

0421

PLAN DE DESARROLLO INTEGRAL PARA  
LA COSTA PACIFICA  
PLADEICOP

OCEANO PACIFICO

BAHIA SOLANO

ISTMINA

BUENAVENTURA

GUAPI

TUMACO

Cali-Colombia

0421

ESTUDIO GEOMORFOLOGICO-GEOTECNICO  
DE LA REGION

BUENAVENTURA-TUMACO

UN ESTUDIO GEOMORFOLOGICO APLICADO PARA EL  
PROYECTO CANALIZACION Y ADECUACION DE ESTEROS  
PLADEICOP-CVC-

Elaborado por :

Ir. Robert Soeters

Geol. Hernán Gómez Mejía M.Sc.

Cali, marzo de 1.986

## CONTENIDO

	RESUMEN	PAGINA
1.	INTRODUCCION	1
	1.1 GENERALIDADES	1
	1.2 METODOLOGIA Y DESARROLLO DEL ESTUDIO	2
	1.3 FOTOGRAFIAS AEREAS	3
	TABLA 1 . RELACION DE FOTOGRAFIAS AEREAS	5
	1.4 EL MAPA TOPOGRAFICO	6
2.	ESTUDIO GEOMORFOLOGICO DE LA COSTA PACIFICA ENTRE TUMACO Y BUENAVENTURA	8
	2.1 OBJETIVOS	
	2.2 RASGOS GENERALES DE LA GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	8
	2.3 UNIDADES DE MAPEO	11
	TABLA 2 . UNIDADES DE MAPEO	12
	2.4 DESCRIPCION GEOMORFOLOGICA DE LAS DIFERENTES ZONAS	16
	2.4.1 DELTA DE LOS RIOS DAGUA Y ANCHICAYA	17
	2.4.2 COLINAS DE TORTUGAS	19
	2.4.3 BOCAS DE LOS RIOS NAYA Y MICAY	20
	2.4.4 LLANURAS DE TIMBIQUI -GUAPI	22
	2.4.5 LLANURA FLUVIO-DELTAICA DE LAS BOCANAS	23
	2.4.6 DELTA DEL RIO PATIA	
	2.5 LA DINAMICA MORFOLOGICA	28
	2.5.1 CONSECUENCIAS DE LA CAPTURA DEL RIO PATIA POR EL SANQUIANGA	29
3.	ASPECTOS GEOTECNICOS	32
	3.1 DESCRIPCION DEL RECORRIDO	33
	TABLA 3 . PERFILES OBSERVADOS E INTERPRETADOS	34
	TABLA 4 . OBSERVACIONES DESDE EL ESTERO CAMINO REAL, PLAYA DE CABALLO, HACIA MOSQUERA	36
	TABLA 5 . OBSERVACIONES DE PERFILES EN LA LLANURA FLUVIO DELTAICA	39-40
	TABLA 6 . DESCRIPCION DE LOS PERFILES ENTRE EL RIO TAPAJE Y EL RIO GUAPI	41

## CONTENIDO

	PAGINA
TABLA 7 . DESCRIPCION DEL PERFIL EN EL ESTERO EL PIÑAL	47
3.2 INFLUENCIA DE LOS TERREMOTOS Y TSUNAMIS	48
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
4.1 EL TRAZADO TUMACO - BUENAVENTURA	51
4.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS	51

## RESUMEN

El presente estudio que evalúa a nivel de reconocimiento el trazado de un canal navegable entre Tumaco y Buenaventura, fue ejecutado dentro del programa de estudios, para el proyecto Canalización y Adecuación de Esteros. PLADEICOP -CVC-

La vía navegable proyectada, sigue con las llanuras fluviales y costeras, en las cuales se diferenciaron, siguiendo criterios pragmáticos relacionados con el proyecto, las siguientes unidades principales :

- Planicie de marea baja
- Llanura de entre-mareas
- Llanura de marea alta
- Llanura costera elevada
- Llanura fluvial
- Terrazas altas y colinas

El corredor del canal se sitúa principalmente en la llanura de marea y la llanura fluvial. La primera unidad consta de turba, arcillas orgánicas y en menor grado arenas : la llanura fluvial está constituida por arenas y gravas, cubiertas por sedimentos más finos.

La dinámica morfológica en el delta del río Patía es muy alta, debido a la captura de este río por el Sanquianga . Lo mismo se puede decir de las llanuras aluviales de los ríos Micay y Naya, debido al régimen de estos ríos y a la gran cantidad de sedimentos que transportan. Por otro lado las llanuras de marea muestran una gran estabilidad en el tiempo.

En relación con la adecuación de los esteros, en la llanura de marea no se preveen problemas muy grandes, mientras el diseño se adapte a las propiedades físicas de las arcillas blandas y se minimice la alteración del medio ambiente. Muy problemático es el paso por los ríos Micay y Naya: Se necesitarán estudios más detallados para llegar a una planeación tendiente a regular y controlar la sedimentación en estos ríos. En la adecuación de los pasos por las bocanas,

se debe tener en cuenta el transporte continuo de sedimentos hacia éstas.

El paso navegable por el Tapón de Tortugas, donde rocas arenosas llegan hasta el mar, es técnicamente factible; la ejecución de las obras necesarias será una cuestión económica.

## 1. INTRODUCCION

### 1.1 GENERALIDADES

El presente estudio se desarrolló durante la primera etapa del proyecto de Canalización y Adecuación de Esteros, llevado a cabo por PLADEICOP -CVC-, con la cooperación técnica de la Compañía HASKONING a través de un Convenio con el Gobierno de Holanda.

Dentro de la primera fase del Proyecto, que trata de la preparación de los trabajos y la selección de un corredor de estudio, este informe se relaciona con el estudio geomorfológico-geotécnico de la zona: en este aspecto se investigaron los siguientes temas :

- Zonificación geomorfológica de la Costa Pacífica; la cartografía y descripción de las diferentes unidades de mapeo, el contenido litológico de las unidades y aspectos de la dinámica morfológica.
- Caracterización geotécnica; se detallan los aspectos geotécnicos de los perfiles típicos y se efectúan las observaciones relacionadas con la estabilidad del terreno.
- El posible trazado del canal; se hace una descripción de aspectos específicos en los diferentes secaderos y en los demás tramos problemáticos.

Al final del informe se formulan las conclusiones más relevantes y se dan ciertas recomendaciones para estudios posteriores.

Considerando la fase del trabajo y el tiempo disponible para el estudio, el enfoque principal ha sido el de definir y cartografiar las principales unidades geomorfológicas en un nivel de reconocimiento teniendo en cuenta las exigencias especiales relacionadas con el proyecto. Además en base a observaciones de campo, se trató de determinar en la mejor forma posible, las condiciones geotécnicas, minimizando los ensayos y análisis cuantitativos sobre las muestras.

Los resultados obtenidos durante este trabajo están representados en el Mapa Geomorfológico de la Costa Pacífica, en cuatro planchas a escala 1:100.000 . Los aspectos geotécnicos sobre el trazado del canal están condensados en varias tablas descriptivas. Dentro de los anexos, se presenta uno fotográfico explicativo.

En el estudio intervinieron, contratados por el Asesor Holandés :  
 Ir. Robert Soeters, geólogo especializado en fotointerpretación e ingeniería geológica del ITC - HOLLANDA  
 Geól. Hernán Gómez Mejía, M.SC y especialista en fotointerpretación aplicada a geología estructural del ITC-HOLLANDA (CIAF- COLOMBIA).

Durante una gran parte del estudio participó también la señorita M. Lubbert, practicante de Ingeniería Civil, con una especialización en problemas hidráulicos . Los autores del presente informe agradecen a la señorita M. Lubbert, su participación crítica y sus comentarios constructivos en cada momento de esta investigación.

## 1.2 METODOLOGIA Y DESARROLLO DEL ESTUDIO

Dentro del estudio se diferencian seis fases de trabajo, las cuales se desarrollaron de la siguiente forma :

Fase 1 : .Recopilación de información básica .

Dicbre 2-21 .Preparación de la imágen de radar a escala 1:100.000 y de las fotografías aéreas del área.

Fase 2 : .Fotointerpretación geomorfológica preliminar.

Enero 13-31. Estudio general de la zona y la definición de una leyenda de mapeo.

.Interpretación preliminar de las fotografías aéreas

Fase 3 : .Verificación de la interpretación geomorfológica

Febr.3-15 (Dr. Hernán Gómez M. únicamente).

.Chequeo de la interpretación preliminar .

- : . Determinación del contenido litológico de las unidades de mapeo.
- Fase 4 : . Reinterpretación y planeación del trabajo geotécnico  
Febr. 17-26
- Fase 5 : . Estudio geotécnico del corredor del canal.  
Febrero 27 . Determinación de perfiles típicos  
Marzo 10 . Análisis de las características geotécnicas y de estabilidad.  
. Investigación de la dinámica morfológica  
. Toma de muestras representativas
- Fase 6 : . Elaboración de informe y mapa  
Marz-11-27 . Reinterpretación final  
. Transferencia de la información al mapa base  
. Análisis de las muestras  
. Elaboración del informe

En vista de la carencia de un mapa adecuado, fue necesario incorporar dentro de la programación la ejecución de uno nuevo a partir de fotografías aéreas del IGAC (1982-1983): esta actividad adicional se hizo durante el período de Febrero 4 - 21 (Ir. Soeters).

### 1.3 FOTOGRAFÍAS AEREAS

La cartografía de la zona de estudio fue hecha básicamente mediante la interpretación de fotografías aéreas . Aunque se disponía también de imágenes de radar, ampliadas a escala 1:100.000 la calidad geométrica y de reproducción fue tan mala, que estas imágenes se utilizaron muy poco y sirvieron casi únicamente como base cartográfica durante la primera comisión de campo, cuando el mapa topográfico aún estaba en elaboración.

La tabla 1 relaciona y enumera todas las fotografías aéreas utilizadas y con las cuales se obtuvo una cobertura completa de la zona : al

respecto se puede hacer las siguientes observaciones :

- . La mayor parte de la zona está cubierta por fotografías aéreas a una escala aproximada de 1:50.000, tomadas en los años 1982 y 1983 . Sin embargo existen varios huecos entre las fajas de estas fotografías recientes debido a que en algunos lugares el recubrimiento lateral entre las fajas es insuficiente.
- . Todos los huecos presentes en el mosaico de cobertura reciente podrán ser rellenados con fotografías de la serie M de los años 1962 y 1966, también de escala 1:50.000
- . La cobertura completa obtenida de tal manera, tiene el inconveniente de ser bastante inhomogénea, como se detectó, sobre todo en la zona sur, la cual está bajo la influencia del río Patía.
- . En el área desde la ensenada de Tumaco hasta playa de Caballo, la zona terrestre fotografiada es muy estrecha y cubre apenas el corredor del canal.
- . Es muy lamentable que las fotografías aéreas correspondientes a los años 1982 - 1983, además de tener a veces una calidad mediocre respecto al contraste y resolución, fueron tomadas sin tener en cuenta el estado o nivel de la marea. Esto dió como resultado que una faja pudo ser tomada con pleamar, mientras que otra adyacente fue tomada cuando el nivel del mar era completamente diferente, dificultando así la obtención de una interpretación consistente. En este aspecto hay que observar que las fotografías de los años sesenta son superiores en todos los aspectos y que fueron tomadas con baja mar, lo cual es recomendable para zonas costeras.

TABLA 1. RELACION DE FOTOGRAFIAS AEREAS

<u>Vuelo</u>	<u>Año</u>	<u>Números de fotografías</u>	<u>Total de fotografías</u>
C-2062	1982	171-175	5
C-2055	1982	85- 91	7
M-1391*	1966	42327-42329	3
		42338-42342	5
		42345-42348	4
C-2063	1982	116-122	7
C-2065	1982	80-86	7
C-2065	1982	58-66	9
C-2065	1982	50-57	8
C-2065	1982	131-139	9
C-2065	1982	161-167	7
C-2069	1982	46-48	3
C-2065	1982	176-182	7
C-2076	1983	84-90	7
C-2076	1983	222 -229	8
C-2076	1983	212-219	8
C-2076	1983	267-275	9
C-2076	1983	277-284	8
C-2076*	1983	341-345	5
M-1178*	1962	22198-22204	7
M-1178*	1962	22245-22248	4
M-1178	1962	22253-22266	14
C-2079	1983	000-006	7
Total fotografías			158

\*: Fotografías obtenidas en calidad de préstamo, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

#### 1.4 El Mapa Topográfico 1:100.000

Debido a la precisión geométrica sumamente mala de los mosaicos de radar, se decidió elaborar un mapa topográfico a escala 1:100.000 tomando como base las fotografías aéreas existentes y utilizando hasta cierto punto, como apoyo mapas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Para la elaboración de este mapa se utilizó el siguiente procedimiento :

- Como apoyo topográfico y para controlar la escala del mapa se utilizaron las planchas existentes del Instituto Geográfico de la serie cuadrángulo IGAC-DANE (planchas M4, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>, N<sub>4</sub>, O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub> ).
- De estas planchas se tomó principalmente la red de drenaje correspondiente a las partes altas, teniendo como fijas sus coordenadas (x, y)

Basándose en la red de drenaje definida anteriormente, se empató la información topográfica de las fotografías aéreas mediante la utilización de un pantógrafo óptico para ajustar la escala de la fotografía a la del mapa y obtener de esta forma la cartografía actualizada de la zona costera.

- En la transferencia de datos se utilizó principalmente las fotografías aéreas recientes (vuelos de 1982- y 1983). Los vuelos más antiguos fueron utilizados para rellenar los huecos existentes en la cobertura de las fotografías recientes y mejorar el control entre fajas en aquellos sitios, donde el recubrimiento lateral era mínimo o deficiente.

Siguiendo la metodología descrita, se deben mencionar los siguientes problemas, que sin duda alguna, pueden tener influencia sobre la precisión del mapa.

- El apoyo topográfico se basó principalmente en la red de drenaje correspondiente a la parte alta, tomada de las planchas  $M_4$  y  $N_4$ .
- La información topográfica de las planchas  $N_2$ ,  $N_3$ ,  $Q_1$  y en gran parte  $Q_2$  es dudosa entre otras, porque en su preparación se utilizaron las imágenes de radar.
- Como consecuencia de lo anterior se decidió tomar como puntos fijos los brazos del río Patía en el Sur ubicados sobre la plancha  $Q_2$ , aunque su localización puede ser dudosa. Desde allí se busco un empate con la zona cartografiada en el norte con apoyo topográfico de las planchas  $M_4$  y  $N_4$ .
- En la plancha  $M_4$ , la topografía del mapa elaborado por el IGAC DANE, coincide muy bien con la del mapa obtenido con las fotografías aéreas; sin embargo en la parte más septentrional existe una diferencia considerable en la ubicación de la Bahía de Buenaventura. No se tiene una explicación para una diferencia de tal magnitud, en parte debido a que hasta el original de la plancha del IGAC, casi no muestra detalle en este sector. Únicamente se observa que la plancha  $M_4$  del IGAC presenta un error en las coordenadas (x), en la margen del mapa.

Basándose en la metodología y los problemas encontrados, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. El mapa topográfico producido debe ser considerado como un calco de un fotomosaico, con un apoyo topográfico mínimo.
2. El mapa obtenido, es sin duda alguna, el mejor documento actualizado que supera a cualquier mapa existente sobre la región y puede servir muy bien para representar todo tipo de información, así como también para la ubicación y navegación en el terreno. Considerando la escala 1:100.000 y la metodología utilizada, no se recomienda el uso cuantitativo del mapa. La posición topográfica en (x, y) es de todas maneras aproximada y cualquier medición

que se haga sobre la longitud del trayecto de los canales, darán a lo mejor errores acumulativos considerables.

4. Es muy factible obtener un documento de mayor precisión si se utilizan adicionalmente más fotograffas del IGAC y buscanpuntos de triangulación aérea conocidos, con sus coordenadas (x, y), ya que estos están disponibles en el IGAC . Se recomienda en este caso consultar un fotogrametrista, al respecto.

## 2. ESTUDIO GEOMORFOLOGICO DE LA COSTA PACIFICA ENTRE TUMACO Y BUENAVENTURA

### 2.1 OBJETIVOS

El estudio geomorfológico tiene como objetivo el de crear un cuadro estructural para diferenciar dentro del área de estudio, unas unidades de mapeo, que a la vez tengan un significado pragmático y práctico en relación con la problemática del área y servir de base para llegar a un trazado final de un canal navegable. Dentro de esta filosofía, se ha dado una importancia primordial a una clasificación que relacione en lo posible la posición del terreno con respecto al nivel de mar, siendo esta una de las condiciones que influirá fuertemente en la factibilidad de la obra. Además existe una clara relación entre la posición altimétrica y las condiciones y procesos del medio ambiente actual.

### 2.2 RASGOS GENERALES DE LA GEOLOGIA Y MORFOLOGIA

La zona de estudio hace parte de la Cuenca del Pacífico, que abarca todas las llanuras, colinas y macizos montañosos, que se extienden entre el Océano Pacífico y la vertiente Oeste de la Cordillera Occidental, a grandes rasgos se puede diferenciar tres unidades morfotectónicas en la Cuenca del Pacífico.

- Macizos Montañosos : constituidos por rocas ígneas (tanto

intrusivas como volcánicas), metamórficas y sedimentarias. Han sido afectadas por la orogénesis andina.

- Colinas : constituidas principalmente por sedimentos del Terciario Superior y el Pleistoceno, derivados de la erosión de la Cordillera Occidental y sedimentados en un ambiente litoral ó continental.

Las rocas que dan origen a estos sedimentos son conocidas y agrupadas bajo en nombre de Formaciones Guapi y Naya (INGEOMINAS 1.981): constan principalmente de areniscas débilmente consolidadas y alternadas con algunas lutitas. Además estas formaciones sedimentarias recibieron aportes considerables de material, de origen volcánico, relacionado con las erupciones que ocurrieron durante el Plio-Pleistoceno.

- Llanuras fluviales y costeras : constituyen la parte continental de una cuenca sedimentaria en subsidencia continúa, en donde se acumulan sedimentos marinos, fluvio-deltáicos y aluviales.

Toda la Cuenca del Pacífico se caracteriza por una actividad tectónica que aún continúa en el presente y que se relaciona con la posición estructural en relación con el límite de la placa continental, en el margen de una zona de subducción activa, de la placa oceánica. En el límite de la zona de las colinas y las llanuras fluviales y costeras, esta actividad tectónica se manifiesta en una serie de estructuras onduladas, representadas por anticlinales y sinclinales muy suaves. Esto ha dejado como resultado, por un lado, remanentes de colinas bordeadas o englobadas por depósitos modernos, mientras que define por otro lado cuencas menores, dentro de la unidad de colinas. Un caso particular en este aspecto, es la región del río Patía : este río que originalmente drenó en la dirección de El Charco, (hacia el Norte), modificó su curso, probablemente debido a un accidente geológico generado posiblemente en la vertiente

Oeste de la Cordillera Occidental : posteriormente migró lentamente hacia el sur donde existe una cuenca amplia, con orientación N.S. Hacia el Oeste de esta cuenca se formó una dorsal de colinas que se han estado elevando progresivamente y por donde labra su curso, subsecuentemente este río, hasta que la mano del hombre, por medio de un canal artificial construido hace unos 16 años, le obligara a retornar a su curso original. Es decir la captura reciente e inducida del río Sanquinga sobre el río Patía, a expensas del canal Naranjo, ha generado dinámicamente una erosión acelerada del río, ya que este tiende a alcanzar su perfil de equilibrio y nivel de base hasta compensar el levantamiento regional natural transcurrido desde la época de la primera captura dificultando el curso hacia el Océano y ocasionando casi de una forma natural, lo que el hombre originó con el canal entre el río Patía y Sanquinga.

La zona deltáica del Patía parece ser otra vez una estructura sinclinal muy suave, con el cierre sur insinuado periféricamente a la ensenada de Tumaco. El flanco oriental predomina topográficamente, el occidental parece estar hundido.

Un desarrollo algo diferente ocurrió en la zona de tortugas, donde la región se levantó primero erosionandose consecuentemente mientras que posteriormente ; la zona bajó en relación con el nivel de mar, esto dió como resultado una invasión del ambiente fluvio-litoral, en los valles erosionales hacia el sur de esta región y los cuales fueron rellenos con depósitos modernos. En este caso es probable que los movimientos geológicos fueron controlados en parte por fallas. En Tortugas es posible que las peñas, al este de Mayorquin correspondan a una escarpa de falla, que forma el límite septentrional de esta zona. Otro sitio en donde posiblemente existe una falla geológica que controla una *anomalía morfológica* es, en la región de los ríos Naya y Mýcay : allí la bifurcación típica de estos ríos, aparentemente es

causada por un ligero levantamiento de la zona costera, en relación con la región, tierra adentro. Esta hipótesis está sostenida también por la ausencia de la zona típica de manglares, en frente de estos ríos (p.e. sobre la Isla El Ají).

La vía navegable proyectada se encuentra en su mayor parte dentro de la unidad de llanuras fluviales y costeras: únicamente en el tapón de Tortugas, está influenciada directamente por la Unidad de Colinas.

### 2.3 UNIDADES DE MAPEO

Saliendo del modelo de llanuras fluviales y costeras y buscando obtener una clasificación relacionada también con la elevación del terreno respecto al nivel de mar, se llegó a la diferenciación que se demuestra en la Tabla 2 y se ilustra de una forma esquemática en la figura No.1

TABLA 2 UNIDADES DE MAPEO

PAISAJE COSTERO	1. LLANURA COSTERA ACTUAL  1.1 Planicie marea baja 1.1.1 Planicies de lodo 1.1.2 Deltas de marea 1.1.3 Barras de marea  1.2 Costa actual y llanura de entre-mareas 1.2.1 Barras de playa y espigas 1.2.2 Llanura de marea 1.3 Llanura de marea alta
	2. LLANURA COSTERA ELEVADA
PAISAJE FLUVIAL	3. LLANURA FLUVIAL  3.1 Bancos de arena y deltas interiores 3.2 Llanura de inundación 3.2.1 Diques naturales 3.2.2 Basines  3.3 Terrazas bajas
	4. TERRAZAS ALTAS Y PAISAJES DE COLINAS

Las Planicies de Lodo : se encuentran generalmente en frente de las playas, aunque también hallamos estos lodazales dentro de las bocanas. Son unas planicies ligeramente onduladas, con una pendiente suave hacia el mar y constituídas por limos y arenas finas, teniendo como es normal en secuencias costeras, el material más grueso arriba o

dicho de otra manera, más cercana a la costa.

El nivel de estas planicies es aparentemente demasiado bajo y la energía del oleaje demasiado fuerte por estas razones no encontramos sobre ellas manglares. La presencia de planicies de lodo indica predominancia de limos y arenas finas en la zona litoral ó transportado por las corrientes litorales.

Deltas de marea : son cuerpos sedimentarios, constituidos por arenas, que se originan debido a flujos de marea desarrollados hacia el lado interior ó exterior de una brecha (bocana) en la línea de costa, la cual está generalmente formada por complejos de barras de playa. Al respecto se observa en la zona de estudio, una predominancia de deltas de reflujó ó de marea baja. Con pleamar, una gran cantidad de agua está almacenada en la llanura de marea : esta agua vuelve hacia el mar con bajamar y si la costa está formada por barras de playa, todo el agua tendrá que pasar por unas brechas relativamente angostas en estas barras. En estos sitios el reflujó ocurre con unas velocidades de flujo relativamente altas, causando una cierta erosión y transportando sedimentos hacia el mar . Una vez pasada la bocana, la velocidad del reflujó disminuye considerablemente y el sedimento transportado será depositado en frente de la bocana, formando así un delta de reflujó. Igualmente como las planicies de lodo, los deltas de marea no llevan vegetación.

Las barras de playa y las espigas. son formados por las olas del mar y están constituidas por el material mas grueso disponible (en la región estudiada estos son principalmente, arenas de grano medio). Las olas tiran el sedimento sobre la playa y el reflujó lava el sedimento y transporta la parte más fina otra vez hacia el mar, quedando un residuo grueso en la playa. Cuando las olas entran en la playa predominantemente bajo un cierto ángulo, se originará una corriente litoral. Las espigas son barras de playa que tienden a cerrar bocanas y reciben su sedimento por el

aporte de corrientes litorales. Las barras de playas crecen bajo la influencia del oleaje hasta un nivel ligeramente más alto que el de pleamar : después pueden aumentar su altura ligeramente por influencia eólica, pero bajo las condiciones climáticas en la costa pacífica, la vegetación rápidamente estabilizará las arenas. Un aporte continuo de arena hacia la costa originará una nueva barra afuera de la antigua, formando así, un complejo relativamente ancho de barras de playa.

Debido a la compactación, sobretodo de los estratos finos de origen marino, infrayacentes a las barras, se produce un ligero hundimiento de éstas tierra adentro: como consecuencia, allí las barras están enterradas bajo sedimentos más recientes, de la llanura de marea.

En el caso de una gradación rápida, con variaciones en el material depositado en la costa, se puede llegar a una amplia zona costera, con relictos de barras de playas localizadas a distancias considerables detras de la costa, como ocurre en la región de las bocanas entre Guapí y Mosquera.

La llanura de marea : es aquella zona en donde el agua que proviene tanto de los ríos como del mar, entra cuando sube la marea; esta agua almacenada durante pleamar y disminuye con bajamar. La zona consta de una llanura atravesada por una red de canales de drenaje, a través de los cuales el agua entra y sale de la llanura: estos canales de marea (tidal creek) ó esteros se caracterizan por un flujo bidireccional, demarcando un patrón muy típico. La densidad de la red de esteros se relaciona con el tipo de material sobre el cual se desarrolla y además depende de la cohesión de la capa superior. Dentro de la zona de estudio esta cohesión es considerable, debido a la densa vegetación de manglares sobre esta llanura, quedando, unicamente esteros bien definidos, en estos sitios donde la velocidad del flujo es lo suficiente fuerte como para resistir

la invasión de manglares. Otro aspecto particular de la llanura de marea cubierta con manglares, es el de que la vegetación frena bastante la velocidad de circulación del agua, haciendo que esta funcione como una trampa de sedimentos, reteniendo hasta los más finos.

Debido a la captura de sedimentos, el nivel de la llanura crece lentamente, sobretodo en la zona en donde se desplazan las aguas de los ríos cargados con sedimentos en suspensión, haciendo que estos que empiezan comienzan a flocuar en el ambiente de agua salada ó salobre. Así que, tierra adentro se llega a formar un nivel que apenas se inunda con pleamar ó únicamente se inunda con "puja" , durante los períodos de crecientes muy grandes de los ríos. Esta llanura ha sido denominada llanura de marea alta y se diferencia en la zona de estudio por una vegetación natural diferente y en algunos lugares por un inicio de actividades agrícolas (cocoteros). Aquí empieza también el límite gradacional entre la llanura de marea alta y la llanura fluvial, especialmente en la llanura de inundación . Dentro de la región estudiada se puso el límite entre estas unidades siguiendo básicamente criterios de vegetación y actividad humana. En el campo se observó en el perfil de los suelos la ausencia de los horizontes constituidos en gran parte por material orgánico, que son tan típicos para la zona de manglares: además se notó en el horizonte representativo un incremento de colores amarillentos/rojizos, indicando ello un mejor drenaje de estos suelos característicos en la fotografía aérea, para la unidad fluvial, estando también los patrones relacionados con los procesos fluviales, como ocurre con los cauces abandonados, en la zona del río Patía y en la llanura fluvial deltáica y los complejos de orillares, que son particularmente abundantes en los valles de los ríos Naya y Micay. Otra característica de la influencia fluvial son los diques naturales, que se desarrollan en las orillas del cauce y que se relacionan con la sedimentación, durante el desbordamiento del río, en períodos

de crecientes. Estos diques naturales están ausentes en los esteros.

Algunos ríos que vierten sus aguas en bocanas relativamente amplias muestran en su desembocadura una bifurcación de varios brazos cortos creando un número de islas del tamaño de bancos de arena o ligeramente más grandes en la desembocadura del río. Estas islas han sido denominadas deltas interiores y están constituidas por la carga de fondo que transporta el río y que se deposita bajo la influencia de las mareas, en la pura desembocadura del río. Todos los sedimentos fluviales, son gruesos en la base y finos hacia la parte superior del perfil. Los deltas interiores no se forman en las bocanas que se amplían gradualmente, como por ejemplo, en la llanura fluvio-deltáica. Allí el pronunciado flujo bidireccional propio de los estuarios, producirá más bien bancos de arena, alargados en la dirección del flujo, que se denominan barras de marea.

Afuera de las llanuras de inundación se diferencian a veces terrazas bajas que normalmente ya no se inundan, pero que durante crecientes muy grandes, aún pueden recibir agua.

Aparte de las unidades discutidas anteriormente se diferenciò aún una llanura costera elevada que se ubica enfrente de las bifurcaciones grandes del Naya y Micay y sobre la cual se supone, que su origen está controlado por un accidente tectónico (véase también el parágrafo sobre rasgos generales de la geología).

Siendo de menor interés para el proyecto de canales navegables, no se hizo una diferenciación entre las unidades más altas : estas fueron clasificadas como terrazas altas y paisajes de colinas.

#### 2.4 DESCRIPCION GEOMORFOLOGICA DE LAS DIFERENTES ZONAS

Aunque la zona estudiada pertenece básicamente a la unidad morfotectónica de llanuras fluviales y costeras, se puede diferenciar

dentro de ella diferentes zonas con sus características propias. Las diferencias entre estas zonas se debe entre otras a :

- . Diferencias en la ubicación de las zonas, en relación con las otras unidades morfoestructurales, especialmente los macizos de montañas.
- . Diferencias en el régimen hidrológico de los ríos que pasan por las zonas.
- . Diferencias en las condiciones geotectónicas de las zonas o las áreas adyacentes.

Las zonas diferenciadas de esta manera son :

1. Delta de los ríos Dagua y Anchicayá.
2. Colinas de Tortugas
3. Bocas de los ríos Naya y Micay
4. Llanuras de Timbiquí - Guapi
5. Llanura fluvio-deltáica de las bocanas
6. Delta del río Patía

#### 2.4.1 Delta de los ríos Dagua y Anchicayá.

La región entre la bahía de Buenaventura y las colinas de Tortugas constituye principalmente la zona deltáica en "sensu strictu" de los ríos Dagua y Anchicayá : dentro de la zona estudiada las aguas de los ríos mencionados ya han dejado atrás la llanura aluvial y a través de numerosos brazos y esteros las aguas buscan un camino hacia el mar . Toda la zona que está bajo la influencia de mareas, está cubierta por una capa vegetativa, continúa de manglares, indicando así mismo un medio ambiente salobre.

La tendencia general es la de que las aguas de estos ríos y con ellas los sedimentos, fluyen al menos en períodos de caudales normales, hacia la bahía de Buenaventura. Sin embargo existen claros indicios en la parte alta del delta

de que durante crecientes, el desague también ocurrirá a través de brazos y esteros localizados hacia el sur.

Los brazos son relativamente rectos, con un patrón ligeramente divergentes, originando islas alargadas, algo triangulares. La falta de brazos ó esteros muy sinuosos sugiere velocidades de flujo relativamente altas y por lo tanto se supone que la mayoría de los sedimentos gruesos son llevados mar adentro o depositados en las bocanas más amplias, como lo sugieren los bancos de arena, en los alrededores del paso Humane. Los sedimentos finos se flocculan y depositan parcialmente entre los manglares: no obstante la pluma de tonos gris claro, visible en la fotografía aérea y situada frente a las desembocaduras especialmente en la bahía de Buenaventura, permite indicar también que una parte considerable de estos sedimentos están siendo transportados hacia el mar.

Las islas exteriores que definen la línea de costa, tienen todas complejos de barras de playa, bien definidas

En vista de la homogeneidad geomorfológica en la zona, se espera que toda la región, con excepción de los complejos de barra de playa, estará constituida por sedimentos típicos de la llanura de marea y que constan de arcillas y arcillas limosas, con alto contenido de material orgánico y horizontes principalmente formados por material orgánico. En el sur, hacia el paisaje de colinas es posible que el contenido de material más grueso (arena) aumente, debido a un proceso de lavado desde las colinas.

En la unidad de barras de playa encontramos una secuencia más arenosa, que puede estar cubierta por horizontes más finos y capas de material orgánico. En el secadero El Piñal, se encontró arena a una profundidad de 2.20 m por debajo del fondo del estero. En los primeros dos metros predominan

las arcillas orgánicas alternadas con capas de arena y material orgánico, poco descompuesto. El fondo del estero consta de un horizonte de 25 cms de arena.

#### 2.4.2 Colinas de Tortugas.

La zona de Tortugas está constituida por una saliente de rocas terciarias de la Formación Naya, que llegan hasta la costa, formando entre Mayorquin y El Pital acantilados de veinte hasta treinta metros de altura alternados con pequeñas bahías, que contienen playas arenosas. Las rocas medianamente compactadas están constituidas por arenas limosas, alternadas con algunos horizontes más finos : la estratificación es subhorizontal y en toda la zona tienen un sistema de diaclases casi verticales. La dureza de la roca es baja; en todos los sitios se deja rayar con la uña y según investigaciones de INCOL LTDA, la resistencia a compresión confinada varía entre 15 y 20 Kg/cm<sup>2</sup>. Al otro lado la roca demuestra una resistencia considerable al oleaje debido sin duda al espaciamiento relativamente grande entre los planos de discontinuidad, originando una resistencia de la masa rocosa, relativamente alto. Las condiciones en las cuales quedaron las obras del padre Mejía, empezadas hace unos 18 años, son remarcablemente buenas.

En la superficie, debajo de la vegetación y observable en los cortes, la roca está meteorizada mostrando una capa de 2 a 4 metros, con color rojo/anaranjado, fuerte.

La zona está disectada por una red de drenaje, con alta densidad y las quebradas mayores conservan su nivel más o menos, al nivel de pleamar. Al sur de El Pital, la topografía disectada ha sido invadida otra vez por el mar y los fondos de las quebradas son planos : los esteros con manglares penetran dentro del paisaje de las colinas.

Se supone que el lado Norte de la zona de Tortugas está limitado por una falla geológica con rumbo N.E., en vista del contacto abrupto con el área del delta de los ríos Anchicayá y Dagua y de las peñas verticales, presentes al este de Mayorquín.

#### 2.4.3 Bocas de los ríos Naya y Micay

Dentro de la unidad morfotectónica de las llanuras fluviales y costeras, la zona de los ríos Naya y Micay es una región con características muy especiales. La llanura costera actual es muy estrecha en esta zona. Después de las barras de playa existe una zona angosta de llanura de marea, en donde los esteros toman directamente un curso paralelo a la costa. Detrás de esta llanura se halla una zona netamente más alta, que ya no está inundada por la marea alta y es esta zona alta la que obliga a los ríos Naya y Micay a desviarse en brazos que forman entre sí un ángulo de casi 180 grados, siendo sus cauces en parte, paralelos a la costa. Esta situación anómala, se explica únicamente por la existencia de una falla, que en última instancia levantó el bloque Oeste, formando así una barrera tenue en los ríos Naya y Micay, originando así la anomalía en el patrón de drenaje de estos ríos. Esta hipótesis también puede justificarse, al observar que las anomalías en los dos ríos se encuentran alineadas. Tanto hacia el Norte, en la boca de Yurumanguí, como hacia el sur, en la boca del Micay y del río Saija, el bloque levantado se hunde y se establece nuevamente el patrón regular de una zona costera amplia con manglares y esteros.

La zona levantada ha sido interpretada como una llanura costera elevada, aunque en un perfil que se estudió unos doscientos metros al Oeste del Micay, en el bloque alto, no se obtuvo una evidencia concluyente al respecto. Allí se observó primero un horizonte de 1.60 m de arenas grises, de grano medio, que

descansan sobre unas arcillas puras de color gris. Un perfil similar se encuentra también en la orilla del Micay y en el brazo del Coco, donde las arenas están ausentes; pero se encontraron las mismas arcillas puras.

Los valles aluviales de los ríos Naya y Micay son relativamente anchos y el cauce fuertemente meándrico : se observan varios meandros abandonados. Recientemente el Naya cortó el meandro en frente de Puerto Merizalde. También los complejos de orillares están muy desarrollados en toda la llanura aluvial.

Esto demuestra que en estos ríos predominan los procesos de flujo concentrado sobre las riberas del cauce, con erosión y sedimentación activa, en el lecho del río. En menor grado, ocurre una sedimentación en la llanura de inundación y por lo tanto, los diques naturales están poco desarrollados en esta parte. Sin embargo, el espesor de los depósitos aluviales de estos ríos no parece ser muy grande como se observa regularmente en los afloramientos de roca, en los cortes de la orilla. Por lo tanto es muy probable que estos ríos con una dinámica de flujo muy alto, remuevan en gran parte sus propios sedimentos. Dentro del mismo cauce se observa que este proceso es todavía activo. El cauce es muy amplio con grandes bancos de arena (Micay) y gravas (Naya) que hacen que ambos ríos no sean navegables con aguas bajas.

La sedimentación de los sedimentos finos ocurre más hacia abajo, cerca de las bocanas y en la bocana misma, donde se observan amplias playas de lodo y arenas finas. En la parte baja de los ríos aumenta también el tamaño de los diques naturales, indicando que por allí el río inunda frecuentemente la llanura deltáica. Una parte importante

de la carga de fondo de los ríos se deposita en la desembocadura del río en la bocana, originando allí los deltas interiores.

#### 2.4.4 Llanuras de Timbiquí - Guapi

Esta zona que se extiende desde la bocana del río Saija hasta el río Chanzará presenta todas las características de la llanura fluvio-costera. Adelante de la costa encontramos amplias planicies de lodo y arenas finas, que únicamente fueron cartografiadas parcialmente, debido a la situación de aguas altas, captada en las fotografías aéreas. Aunque no estamos seguros, opinamos que la mayor parte del aporte de estos sedimentos finos, podría venir de la zona fluvio-deltáica, más hacia el S.O : estos fueron transportados hasta aquí , por las corrientes litorales. Una indicación de esto son las grandes cantidades de aserrín que se encuentran en las playas, y el cual, debe provenir de la misma región, en la que se encuentran la mayoría de los aserríos. Las barras de playa están menos desarrolladas en esta región, debido a la mayor cantidad de sedimentos finos. A veces la planicie de lodo pasa sin cambios fuertes hacia la llanura de mareas con manglares.

La llanura de marea está bien desarrollada, con una gran cantidad de esteros . Una parte de los esteros muestra un patrón dendrítico, mientras que otros parecen ocupar antiguos cauces meándricos. Los perfiles en esta llanura son característicos para la zona de manglares : arcillas orgánicas alternan con capas de turba. La transición hacia la llanura aluvial es transicional. Tanto en el río Guapi como en el brazo Limones se observó que la terraza inferior baja lentamente de nivel y en un cierto momento, la presencia de manglares indica el cambio hacia la llanura de marea.

En los perfiles se observó también, un cambio gradual de arcillas limosas con algún material orgánico, de un ambiente más bien fluvial (límones), hacia las típicas arcillas orgánicas ricas en material vegetal descompuesto con su olor característico a  $H_2S$  fuerte (canal Corozo)

Los ríos Guapi, Limones y Chanzará se encuentran mucho más entallados en sus sedimentos que en otros sitios y por lo tanto tienen llanuras de inundación muy estrechas y limitadas por terrazas, que rápidamente llegan a un nivel de 4 metros por encima de pleamar. También se encuentran niveles de terrazas aún más altos: allí las colinas con rocas terciarias (Formación Guapi) afloran en las orillas del río. Una consecuencia de ello es que que estos ríos tienen en esta forma un cauce muy bien definido, con profundidades considerables. Una excepción en este aspecto es el brazo sur del río Limones, el cual aparentemente se está colmatando, ahora que el agua drena en su mayor parte hacia el Norte.

El río Timbiquí se parece mucho más a los ríos Micay y Naya, por su llanura más amplia: tiene también un delta interior bien definido y según parece, el río vierte durante las crecientes una parte de sus aguas hacia el secadero Partidero, a través de una red de pequeños canales. Desde allí las aguas drenan hacia la bocana del Bubuey.

#### 2.4.5 Llanura fluvio-deltáica de las bocanas.

La llanura fluvio-deltáica de las bocanas, comprende la zona que va desde el río Iscuandé hasta la población de Mosquera: ésta puede ser considerada como una amplia zona deltáica, formada actualmente por los ríos Iscuandé, Tapaje, Tola Sanquianga y unos cuantos tributarios más pequeños. La región se encuentra en la prolongación de la depresión estructural del Patía en vista de los cauces.

abandonados observados en la llanura aluvial, se estima que el río Patía antiguamente también desembocaba en esta zona. Algo similar que sucede ahora, otra vez, debido a la captación del Patía por el canal que le une con el Sanguiangá. Así, grandes cantidades de sedimento fueron llevados hasta la región en donde se formó un delta compuesto. Se diferencia claramente la llanura aluvial, caracterizada por múltiples cauces abandonados, diques naturales a lo largo de los ríos actuales y sobre los cuales se encuentran las poblaciones más importantes de la región. (El Charco, Bocas de Satinga).

Elementos de interpretación importantes para la delimitación de la llanura aluvial lo son también, la presencia de vegetación natural más heterogénea que en la zona de manglares y la actividad agrícola. Los perfiles constan de limos arcillosos, que generalmente están mejor drenados, debido a su posición topográfica, aunque en las fotografías aéreas también se observan dentro de esta unidad, zonas con un drenaje imperfecto y aguas estancadas.

En frente de la llanura fluvial hallamos una llanura deltáica muy extensa, la cual está bajo influencia tanto de las aguas fluviales como del mar. Dentro de esta zona existe un sistema complicado de esteros. Una parte de éstos parece estar relacionada directamente con el esplamamiento de agua de los ríos, sobre la llanura deltáica. Los encontramos preferencialmente en frente de la desembocadura de los cauces más importantes, en la llanura deltáica. Otros esteros muestran más bien el patrón sinusoidal, que parece como típico para los flujos bidireccionales de aguas, bajo influencia de la marea.

Dentro de esta zona ancha se encuentran, como testigos de una progradación reciente, tres antiguas líneas de costa, representadas por complejos de barras de playa, que se

encuentran ahora dentro de la llanura de marea. Son los sitios de tierra firme dentro de esta zona acuática y la gente establece sobre ellas. Además se hallan allí los pozos de agua potable que no se salinizaron después del terremoto de 1979. La costa actual está formada por una nueva línea de barras de playa. Para explicar el desarrollo de esta llanura de marea con las antiguas barras de playa, existen dos posibilidades. Es posible que se trate de una progradación rápida con aporte principalmente de materiales finos, que formó llanuras de lodo, alternados con períodos de menor gradación, durante los cuales el oleaje pudo concentrar las arenas en barras aisladas dentro de un conjunto más fino. (en inglés llamado "cheniers"). Otra explicación es la de que, debido a condiciones variables y diferentes en el tiempo, se originaron localmente barras más grandes y extensas en una época mientras que en otros períodos de agradación, las barras no se desarrollaron tanto. Debido a una compactación diferencial, las barras grandes se preservan en superficie. En este caso las arenas costeras se continuarán por debajo de los depósitos más finos de la llanura de manera, que ésta se desarrolló posteriormente sobre ellas. En vista de las observaciones hechas en el campo, que demuestran la presencia de arenas en varios sitios, por debajo los depósitos de la zona de manglares, la última explicación parece ser más factible.

Una característica típica de esta zona son las bocanas o estuarios amplios y alargados, que contrastan con las otras zonas de la región estudiada. Se opina que la combinación de una llanura de marea muy ancha, en donde se almacenan enormes cantidades de agua con pleamar, junto con un número de ríos grandes que desembocan en esta zona, origina corriente de refluo tan grandes que dan como resultado el patrón que se observa.

Otro fenómeno que llama la atención en esta zona consiste

en que la vegetación de manglares, en muchos sitios, no llega hasta la orilla de los esteros, sino que presentan unas playas amplias, entre el estero y la vegetación. En zonas donde el suelo está compuesto por arenas alternadas con sedimentos finos, las playas son amplias : estas áreas con manglares se conservan como islas. Cuando los suelos son arcillosos, la cobertura vegetal es más extensa y se observa en la zona desnuda un patrón dendrítico, que está asociado con fenómenos de erosión.

Las observaciones en el terreno sugieren también una erosión. Como se observa en el corte esquemático, hallamos primero un horizonte típico de sedimentos finos, con mucho material orgánico y un espesor de 1-1.50m : este horizonte sostiene la vegetación del manglar por el sistema de raíces el cual a su vez lo protege contra la erosión.

Adicionalmente, alrededor de esto, con un límite muy nítido y a un nivel de aproximadamente 1.50m por debajo se extiende la playa. En la zona de Sanquianga esta playa está cubierta por una capa delgada de sedimentos recién depositados : fenómenos similares los encontramos en regiones afuera de la zona de influencia de los ríos, donde los sedimentos recientes están ausentes.

Opinamos que se trata de un proceso de erosión; sin embargo comparando las fotografías de 1962 con las de 1983, se demuestra que el proceso no se extiende de una manera tan considerable y por lo tanto la erosión no parece ser activa. Aparentemente hubo un período de erosión, del cual no tenemos aún una explicación y durante el cual se degradó parcialmente la capa que sostiene el manglar. Ahora la erosión se estabiliza ó al menos disminuyó, pero el manglar, aparentemente no es capaz de colonizar los playones que se encuentran 1.50m más abajo.

#### 2.4.6 Delta del Río Patía

El delta del río Patía comprende toda la zona localizada al sur de Mosquera y al Oeste de la Serranía con colinas, que corren desde la ensenada de Tumaco hacia el Norte y que lo separa de la depresión del Patía más hacia el Este. Una vez que el río Patía atravieza a esta serranía, se bifurca en un número de cauces, que buscan un camino hacia el mar. En las imágenes de radar se observan unos cauces antiguos, más o menos abandonados, que tenían un rumbo desde la salida del cañón, hacia el Noroeste, mientras que los cauces más recientes giran primero hacia el sur, siguiendo la serranía, para girar después formando una curva amplia hacia el Oeste. En este aspecto el desarrollo es similar al que se presenta en la depresión al otro lado de la Serranía sugiriendo que en ambas zonas ocurrió un hundimiento tectónico, que se pronuncia hacia el sur.

La mayor parte de la zona está ocupada por llanuras aluviales de los diferentes brazos del Patía, y las cuales se extienden hasta cerca de la Costa, dejando únicamente una faja estrecha para la llanura de marea, con influencia de las aguas marinas y esteros. En la costa del delta se observa la fuerte influencia de la acción de olas : en este aspecto el delta se clasificaría como un delta con influencia dominante de las olas : (wave dominated delta). El patrón en las barras de playa, donde se observa que estas están cortadas por otras, demuestra claramente que el aporte de sedimentos ha variado de un brazo a otro a través del tiempo. Una comparación entre las fotografías de 1962 y las de 1983 demuestra varios cambios, como se aprecia por ejemplo en la desembocadura de la bocana Hoja Blanca y la bocana Patía : en la secuencia fotográfica de 1983 parece haber sido abandonado. Estos cambios que se observan en la línea de costa, se deben más bien a la desviación del río Patía.

Aunque otra vez se remarca la desventaja de las fotografías de 1983, por haber sido tomadas con pleamar, se nota que las bocanas del Patía y sus brazos se están colmatando, aunque aparentemente se conservan en la mayoría de los casos, canales que parecen navegables durante casi todo el día.

En el extremo sur de esta zona las colinas con estratos terciarios llegan a cerrar el delta y forman hasta cierto punto una barrera entre esta zona y la ensenada de Tumaco. En el campo y en la imagen de radar se aprecia una cierta estructura sinclinal, definida anteriormente, confirmando la idea de que el delta, en parte, está controlado por una depresión estructural.

## 2.5 LA DINAMICA MORFOLOGICA

Aparte de los cambios morfológicos producidos por la captura del río Patía, que serán discutidos en el siguiente párrafo, la comparación de la situación entre las fotografías de 1982 - 1983 y la información más antigua (imágenes de radar de 1969 y fotografías aéreas de 1962), no muestra cambios muy grandes en la configuración costera. En este aspecto hay que observar que la posibilidad de una comparación razonable es difícil, debido al hecho de que las fotografías de 1962 fueron tomadas con aguas bajas, mientras que el nivel de marea cambia fuertemente en las fotografías de 1982 y 1983. Además la resolución en las imágenes de radar es demasiado pobre, para efectuar una comparación detallada. Sin embargo parece justificable la observación de que la situación en la zona de los esteros es muy estable pues hechos tan importantes como el terremoto y Tsunami de 1979 (que fue un evento de gran magnitud), apenas modificó la morfología costera, exceptuando la zona directamente al norte de la población de Mosquera (véase también 3.2) En la costa misma se observan cambios menores que indican en algunos sitios cierta erosión de las barras de playa y en otros acreción

de las barras ó de una espiga. Sin embargo, se opina que estos cambios son normales dentro del desarrollo costero y se deben a hechos locales, tales como el efecto de la ubicación de un banco, una tempestad ó algo similar y que éstos no indican procesos de mayor impacto. También durante el trabajo de campo no se hicieron observaciones que pudieran indicar qué áreas estuvieron sometidas a procesos severos de erosión. Las áreas de gradación son más difíciles de reconocer, porque para esto se necesita un punto de referencia con relación a una situación anterior.

La única zona costera donde se pueden esperar cambios de consideración es en la zona desde la bahía de Guapi hasta la bocana del río Timbiquí. Allí la costa está formada por extensas planicies de lodo y debido a las corrientes litorales se puede esperar un incremento del aporte de sedimentos, debido a los hechos desarrollados en la cuenca del Sanquianga. La cantidad de aserrín que encontramos sobre las playas, indica al menos, que los sedimentos provienen de la llanura fluvial-deltáica. Cambios considerables ocurren en la llanura aluvial de los ríos Naya y Micay, ya que éstos muestran un dinamismo muy grande de sus lechos y lo cual indica una erosión lateral, muy activa. Claro está que la parte alta de estos ríos también muestran cambios considerables, teniendo en cuenta su régimen, que se aproxima al de un río trenzado.

#### 2.5.1 Consecuencias de la captura del río Patía por el Sanquianga.

Hace aproximadamente 16 años, según comentarios en Boca de Satinga, se hizo un canal para unir el río Patía con el Sanquianga, para facilitar así el transporte de madera desde la cuenca del Patía hacia los aserríos localizados en Boca de Satinga. El río Sanquianga parece haber desviado ahora aproximadamente 3/4 parte del caudal del río Patía (informe técnica del Min.00 PP - Sección Estudios Fluviales de 9.3.85). La captura se observa en las fotografías aéreas

Nos. 286 - 287 del vuelo C-2076 de 1983 del IGAC en donde se aprecia claramente la magnitud del evento.

Debido a la erosión en el cauce del río Sanquianga, con la consecuente sedimentación en el Patía, que ocurrirá aguas abajo del punto de la captura, es de esperar que el caudal del río Sanquianga aumente hacia el futuro, pues éste debe alcanzar nivel de base.

La captura tendrá sin duda alguna su influencia sobre el desarrollo morfológico del delta del Patía. Debido a un menor aporte de sedimentos hacia las desembocaduras, se puede esperar:

- Una erosión de la costa, por corrientes litorales.
- Una ampliación de la zona bajo influencia del mar debido a una compactación de los sedimentos fluviales y una posible subsidencia de la zona al occidente de la dorsal estructural de rocas terciarias (la zona de serranías que controla el cauce del río Patía).

Una comparación entre las fotografías de 1962 y 1983 (véase también la figura adjunta), demuestra claramente los cambios que ocurrieron en este período. En primer lugar, se destaca una erosión cercana a los 500m en la costa desarrollada antiguamente en frente de la boca, que se encuentra en la boca Patía y en la bocana Hoja Blanca. Sin embargo, no se puede asegurar si el abandono de esta desembocadura está relacionado con la captura: en las fotografías antiguas parece como si ésta fuera ya menos activa. Otro fenómeno que se nota claramente en la secuencia fotográfica reciente y que sí parece relacionarse con la captura, es la desviación de las bocanas hacia el Norte, debido a la influencia de la corriente litoral. El crecimiento de la espiga en la bocana Patía es notorio, también. Estos cambios se observarían aún mejor cuando las fotografías hubiesen sido tomadas con aguas bajas. Al menos en el campo tuvimos la impresión de que la espiga

en la bocana Patía, era mucho más larga. También en la bocana Majagual, se observó que la planicie en frente del estero, la trocha ( la zona entre Estero Correntoso y el brazo del Patía), se extendió y que ahora parcialmente está estabilizada, por la colonización con manglar.

Otra observación interesante en esta comparación es la relacionada con la situación hacia el interior. Allí los cambios son mínimos y se piensa que bajo la influencia de los flujos de marea y el agua del Patía, que todavía llega hasta la bocana, los cambios serán relativamente lentos.

En cuanto se refiere a la penetración de las aguas salinas, no podemos decir nada, por falta de datos de referencia . Sin embargo se anota, que según comunicaciones de la gente que cultiva arroz en la llanura aluvial, allí se nota una salinización : esto comprobaría nuestra manera de pensar.

Los efectos de la captura en la zona fluvio-deltáica baja del río Sanquinga son mucho menores que los observados en el delta del Patía. La comparación efectuada entre las fotografías correspondientes al vuelo M-1178 (Nos. 22198 - 22204) de 1962 con las del vuelo C-2076 (Nos. 218 - 216 - 273 - 271 - 279 - 281), apenas muestran diferencias. Algunas pequeñas diferencias, que se observan por ejemplo en el brazo Sanquinga, pueden estar relacionadas con las mareas. Un factor adicional es el de que cualquier cambio en esta región, también pudo ser causado por el terremoto de 1979, que afectó sobretudo, esta zona.

Basándose sobre los hechos, que muestran un aporte mayor de sedimentos por parte del Patía y una erosión severa en la parte alta del Sanquinga, se debe esperar un aumento de sedimentación en la zona deltáica. Dentro de la zona bajo influencia del Sanquinga, se observó en efecto, que la llanura

de marea estaba cubierta con una capa delgada de sedimentos finos, recientes, en contraste con áreas más alejadas de los ríos grandes : sin embargo, no se tiene un nivel de comparación, para concluir si esto se relaciona con la nueva situación del Sanquianga. Lo que pasa en los esteros y brazos más importantes, tampoco se puede definir con seguridad : observando que los brazos no se modificaron de una forma significativa y sabiendo que la cantidad de agua que pasa por el canal es netamente mayor, hay que suponer que la mayor parte del sedimento está siendo transportado hacia el mar. Debido al mayor caudal, hasta se puede esperar un aumento de la erosión, como en efecto se observó en la orilla del Cocal de Payanes donde ésta es fuerte así como en la isla alargada entre la bocana del río Sanquianga y la bocana El Carmen.

### 3. ASPECTOS GEOTECNICOS

A continuación se hará una reseña cualitativa sobre las características geotécnicas de los materiales, tal como fueron observados en el campo. En la descripción, se seguirá el corredor del recorrido, porque se estima que la cantidad de observaciones, no justifica una descripción independiente de cada unidad.

Como apéndice de este informe se debe adjuntar todos los resultados obtenidos de los análisis sobre las muestras que fueron tomadas en el campo, ya que éstos servirán para conocer en primera instancia, cuantitativamente, las propiedades físicas de los sedimentos encontrados. En este aspecto se analizaron unas veinte muestras con el fin de conocer la granulometría : las muestras con más de 50% de finos fueron utilizadas para determinar también los límites líquido y plástico. Además, se tomaron siete muestras no alteradas para determinar la resistencia al esfuerzo cortante mediante pruebas tri-axiales, así como el grado de humedad.

En el campo se intentó hacer ensayos "in situ" con una veleta (vane

tester), pero el torque aplicado con este instrumento era demasiado grande, en relación con los suelos blandos de esta región: como resultado obtuvimos lecturas por debajo del nivel de precisión del instrumento.

### 3.1 DESCRIPCION DEL RECORRIDO

En la parte sur, entre la ensenada de Tumaco y Playa de Caballo, se encuentra una variación bastante grande en los perfiles, tal como se observa en la tabla 3. Esta variación se debe a la ubicación del corredor en relación con la morfología de esta región. La zona del manglar es relativamente tan estrecha que en un perfil podemos encontrar cualquier combinación de arenas costeras con arcillas orgánicas del manglar y arcillas ó arenas fluviales; esta variación se comprobó en sondeos separados por distancias cortas.

TABLA 3 PERFILES OBSERVADOS E INTERPRETADOS . TRAMO ENSENADA DE TUMACO - PLAYA DE CABALLO

SITIO	PROFUND. (m)	DESCRIPCION	INTERPRETACION
Canal Salahonda	0.30	Arcilla orgánica compactada	Alternancia de depósitos de la llanura de marea y arcillas aluviales (?)
	0.45	Arcilla menos dura y húmeda	
	0.85	Arcilla compactada	
	1.30	Arcilla blanda con mater. orgánico.	
Bocana Patía	1.80	Arenas gris-azules, de grano medio y bastante densas	Arenas costeras
Est. Correntoso (lado Bocana Patía)	0.50	Arenas amarillentas, de grano fino	Arenas fluviales, sobre depósitos típicos de la llanura de marea
	2.00	Arcillas orgánicas, muy blandas	
Est. Correntoso (lado Majagual)	0.75	Material orgánico con arcillas	Llanura de marea de alta energía (cerca de la costa)
	2.50	Alternancia de capas de arena fina, color gris plomo, con arcillas oscuras, algo compactadas.	
Est. Hondo	1.80	Arcillas grises oscuras	Llanura de marea
Est. Caballos	0.20	Limo arcilloso	Fluvial (?) sobre arenas costeras.
	0.50	Limo arenoso	
	1.50	Arena gris-azulosa	
Gauchal	0.30	Arena limosa	Arena costera
	1.80	Arena gris-azulosa	

En los cortes de los esteros, se observa que el horizonte superior sostiene la vegetación y está lleno con raíces, esta situación mejora la cohesión del suelo, haciendo que soporte pendientes fuertes; es también, el horizonte que protege la superficie de llanura entre mareas, contra la erosión, pero en general los drenes sobre esta llanura son poco pronunciados. Este horizonte que tiene un espesor de aproximadamente 1 metro, obtiene esta cohesión debido al sistema entrelazado, de las raíces del manglar.

Infrayacente a este horizonte se encuentran, en la llanura de marea, arcillas blandas con cantidades variables de material orgánico. Estas arcillas son mucho menos estables y generalmente no soportan pendientes superiores a 1:3; sin embargo, la cohesión aumenta cuando el material orgánico aún no está fuertemente descompuesto.

Localmente se encuentran arcillas más compactadas, (de origen fluvial) siendo éstas mucha más resistentes. Aunque no tuvimos la oportunidad de observar el canal de Salahonda con mareas bajas, allí donde ocurren arcillas duras, obtuvimos la impresión de que las orillas son relativamente estables y la erosión sobre la superficie limpia de vegetación es mínima. Sin embargo en vista de la acción que las raíces ejercen sobre la estabilidad de los taludes, se considera importante disminuir en lo posible la tala del manglar, para no deteriorar la calidad física del horizonte superior.

Entre las arenas costeras y las fluviales no se llegó a observar diferencias considerables aunque siempre es difícil distinguirlas. El contacto abrupto observado en el estero Correntoso indica que su origen es fluvial. Adicionalmente las arenas fluviales tendrán en general una granulometría mejor gradada (con excepción de bancos de arena activos). Sin embargo las arenas de la llanura entre mareas podrán presentar también una gradación muy buena, en el análisis granulométrico, pero esto se debe a una alternancia de capas de arenas con arcillas, tal como se observa en el estero Correntoso.

El comportamiento geotécnico de las arenas varía mucho .

En depósitos recientes, cuando las arenas están intercaladas con arcillas (estero Correntoso), las pendientes son muy suaves del orden de 1:4 . En el estero Correntoso se observó claramente el comportamiento diferencial entre estos dos tipos de material. Por otro lado hay que comentar que en varias ocasiones, se observaron arenas con mayor cohesión que presentaban pendientes bastante fuertes. También se anota que en algunos sondeos efectuados en arenas quedaron abiertos por debajo del nivel freático.

Entre Playa de Caballo y Mosquera, la situación se vuelve más homogénea . Existen extensas zonas de manglares, que se caracterizan por espesas acumulaciones de arcillas orgánicas y capas de turba. Los materiales son muy blandos . Localmente se observan pequeñas "islas" de arena que en vista de su orientación con la costa pueden ser identificadas como barras de playa que corresponden con línea de costa, antiguas. Estas zonas, arenosas dentro de los manglares se reconocen siempre , por la presencia de vegetación diferente, con las palmas cocoteras.

TABLA 4 OBSERVACIONES DESDE EL ESTERO CAMINO REAL, DE PLAYA DE CABALLO, HACIA MOSQUERA

<u>SITIO</u>	<u>PROFUND.</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>INTERPRETACION</u>
Estero Camino Real (salida)	0.50m	Arcilla orgánica	Llanura de marea
	2.00m	Turba arcillosa	
Estero Camino Real (salida)	2.00m	Turba arcillosa	Llanura de marea
Pueblo en el Est. Camino Real	0.20m	Arena limosa amarilla	Antigua barra de playa
	0.80m	Arena limosa/arcillosa amarilla/anaranjada	
	1.50m	Arena fina gris	

En la zona fluvio-deltáica las condiciones geotécnicas son bastante constantes. La mayor parte del área está constituida por llanuras de marea, donde observamos invariablemente el mismo perfil típico compuesto por una secuencia de material orgánico, arcillas orgánicas, que alternan a menudo, con horizontes más arenosos, (véase tabla 5). Generalmente la secuencia varía desde blanda, hasta muy blanda.

En las fotografías aéreas se aprecia y puede diferenciar aquellas zonas arenosas finas que han quedado bien expuestas en los sitios donde la capa superior con manglar ha sido erosionada. Las secuencias arenosas presentan playones anchos, con esteros relativamente planos, mientras que las secuencias con sedimentos finos, un patrón de erosión más bien dendrítico.

Hacia la costa la cobertura de manglar está más intacto y llega otra vez hasta la orilla del estero.

En una visita realizada a la Boca de Vigía (playa de Naranja), se observó que detrás de las barras de playa existe una interrelación complicada entre las arenas costeras y las deposiciones de ambiente de manglar. En la parte trasera de la barra encontramos arenas costeras, descansando sobre arcillas orgánicas. Un estero pequeño que corre desde la barra hacia la bocana, erode un canal dentro de una capa de turba arcillosa: este está parcialmente rellenado con arenas pues como se observó en un sondeo, las capas orgánicas muestran a su vez una alternancia de arcillas y arenas, con un alto contenido de materia orgánica.

Dentro de esta zona relativamente homogénea se hallan una gran cantidad de antiguas barras de playa, que siempre están compuestas totalmente por arenas. Sin embargo, estas arenas están bien compactadas y mantienen pendientes fuertes en el corte. Tanto en las orillas como en los pozos excavados para beneficiar agua dulce las pendientes son verticales, a pesar de que no se observa cementación. Posiblemente se deba a un proceso de meteorización y procesos

pedogenéticos. Sobre estas barras de playa se hallan los pozos, los asentamientos y algo de agricultura.

El fondo de los esteros varía bastante en composición, debido seguramente al complicado sistema de corrientes en los esteros y al transporte de sedimentos : en un sitio se encuentra en el fondo, arena, mientras que a poca distancia, se puede encontrar un perfil compuesto por arcillas y arenas, con material orgánico.

Durante esta investigación ha sido imposible determinar criterios indicativos para el tipo de material que se encontraba en el fondo de los esteros . Sin embargo se cree que en los esteros por donde pasa el agua de los ríos importantes (fijarse para esto en la entrada de los esteros y la falta de sinusoidal) se presenta un lecho más bien arenoso. Esta se basa sobre la ocurrencia cada vez mayor de bancos de arena, cuando uno va aguas arriba, hacia los ríos grandes (p.e. subiendo hacia Boca de Satinga desde el Charco).

Siguiendo hacia el sur las capas fluviales llegan a cubrir los depósitos de llanura de marea, como se observa en el perfil del río Tapaje Viejo. Parece que aquí las arcillas orgánicas ya están más compactadas, razón por la cual las orillas son más resistentes. Sin embargo, en uno de estos perfiles, se observó que troncos de madera enterrados, en material orgánico, a una profundidad de 5 metros, aún no estaban completamente descompuestos.

Una situación interesante ocurre en la zona del Tapaje Viejo y el Estero de los Martínez. El Tapaje Viejo recibe agua del estero de los Martínez y además está conectado a través de un canal con el río Tapaje. El Tapaje Viejo muestra una erosión considerable de sus orillas y se presume que esto está originado por las aguas del Tapaje, que fluyen a través del canal hacia el Tapaje Viejo. Sin embargo, se observó en ambas entradas del canal, bancos de arena importantes . El estero de los Martínez drena una extensa llanura de inundación hacia el Oeste del río Tapaje y de allí no recibe mucho sedimento, pero sí agua. Posiblemente por esta razón

TABLA 5 OBSERVACIONES DE PERFILES EN LA LLANURA FLUVIO-DELTAICA

SITIO	PROFUND. (m)	DESCRIPCION	INTERPRETACION
Brazo Sanquinga	0.05	Limos arcillosos amari- lentos.	Llanura de marea de alta energía
	0.25	Limos arenosos	
	2.00	Arenas finas finamente estratificadas, con capitas de arcillas y material orgánico	
Playa de Naranja	1.00	Arenas de grano medio, gris azul.	Arenas costeras sobre depósitos de llanura de marea
	1.50	Arcillas orgánicas	
Playa de Naranja	1.50	Turba alternando con arcilla y arena, en horizontes bien defi- nidos. Relativamente duras.	Llanura de marea
Rio Sanquinga	2.00	Turba arcillosa/limosa no compactada.	Llanura de marea
Oeste de Calabazal	2.00	Turba arcillosa/limosa, no compactada	Llanura de marea
Secadero Conchero	2.50	Arcillas orgánicas y turba arcillosa, no compactada	Llanura de marea
Tapaje Viejo	0.50	Limos y arenas finas	Depósitos fluviales cubriendo sed. de llanuras de marea.
	1.50	Limos y arcillas orgá- nicas, finamente estra- tificadas.	
	5.00	Arcillas orgánicas y turbas relativamente duras	
SE. de Mosquera	0.10	Arena pardo oscura	Antigua barra de play
	0.50	Arena pardo amarilla	
	1.50	Arena amarillenta-gris	
	2.00	Arena gris-amarillenta	
Cocal de Payanes	2.50	Arena pardo oscuro	Antigua barra de playa
	-2.50	Arcillas gris-gris/ oscuro.	
San Antonio	0.10	Arena-gris-amarillenta	Antigua barra de playa
	0.70	Arena amarilla	
	1.80	Arena gris	

Tabla 5 . Observaciones de perfiles en la llanura fluvio-deltáica  
Continuación.

SITIO	PROFUND. (m)	DESCRIPCION	INTERPRETACION
Samangue 1	0.40	Limos amarillentos	Dique natural
	0.70	Limos amarillentos con manchas rojizas	
	1.80	Limos arcillosos grises	
Samangue 2	0.50	Arcilla limosa gris amarillenta.	Basin fluvial (?)
	1.20	Arcillas grises, medio blandas	

el estero es muy hondo y erosionado, con orillas verticales, desarrolladas en arcillas orgánicas. Ahora no se debe excluir la posibilidad de que la erosión en el Tapaje Viejo se deba a las aguas que provienen del estero de los Martínez.

La ruta para el canal sigue desde El Charco hasta el río Guapí, en la unidad de llanura de marea, pero se nota como esta unidad se eleva paulatinamente, respecto al nivel de marea alta. Llegamos hacia el borde oriental de la llanura fluvio-deltáica donde el terreno varía gradualmente hacia la zona más alta de Guapí. Según información topográfica relacionada con un trazado de canal entre Chanzará y Guapí, por la Quebrada Las Peñas, existe una terraza de 8 metros por encima del nivel de mar en esta región.

Aunque no sabemos si esta zona más elevada corresponde con un alto estructural, se anota que el río Iscuandé se encuentra a un nivel más alto que el del río Tapaje, originándose un drenaje a través de los esteros Largo, Las Varas y en menor grado El Barco del Iscuandé hacia el Tapaje. En períodos de crecientes, el agua del Iscuandé pasa por toda la zona entre los esteros Largo y Las Varas, dejando como expresión un patrón trenzado. Los grandes bancos de arena en los esteros mencionados indican también un transporte de sedimentos en esta dirección.

Los perfiles en toda la región (tabla 6) mantienen sus características de llanura de marea, aunque parece que el contenido de limo aumenta en relación con la arcilla : además no se encontraron arenas. El material está muy poco compactado. En el sitio del canal entre el estero Lomón y el brazo Chanzará, es casi imposible de hacer un sondeo : la sonda de "vander Staay" no entra debido a la presencia de gran cantidad de material orgánico, mientras con el barreno no se obtiene material de la superficie debido a la poca consistencia. Sin embargo, el barreno entra sin problemas hasta dos metros de profundidad. Esto indica que el material es muy blando y sin cohesión. Las pruebas con la veleta, no dieron resultado.

TABLA 6 DESCRIPCION DE LOS PERFILES ENTRE EL RIO TAPAJE Y EL RIO GUAPI

SITIO	PROFUND. (m)	DESCRIPCION	INTERPRETACION
Est. Las Varas	0.50	Turba limo/arcillosa	Llanura de marea
	1.75	Arcillas limosas muy ricas en mat. orgánico muy poco compactadas	
Est. Quegupi	0.30	Limos arcillosos grises	Llanura de marea (alta ?)
	1.10	Arcillas con mat. orgánico	
	1.60	Arcillas más puras poco compactada	
Est. Lomón Chanzará	0.40	Material orgánico con algo de limo	Llanura de marea
	2.00	Limos orgánicos(?) muy blandos -sin recuperación de material	
Est. Bagrero	0.10	Lodo sin alguna compactación recién depositado.	Llanura de marea con acumulación activa
	0.70	Material orgánico con lodo	
	2.00	Arcillas limosas con mucho mat. orgánico descompuesto muy blanda.	

El estero Bagrero no se puede pasar con marea baja: es sinuoso y actualmente se está rectificando y adecuando para la navegación

En algunos sitios la pendiente es aproximadamente de 1:1, pero en los sitios donde la vegetación ha sido limpiada, se observa que las orillas ya no son estables, produciéndose deslizamientos y surcos por el agua, cuando ésta regresa de la llanura, al estero. Las pendientes de la orilla en estos sitios es aproximadamente 1:3

La vía navegable actual de Guapi hacia el norte, pasa por el río Guapi y el río Limones: ambos son transitables durante todo el día. Tienen un lecho profundo, erosionado en los propios sedimentos, y a menudo en las rocas de la Formación Guapi. Unicamente, el brazo Quiroga muestra unos bancos de arena importantes, directamente después de la bifurcación del río Limones. Para acortar la vía se está considerando, la construcción de un canal aguas abajo de Guapi, que corta el meandro y otro canal entre el río Guapi y el brazo Quiroga, en el sitio más estrecho, entre estos dos ríos. En ambos sitios ya se adelantaron trabajos, pero en el primer sitio el canal parece más o menos fuera de uso: en el otro, el canal construido por el INCORA nunca fue terminado, aunque sí fue transitable con aguas altas, en un potrillo.

Morfológicamente los sitios son comparables: se trata de una zona de transición entre la llanura de marea y terrazas bajas, que se inunda ocasionalmente con "puja" ó durante las crecientes de los ríos. El perfil muestra, tanto la influencia de los ríos con arcillas limosas (0.30m) y arcillas grises, muy blandas (hasta 1.00m), como de la llanura de marea con arcillas oscuras algo más compactadas y duras, con un contenido alto de material orgánico. El canal de INCORA fue hecho con un talud de 1:1 pero éste no será estable, sobretodo, cuando se llegue a profundizar el canal.

El trazado desde la desembocadura del río Limones hasta la Bocana Timbiquí, pasa por los esteros El Loro, Cuerval (también conocido como Carretera) y Marcelo. Son transitables en gran parte durante

todo el día. El Loro es secadero en su entrada sur, donde tiene muchas curvas y es muy angosto, razón por la cual necesitaría una rectificación. En el estero Marcelo, parece que la zona problemática se encuentra en el Norte, posiblemente debido a la presencia de sedimentos aportados por el río Timbiquí.

Los tres esteros están continuamente ubicados en una llanura de marea, con perfiles típicos de turba y sedimentos arcillo-limosos, presentando alto contenido de materia orgánica.

El problema más serio en la navegación actual, es la presencia, en las partes que se secan, de gran cantidad de troncos y árboles caídos, en el lecho de los esteros.

La desembocadura del río Timbiquí en la bocana genera una zona problemática, debido a la fuerte sedimentación de este río. El acceso a la población de Timbiquí por los brazos de este río es únicamente posible con aguas altas ya que en el río hay muchos bancos de arenas y gravas. El patrón casi trenzado es característico, debido a la cantidad de sedimento transportado y depositado. Este problema también se presenta en el acceso al estero Partidero, que ahora ya está captando agua del río Timbiquí. En el fondo del estero hay una capa de arena de grano medio hasta gruesa, con un espesor de 0.30 - 1.00m, que descansa sobre arcillas orgánicas y turba. En la orilla de este estero hay hasta 1.50 m de profundidad, un perfil típico de llanura de marea, con arcillas orgánicas.

El secadero Lagartero, que une el río Bubuey con el río Saija es el más largo que hemos encontrado. Es un canal muy estrecho con algunas curvas cerradas; sin embargo su rectificación parece muy factible pues acorta considerablemente la distancia. En todo el tramo se encuentra llanura de marea, aunque el nivel de pleamar parece llegar un poco por encima de la superficie. El fondo del

secadero consiste continuamente de arcillas limosas con gran cantidad de troncos : el material está muy poco compactado.

El río Saija muestra como muchos otros ríos un delta interior, hacia su desembocadura, en la bocana. Estos deltas se forman inicialmente por la sedimentación de la carga de fondo : hacia arriba se depositan sedimentos más finos. En una de las islas se encuentran 3 metros de limos arcillosos, encima de arenas gruesas y grava. A continuación se pasa por un canal y un estero pequeños hacia el estero Corozal . El canal parece ser hecho por la gente de la región y es secadero, aunque con media marea siempre tiene aproximadamente 4 metros de profundidad : el fondo parece arenoso.

Desde el estero Corozal seguimos hacia la bocana del Coco ó la bocana Micay Sur, dejando a un lado el brazo Sande, que constituye la vía por el interior hacia el brazo El Coco. Esta bocana tiene unas planicies de lodo y arena muy extensas como se observa en las fotografías aéreas. Fenómenos similares fueron observados en la bocana Micay-Tambor, en Bubuey, Timbiquí y parece que también ocurre en las otras. Sin embargo es difícil de decir si estas bocanas se están sedimentando pues no disponemos de material adecuado para hacer una comparación. El fenómeno refleja de todas maneras la cantidad de sedimentos aportados por los ríos, en este sector de la costa.

Entre la bocana El Coco y la desembocadura del río Naya al sur de la Isla Cangrejal, la única vía navegable que existe es por el brazo El Coco y los brazos sur y norte de los ríos Micay y Naya. En la llanura costera no existen esteros que permitan otro paso, aparte del hecho de que las poblaciones Noanamito y Puerto Merizalde son los centros más importantes entre Guapi y Buenaventura con un potencial agrícola considerable. Sin embargo estos ríos están caracterizados por un gran transporte de sedimentos prove-

nientes de la parte alta de la cuenca y transportados hacia abajo, donde se sedimentan formando bancos grandes en el lecho; esto produce una dinámica fluvial obligando al río a encontrar un paso por el lado de un banco, erosiona entonces la orilla y así este material se transporta y sedimenta más abajo, repitiéndose el proceso.

Posiblemente se podría mejorar la navegabilidad en el brazo El Coco dragando la entrada. Considerando su curso recto hacia la bocana el brazo, a lo mejor quedaría abierto, pero esto tendría como consecuencia el peligro de que el brazo Candelaria se sedimentaría fuertemente. Morfológicamente ya existen ciertas evidencias que indican que un desarrollo de este tipo ya está ocurriendo. Al menos el desague a través del Coco es considerable.

El brazo sur del Micay y también el sur del Naya (coincidencia ?) no tienen solución fácil, porque cambiando la relación de agua entre los brazos, por una obra en la bifurcación, fácilmente podría cambiar el problema del brazo sur, hacia el brazo norte. En el contexto del presente estudio no fue posible aportar más datos para la solución de este problema.

Cerca de la bocana Micay - Tambor, existe un canal que une a ambos ríos y aunque la distancia hasta la bocana por ambos lados es más ó menos igual, existe un desnivel importante entre estos dos ríos. El agua corre rápido del Micay al Tambor erosionando fuertemente las orillas del canal. La mayor parte de este sedimento se queda en el Tambor formando bancos de arena y lodo, muy grandes. Este ejemplo demuestra que en este ambiente, muy cerca de la costa, aún pueden existir desniveles considerables.

Después de la boca Norte del Naya volvemos en el ambiente de la llanura de marea con manglares y esteros. La vía sigue por el Cangrejal, que no es un secadero de verdad; parece que existe paso durante todo el día. Se propone hacer un canal para acortar

La vía, pero el paso que se quiere construir coincide exactamente con una antigua barra de playa, que presenta arenas en todo el perfil. Aproximadamente a cien metros de este sitio se halla otra vez manglar; en un perfil, se observa después de 2.50m de arcillas orgánicas y turba, las primeras arenas que corresponden con la barra de playa.

El paso siguiente, el estero Fray Franc, si es secadero de verdad. Casi en la entrada sur hay un banco de arena pero unos cien metros más adelante, donde hay otro banco de arena, el estero queda completamente seco. En el banco de arena encontramos en un perfil de 1 metro, arenas alternadas con capas de material orgánico (hojas) y algunas capas de material más arcilloso. En el canal de flujo se encuentra un perfil inverso al anterior. Sobre una profundidad de 1.40m se encuentran arcillas limosas con material orgánico, ligeramente compactadas, alternadas con algunas capas de arena fina.

Casi enseguida, después de la entrada, cambia la dirección de flujo de agua y el estero se ahonda rápidamente.

El paso de Guayabal que se encuentra entre el río Cajambre y el brazo Carrancio es otro secadero localizado dentro de una llanura de marea. Un sondeo hecho en el lecho del secadero muestra en el primer metro arcillas orgánicas, con algunas capas de arena, pero como este secadero se encuentra directamente enfrente de las rocas terciarias es posible que más abajo aumente la cantidad de arena. Algo similar también podemos esperar en la boca de la Sierpe, donde el estero sigue su camino entre las colinas de rocas terciarias. Allí no se debe excluir la posibilidad de que, a veces, el fondo del estero llegue hasta la roca.

El paso de Tortugas es un problema aparte. Los estudios de INCOL LTDA dan una buena idea sobre las características de la roca

y de la capa meteorizada pero los trabajos del padre Mejía muestran claramente, que dentro de estas rocas se podría hacer un túnel ó un canal . Cuando se trabaja la roca con cuidado no se correrá riesgos muy grandes. La estratificación es subhorizontal y existe un sistema de discontinuidades muy espaciadas, casi vertical. La factibilidad de un paso navegable depende más bien de un cálculo económico.

Una vez pasado el tapón de Tortugas quedan dos secaderos, el de Mayorquín y El Piñal y el paso Humane en la boca después de la isla Santa Bárbara. El paso difícil en el secadero Mayorquín parece ser en la entrada sur : aquí el estero pasa todavía por la barra de playa que es sumamente plana, con un fondo de arenas sueltas. Sin embargo es el único camino. Si las arenas forman un problema muy grande, se podría estudiar la posibilidad de un canal algo más hacia el este, pegado contra las rocas terciarias. En el estero El Piñal se esperaba el mismo problema, pero aquí la parte del secadero se encuentra aproximadamente en la mitad del camino entre los manglares. El perfil, que se presenta en la tabla 7 fue tomado en el fondo del estero: hasta más de dos metros

TABLA 7 DESCRIPCION DE PERFIL EN EL ESTERO EL PIÑAL

SITIO	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION	INTERPRETACION
El Piñal	0.25	Arenas grises	Llanura de marea
	1.00	Arcillas orgánicas con algunas capas arenosas,	
	2.00	Arcillas orgánicas muy oscuras, algo compactadas.	
	2.20	Arcilla compactada	
	3.00	Arena densa, con cierta cohesión	

se hallan arcillas orgánicas, cuya parte inferior está algo compactada . Solamente a una profundidad de 2.20m se encuentran arenas, sobre las cuales hay que observar que son relativamente densas y

muestran una cohesión sorprendente. La Sección del sondeo permaneció abierta sin problema, aunque estaba lleno de agua. Parece entonces que este paso no dará problemas mayores.

Por fin queda el paso Humane en la bocana. Dentro de la bocana existe una playa muy amplia, que obliga al navegante, con marea baja, a salir del mar. El paso Humane parece aprovechar un canal natural ubicado en la parte trasera de la playa, que necesitaría profundización. El material de la playa consistirá de arenas y limo. El problema en esta bocana igual que en otros sitios parecidos (Majagual, San Juan de la Costa) es más bien hidráulico y de diseño, para evitar que el canal dragado se llene de inmediato, con nuevos sedimentos.

### 3.2 INFLUENCIA DE LOS TERREMOTOS Y TSUNAMIS

La sismicidad de la Costa Pacífica es muy alta. Como una gran parte de los terremotos se originan en la corteza terrestre, en el fondo del Pacífico. Existe igualmente un riesgo muy alto de que ocurran Tsunamis olas que puedan alcanzar varios metros de altura, provocados por un terremoto en el fondo oceánico (también conocidos como maremotos). Todos los documentos dedican mucho espacio a este tema, sin duda alguna influenciados también por el terremoto del 12 de diciembre de 1979, que en la historia sísmica de la región únicamente fue superado por el sismo de 1906. Una descripción excelente tanto sobre el origen como sobre los hechos del sismo de 1979 se encuentra en el informe del Instituto Geofísico de los Andes\* escrito por el conocido padre J. E. Ramírez S., por tal razón no es necesario detallar los hechos.

Entre los efectos que causan los terremotos en esta región, se destaca en primer lugar, los hundimientos que fueron registrados después del evento de 1979 y que alcanzaron un máximo de 0.50m

Considerando el tipo de sedimentación en la llanura de marea, que es un ambiente muy tranquilo, se obtiene sedimentos de muy poca densidad. Debido a la vibración que ocurre durante un sismo, se produce una compactación de los sedimentos, resultando un asentamiento del suelo. En parte el agua salobre es exprimida desde los sedimentos finos hacia estratos arenosos que casi no pueden ser compactados, y manteniendo por lo tanto su porosidad y permeabilidad alta. Esto hace que las bolsas de agua dulce, en estas arenas, se contaminen con agua salobre : por esta razón muchos pozos en la región quedaron inutilizables. Este proceso se puede producir con tanta violencia que, según relatos de la gente, de los pozos de agua brotaron surtidores como geiseres de agua y arena. (pg. 57 informe de Inst. Geofísico).

En la región de estudio, se observó durante la fotointerpretación, en la zona de Mosquera y especialmente en el área al norte de la población presenta un patrón de esteros, diferente al resto de los de la zona, que se deja interpretar como una zona inundada. En lugar de encontrar un patrón de esteros, en la llanura de marea con manglares, se observa agua con restos de llanura de marea. Aparentemente el hundimiento en esta zona fue tan grande, que afectó la vegetación de manglares, situación que no observamos en otros sitios, donde el hundimiento fue menor.

Las vibraciones sísmicas, la expulsión de agua de capas compactadas y la ola del tsunami producen aumento abrupto de las presiones hidro-estáticas en los estratos (recuerden los pozos que brotaron como geiseres). Esto a su vez puede originar una licuefacción en un horizonte, lo cual implica que la cohesión y fricción interna se reduzcan abruptamente y el material empiece a comportarse como un líquido.

\* J. E. Ramírez Terremotos Colombianos noviembre 23 y diciembre 12 de 1979. Informe preliminar Instituto Geofísico de los Andes .  
Univ. Javeriana Serie A Sismología No.45  
Bogotá 1980

En vista de los daños reportados y de los fenómenos observados y descritos en el informe sobre el sismo, es muy probable que ocurrieran casos de licuefacción . Sin embargo tenemos que anotar, que en la llanura fluvio-deltáica , no se observaron cambios de consideración . Lo mismo se puede decir sobre la red de esteros y brazos existentes en el delta del Patía. . Por el contrario , la estabilidad de estas zonas, a través del tiempo es muy remarcable.

Por fin, se reporta la ocurrencia de derrumbes, como por ejemplo en El Charco, en relación con el terremoto. En el caso de El Charco, ocurre una erosión de la orilla del río Tapaje al lado del pueblo. Esta resulta posiblemente de un gradiente tan fuerte sobre la orilla, que ésta no resistió las aceleraciones horizontales de las vibraciones sísmicas, produciendo derrumbamiento de la orilla . Las observaciones en el terreno, donde todavía se aprecian cuñas deslizadas apoyan esta hipótesis : fenómenos parecidos, podrían originarse en los taludes de los canales.

Los efectos de un Tsunami se registraron en primer lugar en la costa , aunque la ola penetrara también tierra adentro, por los ríos. Estas olas, una vez llegadas en situación de aguas someras, transportan grandes cantidades de sedimentos y deben ser capaces de modificar considerablemente la morfología de las bocanas, se comenta en este aspecto, que la boca de San Juan de la Costa quedó cerrada con aguas bajas debido a un banco originado por el Tsunami Sin embargo carecemos de los elementos necesarios para evaluar el efecto del Tsunami sobre la morfología costera.:

Para terminar este párrafo sobre los riesgos sísmicos de la región, parece oportuno anotar que un evento como el terremoto de 1979, en el cual la intensidad fue calculada como 7.9 en la escala de Mercalli, según el mapa de riesgos sísmicos para esta región, tiene una frecuencia de una vez cada cien años (informe Inst. Geofísico ; pg. 36).

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

##### 4.1 El Trazado Tumaco - Buenaventura

En el recorrido hemos seguido el trayecto establecido en estudios anteriores y según indicaciones recibidas en la fase preparatoria.

En la zona del Patía, la vía por el interior ya está más ó menos definida y actualmente se adelantan trabajos para adecuarlos para navegación continua .

- . El trazado de la ensenada de Tumaco hacia Playa de Caballo parece perfectamente factible , pero presenta sus mayores dificultades en las diferentes bocanas, por la ocurrencia de bancos de arena (Majagual, San Juan de la Costa).

Desde Playa de Caballo, parece que existen varias vías. Nosotros seguimos a Mosquera, pero según información recibida existe también un camino más directo a Boca de Satinga y El Charco.

- . La cantidad de vías navegables en la llanura fluvio-deltáica son innumerables y muchas de ellas no requerirán mayores trabajos para cumplir con las especificaciones del proyecto. Por lo tanto se puede considerar la adecuación de varias rutas, cumpliendo así con la filosofía de los canales vecinales.

Desde El Charco hasta Limones, la posibilidad de alternativas es limitada.

- . El trayecto propuesto en estudios anteriores con la adecuación del canal entre estero Lomon y el Brazo Chanzará, el canal de Bagrero, el canal que corta el meandro en el río Guapí y el canal hacia Limones que definen las obras del INCORA, no ofrece mayores problemas y acorta considerablemente el trayecto.
- . Atención especial se debe dar a la sedimentación del brazo Quiroga; se recomienda estudiar hidráulicamente este sector.
- . La posibilidad de un canal de Chanzará hacia Guapí no se estudió.

Sin embargo la construcción de este canal sería una obra más difícil debido a que debe pasar una zona de terrazas altas, compactadas, de remoción costosa.

La vía navegable de Limones hasta Timbiquí pasa por unos secaderos (El Loro, Cuerval, Marcelo) que actualmente están ciudados por caminos vecinales del departamento del Cauca.

- La profundización y en ciertos sitios la ampliación parece factible. La cantidad de árboles caídos podría dar algunos problemas en la técnica de dragado.
- En los alrededores del río Timbiquí se debe esperar una sedimentación fuerte producida por este río.

Entre las bocanas de Bubuey y El Coco, se encuentra el secadero Lagartero, que es el más largo en este trayecto; además existe un canal desde el río Saija hacia el estero Corozal.

- Técnicamente el Lagartero no ofrecerá mayores problemas: cortando el meandro se puede acortar el camino considerablemente.
- En el Saija se debe estudiar la magnitud de la sedimentación, en la entrada del canal.

Desde la boca El Coco hasta la boca norte del Naya, la vía navegable tiene que seguir por los brazos fluviales de los ríos Micay y Naya.

- Los ríos Micay y Naya transportan grandes cantidades de sedimentos que causan graves problemas para su navegabilidad, sobretodo en El Coco y en los brazos sur del Micay y Naya.
- Las obras en El Coco tendrían repercusiones para el brazo candelaria
- Para la solución en los brazos de los ríos Micay y Naya se recomienda hacer estudios detallados del régimen de los ríos

y cantidad de sedimento transportado, para buscar la mejor solución hidráulica.

Una vez pasado el Micay y Naya, lo que se considera el tramo más problemático en todo el trayecto, el camino sigue por el Cangrejal, Fray Franc y Guayabal hacia El Pital hasta llegar al sur del tapón de Tortugas.

- . Al acortar el camino en el estero Cangrejal, se debe tener en cuenta la presencia de una barra de playa, antigua.
- . En el secadero Fray Franc, el mayor problema lo presentan parece los bancos de arena en la entrada sur. El estero que conduce hacia la entrada de Fray Franc, también tiene varios bancos de arena, aunque da la impresión de presentar un canal navegable.

La vía acuática entre El Pital y Mayorquin se ve obstruida por las rocas de la Formación Guapi-Naya que llegan hasta el mar, formando acantilados.

- . Técnicamente un paso por Tortugas es factible: su ejecución será una cuestión económica.
- . Aunque se reconocen los problemas en la ubicación de las obras del padre Majía, se recomienda reconsiderar la alternativa entre finalizar esta obra, adaptándole a las exigencias actuales o construir la alternativa propuesta por INCOL LTDA.

En el último tramo hacia Buenaventura seguimos por el estero Mayorquin y el estero El Piñal hacia la bahía de Buenaventura.

- . Con excepción de la entrada al estero Mayorquin, que se encuentra en la barra de playa actual, la adecuación de los esteros Mayorquin y El Piñal no ofrecen mayores problemas.

- Aunque seguimos la ruta por la bahía, existe también un paso por el interior, hacia Buenaventura. Esta alternativa parece, basándose en fotointerpretación, bien navegable, teniendo posiblemente como unico punto difícil un secadero entre el río Dagua y un afluente del Anchicayá. Sin embargo se debería estudiar igualmente la navegabilidad de estos ríos pues también transportan mucho sedimento.

#### 4.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

El canal atravieza varias bocanas en su trayecto y en todas ellas existe mucho sedimento de fondo. Considerando el buen desarrollo de los deltas de marea baja, se opina que la mayor parte del sedimento aportado por los ríos es transportado finalmente al mar. En el delta del Patía esta situación se puede haber cambiado.

- La dinámica en las bocanas y en menor grado en la ensenada de Tumaco, es muy grande y en el diseño de un canal, se debe tener en cuenta el transporte de sedimento.
- Para evaluar mejor el desarrollo de las bocanas en el delta del Patía, se recomienda realizar un vuelo de reconocimiento con aguas bajas para tomar fotografías oblicuas de las bocanas con una cámara corriente (tomar la fotografía con la puerta o ventana abierta para obtener mejores resultados todavía).

El transporte de sedimento de fondo, también debe ser alto en los brazos mayores, de la zona fluvio-deltáica, por el aporte cuantioso de los ríos Sanquianga, Tapaje e Iscuandé.

- Cualquier modificación y/o profundización que se haga en la entrada de los esteros, puede producir sedimentación de estas entradas por los sedimentos transportados en los brazos mayores.

El problema de sedimentación parece muy serio en el secadero Partidero cerca de la desembocadura del río Timbiquí . Un problema similar

puede existir en el Saija. La profundización del estero Partidero tendría como consecuencia una captura de la mayor parte del caudal del Timbiquí y también de los sedimentos de este río. Si los sedimentos no llegaran a tapar otra vez la entrada del estero, entonces podrían ser llevados hasta la bocana Bubuey que ya tiene problemas de sedimentación.

- Es recomendable estudiar con más detalle la situación en el Timbiquí y considerar la posibilidad de construir una trampa de sedimentos, en la entrada hacia el estero Partidero.

En su trayecto, el canal pasa en su mayor parte a través de la llanura de marea, aprovechando los esteros. Una gran parte de ellos, necesitan alguna adecuación para cumplir con las especificaciones del proyecto. El dragado en los materiales de la llanura de marea no parece problemático, sin embargo se hacen las siguientes observaciones y recomendaciones en relación con la adecuación de los esteros:

- La cantidad de información cuantitativa sobre las propiedades físicas de las arcillas orgánicas y turbas es insuficiente. En una fase posterior se recomienda ensayos en situ con una veleta adecuada y con un penetrómetro.
- Para asegurar una estabilidad mayor de los taludes del canal y para disminuir los problemas ambientales se recomienda evitar la tala del manglar y depositar el material dragado a una distancia considerable. (contrario a lo que se planea en el Bagrero).

En relación con la sismicidad de la región se recomienda :

- Averiguar las aceleraciones que se pueden esperar, considerando un riesgo sísmico de 50 años, y aplicar los resultados para calcular y diseñar los taludes.

Considerando nuestros conocimientos limitados del medio ambiente sobre la llanura de marea, es difícil pronosticar cuales serán todas las consecuencias al modificar los esteros.

Se recomienda, durante los trabajos para la adecuación de los esteros, eliminar en lo posible, rectificaciones del cauce, con el fin de minimizar el impacto sobre el equilibrio de sedimentación y erosión y del medio ambiente, mientras se conoce mejor como reaccionan las llanuras de marea ante los trabajos efectuados.