron fotografías aéreas de los años 1961, 1969, 1977 y 1986 a escala 1:60000, y el perfil costero levantado con INOCAR en julio de 2001 (Ver subcapítulo 3.3.3) .

Las fotografías aéreas fueron georeferenciadas al Sistema de Coordenadas UTM con datum SAD 56. Para ello se

utilizó el módulo **Image Analysis** del programa **Arc View**. Se tomaron puntos de control (Ground Control Points) utilizando los mapas generados por Komex International para el Estudio de Impacto Ambiental del trazado del Gasoducto que pasará por Bajo Alto.

Se tomaron como mínimo cuatro puntos de control por fotografía, obteniendo un error medio cuadrático (RMS) máximo de 5 m.

El orden de **georeferenciación** fue de adelante hacia atrás, es decir se corrigieron primero las fotografías del año 1986 y al final las de 1961, puesto que fue más sencillo identificar rasgos actuales y la manera cómo estos iban "desapareciendo".

Se realizaron mediciones para determinar la erosión o **acreción** de la playa entre los diferentes años de las fotografías, para lo cual se utilizó el programa **ArcView**. Las mediciones se realizaron cada kilómetro haciéndolas

coincidir con cada "latitud"¹ a una escala de 1:10000. Las dimensiones están en metros y se representó la erosión con valores negativos.

Análisis **1961 – 1969**

La fotografía aérea es de 1969, las líneas azul continua y verde punteada representan respectivamente la línea costera y la zona de manglar del año 1961, obtenida a partir de la fotografía aérea de ese año (Fig. 4.1).

Se puede observar que en el año 1961 están presentes dos flechas litorales. La flecha 1 es la que se encuentra formando lo que actualmente se conoce como La Puntilla, se puede considerar como su punto de inicio la "latitud" 9659000. La flecha 2 se observa hacia el Oeste de la primera con su origen en la población de Bajo Alto.

La Puntilla (flecha 1) en el año 1961 tiene una longitud de 2400 m. En los últimos 600 m del extremo Norte se puede

¹ Igual que en el Capítulo III, el término "latitud" se utiliza para referirse a la coordenada Y de la proyección UTM.

observar una barra de arena, mientras que **los 1800 m del inicio están** colonizados por el manglar.

La flecha (Bajo Alto) tiene en **el año 1961** una **extensión de 1580 m**, y está **formada sólo de arena**.

Para el **año 1969** en **la flecha 1** **se** nota una erosión de **750 m**, quedando un islote de **400 m** de longitud en **el** sentido Norte.

La flecha 2 para **el año 1969** **crece** hasta obtener una longitud de **2200 m**, **produciéndose** además un punto de rotura o erosión a **1000 m** al Norte de Bajo Alto, exactamente donde era **más** delgada **en el año 1961** (Fig. 4.1).

En la tabla **XIII** **se puede** observar la variación de la línea de costa en dirección **E-O**, entre los **años 1961 y 1969**, **obteniéndose** un **promedio** de variación de **54.85 m**, con una máxima erosión de **251.41 m**, y una máxima **depositación** de **201.08 m**.

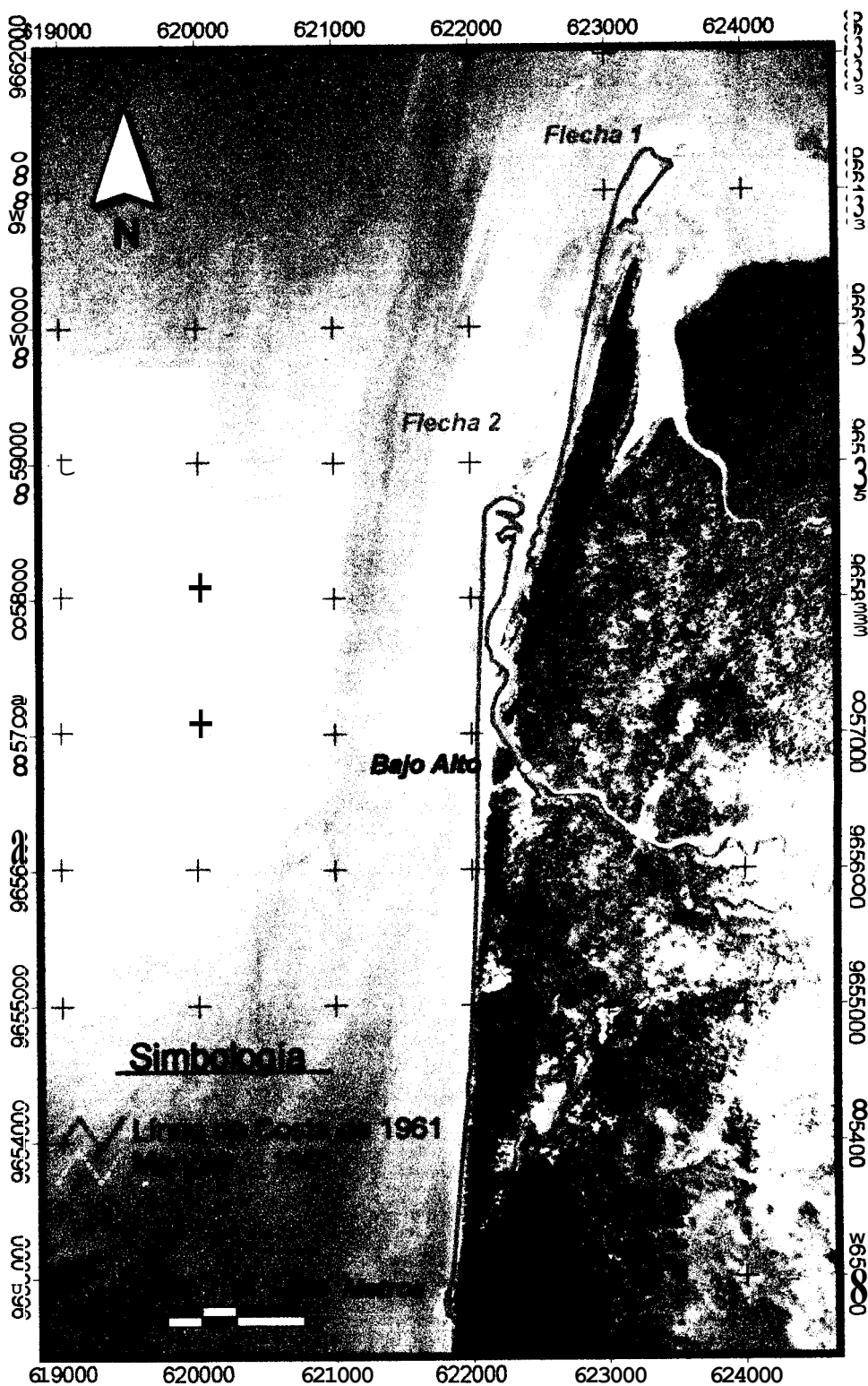


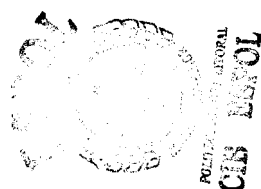
FIGURA 4.1.-- Variabilidad Costera 1961-1969. Foto aérea de 1969 y en trazo azul y continuo la línea de costa 1961

Tabla XIII
Erosión – Acreción de la Línea Costanera entre 1961-1969

Y (Latitudes)	Variación Distancias (m)	Observaciones
9653000	-34,5	
9654000	-34,4	
9655000	0	Zona estable
9656000	-52,92	
9657000	-55,81	Inicio de Flecha 2 (Bajo Alto)
9658000	-87,35	Flecha 2
9659000	201,08	Crecimiento de Flecha 2
9660000	-178,37	
9661000	-251,41	Erosión Flecha 1 (Puntilla)
Promedio	-54,85	
Máxima Erosión	-251,41	Erosión Flecha 1 Puntilla
Máxima Depositación	201,08	Crecimiento de Flecha 2

Tabla XIV
Erosión – Acreción de la Línea Costanera entre 1969-1977

	Variación	Observaciones
9653000	-58,45	
9654000	-60,85	
9655000	-95,25	
9656000	-66,15	
9657000	-53,56	Inicio de Flecha 2 (Bajo Alto)
9658000	-92,6	
9659000	-330,74	Se pierde Flecha 2
9660000	171,98	
9661000	267,23	Ancho de Flecha 1 (Puntilla) 1977
Promedio	-35,38	
Máxima Erosión	-330,74	Se pierde flecha 2 del 69
Máxima Depositación	267,23	Ancho de Flecha 1 (Puntilla)



Análisis 1969–1977

En la fotografía del año 1977 se observa claramente la erosión de la flecha 2. Se observa también un crecimiento de la flecha 1 (Puntilla) hacia el Norte, produciéndose de esta manera una restauración de la Puntilla observada en la fotografía de 1961. Su crecimiento entre los años 1969 y 1977 es de 950 m (Fig. 4.2).

En el lugar de sedimentación se aprecian unos garfios, uno a continuación del otro, girando hacia la costa, indicando una rotación de la ola que produce un ambiente de sedimentación de poca energía proporcionando un ambiente propicio para el crecimiento de manglares.

En la desembocadura del Río Pagua, se pueden apreciar los extensos llanos lodosos de marea (mud flats) formación de un pequeño delta que sirven de "bajo" y favorecen la sedimentación de la flecha 1.

Hacia el Sur de Bajo Alto se aprecia una erosión de 50 m promedio, medidos a escala 1:10000.

En el extremo Sur de la fotografía (1977) se puede ver la presencia de sedimentos en suspensión producto de la formación del delta del Río Jubones, que desde mayo de 1970 tomó el curso de un canal artificial llegando a su actual desembocadura (ver Capítulo 11: Historia de Cursos del Río Jubones).

En forma general, se nota la intervención antrópica con la presencia de las primeras camaroneras en la zona mareal.

La tabla XIV muestra la medida de los cambios, erosión y sedimentación en sentido E-O, producidos entre 1969 y 1977, y se puede observar que la máxima erosión es la "pérdida" de la flecha litoral, y la máxima sedimentación es su depositación. La erosión medida frente a Bajo Alto es de 53.56 m.

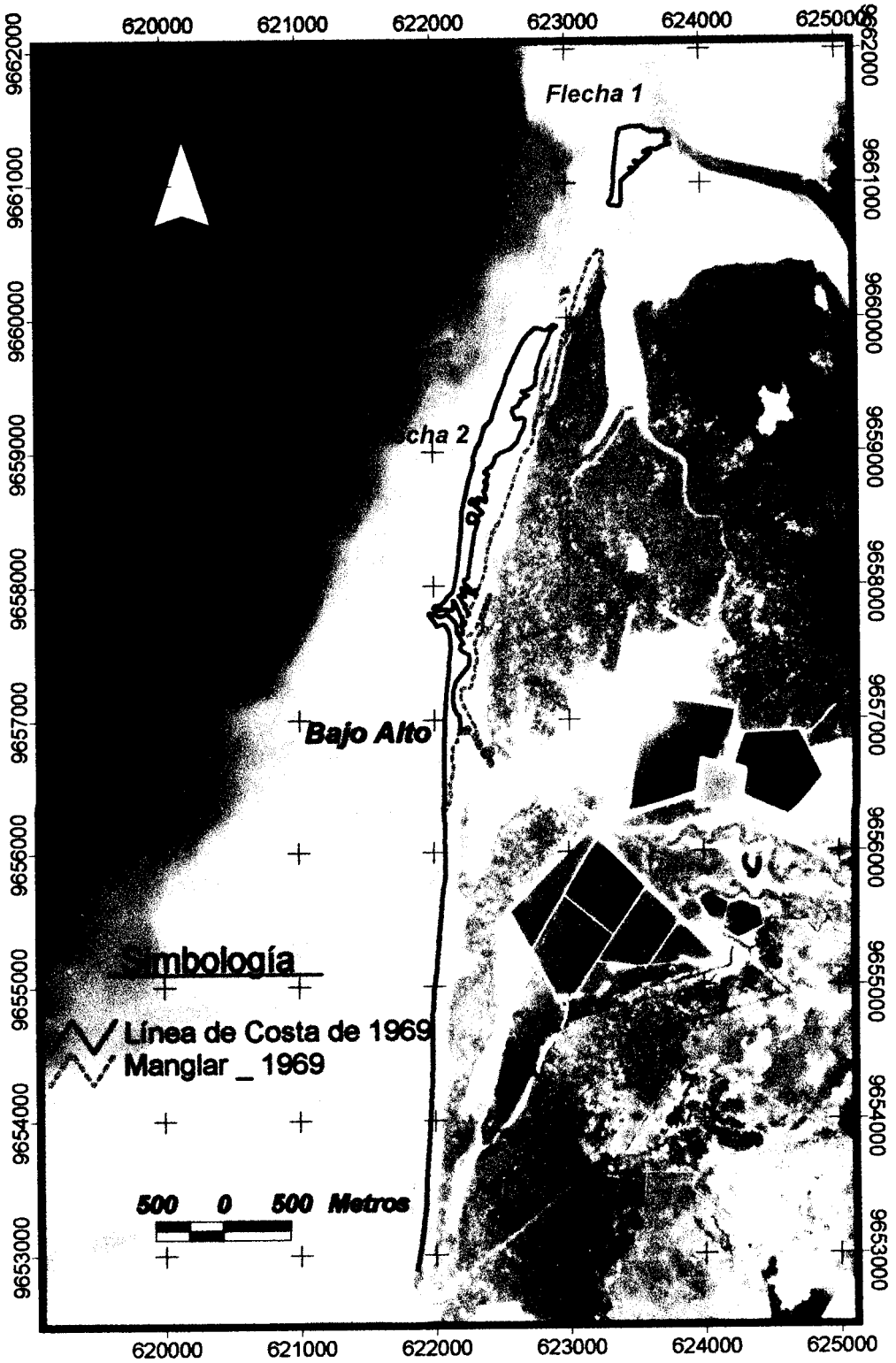


FIGURA 4.2.- Variabilidad Costera 1969-1977. Foto aérea de 1977 y en trazo azul y continuo la línea de costa de 1969.

Análisis 1977 – 1986

En la fotografía de 1986 se denota el crecimiento de **la** Puntilla (flecha 1) en 920 m, con respecto a la de 1977, y su “colonización” con **la** ubicación de camarонерas (Fig. 4.3).

Se puede observar, en esta fotografía, la formación de una nueva flecha 2 con origen en Bajo Alto, con dimensiones y características morfológicas similares a la flecha 2 de la fotografía del año 1961.

Los llanos de marea de la desembocadura del río Pagua en la fotografía de 1986 aparecen sumergidos, seguramente la fotografía fue tomada en pleamar. Pero sí se aprecia con claridad la formación de un islote de 1.81 Ha., a **la** altura de la latitud 9660500 donde posteriormente *será la* “Isla Lupis” conocida también como isla de **las** Aves.

En el extremo Sur de la fotografía se aprecia un sector del delta del Jubones, y la migración de la línea costanera hacia el Este, llegando a los límites de las camarонерas, que para esa época ya habían reemplazado gran parte de **las** áreas de manglares.

En la tabla **XV** se muestran **las** dimensiones de erosión – sedimentación para el período 1977 – 1986, en donde se puede apreciar un promedio positivo, indicando mayor sedimentación que erosión gracias a la formación de la nueva flecha 2 de Bajo Alto.

Análisis 1986 – 2001

Como ya se manifestó en la parte metodológica, para el presente análisis se utilizó la línea costera levantada con **INOCAR** en julio del 2001, aunque en la figura "Variabilidad Costera 1986 – 2001" aparece de base la imagen radar de 1998 (Fig. 4.4).

Se observa el crecimiento de la Puntilla, **con** respecto a 1986, en 625 m, y el aumento de **la** extensión de **la** Isla Lupis a 9.5 Ha.

Se puede apreciar en **la** línea de costa del 2001, frente a Bajo Alto, en **la** latitud 9657000 **el** inicio de una nueva flecha 2, que posiblemente dentro 10 años tendrá **las** mismas características de **las** flechas de los años 1961 y 1986.

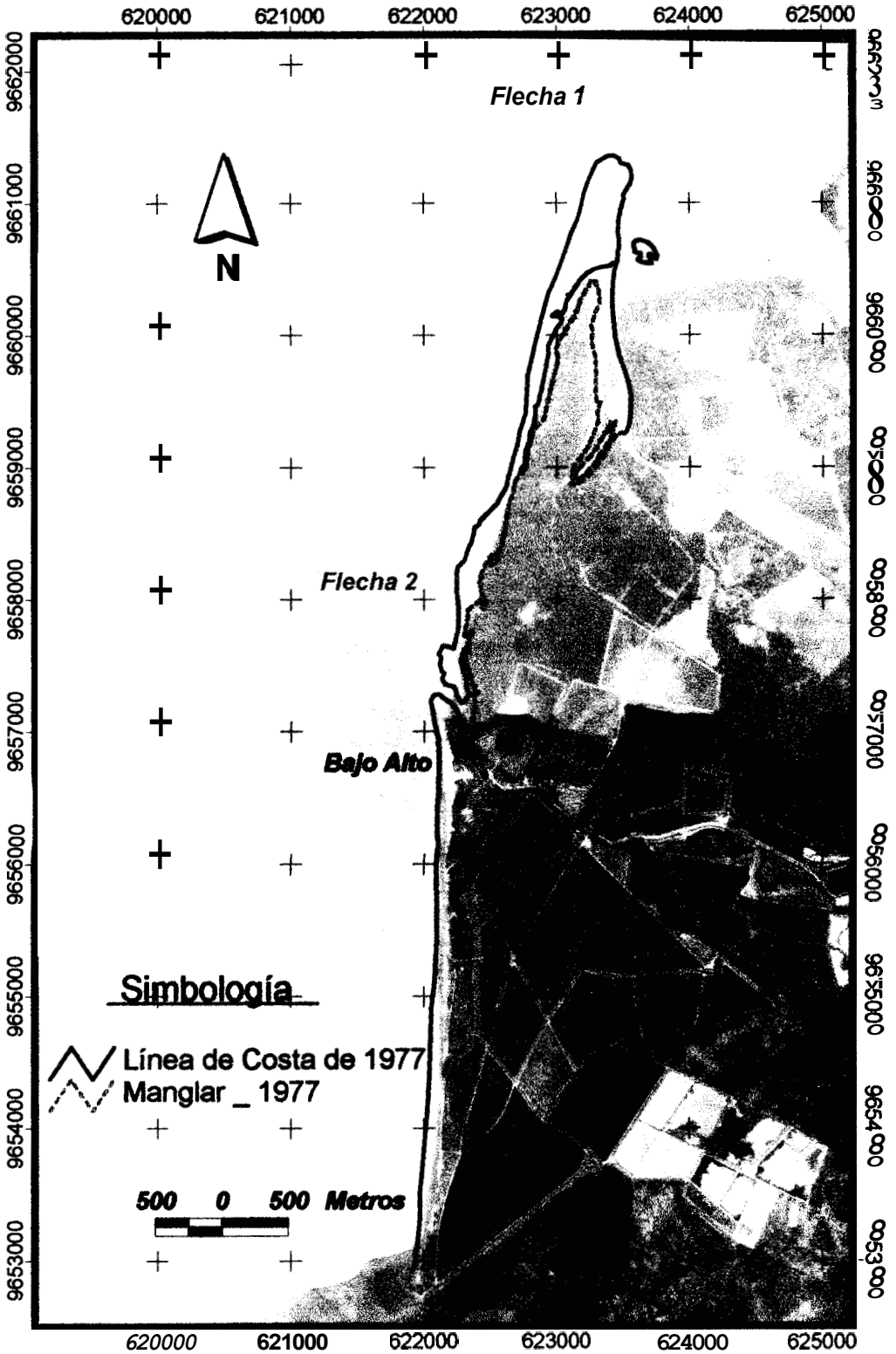


FIGURA 4.3.- Variabilidad Costera 1977-1986. Fotografía aérea de 1986 y en trazo azul y continuo la línea de costa de 1977.

Tabla XV
Erosión – Acreción de la Línea Costanera 1977-1986

Y (Latitudes)	Variación Distancias (m)	Observaciones
9653000	0	
9654000	-66,2	
9655000	-34,4	
9656000	-29,1	
9657000	16,73	Flecha 2 (Bajo Atto)
9658000	203,73	Crecimiento de Flecha 2
9659000	-63,5	
9660000	-105,83	
9661000	84,67	Intersección de Flecha 1 (1977-1986)
9662000	209,02	Ancho de Flecha 1
Promedio	21.51	
Máxima Erosión	-105,83	
Máxima Depositación	209,02	Distancia entre límites E-O de Flecha 1

Tabla XVI
Erosión – Acreción de la Línea Costanera 1986-2001

Y (Latitudes)	Variación Distancias (m)	Observaciones
9653000	-169,33	
9654000	-206,38	
9655000	-312,21	
9656000	-269,89	
9657000	-100,54	Intersección de flechas 2 (Frente a Bajo Alto)
9658000	-460,38	Se pierde flecha 2 de 1988
9659000	-74,08	
9660000	-14,25	
9661000	-13,49	
9662000	89,96	Ancho de Flecha 1 (Puntilla)
Promedio	-153,059	
Máxima Erosión	-460,38	Se pierde flecha 2 1986
Máxima Depositación	89,96	Distancia entre limites de Puntilla

La erosión que se produce entre 1986 y 2001 es bastante considerable. Se produce la erosión de la flecha 2 de 1986 y de una franja al Sur de Bajo Alto donde se encuentran gran cantidad de camarónicas. La erosión en el sector Sur tiene un mínimo de 169.33 m en la "latitud" 9653000, y un máximo de 312.21 m en la "latitud" 9655000.

En la tabla XVI se muestran los resultados de las mediciones de la variabilidad costera, donde se observa que ha predominado la erosión sobre la sedimentación.

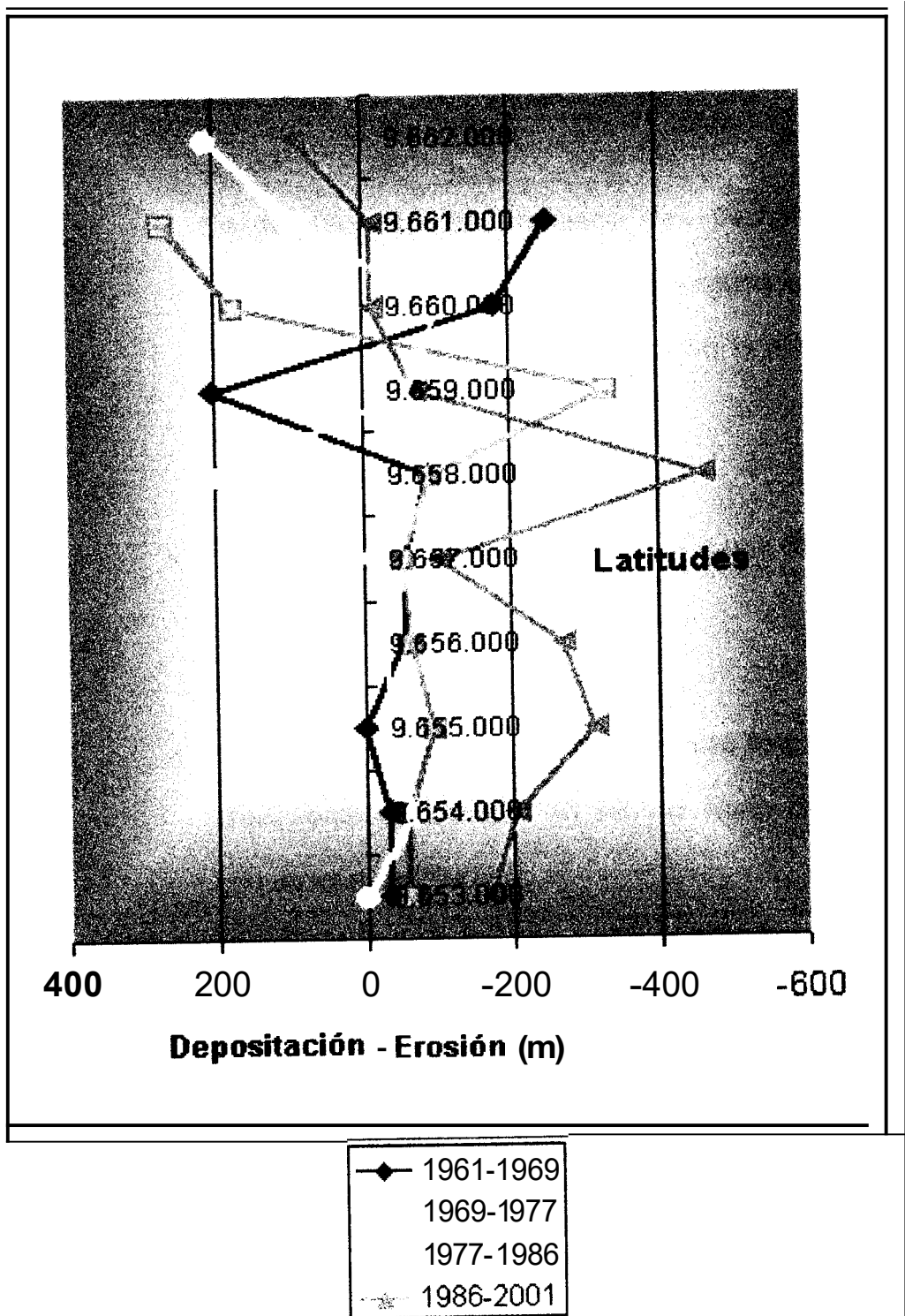


FIGURA 4.4.- Variabilidad Costera 1986-2001.

Se usa la imagen radar 1998 para localizar la línea de costa levantada por el autor (trazo de puntos). Entrazo azul y continuo la línea de costa 1986.

Analizando el cuadro comparativo de variabilidad costera (Cuadro 4.1) se determina que:

- a) El sector entre las latitudes 9653000 y 9657000 es sólo de erosión, dándose el máximo en el período 1986-2001.
- b) En la latitud 9658000, se da un valor alto de depositación en el período 1977-1986 y el máximo valor de erosión en el período 1986-2001.
- c) En la región ubicada entre las latitudes 9659000 hasta 9662000 se produce una dinámica bastante intensa con depositaciones y erosiones continuas.
- d) Frente a Bajo Alto se ha dado un total de erosión entre 1961 – 2001 de 226 m.



Cuadro 4.1 Cuadro Comparativo de Variabilidad Costera

Luego del análisis de **las** fotografías aéreas se puede concluir que:

- Desde 1961 se han formado tres flechas, dos ya erosionadas y una en formación, **denominadas flecha 2**, que han tenido como punto de origen la población de **Bajo Alto**.
- **La flecha 2** ha sido efímera y ha tenido una **ciclicidad de formación de 25 años**.
- **La Puntilla (Flecha 1)** es una flecha más estable, con un crecimiento permanente en sentido Norte desde 1969 *con un total de* 2500 m.

Es de consideración que entre los años 1969 y 1986 (17 años) el crecimiento de La Puntilla es de 1870 m, mientras que entre los años 1986 y 2001 (15 años), es de 630 m. Esta **observación** indica que la Puntilla **creció el triple entre los primeros 17 años (1969-1986) que entre los últimos 15 años (1986-2001)**.

Esta variación en la cantidad de crecimiento de La Puntilla se debe básicamente a dos factores:

1. **La presencia de los fenómenos de El Niño:** Se presentan por tres ocasiones para los primeros 17 años; 1976-1977 registrado como moderado y los de 1972-1973 y 1982-1983 registrados como fuertes y muy fuertes respectivamente (Quinn, 1986).

Para los últimos 15 años (1986-2001) se tienen registrados también tres fenómenos de El Niño, los de 1987, 1992 considerados como moderados y el 1997-1998 considerado como muy fuerte.

Por comunicación personal de los pobladores de Bajo Alto, se conoce que el fenómeno de El Niño de 1997-1998 fue destructivo para la zona de estudio pues fue el causante de la migración de gran parte de la comunidad de Bajo Alto hacia el Nuevo Bajo Alto. Las demás ocasiones de destrucción de la playa de Bajo Alto no han coincidido con fenómenos de El Niño, según los mismos

pobladores. Por lo que podría considerarse este evento de El Niño como favorable para la erosión.

2. La formación del gran delta del Jubones: El Jubones migró a su desembocadura actual en 1970; pero es a partir de la fotografía de 1986 que se observa el gran crecimiento de su actual delta.

El gran crecimiento del delta del Jubones, que se sigue dando hasta la actualidad, está funcionando como una barrera natural para los sedimentos, tal como lo haría un espigón o un muro de gaviones.

CAPCTULO V

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Área Fuente

La mineralogía y los fragmentos de roca son los principales indicativos de la litología y marco tectónico del área fuente de sedimentos.

Como se puede apreciar en la Tabla VIII los minerales predominantes son: el cuarzo monocristalino, las plagioclasas *macladas y zonadas*, los *feldespatos alcalinos y minerales opacos*; **hallándose como minerales accesorios: piroxenos, moscovita, biotita, clorita, anfíboles y en muy rara ocasión granate y epidota.**

Los fragmentos de rocas tienen características variadas. Se encontraron fragmentos de tobas, **granodioritas** y rocas básicas.

La presencia de las plagioclasas, clinopiroxenos y cuarzo monocristalino, como la ~~de~~ fragmentos de roca ácida y básica indican una procedencia de rocas volcanoclásticas y rocas ígneas volcánicas.

La presencia de **los** piroxenos y **plagioclasas** sugiere un área fuente muy proximal de donde **los** sedimentos fueron trasladados **rápidamente** a su sitio de depósito actual, **lo** que no permitió que actúen **eficazmente los procesos hipergénicos**. También indican que el área fuente **se** encuentra ubicada en una zona donde no hay lugar la **meteorización**, o si **la** hay es mínima, es decir en sectores de clima **frío** o **árido**.

Las principales fuentes de sedimentos en el área de estudio son el estuario del Guayas y el río Jubones.

El estuario ~~del~~ Guayas aporta **los** sedimentos finos de la zona de **Prodelta** descritos por Benítez (1975).

El río Jubones **se** inicia en la zona Austral de la Cordillera Occidental de los Andes del Ecuador y atraviesa formaciones **volcanoclásticas** compuestas de lavas andesíticas a riolíticas como

son los Volcánicos Saraguros y Pisayambo, así como algunas formaciones **metamórficas** como son la unidad La Delicia y la unidad La Victoria.

Por los tipos de minerales encontrados en las láminas el área fuente de los sedimentos de la playa de Bajo Alto serían principalmente los volcánicos Saraguros y Pisayambo, que son transportados por el Río Jubones hasta su desembocadura y luego llevados hasta el área de estudio gracias a la deriva litoral.

Para determinar la ubicación **tectónica** del área fuente se utilizó el triángulo de Dickinson (1979) (Ver Anexo **G**), que utiliza **los** porcentajes de cuarzos, feldespatos y fragmentos líticos presentes en las muestras.

Todas las muestras, se ubicaron en el sector de ‘arco no disectado’, que según Dickinson (1979) son sectores localizados en zonas de convergencia de placas, donde los sedimentos son erosionados principalmente de arcos volcánicos. Lo cual corresponde con la conclusión anterior de que el área fuente son formaciones de la Cordillera Occidental (Volcánicos Saraguro y Volcánicos Pisayambo)

6.2 Dinámica Litoral

6.2.1 Consideraciones Previas

Como ya se definió la **dinámica** litoral es el conjunto de procesos **costeros** que controlan de manera particular la variación (erosión y **acreción**) de un **determinado** sector de línea costera.

En el área de estudio la dinámica litoral es bastante **activa** y está controlada por la forma en que **interactúan** diferentes factores, que son:

- **El estuario del Guayas.**- El área de estudio **se** encuentra ubicada al **SE** del canal de Jambeli. Es un sector controlado totalmente por mareas; se sabe que cuando es pleamar la corriente en el **canal** de **Jambelí** va hacia el Norte y **cuando** es bajamar va hacia **el** Sur. Su influencia es tan **fuerte** que llega a controlar la **corriente** litoral, cuando son las olas las que deberían tener la **influencia** directa en ambiente netamente marino; por eso **se** considera a la playa de Bajo Alto como una playa de estuario.

- El delta del río Jubones.- Gran parte de la planicie costera de la provincia de El Oro ha estado influenciada por el río Jubones, debido a la cantidad de sedimentos que ha aportado, y cómo los ha “distribuido” a lo largo de su historia de cambio de cauces.

En cada sitio donde ha desembocado el río Jubones ha formado grandes deltas de morfología lobular, los mismos que han tenido una influencia directa sobre el área de estudio por ser uno de los principales aportantes de sedimentos y, por haber desembocado a principios del siglo XX en Bajo Alto.

- Las olas.- El oleaje, en mar abierto, es el principal factor que determina la dinámica litoral de una playa.

En la costa ecuatoriana las olas provienen generalmente del SO; pero en época lluviosa se presentan olas remotas en las costas gracias a las tormentas del Pacífico Norte, casi siempre con efecto destructivo sobre la costa.

En el área de estudio, como en toda la costa ecuatoriana, el oleaje proviene generalmente del SO, pero su energía tanto

como su ángulo de llegada a la costa son modificados por las corrientes de mareas y por las continuas refracciones que sufre desde la boca del estuario hasta la línea de costa.

La energía de la ola es atenuada o amortiguada cuando la corriente de marea baja, y se acentúa o aumenta cuando la corriente de marea sube.

Las olas van sufriendo refracción a medida que se van acercando a la línea de costa, gracias a las diferentes morfologías aéreas y submarinas con que se encuentran en el canal de Jambelí como son la punta Sur de la Isla Puná, la punta Norte del archipiélago de Jambelí, los canales de marea, las barras de arena y el delta del Jubones.

Las olas remotas también se han presentado en el área de estudio causando destrucción, tal como lo han comunicado verbalmente (por tradición) los pobladores de Bajo Alto, y como lo manifiestan algunos registros impresos como son:

- Una 'Monografía Descriptiva del Cantón Machala' que dice: "Durante este año -1968- la furia del mar con un

fuerte oleaje arrebató a las villas y otros servicios que daban expansión y comodidad a los turistas, provocando el éxodo de **los** turistas que tenían sus villas para invemar..."; y

- La descripción de Sánchez (1978) en la página # 10 de su Tesis de Grado "Transporte Litoral en General Villamil (Playas)", en la que textualmente dice: "...**los** fuertes oleajes ocurridos el 12 de enero de 1978 en las playas ecuatorianas...en las que las olas venían con dirección no acostumbrada (290°) y con un período de 18 seg., viajando durante 120 horas ... alcanzaron a las playas ecuatorianas, produciendo **enormes** daños en lugares como Salinas, Manta, **Bajoalto** (Provincia de El Oro).."

- **Los fenómenos de El Niño.**- Se conoce como Fenómeno de El Niño el arribo a Sudamérica de aguas calientes que provienen desde Australia gracias al debilitamiento de los vientos alisios, que traen como consecuencia una alteración de **los parámetros** ambientales en general, y de forma particular de la meteorología y la oceanografía. Por estudios estadísticos se ha determinado que el Fenómeno de El Niño tiene una periodicidad aproximada de 4 años, y

que su intensidad depende de varios factores aún no determinados.

Los cambios ocasionados a los fenómenos de El Niño producen lluvias muy fuertes, que ocasionan, entre otras cosas, el aumento del caudal de **los** ríos y su capacidad de generación de sedimentos. Se producen fuertes tormentas que producen cambios en los **parámetros** del oleaje, teniendo generalmente un efecto devastador.

Se conoce por comunicación personal de los pobladores de Bajo Alto que el Único fenómeno de El Niño que ha tenido relación directa con una destrucción de la playa **bajoalteña** es el de 1997-1998, **año** en que se vieron obñigados a migrar desde el antiguo Bajo Alto hacia Nuevo Bajo Alto. Sin embargo **los** otros fenómenos de El Niño sí han influenciado indirectamente en la dinámica litoral del área de estudio, al causar el aumento de sedimentos transportados por los ríos.

6.2.2 Paleogeografía y Evolución de la Dinámica Litoral

Una de las principales herramientas utilizadas en este estudio para **determinar** la historia de la **dinámica** litoral fue

la fotografía aérea. La fotografía aérea más antigua que se obtuvo del sector fue la de 1961, por lo tanto todas las consideraciones sobre el período anterior a ese año son muy poco documentadas.

Cruz (1975) por medio de interpretación de fotografías aéreas generó un mapa de características morfológicas (Fig. 2.5). En el mapa se aprecia que a todo lo ancho de la zona mareal se presentan una serie de barras de acreción con dirección SO-NE. Esto lleva a la conclusión de que el acrecionamiento de la línea costera se dio, en los últimos siglos, por la formación continua de barras litorales. (ver Mapa Paleogeográfico 1. Fig. 5.1)

A principios del siglo XX el río Jubones tomó el curso de lo que actualmente es el pequeño estero que se encuentra junto al carretero que lleva a Bajo Alto.

Durante esos años cambió la dinámica litoral y la línea de costa se acrecionó gracias a los continuos aportes sedimentarios del río Jubones, formándose de esta manera una gran playa de morfología lobular (durante este tiempo

no hubo formación de barras litorales) , que luego tuvo gran atracción turística, en donde se construyeron villas y otros servicios que daban expansión y comodidad a sus visitantes. (Ver Mapa Paleogeográfico 2. Fig. 5.2)

El río Jubones desembocó en el poblado de Bajo Alto, posiblemente, hasta 1929, para luego migrar hacia el Sur y desembocar a 6 Km al Norte de Machala. A partir de ese momento se volvió a alterar la dinámica litoral iniciándose una etapa de continua erosión en donde las corrientes redistribuyeron el sedimento hasta formar, nuevamente, una costa lineal con la generación de barras y playas paralelas a la costa.

La dinámica litoral, entonces, comienza a trabajar como lo hizo antes de la desembocadura del Jubones en Bajo Alto, dando origen a la formación de flechas litorales. Son estas nuevas flechas litorales las que se pueden registrar con fotografías aéreas a partir de 1961 (ver Análisis Multitemporal, Capítulo IV).

A lo largo del análisis de las fotografías aéreas se observan dos flechas: la flecha 1 que es lo que actualmente

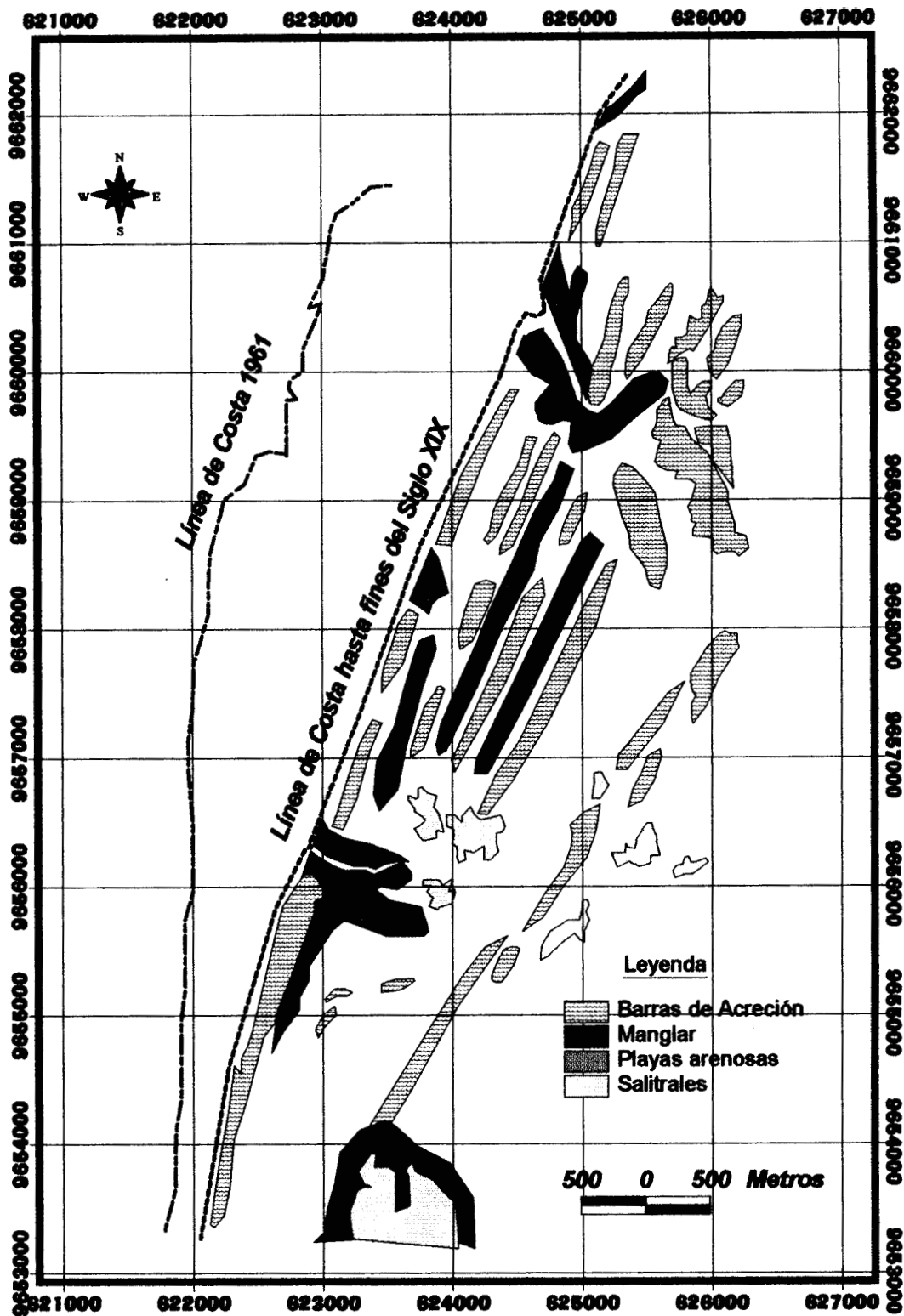


FIGURA 5.2.- Mapa Paleogeográfico 1

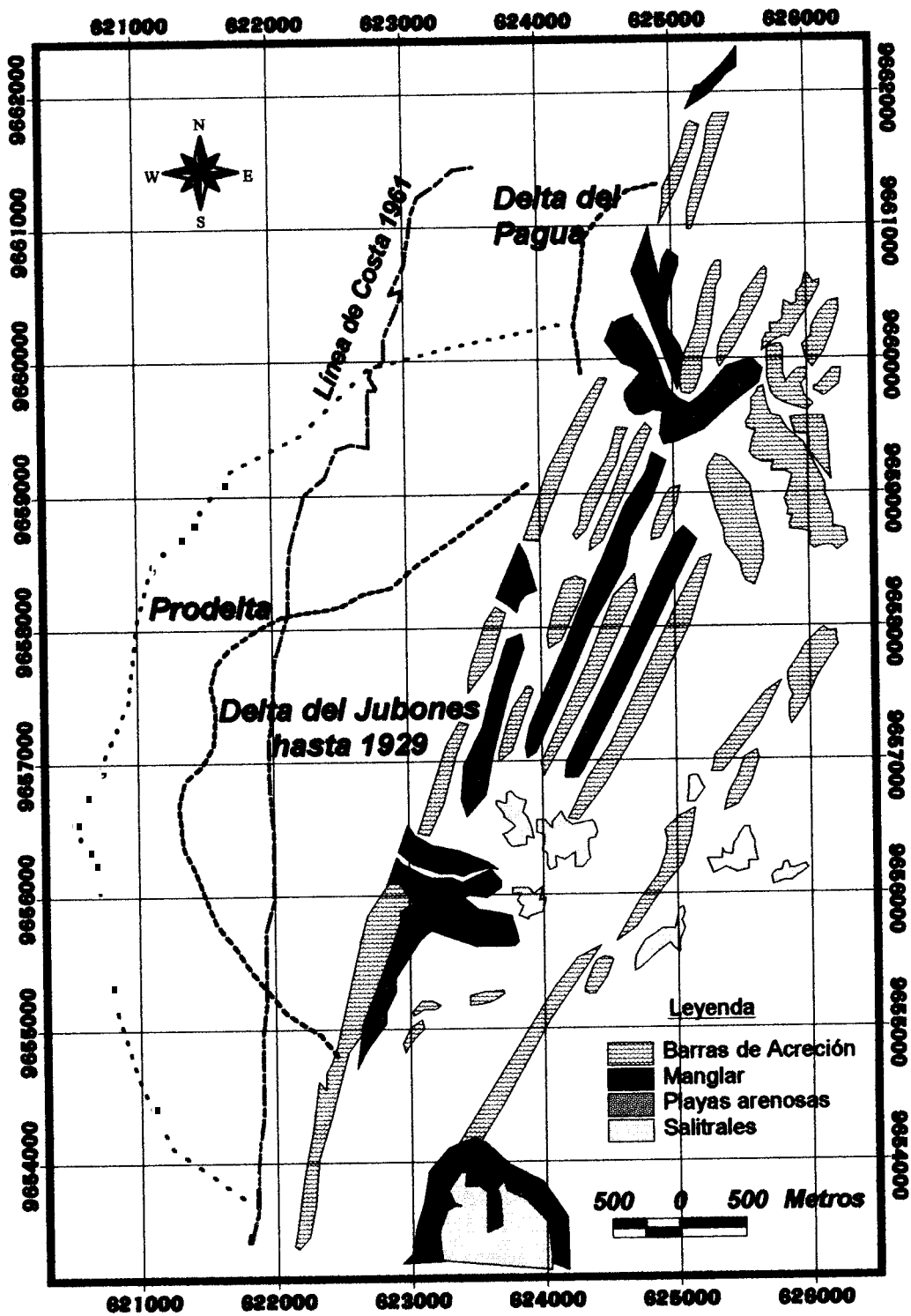


FIGURA 5.3.- Mapa Paleogeográfico 2

corresponde al sector de La Puntilla, y la flecha 2 con su punto de inicio en la población de Bajo Alto.

La flecha 1 parece ser un remanente de la erosión del delta del Jubones. Su longitud comienza a aumentar permanentemente desde de 1969 hasta la actualidad. La Puntilla crece en sentido Norte un total de 2500 m, de los cuales en los primeros 17 años (1969-1986) crece 1870 m y en los últimos 15 años (1986-2001) crece 630 m.

La flecha 2 es efímera, se le ha calculado un tiempo de formación-erosión de 25 años. Durante estos últimos años (1961-2001) se han determinado dos flechas 2 con su ciclo terminado, y una tercera flecha 2 con su ciclo en etapa inicial. Gran parte de los sedimentos erosionados de la flecha 2 han servido para alimentar o hacer crecer a la flecha 1.

En el análisis multitemporal llama mucho la atención la diferencia de crecimiento que tiene la Flecha 1 (La Puntilla) entre los años 1969-1986 y 1986-2001. Entre 1969 y 1986 crece el triple (1870 m) que entre 1986 y 2001 (630 m). Son

dos **los** factores considerados para esta diferencia de crecimiento: Los fenómenos de El Niño y el gran crecimiento del actual delta del río Jubones.

El fenómeno de El Niño pudo haber actuado de forma directa generando un oleaje favorable o no favorable para la sedimentación, y de forma indirecta con la generación mayor cantidad de sedimentos en las principales fuentes, el río Guayas y el río Jubones.

El gran delta del río Jubones, cuyo **prodelta** llega hasta un kilómetro al Sur de Bajo Alto (Ver Fig. 3.16, Morfología Submarina **del** área de estudio), estaría actuando como una barrera natural para los sedimentos que llegaban a la flecha 2. Adicionalmente la nueva morfología cambió el ángulo de incidencia de **las** olas, **así como su** altura en la rompiente, modificando por **lo** tanto la deriva litoral, en este **caso** provocando la disminución del transporte neto hacia el Norte establecido hasta antes de 1986.

La combinación de estos dos factores, de una u otra forma, son **los** que han provocado una disminución considerable

en el flujo de arenas hacia la Puntilla; además de la gran erosión que se ha producido al Sur de Bajo Alto, donde la línea de costa ha sufrido una regresión en sentido O-E con un mínimo de 170 m y un máximo de 312 m.

En el sector de la franja erosionada entre los años 1986 y 2001 fue donde se estableció la estación de campo # 2 (figura 3.1). Las olas observadas en ese lugar fueron casi nulas, la altura promedio en la rompiente fue de 0,10 m lo que llevaría a pensar que en ese sector la deriva litoral es mínima o nula. Sin embargo ante la falta de sedimentos que aímenten a este sector y a la presencia de las olas de temporal la erosión ha sido considerable. Y son los sedimentos erosionados de esta franja los que seguramente han provocado el crecimiento en 630 m de la flecha 1 (Puntilla) en los últimos 15 años, como también la formación de una tercera flecha 2 en Bajo Alto.

Con las consideraciones realizadas y salvando el caso de la intervención de algún factor no previsto, se podría concluir que la dinámica litoral provocará en la siguiente década:

- La erosión de la línea de costa en una longitud aproximada de 3 a 4 kilómetros desde Bajo Alto hacia el Sur.
- Un lento crecimiento de La Puntilla a una velocidad dependiente de la erosión que se produzca desde Bajo Alto hacia el Sur.
- El escaso crecimiento de la **flecha 2** que se está formando actualmente en Bajo Alto. No podría alcanzar el grado de desarrollo que alcanzaron **las flechas #2** de los años 1961 y 1986, debido a la falta de fuente de sedimentos.

5.3 Manejo Costero

El manejo costero es la administración de los recursos naturales (físicos y biológicos) presentes en una playa (o línea costanera en general) con el fin de permitir un desarrollo sustentable de la población que crece en ese lugar.

Para que se de un manejo costero efectivo es necesario tener un conocimiento concreto de los recursos físicos, biológicos y sociales del lugar donde se lo quiera aplicar. La aplicación del manejo costero sin tomar en cuenta algunos de los factores intervinientes o

sin el conocimiento **cabal** de ellos podría traer consecuencias negativas y **provocar** conflictos sociales y naturales.

La geología marina y la dinámica litoral son aspectos físicos fundamentales que deberían estudiarse en todo lugar donde se desarrolle cualquier actividad humana, y más todavía si **se** desea aplicar un manejo costero autosustentable.

La geología marina y la **dinámica** litoral permiten conocer **los** parámetros que intervienen en la evolución costera, la manera en que éstos interadúan, y las ventajas y peligros que traen dichos parámetros. Este **conocimiento** permitirá, entre otras cosas, tomar decisiones acertadas en cuanto al tipo de infraestructura que se puede dar en un sector costero para el desarrollo de su población.

Uno de **los** principales objetivos del presente estudio fue el aportar con el conocimiento de la geología marina y la dinámica litoral para su aplicación en el manejo costero en **beneficio** de la población de Bajo Alto.

Discusión

La dinámica litoral en Bajo Alto ha sido bastante activa. En la actualidad se está formando una nueva flecha litoral 2, con los sedimentos que son erosionados del sector Sur de Bajo Alto y con los pocos sedimentos que aporta el río Jubones. Al Norte de Bajo Alto, en la flecha 1 (La Puntilla) el crecimiento es lento y depende de la erosión que se produzca en la flecha 2.

Toda flecha litoral es inestable, y más cuando la fuente de sedimentos es casi nula, tal como sucede actualmente con las flechas 1 y 2, la deriva litoral tenderá a erosionarlas. Adicionalmente en cualquier momento la presencia de una marejada puede destruir las dos flechas, y más aún si coincide con la pleamar y en época de sicigia.

En el caso particular de la flecha 1 no se aprecia con claridad un punto de erosión o rotura, pero no sería raro que el río Pagua comience a formarlo en cualquier momento.

Adicionalmente con la erosión intensa que se viene produciendo al Sur de Bajo Alto durante los últimos 15 años, hace que la línea de costa en estudio sea de gran inestabilidad por lo que no es

conveniente **realizar** inversiones **en** la construcción o implementación de grandes **infraestructuras** para **el** desarrollo de **la** población.

Sin embargo, en el área **de** estudio existen dos tipos de infraestructura de gran costo económico: el gasoducto de **EDC** y las camaroneras.

⇒ **El** gasoducto de **EDC** va desde la plataforma de **explotación** ubicada a 65 kilómetros del continente (en la boca del Canal de Jambelí, al Sur de la **Isla** Santa Clara) hasta la central térmica **Machala Power** ubicada en Bajo Alto a 13 kilómetros de **Machala**. Según la publicación de **el** diario El Universo del día martes 25 de diciembre del 2001 (página 3 **de la** Sección Económica) la tubería utilizada para el gasoducto es de 12 pulgadas de diámetro y consta de dos **líneas** que estarán **enterradas** a 1,5 metros en la parte continental y a 1 m en la parte marina.

Según datos proporcionados por EDC, la latitud por la que ingresa el gasoducto a la parte continental (**9655833.69 N**) coincide con el **sector** de gran erosión entre **los** años 1986 y 2001. Según el

análisis multitemporal realizado en el capítulo IV la erosión en la latitud 9656000 es de 270 m en los últimos 15 años (ver tabla XIV, cuadro 4.1 y figura 4.4).

De seguirse presentando la erosión con la misma tasa de los últimos 15 años, el gasoducto quedaría descubierto en pocos años.

⇒ *Las* camaroneras ubicadas al Sur de Bajo Alto ya han sido afectadas directamente por la erosión. Se puede notar claramente que las camaroneras ubicadas al pie del mar en la fotografía del año 1986 han desaparecido en la imagen radar de 1998. En la actualidad al Sur de Bajo Alto no hay playa, lo que limita la parte marina de la terrestre son los muros de las camaroneras que han quedado.

Por las razones expuestas y por la seguridad de las personas que habitan al pie de la playa, sería necesario que EDC y los dueños de las camaroneras realizaran un monitoreo permanente de la evolución de este sector de playa.

Luego, en el caso de ser necesario deberían aplicar alguna medida de prevención que podrían ser la arenación artificial o la colocación de protección a lo largo de la playa, intentando dejar como última

opción la construcción de algún tipo barrera artificial perpendicular a la playa, porque ésta, donde quiera que se la coloque, causará una erosión hacia el Norte de su ubicación.

En cuanto a la población de **Bajo Alto** tiene algunas **opciones** para desarrollarse sin tener grandes riesgos, entre las que **se** encuentran:

El turismo.- La playa de Bajo Alto tiene buenas condiciones para la atracción turística.

- ⇒ Las olas tienen altura promedio de 0,20 m, lo que permite dar una impresión de ser un lago o piscina.
- ⇒ La pendiente de la playa es baja (entre 1° y 8°), lo que permite que durante la bajamar sea bastante amplia y puedan desarrollarse actividades deportivas.

Pero no debería pensarse **en** la construcción de **casas** para invemar, ni en lugares de distracción al pie de la playa como alguna vez se lo hizo. El turismo a desarrollarse debería ser, un "turismo **de** paso" donde la gente llegue a pasar el día en la playa y luego se retire al atardecer. Si **fuere** necesario realizar alguna

construcción “permanente” en la playa para atraer más el turismo, debería de levantarse sólo pequeñas cabañas que no impliquen mucha inversión económica.

Otra opción para la población de Bajo Alto, dentro del mismo aspecto turístico, es el de ser punto de concentración y de transportación de turistas que deseen llegar a la playa ubicada en la Puntilla, que tiene características similares a la de Bajo Alto. La población bajoalteña podría aprovechar las canoas y lanchas que ya tienen; necesitando sólo la construcción de un pequeño muelle de madera dentro del estero del antiguo cauce del Jubones.

Podría aprovecharse también el manglar que se desarrolla al Norte de Bajo Alto para realizar paseos ecoturísticos a pie o en lancha. Pero para ello se recomienda hacer un estudio detallado para determinar si es conveniente realizar dichos paseos o bajo qué condiciones se los puede hacer.

La pesca.- El desarrollo de la pesca es un tanto independiente de la geología marina y de la dinámica litoral de una costa. La dependencia de la pesca con la evolución litoral se encuentra en la



infraestructura que se desarrolle en la línea de costa, es decir en la construcción de muelles, lugares de comercialización, etc.

En Bajo Alto la pesca en la actualidad la principal fuente de ingreso económico, pero es de tipo artesanal, por lo tanto la influencia de la variabilidad costera en esta actividad es mínima. Por lo que se recomienda mantenerla y desarrollarla sin apuntar a la construcción de grandes muelles.

▪

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones Regionales

- ✓ El espesor del Cuaternario en el Canal de Jambelí es de 330 m y se lo ha subdividido en cuatro unidades estratigráficas (Fig. 2.3) que comprenden los tres ciclos interglaciales y el Holoceno (Postglacial). Los espesores de cada unidad están directamente relacionados al tiempo de duración de cada etapa interglacial y se les asignó los nombres de las formaciones del Mar Mediterráneo, como se muestra en la Tabla I.
- ✓ Regionalmente se presentan dos zonas geomorfológicas: la zona costera y la zona estuarina (Fig. 2.4). La zona costera se subdivide en las zonas de planicie costera y la de estribaciones. La zona estuarina se subdivide en las zonas mareal y de canal.

- ✓ Los principales drenajes en la zona de estudio son el Río Guayas, el Río Jubones y el Río Pagua. Los drenajes, a excepción del Río Guayas, tienen un sentido general E-O, teniendo como origen las cumbres de la Cordillera Occidental y como desembocadura las costas del canal de Jambelí.

- ✓ El Río Jubones es el de mayor importancia en el área de estudio por formar el segundo delta más grande de la costa ecuatoriana, ser el principal formador de la llanura de inundación de la costa Sur ecuatoriana, y por la historia de sus cambios de cauces, siendo uno de sus valles antiguos el actual estero que *cruza* la población de Bajo Alto.

- ✓ En el canal de Jambelí las mareas son el principal agente modificador. Las mareas, como en toda la costa ecuatoriana, son de tipo semidía. El sentido de la corriente de marea va hacia el Norte en pleamar y hacia el Sur en bajamar.

- ⌋ El oleaje proviene principalmente del Suroeste, pero durante la estación lluviosa se presentan olas remotas que causan destrucción en las costas ecuatorianas.

6.2 Conclusiones Locales

- ✓ El oleaje en el área de estudio es de tipo derrame (**spilling**) al Sur y de tipo volteo (**plunging**) al Norte. El promedio de altura de ola en la rompiente es de 0.20 m, a **excepción de** la estación **E2** la altura de **ola** es de 0.1 m.

- ✓ La corriente "**offshore**" en el Brea de estudio cuando sube la marea va en sentido NE en la desembocadura del río Jubones siguiendo la línea de costa hasta tomar sentido casi N en **la** Puntilla. Cuando la marea baja el sentido es inverso, es decir comienza con sentido S en la Puntilla, **terminando** en sentido SO en la desembocadura del río Jubones (Fig. 3.9), correspondiendo éstas **características** a una corriente de marea.

- ✓ La velocidad de la corriente litoral promedio hacia el Norte es dos veces mayor que la velocidad de la corriente litoral promedio **hacia** el Sur.

- ✓ Los sedimentos de playa **son** en un gran porcentaje arenas medias, moderadamente bien clasificados, con asimetría hacia los tamaños gruesos.

- ✓ Los sedimentos superficiales de fondo **estuarino son** en un gran porcentaje **limosos**, mal clasificados y **con** asimetría hacia los tamaños gruesos.

- ✓ En los sedimentos **predominan los** fragmentos de roca (**ácida** y **básica**) sobre los minerales **de cuarzo** y **feldespato**. Según la clasificación de **McBride** son sedimentos **litarenitas feldespáticas** y según **la** clasificación de **Williams-Turner-Gilbert** son arenas **líticas**.

- ✓ En el **área** de estudio **se** presentan dos tipos de morfología submarina. El primer tipo se encuentra desde **Bajo Alto hacia** el Norte, con una **forma** acanalada en dirección N-S; el segundo tipo de morfología **se** encuentra **al** Sur de **Bajo Alto**, mostrando un gran llano correspondiente a la zona de **prodelta** del Río Jubones.

- ✓ En **el** **área se** determinaron tres tipos **de perfiles**: El Tipo I que indica **acreción** que **se** ubica al Norte de la Puntilla, desde la latitud **9660451**, **el** Tipo II que indica estabilidad y **el** Tipo III que indica erosión, ubicándose **alternadamente** al Sur de la latitud **9660451** hasta **Bajo Alto**.

- ┘ El transporte litoral bruto calculado según el método de Komar es de 39296 m³/año, y según el método de Galvin es de 66000 m³/año.
- ✓ El transporte litoral neto es hacia el Norte y corresponde a 26196 m³/año, según el método de Komar, y a 44000 m³/año según el método de Galvin.
- ✓ Según el análisis multitemporal y el análisis realizado por Cruz (1975) la formación de barras ha sido el principal medio de acrecionamiento de la línea costera en el área de estudio durante el Holoceno, interrumpiéndose durante la época en que desembocó el Río Jubones en Bajo Alto. Durante este lapso de tiempo el acrecionamiento fue por la formación del delta.
- ✓ A partir de la fotografía aérea de 1961 se registra la formación de dos flechas litorales: La Flecha 1, que corresponde al sector de La Puntilla y crece permanentemente desde 1969; y la Flecha 2 que es efímera, con un tiempo de formación-erosión de 25 años y que tiene como punto de origen a Bajo Alto.



- ✓ **Por** el estudio multitemporal se ha determinado que desde 1986 **se** está dando una fuerte erosión al Sur **de** Bajo Alto por la barrera que estaría formando el gran delta del Jubones al paso de sedimentos.

- ✓ **La** inestabilidad de la playa en estudio determina que la infraestructura que se desee implementar para el desarrollo de la población de Bajo Alto **sea de** bajo costo, procurando explotar al máximo el "turismo de paso" y la pesca.

6.3 Recomendaciones

- ✓ Los datos de campo fueron recogidos durante la época seca (verano), por lo tanto se recomienda realizar mediciones de campo durante la estación lluviosa (invierno) para conocer el comportamiento anual de los factores físicos que controlan la dinámica litoral del área de estudio.

- ✓ **Debido** a la erosión que **se** está produciendo desde Bajo Alto hacia **el** Sur **será** necesario que EDC y **los** propietarios de las camaroneras realicen un **monitoreo** permanente de la evolución de este sector de playa.

ANEXO A
DATOS DE CAMPO DE OLEAJE

Estación: E1

Responsable:
I. N.

Fecha
18/07/01

	Altura	Periodo	Direccion	Hora
1	20		65	08:27
2	20			
3	20			
4	20			
5	20			
6	20			
7	20			
8	20			
9	20			
10	20			
11	20	2' 39"		

1	20		75	09:12
2	20			
3	30			
4	30			
5	30			
6	20			
7	30			
8	20			
9	20			
10	20			
11	20	2' 50"		

1	20		95	10:22
2	20			
3	15			
4	30			
5	15			
6	15			
7	20			
8	10			
9	20			
10	10			
11	10	1' 4"		

1	30		70	11:05
2	30			
3	20			
4	15			
5	15			
6	10			
7	30			
8	40			
9	25			
10	15			
11	15	0' 50"		

1	30		70	12:00
2	30			
3	20			
4	20			
5	20			
6	25			
7	15			
8	15			
9	20			
10	20			
11	30	0' 51"		

1	20		60	13:10
2	15			
3	15			
4	10			
5	30			
6	20			
7	15			
8	15			
9	15			
10	20			
11	10	0' 56"		

DATOS DE CAMPO DE OLAJE

Estación

E2

Responsable:

I.N.

Fecha:

19/07/01

	Altura	Periodo	Dirección	Hora
1	5		40	08:30
2	5			
3	5			
4	5			
5	5			
6	5			
7	5			
8	5			
9	5			
10	5			
11	5	Olas de viento		

1	5		40	09:48
2	5			
3	5			
4	5			
5	5			
6	5			
7	5			
8	5			
9	5			
10	5			
11	5	Olas de viento		

1	10		55	10:44
2	10			
3	10			
4	10			
5	10			
6	10			
7	10			
8	10			
9	10			
10	10			
11	15	0' 25"		

1	10		60	11:38
2	10			
3	10			
4	10			
5	10			
6	10			
7	10			
8	10			
9	15			
10	15			
11	15	0' 32"		

1	10		65	12:38
2	10			
3	10			
4	10			
5	10			
6	10			
7	10			
8	10			
9	10			
10	10			
11	10	0' 21"		

1	10		60	13:30
2	15			
3	15			
4	15			
5	15			
6	15			
7	15			
8	15			
9	15			
10	15			
11	10	0' 35"		

1	5		65	14:30
2	10			
3	5			
4	5			
5	5			
6	5			
7	10			
8	10			
9	10			
10	5			
11	5	0' 39'		

1	5		90	15:32
2	5			
3	5			
4	5			
5	5			
6	5			
7	5			
8	5			
9	5			
10	5			
11	10	0' 34"		

DATOS DE CAMPO DE OLEAJE

Estación
E3

Responsable:
I.N.

Fecha:
20/07/01

	Altura	Periodo	Direccion	Hora
1	20		90	09:15
2	20			
3	30			
4	30			
5	20			
6	20			
7	35			
8	30			
9	20			
10	25			
11	30	2' 46"		

1	15		100	10:15
2	10			
3	20			
4	20			
5	10			
6	20			
7	15			
8	15			
9	10			
10	5			
11	20	2' 47'		

1	10		100	11:20
2	20			
3	10			
4	10			
5	30			
6	10			
7	20			
8	10			
9	15			
10	10			
11	30	2' 47"		

1	20		100	12:30
2	30			
3	30			
4	20			
5	10			
6	10			
7	25			
8	15			
9	30			
10	10			
11	15	2' 47"		

1	20		100	13:15
2	20			
3	15			
4	20			
5	10			
6	20			
7	10			
8	10			
9	15			
10	10			
11	20	2' 44"		

1	30		100	14:20
2	20			
3	20			
4	30			
5	20			
6	25			
7	20			
8	30			
9	30			
10	30			
11	10	2' 25"		

1	30		100	15:24
2	20			
3	15			
4	30			
5	20			
6	10			
7	20			
8	30			
9	20			
10	30			
11	20	1' 2 8		

1	30		100	16:20
2	20			
3	30			
4	20			
5	30			
6	15			
7	20			
8	10			
9	10			
10	40			
11	30	2' 00"		

1	30		95	17:15
2	40			
3	20			
4	30			
5	40			
6	20			
7	20			
8	25			
9	20			
10	40			
11	30	2' 20"		

DATOS DE CAMPO DE OLEAJE

Estación

Responsable:

Fecha:

I.N.

	Altura	Periodo	Dirección	Hora
1	30		120	09:00
	20			
5	30			
6	20			
7	15			
8	15			
9	15			
10	15			
11	20	2' 35"		

1	20		90	10:00
2	40			
3	30			
4	20			
5	15			
6	20			
7	15			
8	15			
9	15			
10	15			
11	15	2' 28"		

1	20		90	11:00
2	15			
3	15			
4	10			
5	20			
6	15			
7	15			
8	30			
9	20			
10	20			
11	30	3' 10"		

1	15		90	12:00
2	10			
3	10			
4	10			
5	10			
6	10			
7	10			
8	25			
9	15			
10	10	2' 40'		
11	15	2' 40"		

1	20		100	13:08
2	20			
3	15			
4	10			
5	20			
6	20			
7	20			
8	20			
9	10			
10	10			
11	10	2' 35'		

1	15		100	14:00
2	25			
3	40			
4	30			
5	15			
6	15			
7	20			
8	20			
9	10			
10	20			
11	30	2' 31"		

1	20		110	15:00
2	20			
3	30			
4	20			
5	30			
6	20			
7	15			
8	15			
9	10			
10	10			
11	30	2'30"		

1	40		120	14:00
2	30			
3	50			
4	40			
5	30			
6	30			
7	30			
8	30			
9	20			
10	20			
11	20	2'15"		

ANEXO B

DATOS DE CAMPO PARA DETERMINAR DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DE LA CORRIENTE "OFFSHORE"

Fecha	18/07/2001				
Estación	E1		Responsables: F. y C.M.		
		Posición			
Hora	Veleta	X	Y	Observaciones	
8:05	roja	616226	9651851	siembra	
8:15	roja_azul	616154	9651814	siembra	
8:15	roja_amarilla	616126	9651818	siembra	
8:17	azul_amarilla	616017	9651824	siembra	
8:26	roja	616047	9651626		
8:27	roja-azul	616046	9651670		
8:28	roja_amarilla	616008	9651670		
8:29	azul_amarilla	615890	9651632		
8:41	roja	615825	9651492		
8:41	azul_amarilla	615636	9651416		
08:43	roja-azul	615869	9651512		
8:44	roja_amarilla	615830	9651510		
9:00	azul_amarilla	615472	9651294	recogida	
9:02	roja	615687	9651386	recogida	
9:04	roja_amarilla	615766	9651446	recogida	
9:04	roja_azul	615800	9651438	recogida	
9:09	roja_azul	616102	9651546	siembra	
9:10	roja-amarilla	616081	9651560	siembra	
9:11	roja	616070	9651574	siembra	
9:12	azul_amarilla	616059	9651590	siembra	
9:23	roja_azul	616113	9651620		
9:24	roja-amarilla	616094	9651640		
9:25	roja	616075	9651676		
9:25	azul_amarilla	616050	9651674		
9:37	roja_azul	616189	9651774		
9:38	roja-amarilla	616160	9651776		
9:39	roja	616120	9651810		
9:40	azul_amarilla	616082	9651788		
9:57	azul_amarilla	616219	9651974	recogida	

9:57					
9:59	roja	616273	9652020	recogida	
10:00	roja_amarilla	616403	9652094	recogida	
10:00	roja_azul	616462	9652128	recogida	
10:07	roja-azul	616271	9651836	siembra	
10:07	roja_amarilla	616259	9651832	siembra	
10:08	roja	616253	9651828	siembra	
10:08	azul_amarilla	616246	9651822	siembra	
10:27	roja-azul	616659	9652228		
10:27	roja-amarilla	616640	9652228		
10:28	roja	616632	9652184		
10:28	azul_amarilla	616623	9652172		
10:41	roja-azul	617021	9652562		
10:42	roja_amarilla	617008	9652556		
10:43	roja	616981	9652520		
10:43	azul_amarilla	616966	9652488		
10:53	azul_amarilla	617276	9652728	recogida	
10:54	roja	617312	9652794	recogida	
10:55	roja_amarilla	617412	9652848	recogida	
10:55	roja azul	617457	9652880	recogida	
12:15	roja_amarilla	616219	9651876	siembra	
12:15	roja_azul	616227	9651866	siembra	
12:16	azul_amarilla	616234	9651860	siembra	
12:16	roja	616238	9651850	siembra	
12:26	roja	616588	9652220		
12:26	azul_amarilla	616194	9652246		
12:27	roja_amarilla	616595	9652296		
12:27	roja_azul	616599	9652308		
12:40	roja	617108	9652688		
12:40	azul-amarilla	617118	9652714		
12:41	roja_amarilla	617081	9652740		
12:41	roja-azul	617067	9652736		
12:53	roja	617680	9653056	recogida	
12:53	azul-amarilla	617692	9653104	recogida	
12:54	roja_amarilla	617578	9653092	recogida	
12:55	roja azul	617567	9653088	recogida	
13:25	roja azul	616294	9651828	siembra	
13:25	azul_amarilla	616296	9651820	siembra	

13:26	roja_amarilla	616296	9651812	siembra	
13:26	roja_amarilla	616297	9651810	siembra	
13:36	rojo	616653	9652114		
13:37	azul_amarilla	616546	9652146		
13:37	roja_azul	616518	9652148		
13:38	roja_amarilla	616519	9652134		
13:50	rojo	616858	9652494		
13:51	azul_amarilla	616847	9652522		
13:52	roja_azul	616788	9652494		
13:52	roja_amarilla	616783	9652476		
14:01	rojo	617126	9652784	recogida	
14:02	azul_amarilla	617108	9652812	recogida	
14:03	roja_azul	617040	9652768	recogida	
14:03	roja_amarilla	617033	9652750	recogida	
8:42	azul_amarilla	616101	9651596	siembra	19/07/2001
8:42	roja_amarilla	616105	9651570	siembra	19/07/2001
8:43	roja	616106	9651552	siembra	19/07/2001
8:43	roja_azul	616109	9652524	siembra	19/07/2001
9:09	roja_azul	615872	9651032		19/07/2001
9:09	roja_amarilla	615840	9651030		19/07/2001
9:10	azul-amarilla	615675	9650900		19/07/2001
9:11	roja	615712	9650852		19/07/2001
9:19	azul-amarilla	615591	9650710	recogida	19/07/2001
9:20	roja	615627	9650704	recogida	19/07/2001
9:22	roja-amarilla	615770	9650860	recogida	19/07/2001
9:22	roja azul	615807	9650880	recogida	19/07/2001
9:26	roja azul	616159	9651378	siembra	19/07/2001
9:27	roja	616165	9651384	siembra	19/07/2001
9:27	roja_amarilla	616170	9651390	siembra	19/07/2001
9:27	azul_amarilla	616180	9651400	siembra	19/07/2001
9:48	roja	616169	9651394		19/07/2001
9:49	roja-azul	616181	9651414		19/07/2001
9:49	azul_amarilla	616202	9651450		19/07/2001
9:50	amarilla roja	616226	9651464		19/07/2001
9:58	roja	616195	9651456	recogida	19/07/2001
9:58	roja azul	616244	9651518	recogida	19/07/2001
9:59	azul-amarilla	616242	9651520	recogida	19/07/2001

DATOS DE CAMPO PARA DETERMINAR DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DE LA CORRIENTE "OFFSHORE"

Fecha	19/07/2001			
Estación	E2	Responsables: F.H. y C.M		
		Posición		
Hora	Veleta	X	Y	
10:53	roja_amarilla	619944	9654724	siembra
10:54	azul_amarilla	619953	9654712	siembra
10:55	roja	619949	9654710	siembra
10:55	roja_azul	619944	9654706	siembra
11:08	roja	620201	9654698	
11:09	azul_amarilla	620212	9654718	
11:10	roja_amarilla	620223	9654756	
11:10	roja_azul	620193	9654772	
11:15	roja_azul	620272	9654800	
11:16	roja_azul	620287	9654800	
11:27	roja	620533	9654754	
11:28	azul_amarilla	620535	9654784	
11:28	roja_amarilla	620543	9654836	
11:29	roja_azul	620521	9654848	
11:37	azul_amarilla	620728	9654813	recogida
11:39	roja	620739	9654961	recogida
11:40	roja_amarilla	620762	9654892	recogida
11:41	roja_azul	620745	9654906	recogida
11:52	roja-azul	620124	9654816	siembra
11:52	roja_amarilla	620110	9654822	siembra
11:53	azul_amarilla	620097	9654830	siembra
11:53	roja	620099	9654832	siembra
12:19	roja_amarilla	620579	9655070	
12:19	roja_azul	620592	9655084	
12:20	roja	620636	9655116	
12:20	azul_amarilla	620637	9655140	
12:31	roja	620873	9655260	recogida
12:32	azul_amarilla	620857	9655276	recogida
12:33	roja_azul	620817	9655222	recogida
12:33	roja_amarilla	620803	9655224	recogida

12:42	roja_azul	620017	9654848	siembra
12:42	roja_amarilla	620005	9654852	siembra
12:43	roja	619997	9654856	siembra
12:43	azul_amarilla	619979	9654858	siembra
12:54	roja	620389	9655048	
12:55	roja_azul	620346	9655024	
12:56	roja_amarilla	620340	9655032	
12:56	azul_amarilla	620373	9655032	
13:08	roja	620638	9655188	
13:08	azul_amarilla	620611	9655162	
13:09	roja_amarilla	620612	9655163	
13:19	roja_azul	620621	9655182	recogida
13:19	roja	620840	9655368	recogida
13:22	azul_amarilla	620823	9655370	recogida
13:23	roja_azul	620854	9655370	recogida
13:32	roja	619929	9654728	siembra
13:33	roja_azul	619926	9654722	siembra
13:34	roja_amarilla	619922	9654714	siembra
13:34	azul_amarilla	619916	9654706	siembra
13:49	roja	620415	9654957	
13:49	roja_azul	620399	9654956	
13:50	roja_amarilla	620400	9654958	
13:50	azul_amarilla	620429	9654942	
14:07	roja_azul	620759	9655182	
14:07	roja	620646	9655182	
14:08	azul_amarilla	620743	9655169	
14:09	roja_amarilla	620775	9655170	
14:21	roja-azul	620930	9655320	recogida
14:21	roja	620914	9655320	recogida
14:22	azul_amarilla	620980	9655294	recogida
14:22	roja_amarilla	620958	9655288	recogida
16:41	roja	620007	9654904	siembra
16:41	azul_amarilla	620991	9654900	siembra
16:42	roja_azul	621004	9654900	siembra
16:42	roja_amarilla	620938	9654906	siembra
17:07	roja	621019	9654820	
17:07	azul_amarilla	620993	9654822	

17:08	roja_amarilla	620978	9654812	
17:09	roja_azul	620970	9654798	
17:14	roja	621009	9654798	
17:14	azul_amarilla	620973	9654806	
17:15	roja_amarilla	620950	9654792	
17:15	roja_azul	620951	9654792	
17:23	roja	620970	9654764	recogida
17:24	azul_amarilla	620936	9654776	recogida
17:24	roja-amarilla	620911	9654748	recogida
17:25	roja azul	620905	9654718	recogida
17:37	roja-azul	619968	9654786	siembra
17:37	roja	619983	9654816	siembra
17:37	roja_amarilla	619998	9654830	siembra
17:38	azul-amarilla	620008	9654846	siembra
17:44	roja_azul	619867	9654728	
17:45	roja	619885	9654760	
17:45	roja_amarilla	619897	9654774	
17:46	amarillo_azul	619923	9654806	
17:54	roja_azul	619730	9654650	
17:54	roja	619771	9654700	
17:55	roja_amarilla	619752	9654702	
17:55	amarillo_azul	619802	9654748	
18:02	roja_azul	619576	9654574	recogida
18:03	roja_amarilla	619607	9654636	recogida
18:03	roja	619619	9654636	recogida
18:04	azul-amarilla	619640	9654676	recogida

DATOS DE CAMPO PARA DETERMINAR DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DE LA CORRIENTE "OFFSHORE"

Fecha	20/07/2001			
Estación	E3		Responsables: F.H. y C.M	
		Posición		
Hora	Veleta	X	Y	Observaciones
08:41	azul_amarilla	620628	9656252	siembra
08:41	roja	620634	9656256	siembra
08:42	roja_amarilla	620641	9656258	siembra
08:42	roja_azul	620678	9656262	siembra
08:54	roja_azul	620490	9655884	
08:54	roja_amarilla	620443	9656860	
08:55	roja	620413	9655790	
08:55	azul_amarilla	620680	9655774	
09:07	roja	620181	9655422	
09:07	azul_amarilla	620144	9655418	
09:08	roja_amarilla	620185	9655474	
09:09	roja_azul	620214	9655472	
09:21	roja_azul	619698	9655158	recogida
09:22	roja_amarilla	619911	9655134	recogida
09:23	roja	619813	9654964	recogida
09:24	azul_amarilla	619777	9654967	recogida
09:34	azul_amarilla	620600	9656308	siembra
09:34	roja_azul	620666	9656300	siembra
09:35	roja_amarilla	620688	9656290	siembra
09:35	roja	620701	9656284	siembra
09:48	roja	620616	9655950	
09:48	roja_amarilla	620589	9655972	
09:49	roja_azul	620556	9655958	
09:49	azul_amarilla	620503	9655896	
10:00	roja	620539	9655672	
10:01	roja_amarilla	620506	9655710	
10:01	roja_azul	620467	9655702	
10:02	azul_amarilla	620397	9655614	
10:17	roja	620501	9655420	recogida

10:19	roia amarilla	620444	9655430	recoida
10:19	roja-azul	620369	9655400	recogida
10:20	azul amarilla	620304	9655296	recogida
10:28	roja	620480	9656366	siembra
10:28	azul amarilla	620500	9656372	siembra
10:28	roja azul	620534	9656382	siembra
10:29	roja amarilla	620553	9656388	siembra
10:41	roia amarilla	620553	9656222	
10:41	roja_azul	620527	9656204	
10:42	azul amarilla	620493	9656166	
10:42	roja	620475	9656142	
10:53	roja_amarilla	620573	9656100	
10:54	roja_azul	620552	9656080	
10:54	azul_amarilla	620510	9656016	
10:55	roja	620593	9655982	
11:10	roja_amarilla	620655	9656008	recogida
11:10	roja_azul	620633	9655988	recogida
11:10	azul_amarilla	620594	9655890	recogida
11:11	roja	620589	9655846	recogida
11:16	roja	620650	9656308	siembra
11:16	azul_amarilla	620662	9656324	siembra
11:17	roja_azul	620675	9656342	siembra
11:17	roja_amarilla	620689	9656368	siembra
11:31	roja_amarilla	620808	9656392	
11:31	azul_roja	620789	9656372	
11:33	azul_amarilla	620771	9656322	
11:33	roja	620771	9656290	
11:45	roja_amarilla	620985	9656516	
11:46	azul_roja	620954	9656494	
11:46	azul_amarilla	620947	9656412	
11:47	roja	620955	9656358	
11:57	roja	621100	9656414	recogida
11:58	azul-amarilla	621084	9656484	recogida
11:59	roja_amarilla	621115	9656624	recogida
11:59	roja_azul	621096	9656616	recogida
12:06	azul-amarilla	620730	9656208	siembra
12:07	roja-amarilla	620729	9656194	siembra

12:07	azul_roja	620726	9656170	siembra
12:07	roja	620726	9656156	siembra
12:24	azul_amarilla	620998	9656428	
12:25	roja-amarilla	620984	9656410	
12:26	azul_roja	620982	9656388	
12:26	roja	620991	9656376	
12:41	roja	621230	9656596	
12:41	roja_azul	621203	9656620	
12:42	roja_amarilla	621212	9656644	
12:42	azul_amarilla	621226	9656684	
12:53	azul_amarilla	621383	9656914	recogida
12:55	roja_amarilla	621381	9656910	recogida
12:56	roja	621412	9656862	recogida
12:56	roja_azul	621390	9656922	recogida
13:05	roja_amarilla	620711	9656230	siembra
13:05	azul_amarilla	620707	9656232	siembra
13:06	roja_azul	620700	9656230	siembra
13:06	roja	620691	9656228	siembra
13:22	roja_amarilla	621028	9656562	
13:22	azul_amarilla	621014	9656562	
13:23	roja	621003	9656564	
13:23	roja_azul	620981	9656580	
13:40	roja_amarilla	621274	9656042	recogida
13:41	roja_azul	621219	9657070	recogida
13:42	azul_amarilla	621297	9657058	recogida
13:42	roja	621295	9657057	recogida
13:51	azul_amarilla	620593	9656230	siembra
13:51	roja	620586	9656234	siembra
13:51	roja_azul	620579	9656234	siembra
13:52	roja_amarilla	620574	9656224	siembra
14:03	roja_amarilla	620814	9656526	
14:03	roja_azul	620822	9656560	
14:04	roja	620899	9656652	
14:04	azul_amarilla	620920	9656624	
14:15	roja	621120	9656912	
14:15	azul_amarilla	620104	9656932	
14:16	roja_azul	621057	9656920	
14:16	roja_amarilla	621053	9656902	

14:26	roja	621305	9657272	recogida
14:26	azul_amarilla	621291	9657290	recogida
14:27	roja_azul	621237	9657280	recogida
14:28	roja_amarilla	621247	9657262	recogida
14:39	roja_amarilla	620634	9656164	siembra
14:39	roja_azul	620637	9656150	siembra
14:40	azul_amarilla	620647	9656140	siembra
14:40	roja	620656	9656132	siembra
14:51	roja	620840	9656428	
14:51	azul_amarilla	620837	9656454	
14:52	roja_azul	620856	9656480	
14:52	roja_amarilla	620865	9656506	
15:03	roja_amarilla	620994	9656784	
15:03	roja_azul	620980	9656754	
15:04	azul_amarilla	620973	9656744	
15:04	roja	621006	9656740	
15:14	roja	621155	9657062	recogida
15:15	roja_amarilla	621135	9657122	recogida
15:17	azul_amarilla	621149	9657120	recogida
15:17	roja_azul	621130	9657142	recogida
15:28	roja	620540	9656292	siembra
15:28	roja azul	620526	9656288	siembra
15:29	azul-amarilla	620518	9656284	siembra
15:29	roja-amarilla	620508	9656278	siembra
15:42	roja	620679	9656560	
15:43	roja azul	620664	9656582	
15:43	roja_amarilla	620650	9656580	
15:43	azul_amarilla	620652	9656581	
15:52	roja	620760	9656792	
15:53	roja azul	620734	9656804	
15:54	roja_amarilla	620719	9656808	
15:54	azul_amarilla	620716	9656832	
16:14	roja	620856	9657152	recogida
16:15	azul amarilla	620831	9657210	recogida
16:16	roja amarilla	620821	9657200	recogida
16:16	roja azul	620809	9657192	recogida

DATOS DE CAMPO PARA DETERMINAR DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DE LA CORRIENTE "OFFSHORE"

Fecha	21/07/2001			
		Posición		
Hora	Veleta	X	Y	Observaciones
08:31	roja	621500	9661000	siembra
08:31	azul_amarilla	621423	9661000	siembra
08:32	roja-azul	621416	9661028	siembra
08:32	roja_amarilla	621408	9661040	siembra
08:42	roja	621397	9660576	
08:43	azul_amarilla	621412	9660588	
08:44	roja_azul	621409	9660652	
08:44	roja_amarilla	621390	9660660	
08:55	roja	621333	9660094	
08:56	azul_amarilla	621353	9660116	
08:57	roja_amarilla	621333	9660200	
08:57	roja_azul	621340	9660212	
09:08	roja_azul	621290	9659818	recogida
09:08	roja_amarilla	612262	9659750	recogida
09:09	azul_amarilla	621257	9659610	recogida
09:10	roja	621259	9659550	recogida
09:19	roja	621432	9661040	siembra
09:19	roja_amarilla	621435	9661056	siembra
09:20	azul_amarilla	621438	9661070	siembra
09:20	roja_azul	621441	9661082	siembra
09:31	roja_azul	621391	9660688	
09:32	roja_amarilla	621404	9660628	
09:32	azul_amarilla	621397	9660590	
09:32	roja	621390	9660522	
09:49	roja	621288	9659892	
09:50	azul_amarilla	621315	9659968	
09:50	roja_amarilla	621335	9659972	
09:51	roja_azul	621351	9660030	
10:02	roja-azul	621297	9659670	recogida

10:03	roja_amarilla	621312	9659572	recogida
10:04	azul_amarilla	621240	9659510	recogida
10:04	roja	621224	9659368	recogida
10:13	roja_amarilla	621503	9661062	siembra
10:14	roja_azul	621487	9661092	siembra
10:14	roja	621477	9661092	siembra
10:14	azul_amarilla	621472	9661120	siembra
10:25	azul_amarilla	621459	9660690	
10:25	roja	621468	9660742	
10:26	roja_amarilla	621498	9660764	
10:26	roja_azul	621493	9660780	
10:37	roja	621397	9660398	
10:37	azul_amarilla	621425	9660414	
10:38	roja_azul	621458	9660490	
10:39	roja_amarilla	621477	9660482	
10:58	roja_amarilla	621451	9660040	recogida
10:59	roja_azul	621445	9660078	recogida
11:00	azul_amarilla	621349	9659852	recogida
11:00	roja	621324	9659770	recogida

12:03	roja_amarilla	621581	9660980	siembra
12:03	azul_amarilla	621602	9660980	siembra
12:04	roja_azul	621621	9660982	siembra
12:04	roja	621623	9660984	siembra
12:25	roja	621712	9661226	
12:25	azul_amarilla	621689	9661222	
12:26	roja_amarilla	621715	9661334	
12:26	roja_azul	621749	9661336	
12:37	roja_azul	621841	9661560	
12:37	roja_amarilla	621821	9661574	
12:38	azul_amarilla	621753	9661474	
12:38	roja	621763	9661472	
12:48	roja	621802	9661716	recogida
12:49	azul_amarilla	621800	9661715	recogida
12:50	roja_amarilla	621889	9661906	recogida
12:50	roja_azul	621900	9661902	recogida
13:01	roja_amarilla	621485	9660924	siembra
13:01	azul_amarilla	621480	9660912	siembra

13:01	roja	621476	9660902	siembra
13:02	roja_azul	621472	9660891	siembra
13:15	roja_azul	621592	9661280	
13:16	roja	621554	9661362	
13:16	azul_amarilla	621560	9661386	
13:17	roja_amarilla	621604	9661394	
13:31	azul_amarilla	621648	9661972	
13:31	roja	621629	9661974	
13:33	roja_amarilla	621722	9661916	
13:33	roja_azul	621708	9661874	
13:45	roja_azul	621750	9662344	recogida
13:46	roja_amarilla	621736	9662400	recogida
13:47	azul_amarilla	621684	9662566	recogida
13:47	roja	621676	9662588	recogida
13:56	roja	621500	9660960	siembra
13:56	roja_amarilla	621502	9660948	siembra
13:57	azul_amarilla	621497	9660942	siembra
14:08	roja_amarilla	621623	9661466	
14:08	azul_amarilla	621618	9661510	
14:09	roja	621631	9661606	
14:19	roja	621721	9662080	
14:20	azul_amarilla	621699	9662026	
14:20	roja_amarilla	621697	9662004	
14:29	roja_amarilla	621778	9662402	recogida
14:30	azul_amarilla	621802	9662526	recogida
14:30	roja	621835	9662692	recogida
15:39	roja	621494	9660994	siembra
15:40	azul_amarilla	621483	9660988	siembra
15:40	roja_amarilla	621474	9660978	siembra
15:52	roja_amarilla	621596	9661592	
15:53	azul_amarilla	621600	9661674	
15:53	roja	621598	9661674	
16:03	roja	621689	9662196	
16:03	azul_amarilla	621689	9662194	
16:03	roja_amarilla	621675	9662146	
16:13	roja_amarilla	621725	9662592	recogida
16:13	roja	621745	9662742	recogida
16:14	azul_amarilla	621749	9662742	recogida

ANEXO C

DATOS DE CAMPO PARA DETERMINAR DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DE LA CORRIENTE LITORAL

Estación	Hora	Tiempo (min)	Dirección	Distancia (m)	Observaciones
E1	08:20	7	I-D	50	
	08:36	7	I-D	50	
	08:52	6	I-D	50	
	09:07	6,5	I-D	50	
	09:22	5,5	I-D	50	
	09:39	6,5	I-D	50	
E2	08:25	8	I-D	50	
	08:43	6	I-D	50	
	09:06	7	I-D	50	
	09:30			0	botella no avanza
	09:45			0	botella no avanza
	10:00			0	botella no avanza
	10:27	6	D-I	23,1	botella varada
	10:42	6	D-I	23,1	botella varada
	10:57	-----	-----	-----	-----
	11:05	6	D-I	15	botella varada
	11:34	6	D-I	29	botella varada
	11:55	6	D-I	33,9	botella varada
	12:12	7,5	D-I	44	botella varada
	12:36	7,5	D-I	41,2	botella varada
	12:55	7,5	D-I	44	botella varada
	13:21	5	D-I	26,4	botella varada
	13:37	5	D-I	17	botella varada
	13:56	5	D-I	21	botella varada
	14:17	7	D-I	29,2	botella varada
	14:33	6,5	D-I	28	botella varada
14:50	8	D-I	12	botella varada	
15:10			0	botella no avanza	
15:30			0	botella no avanza	
15:50			0	botella no avanza	

E3	08:25				botella no avanza
	09:15				botella no avanza
	09:30	5	D-I	10,9	botella varada
	09:45			0	botella no avanza
	09:52			0	botella no avanza
	10:07			0	botella no avanza
	10:22			0	botella no avanza
	10:42	6	I-D	22,9	botella varada
	10:57	6	I-D	22	botella varada
	11:12	6,5	I-D	21	botella varada
	11:33	5	I-D	22	botella varada
	11:54	4	I-D	25,6	botella varada
	12:14	2,5	I-D	15,1	botella varada
	12:30	4	I-D	32,5	botella varada
	12:51	3	I-D	36,4	botella varada
	13:12	2	I-D	23	botella varada
	13:32	3	I-D	20,1	botella varada
	13:55	2	I-D	17,8	botella varada
	14:08	2	I-D	13,3	botella varada
	14:27	2,5	I-D	20,3	botella varada
	14:48	3	I-D	26	botella varada
	15:25	3	I-D	19	botella varada
	15:43	2,5	I-D	21,4	botella varada
	16:01	2,5	I-D	15,6	botella varada
	16:21	2	I-D	2,7	botella varada
	16:40			0	botella no avanza
	17:01			0	botella no avanza
	17:31	2	D-I	6	botella varada
E4	08:36	11	D-I	50	mar en calma
	08:55	12,5	D-I	50	mar en calma
	09:15	8	D-I	50	mar en calma
	09:35	10	D-I	50	mar en calma
	09:58	10	D-I	50	mar en calma
	10:18	3	D-I	50	mar en calma
	10:38	4,5	D-I	50	mar en calma
	10:58	5,5	D-I	32,9	botella varada
	11:18	6	D-I	18,6	botella varada
	11:47	8	I D	50	creciente
	12:11	3,5	CB	44,1	botella varada

	12:31	5	I D	50	
	12:56	4	I D	50	mar en calma
	13:16	4	I D	50	mar en calma
	13:46	4	I D	50	mar en calma
	14:06	3	I D	50	mar en calma
	14:26	3	I D	50	mar en calma
	14:46	2,5	I D	50	mar en calma
	15:06	4	I D	50	mar en calma
	15:27	2,5	I D	50	mar en calma
	15:50	1,5	I D	24,2	botella varada mar picado
	16:14	4	I D	50	

ANEXO D

UBICACIÓN DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS DE PLAYA

Muestra	Fecha	Hora	X	Y	Zona de Playa	Observaciones
1	11-7-01	14:15	622066	9657368	m.m.	Punta-Final de Estero
2	11-7-01	14:23	622017	9657378	m.b.	
3	11-7-01	14:30	622067	9657226	m.m.	
4	11-7-01	15:15	622229	9657000	médano	
5	11-7-01	15:15	622226	9657000	m.a.	
6	11-7-01	15:15	622213	9657000	m.m.	
7	11-7-01	15:15	622181	9657000	m.b.	
8	11-7-01	15:30	622292	9656774	m.m.	presencia de arena verde
9	11-7-01	15:50	622417	9656000	médano	presencia de manglar
10	11-7-01	15:50	622414	9656000	m.a.	
11	11-7-01	15:50	622403	9656000	m.m.	
12	11-7-01	16:00	622389	9656000	m.b.	
15	11-7-01	16:24	622392	9655000	m.b.	solo arena
16	11-7-01	16:30	622417	9655000	m.m.	manglar seco alrededor
17	11-7-01	16:30	622425	9655000	m.a.	palos alrededor
18	11-7-01	16:30	622432	9655000	médano	
20	12-7-01	12:30	622295	9657110	m.m.	Punta otro lado estero
21	12-7-01	12:30	622275	9657110	m.b.	Punta otro lado estero
22	12-7-01	12:30	622297	9657110	m.a.	Punta otro lado estero
23	12-7-01	12:30	622310	9657110	médano	Punta otro lado estero
24	12-7-01	12:50	622518	9658000	médano	presencia de hiervas
25	12-7-01	12:50	622519	9658000	m.a.	
26	12-7-01	12:50	622513	9658000	m.m.	
28	12-7-01	13:30	622807	9659000	médano	presencia de hojarasca
29	12-7-01	13:30	622815	9659000	m.a.	
30	12-7-01	13:30	622798	9659000	m.m.	
31	12-7-01	13:30	622781	9659000	m.b.	

32	12-7-01	14:00	622982	9660000	médano	
33	12-7-01	14:00	622979	9660000	m.a.	
34	12-7-01	14:00	622963	9660000	m.m.	
35	12-7-01	14:00	622951	9660000	m.b.	
36	12-7-01	14:30	623142	9661000	médano	Junto a Laboratorio
37	12-7-01	14:30	623132	9661000	m.a.	Junto a Laboratorio
38	12-7-01	14:30	623124	9661000	m.m.	Junto a Laboratorio
39	12-7-01	14:30	623113	9661000	m.b.	Junto a Laboratorio
40	12-7-01	15:00	623267	9662000	médano	Puntilla
41	12-7-01	15:00	623253	9662000	m.a.	Puntilla
42	12-7-01	15:00	623245	9662000	m.m.	Puntilla
43	12-7-01	15:00	623220	9662000	m.b.	Puntilla
A ₂	12-7-01		622068	9657222		

ANEXO E

UBICACIÓN DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE FONDO DE CANAL ESTUARINO

Muestra	# de Estación	Fecha	X	Y
1	L11	7/19/2001	621000	9654000
2	L12	7/19/2001	621500	9654000
3	L13	7/19/2001	622000	9654000
4	L21	7/19/2001	621000	9655000
5	L22	7/19/2001	621500	9655000
6	L23	7/19/2001	622000	9655000
7	L24	7/19/2001	622500	9655000
8	L31	7/20/2001	621000	9656000
9	L32	7/20/2001	621500	9656000
10	L33	7/20/2001	622000	9656000
12	L41	7/20/2001	621000	9657000
13	L42	7/20/2001	621500	9657000
14	L43	7/20/2001	622000	9657000
15	L44	7/20/2001	622200	9657000
16	L51	7/20/2001	621000	9658000
17	L52	7/20/2001	621500	9658000
18	L53	7/20/2001	622000	9658000
19	L54	7/20/2001	622400	9658000
20	L61	7/21/2001	621000	9659000
21	L62	7/21/2001	621500	9659000
22	L63	7/21/2001	622000	9659000
23	L64	7/21/2001	622500	9659000
24	L71	7/21/2001	621000	9660000
25	L72	7/21/2001	621500	9660000
26	L73	7/21/2001	622000	9660000
27	L74	7/21/2001	622500	9660000
28	L75	7/21/2001	622850	9660000
29	L81	7/21/2001	621000	9661000
30	L82	7/21/2001	621500	9661000
31	L83	7/21/2001	622000	9661000
32	L84	7/21/2001	622500	9661000
33	L85	7/21/2001	623000	9661000
34	L91	7/21/2001	621000	9662000
35	L92	7/21/2001	621500	9662000
36	L93	7/21/2001	622000	9662000

37	L94	7/21/2001	622500	9662000
38	L95	7/21/2001	623000	9662000
39	L121	7/21/2001	618000	9652000
40	L122	7/21/2001	618500	9652000
41	L123	7/21/2001	619000	9652000
42	L124	7/21/2001	619500	9652000
43	L125	7/21/2001	620000	9652000
44	L126	7/21/2001	620500	9652000
45	L127	7/21/2001	621000	9652000
46	L128	7/21/2001	621500	9652000
47	L129	7/21/2001	621900	9652000
48	L131	7/19/2001	619500	9653000
49	L132	7/19/2001	620000	9653000
51	L134	7/19/2001	621000	9653000
52	L135	7/19/2001	621500	9653000
53	I1	7/21/2001	621500	9663000
54	I2	7/21/2001	622000	9663000
55	I3	7/21/2001	622500	9663000
56	I4	7/21/2001	623000	9663000
57	Río Jubones	7/19/2001	616859	9651692

ANEXO F

NOMENCLATURA USADA PARA DETERMINAR LA TEXTURA DEL SEDIMENTO FOLK 1969

<i>Porcentaje de Tamaño</i>	<i>Nomenclatura</i>
Más del 75 %	Nombre del tamaño del grano
Entre 50 y 75 %	Nombre con un adjetivo
Entre 25 y 50 %	Adjetivo
Menos del 25 %	No se menciona

NOMENCLATURA USADA PARA DETERMINAR EL GRADO DE CLASIFICACIÓN FOLK 1969

<i>Índice de Selección</i>	<i>Nomenclatura</i>
So < 0.35	Muy bien clasificado
So 0.35-0.50	Bien clasificado
So 0.50-0.71	Moderadamente bien clasificado
So 0.71-1.00	Moderadamente clasificado
so 1.00-2.00	Pobrementemente clasificado
so 2.00-4.00	Muy mal clasificado
So > 4.00	Extremadamente mal clasificado

ANEXO F

NOMENCLATURA USADA PARA DETERMINAR EL GRADO DE **ASIMETRÍA** FOLK 1969

<i>Indice de Asimetría</i>	<i>Nomenclatura</i>
Sk > + 0.3	Muy asimétrico hacia los tamaños finos
Sk + 0.3 + 0.1	Asimétrico hacia los tamaños finos
Sk + 0.1 -0.1	Casi asimétrico
Sk -0.1 -0.3	Asimétrico hacia los tamaños gruesos
Sk < -0.3	Muy asimétrico hacia los tamaños gruesos

NOMENCLATURA USADA PARA DETERMINAR EL GRADO DE **CURTOSIS** : 1969

<i>Indice de Curtosis</i>	<i>Nomenclatura</i>
Kg < 0.67	Muy platicúrtico
Kg 0.67-0.90	Platicúrtico
Ka 0.90-1.11	Mesocúrtico
Kg 1.11-1.50	Leptocúrtico
Kg 1.50-3.00	Muy Leptocúrtico
Kg > 3.0	Extremadamente leptocúrtico

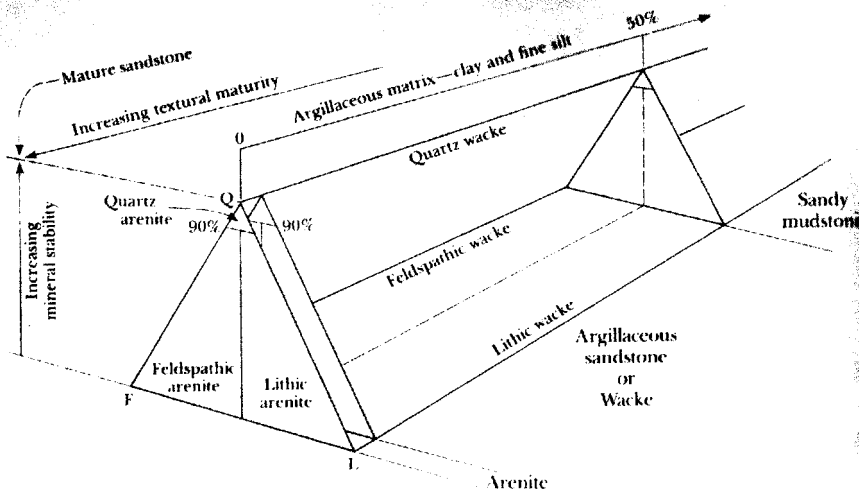
ANEXO F

NOMENCLATURA USADA PARA DETERMINAR DIÁMETRO MEDIO WENTWORTH 1972

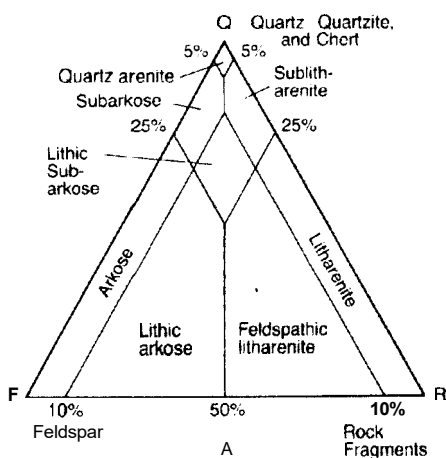
<i>Número de Malla</i>	<i>Milímetros</i>	<i>Unidades FI (4)</i>	<i>Clasificación</i>
	40%	-12	
	1024	-10	Bloque
	256	256 -8	
	64	64 -6	Gujarros
	16	-4	conglomerado
GRAVA	5	4 -2	
	6	3.36 -1.75	
	7	2.83 -1.5	Gránulos
	8	2.38 -1.25	
	10	2.00 -1.0	
	12	1.68 -0.75	
	14	1.41 -0.5	Arena muy gruesa
	16	1.19 -0.25	
	18	1.00 0.0	
	20	0.84 0.25	Arena gruesa
	25	0.71 0.5	
	30	0.59 0.75	
	35	0.50 1/2 1.0	
ARENA	40	0.42 1.25	
	45	0.35 1.5	Arena mediana
	50	0.30 1.75	
	60	0.25 1/4 2.0	
	70	0.210 2.25	
	80	0.177 2.5	Arena fina
	100	0.149 2.75	
	120	0.125 1/8 3.0	
	140	0.105 3.25	
	170	0.088 3.5	Arena muy fina
200	0.074 3.75		
230	0.0625 1/16 4.0		
	270	0.053 4.25	
	325	0.044 4.5	Limo grueso
	0.037 4.75		
LIMO		0.031 1/32 5.0	
		0.0156 1/64 6.0	Limo mediano
		0.0078 1/128 7.0	Limo fino
		0.0039 1/256 8.0	Limo muy fino
		0.0020 9.0	
ARCILLA		0.00098 10.0	Arcilla
		0.00049 11.0	
		0.00024 12.0	
		0.00012 13.0	
		0.00006 14.0	

ANEXO G

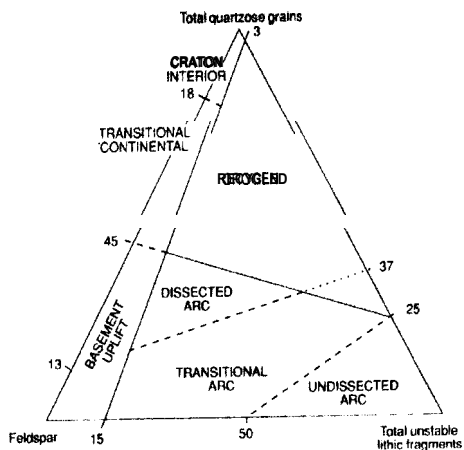
CLASIFICACION DE ARENAS WILLIAMS - TURNER - GILBERT 1982



CLASIFICACIÓN DE ARENAS McBRIDE 1963



UBICACIÓN DE AREA FUENTE DICKINSON 1983



BIBLIOGRAFÍA:

1. AUBOUIN, BROUSSE y LEHMAN, 1980, Tratado de Geología: Tectónica, Tectonofísica y Morfología, Editorial Omega.
2. ALLAUCA, S., y LUCERO, M., 1992, La Circulación Costera frente al Puerto de la Libertad (Ecuador) utilizando flotadores, Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Vol. 7.
3. AYÓN, H., 1985, Grandes Rasgos Geomorfológicos de la Costa Ecuatoriana, Fundación Pedro Vicente Maldonado, Proyecto de Manejo de Recursos Costeros (PMRC).
4. BALDOCK J. y LONGO R., 1982, Mapa Geológico Nacional de la República del Ecuador, escala 1:1000000, D.G.G.M, Quito.
5. BENÍTEZ, S., 1975, Morfología y Sedimentos de la Plataforma Continental del Golfo de Guayaquil. (Tesis Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, ESPOL).

6. **BENÍTEZ, S., 1995, Evolución Geodinámica de la Costa Ecuatoriana, ORSTOM-PETROECUADOR, Grenoble.**
7. **BIRD, E., 1981, Coasts, M.I.T. Civil Engineerings Department**
8. **BRISTOW, C., y HOFFSTETTER, R., 1977, Léxico Estratigráfico del Ecuador, ORSTOM, París.**
9. **CAMPBELL, C. J., 1974, Ecuadorians Andes. In: "Mesozoic-Cenozoic Orogenic Belts, Data for Orogenic Studies", Editado por: A. M. Spencer, London, Geol. Soc.**
10. **CASE, J. E., DURAN, L. G., LOPEZ, A., MOORE, W. R., 1971, Tectonic investigations in Westem Colombia and Eastem Panama, Geol. Soc. Amer.**
11. **CLIRSEN- H.C.P. El Oro- PREDESUR, 1989, Mapa Geomorfológico y de Riesgos de Erosión, Memoria Técnica, Quito.**
12. **CRUZ, R., 1974, Morphodinamics and Sedimentation of the Rio Guayas Delta-Ecuador. (Tesis Doctoral, Universidad de Lousiana).**

13. DEL MORAL, C., 1978, Ingeniería de Costas, Laboratorio de Puertos "Ramon Iribarren", Valencia.
14. DICKINSON, W.R., y SUZEK, 1979, **Plate Tectonics and sandstone composition: Am. Assoc. Petroleum Geologist Bull.**, v 63.
15. INOCAR, 2001, Tabla de Mareas.
16. KELLER, E., 1996, **Environmental Geology**, 7ma Edición, California.
17. KOMAR, P., 1976, **Beach Processes and Sedimentation**, Prentice Hall, USA
18. KOMEX, 1999, Anexo al addendum al E.I.A bloque 3 Golfo de Guayaquil, Quito.
19. LAUBACHER Y SOUBRANE, 1995, Estudio por Teledetección de la evolución geomorfológica de la Región Machala-Pasaje (Provincia de El Oro) contribución a la comprensión de los desbordamientos del Río Jubones, Guayaquil.

20. LIONS, R., y MAROCCO R., 1995, Evolución Tectono-Sedimentaria del Golfo de Guayaquil, desde el Mioceno hasta el Reciente, ORSTOM-PETROPRODUCCIÓN, Guayaquil.
21. MARTILLO, C., 2000, Informe de Pasantía en el Instituto Geográfico Nacional de España, Guayaquil.
22. MIRÓ, M., 1973, Curso de Geología Marina, INOCAR, Programa de Investigación y Exploración Oceanográfica, 1971-1975.
23. MURRAY, S. P., CONLON, D., SIRIPONG, A., and SANTORO, J., 1973, Circulation and salinity distribution in the Rio Guayas Estuary, Ecuador, Coastal Studies Institute, Louisiana State University.
24. NIETO, J., 1996, Estudio Preliminar del Oleaje incidente en Salinas. (Tesis Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, ESPOL).
25. ORDÓÑEZ, M. 1994, Bioestratigrafía y paleoecología del Plio-Pléistoceno del Graben de Jambelí, Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil.

26. **OTTOMAN, F.**, 1967, Introducción a la Geología Marina y Litoral, Editorial Universitaria de Buenos Aires.
27. **PIEDRA, J.**, 1990, Procesos Litorales en San Pedro Valdivia. (Tesis Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, ESPOL).
28. **SAA, A.**, 1988, Estudio de la Concentración Natural y Artificial de Arenas Negras en General Villamil-Playas. (Tesis Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, ESPOL).
29. **SÁNCHEZ, E.**, 1978, Transporte Litoral en General Villamil (Playas). (Tesis Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, ESPOL).
30. **SEGOVIA, J.**, 1989, Estudio Composicional de los Sedimentos Marinos de la Ensenada de Jaramijó- Provincia de Manabí. (Tesis Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, ESPOL).
31. **SELLEY, R.**, 1976, Medios Sedimentarios Antiguos, Ediciones Blume.
32. **SOLEDISPA, B.**, y **VILLACRÉS, J.**, 1989, Estudio Sedimentológico y Mineralógico de la Plataforma Continental Ecuatoriana en el tramo

comprendido entre Salinas y Ayampe, Acta Oceanográfica del Pacífico, Volumen I, INOCAR, 1989.

33. US ARMY CORPS OF ENGINEERS, 1984, Shore Protection Manual, Vol I, Segunda Edición, Coastal Engineering Research Center, USA.

34. VERA, L., 2000, Análisis de los Procesos Litorales en la Libertad" (Tesis de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar).

Perfiles de Playa

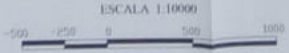


Clasificación de la Playa

Tipo I	Acumulación en la zona de marea alta, indicando un avance de la línea de costa
Tipo II	Estable
Tipo III	Erosión en la zona de marea alta, indicando una regresión de la línea de costa

Simbología

	Camaroneras
	Línea Costera
	Poblaciones



uro de
camaroneras y
manglares
(o Playa)