



2 DIAGNÓSTICO



DIAGNÓSTICO

2.1 Caracterización de la cuenca

2.1.1 Componente de Caracterización básica

La cuenca del Río Magdalena se encuentra ubicada en el departamento del Atlántico y ocupa casi una tercera parte de su territorio. Tiene una superficie aproximada de 113.218 hectáreas (1.132 Km²). Esta superficie territorial incluye las siguientes unidades político-administrativas.

Figura 2-1. Localización cuenca hidrográfica Humedales Río Magdalena



Tabla 2-1. Extensiones municipales pertenecientes a la cuenca Río Magdalena.

MUNICIPIO	AREAH	AREAH %
Suan	398,58	9%
Campo de la Cruz	3.783,52	38%
Manatí	1.456,96	7%
Candelaria	12.812,60	94%
Sabanalarga	14.768,80	37%
Ponedera	20.743,80	100%
Palmar de Varela	9.151,86	100%
Santo Tomas	6.507,73	100%
Usiacuri	833,03	8%
Polonuevo	7.386,34	100%
Sabanagrande	4.310,11	100%
Baranoa	8.672,95	71%
Malambo	9.807,41	100%
Soledad	5.740,05	97%
Galapa	544,63	6%
Distrito de Barranquilla	6.300,10	41%
	113.218,47	100%

El límite o lindero detallado de la cuenca se resume de la siguiente manera: Desde el corregimiento de Las Flores a orillas del río Magdalena, se toma la misma divisoria de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín al sur hasta un punto en el filo de la serranía Santa. Rosa al noroccidente del casco urbano de Baranoa. Se sigue en sentido sur por el filo que divide las cuencas del mar Caribe y río Magdalena hasta el punto en el departamento donde se unen las tres vertientes, ahora se toma la divisoria entre la cuenca del Guajaro y Magdalena en sentido sur hasta llegar a Campo de La Cruz, pasando por el sur de Candelaria. Se sigue en sentido sur paralelo al Magdalena aproximadamente hasta la mitad del municipio de Suan y ahí se toma la orilla del río Magdalena con el complejo de humedales de la margen occidental de río hasta llegar al corregimiento de Las Flores.

2.1.2 Componente físico-biótico

2.1.2.1 Geología

2.1.2.1.1 Generalidades

En este capítulo se presenta el análisis técnico referente al diagnóstico geológico del área de la Cuenca en estudio, el cual se realizó con base en la información disponible, principalmente la cartografía obtenida y publicada oficialmente por el Servicio Geológico Nacional INGEOMINAS (Zapata, 2000). Esta cartografía fue densificada en su expresión geométrica a partir de la fotointerpretación.

El mapa geológico desarrollado para los procesos de planificación y ordenación de la Cuenca del Complejo de Humedales de la Vertiente Occidental del río Magdalena, se presenta en escala 1:100.000, sin embargo, la captura geométrica de información se desarrolló a escala 1/50.000, más no la revisión estratigráfica, de la cual se poseen muy pocos datos. Este trabajo es el resultado de la compilación de los trabajos de geología regional publicados, como las planchas 16-17 Barranquilla, 24 Sabanalarga y 31 Campo de La Cruz, así mismo se revisaron otras fuentes poco documentadas y que reposaban en la Corporación autónoma regional del Atlántico. Finalmente se revisó el mapa geológico del departamento del Atlántico, y una interesante densificación que se presenta en el plan de ordenación ambiental del Departamento.

En esta parte del diagnóstico del medio físico, se realiza una síntesis de la geología, la geomorfología, los procesos morfodinámicos y el potencial de yacimientos minerales de la zona de estudio, con el fin de conocer las potencialidades y las debilidades que por esta situación puedan implicar cambios sustantivos en los ejercicios de planificación, para buscar un óptimo uso del suelo, localización de viviendas e infraestructura, recuperación de las áreas de erosión por socavación o pérdida de suelos y las áreas de interés minero que deberán tener un mejor manejo.

Las rocas que conforman la cuenca de estudio son muy jóvenes, principalmente del neógeno y del cuaternario, depositadas en ambientes

marinos, estuarinos y fluviales. El subsuelo hace parte del denominado Cinturón de San Jacinto, con una tectónica activa, pero al parecer o tan compleja, en comparación con otros sectores del departamento y del país.

Fotointerpretación

La primera parte de este ejercicio consistió en la identificación de las líneas de vuelo que se utilizarían, basado en los cuadrángulos de vuelo del IGAC se definieron las mejores fotos que permitieran generar la fotolectura. Para esta actividad se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Actualidad de las fotos que permitiera georreferenciar las fotos con las escenas de satélite.
- Recubrimiento lateral y horizontal.
- Tono y exposición de las fotos
- Escala.

Una vez identificadas las aerofotografías se seleccionaron los siguientes vuelos:

Tabla 2-2. Características de las aerofotografías utilizadas.

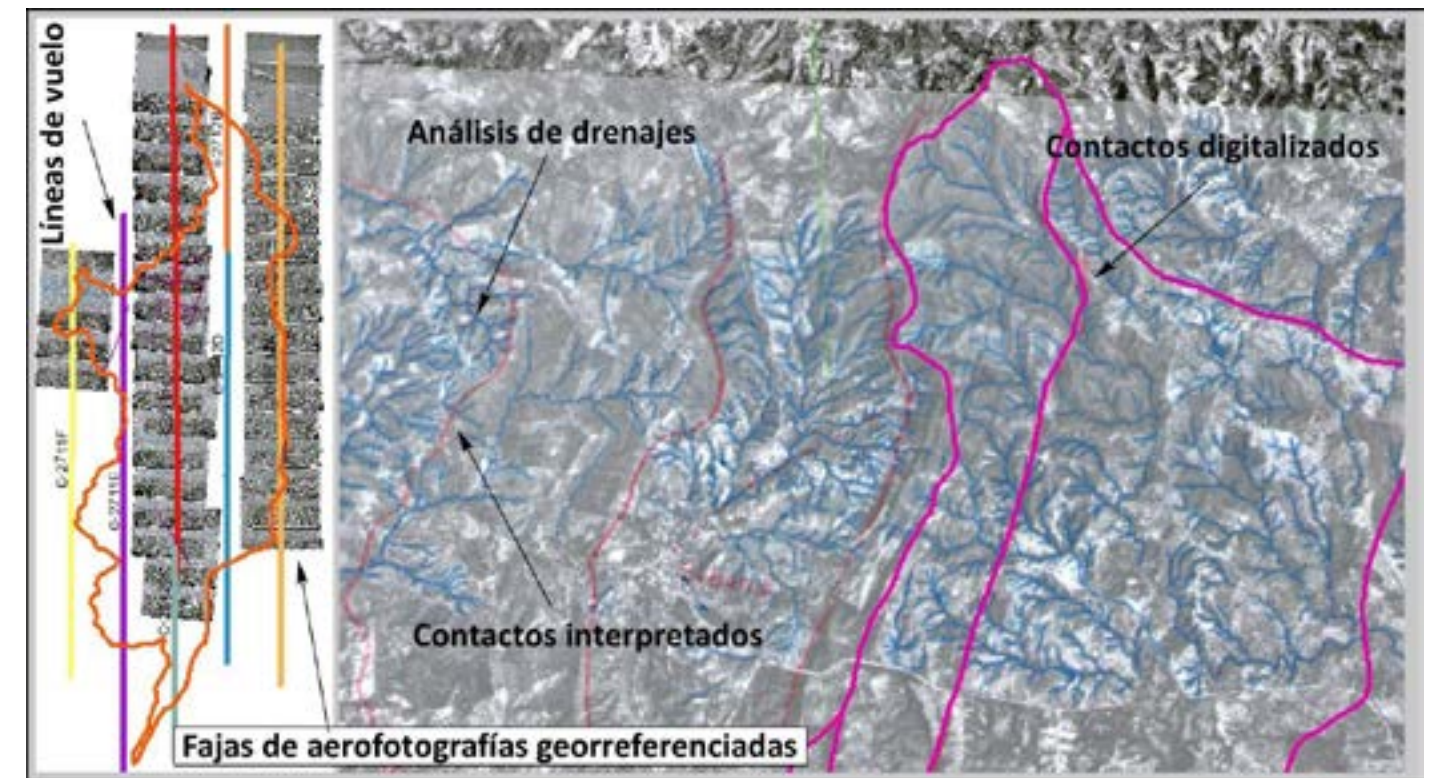
SOBRE	VUELO	AÑO VUELO	FOTOS	TOTAL	ESCALA	DIST FOCAL	CAMARA
39238	C	2712	29-ene-2004	169 - 184	16	1/40.300	152.49 Wild RC-30
39239	C	2712	29-ene-2004	187 - 201	15	1/40.300	
39226	C	2711	26-ene-2004	125 - 133	9	1/42.600	
39227	C	2711	26-ene-2004	134 - 153	20	1/42.900	
39228	C	2711	26-ene-2004	162 - 178	17	1/42.800	
39229	C	2711	26-ene-2004	192 - 196	5	1/43.230	
			TOTAL	82			

Estas aerofotografías fueron delimitadas y se realizaron los trazados a detalle de los drenajes de la cuenca.

Figura 22. Líneas de vuelo seleccionadas para el desarrollo del trabajo



Figura 23. Ejemplo del proceso de fotointerpretación para definir las unidades geológicas.



2.1.2.1.1 Metodologías y Escalas de Trabajo

Fundamentados en la disponibilidad de información aerofotográfica, de acuerdo con la anterior relación (Tabla 22), la escala de trabajo permite una poligonización de unidades en escalas superiores a la expresada en la tabla mencionada. Sin embargo el control de campo y la rigurosidad del método para la cartografía geológica impide que se hable de escalas mayores por lo tanto, considerando que la base de trabajo es la cartografía oficial del servicio geológico colombiano en escala 1/100.000 se tiene una densificación, con cartografía preliminar en escala 1/50.000, proveniente de la densificación y ajuste de polígonos, alimentados por información adicional proveniente de sensores remotos y perfiles sísmicos crudos sin post-procesos, se trata de establecer el funcionamiento en profundidad.

La escala para procesos de planificación se estima conveniente, más aún considerando el enmascaramiento de la mayor parte de las

unidades por depósitos cuaternarios. Por lo tanto, la representación (escala de ploteo) se hace en escala 1/100.000, los ajustes en escala por densificación permiten tener en digital (SIG) una densificación geométrica preliminar 1/50.000.

Fotogeológicamente se hizo una discriminación muy detallada de los patrones de drenaje que permitirá asociar modelos de disección diferentes, que impliquen expresiones morfológicas de diferentes litologías, asociando así las unidades. Se realizaron ajustes con los modelos de sombras, y las imágenes de satélite que permitieron refinar los depósitos cuaternarios, especialmente los asociados a complejos de orillares y en general los aluviales actuales aledaños a la margen izquierda del río Magdalena.

2.1.2.1.2 Geología regional

La cuenca se encuentra localizada en el departamento del Atlántico, hace parte de la cuenca sedimentaria Sinú San Jacinto.

La nomenclatura estratigráfica propuesta es una revisión de la ya conocida en la literatura (De Porta et al., 1974, Léxico Estratigráfico Internacional) y de la selección de una amplia gama de nombres utilizados por diversos autores, que por su amplia divulgación o por conveniencia geológica o geográfica se han retomado complementando significativamente los conceptos

planteados originalmente. Se intenta una correlación con las unidades litológicas propuestas en el plan de manejo ambiental del departamento del Atlántico, desarrollado por Ecoforest Ltda., realizado en 1995. A continuación, se hace una descripción de las unidades estratigráficas (Figura 24).

Figura 24. Correlación estratigráfica regional y local.

PERIODO	EPOCA	CINTURÓN					COMPLEJO DE HUMEDALES DEL RÍO MAGDALENA	
		SINU NORTE	SAN JACINTO			NORTE		
		PLANCHAS 23-29-30	PLANCHAS 52	PLANCHAS 44-52	PLANCHAS 29-30-36-37-38	PLANCHAS 16-17-22-23		
CUATERNARIO	PLISTOCENO	0,01	Formación Popa	Formación Betulia	Formación Betulia	Qcal	Formación La Popa	U. Dep. de playa U. Dep. aluviales
	PLISTOCENO	1,64	En Arroyo Grande	Formación Sincego	Formación Sincego	Formación Rotinet	Formación Rotinet	U. Dep. eólicos recientes U. Dep. eólicos antiguos U. Terrazas aluviales U. Gravas de Rotinet U. Calizas Arrecifales La Popa U. Detritica La Popa
NEÓGENO	PLIOCENO	S	Formación Bayunca	Formación Cerrito	Formación Cerrito	Formación Zambrano	Formación Tubará	U. Areniscas Friables U. Arenillas Calcáreas U. Calcareas Santa Rosa Conglomerado Isabel López Arcillolitas de Sibarco Arcillolitas de Furo Areniscas de San Vicente
		I						
	S							
	M							
	I							
MIOCENO	10,4	Formación Arjona	Formación Carmen	Formación Carmen	Formación Carmen	Formación Carmen	Formación Perúces	
I								
S								
OLIGOCENO	29,3	Formación Gónaga	Formación Gónaga	Formación Gónaga	Formación Gónaga	Formación Gónaga	Formación Gónaga	
I								
PALEÓGENO	OLIGOCENO	S	Formación Gónaga	Formación Gónaga	Formación Gónaga	Formación Gónaga	Formación Gónaga	Formación Gónaga
		I						

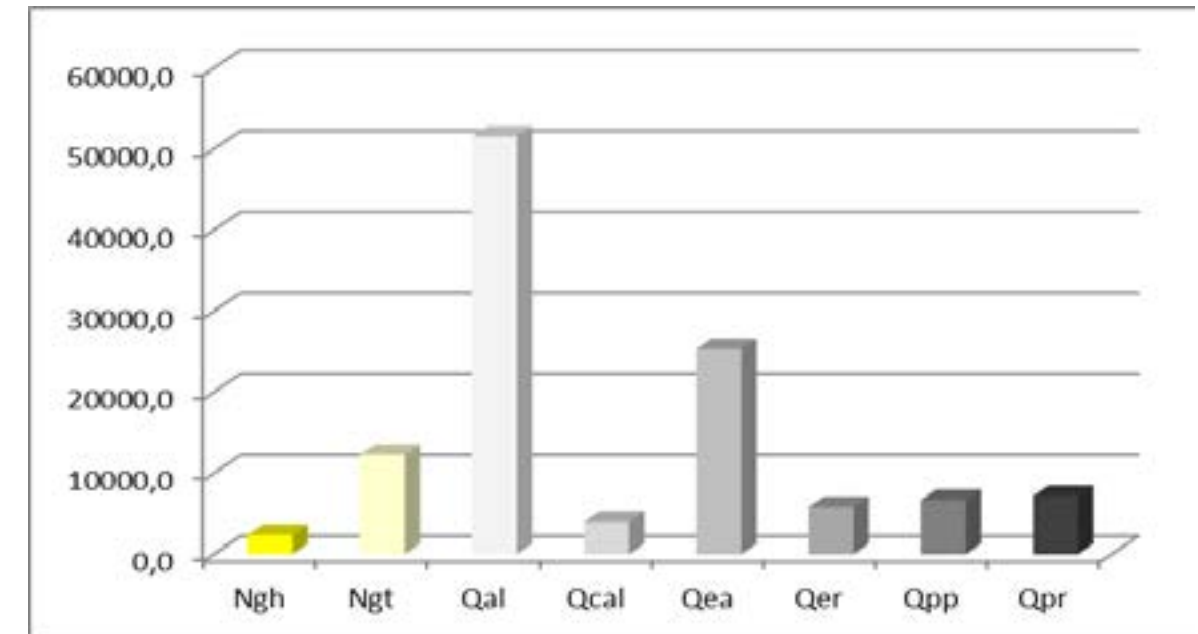
Fuente: Modificado de Memorias del mapa geológico generalizado del departamento de Atlántico. Ingeominas (2000).

La nomenclatura del Servicio Geológico Colombiano SGC incluye las formaciones Hibacharo (Ngh), Tubará (Ngt), Gravas de Rotinet (Qpr), Formación La Popa (Qpp), Depósitos eólicos antiguos y recientes (Qea, Qer) y los depósitos coluvioaluviales, aluviales y de playa. El documento del plan de manejo del departamento incluye las formaciones del Terciario y Cuaternario. Como lo son Arcillolitas de Furo (T10), Arcillolitas de Sibarco (T7), Conglomerados Isabel López (T6), Unidad Calcárea Santa Rosa (T5), Unidad de Arcillolitas Calcáreas (T4), Unidad e Areniscas Friables (T3), Calizas Arrecifales de la Popa (T1), y depósitos cuaternarios tenemos las Gravas de Rotinet (Q7), Terrazas Aluviales (Q6), Depósitos Eólicos antiguos (Q5), Depósitos Aluviales (Q3), y Depósitos de Playa (Q1).

La anterior figura muestra las diferentes nomenclaturas utilizadas en la región para definir las unidades geológicas, en la columna de la derecha se ubican en la columna de tiempo geológico la distribución aproximada de los niveles.

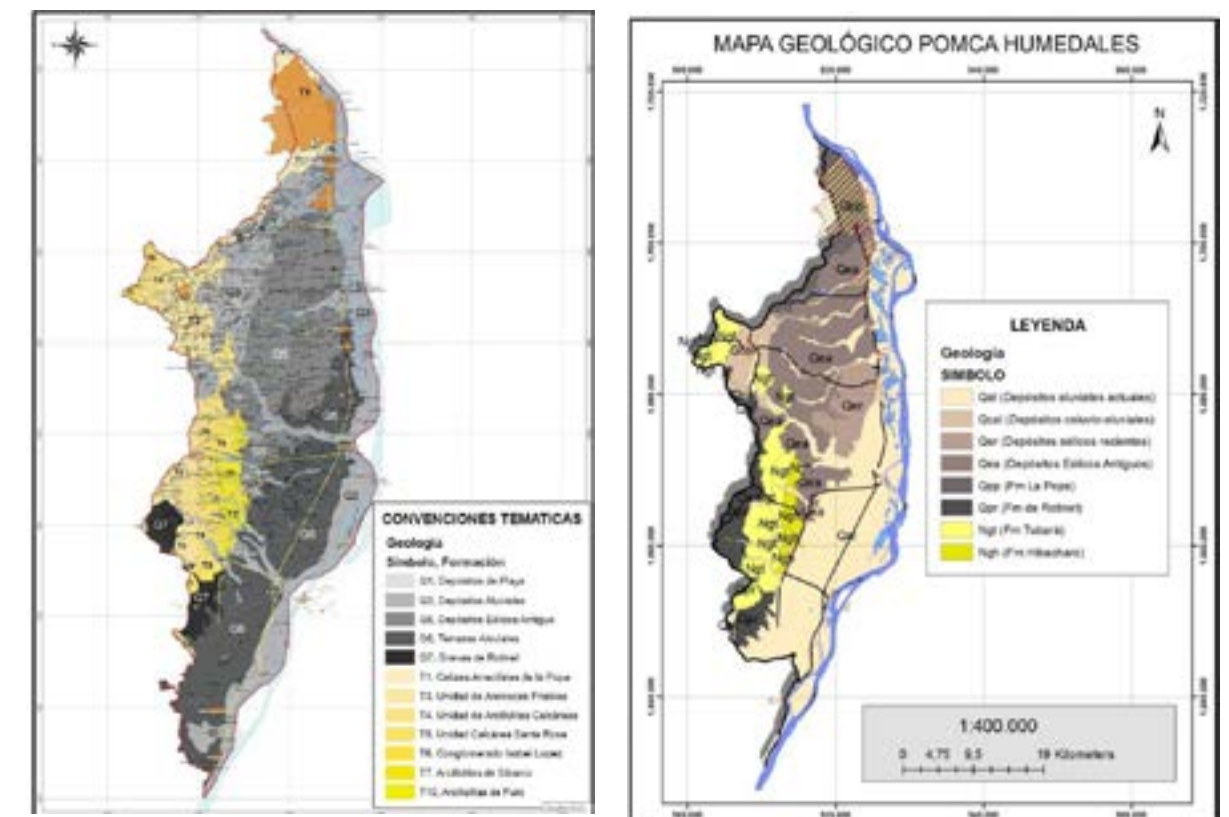
Esta cuenca está conformada por diferentes cuencas hidrográficas que son alimentadas por varios arroyos de Norte a Sur: encontramos las cuencas formadas por Arroyos del área Urbana, Arroyo caracolí, Arroyo San Blas, Arroyo Pital, Arroyo Caño Fístula, Arroyo San Martín, Arroyo grande, Arroyo las Yeguas – Guayepo, Arroyo el Cojo, Arroyo Hondo, Arroyo gallego, Arroyo Piedras, y dique.

Figura 25. Valores de superficie de cada formación expresados en Ha.



A continuación, se hace una descripción general de las diferentes unidades litológicas que afloran regionalmente, de las más antiguas a las más jóvenes.

Figura -26. Mapa geológico de la cuenca. A la izquierda el mapa generado con densificación a partir de la nomenclatura INGEOMINAS, a la derecha la propuesta (modificada) elaborada por ECOFOREST.



2.1.2.1.3 Descripción de unidades litológicas

2.1.2.1.3.1 Formación Hibácharo.

La referencia original de la Formación Hibácharo es de Raasveldt (1953), quien no precisó descripción ni sección tipo; se presume que el nombre se deriva del caserío Hibácharo, al norte del Municipio de Luruaco. Bueno (1970) menciona que la unidad está constituida por arcillolitas, limolitas y areniscas de grano fino a conglomeráticas, expuestas en el Anticlinal de Sibarco, en el Sinclinal de Tubará, al norte de Repelón, en inmediaciones de la población de Hibácharo y al occidente de las serranías de Capiro y Pajuanchó¹.

Morfológicamente esta unidad se presenta como una serie de colinas alargadas aproximadamente en dirección N20°E, Localmente se encuentra Hacia el oeste del corregimiento de Cascajal, del municipio de Sabanalarga en una franja orientada hacia el norte, sin embargo, sus principales afloramientos se encuentran al occidente de la población de Piojó. Su extensión en área es poco significativa, ocupa 2388 Ha equivalentes al 2.1% del total de la cuenca.

La unidad presenta afloramientos dispersos que no permiten obtener más de una sección en el área de estudio; sin embargo, se reporta la siguiente composición litológica: afloran hacia la base arenitas en capas gruesas, suprayacidas por arenitas de grano fino intercaladas con arcillolitas gris verde oliva; interpuestas entre éstas se presentan concreciones elípticas elongadas.

El contacto inferior de la Formación Hibácharo con la Formación Las Perdices no es claramente observable en campo, pero las características litológicas observadas en ambas formaciones indican que es concordante. El contacto superior con la Formación Tubará es discor-

¹ Fuente: Ingeominas, Memorias de la plancha geológica del Atlántico.

dante y está bien marcado por la superficie de erosión irregular que separa la litología típica de la Formación Hibácharo con los conglomerados basales de la Formación Tubará. Aunque en la parte inferior y media de la Formación Hibácharo son abundantes los microfósiles, no se tiene referencia de dataciones hechas con base en estos fósiles. La unidad es relativamente muy pobre en microfauna bentónica y planctónica; la información micropaleontológica actualizada y colectada de estas planchas, permite postular que la unidad está comprendida entre el Mioceno medio y superior; es interesante anotar que corresponde a una espesa secuencia restringida a un intervalo de tiempo muy limitado. La información disponible permite postular que la parte inferior a media de

La Formación Hibácharo corresponde a ambientes marinos de plataforma externa a batiales superiores y hacia la parte superior ambientes de plataforma interna²

Esta formación es correlacionable con la Formación Rancho, presente más al sur en el Cinturón de San Jacinto, cuya edad, litología y posición son similares a ésta. Esta unidad puede contener total o parcialmente las siguientes unidades litológicas, razón por la cual se hacen correlacionables.

2.1.2.1.3.1.1 Unidad de Arcillolitas de Furo (T10)

Consta de intercalaciones de arcillolita, limolita y arenisca de grano fino, bien estratificadas y laminadas. En la cuenca del estudio aflora en una muy pequeña parte al occidente de la cuenca en el Municipio de Juan de Acosta, limitando con Baranoa, en la región correspondiente al sur del corregimiento de Santa Verónica. Haciendo parte del flanco occidental del sinclinal de Tubará.

² Fuente: BARRERA, R., Planchas 16 y 17. Galerazamba y Barranquilla. Ingeominas. Pág.23. 2001

Su espesor aproximado es de 600 m, se depositó en un medio marino somero, durante el Mioceno inferior. Se encuentra alimentado por el Arroyo Grande principalmente.

2.1.2.1.3.1.2 Unidad Arcillolitas de Sibarco (T7)

Consta de arcillolitas con yeso y limolitas arenosas con intercalaciones delgadas de arenisca arcillosa. Forma parte del anticlinal de Sibarco, así como de los anticlinales de Tubará y Sabanalarga. Su espesor es de 200m. Se depositó en ambiente marino durante el Mioceno medio.

En la cuenca aflora principalmente en la región occidental y central. En la parte central se encuentra a lo largo de los municipios Candelaria, al oriente de Sabanalarga, y occidente de Ponedera. Se encuentra alimentada por diferentes arroyos de N a S, se encuentran: Arroyo grande, Arroyo las Yeguas, Arroyo el Cojo, Arroyo Hondo, y Arroyo Gallego. Esta unidad aflora en una pequeña región en el extremo occidental de la cuenca, en el municipio de Baranoa, alimentado también por el Arroyo Grande.

2.1.2.1.3.2 Formación Tubará

La referencia original de la Formación Tubará aparece en un cuadro de Anderson (1926), quien la llamó inicialmente Tubará Group, consistente de shales, areniscas arcillosas y areniscas, aflorantes en el Municipio de Tubará.

Esta formación se localiza en la parte "alta" de la cuenca de los humedales del río Magdalena, conforma una serie de colinas al oriente de la población de Juan de Acosta, con dirección N30°E, y constituye la estructura sinclinal de Tubará. Más hacia el oriente conforma una serie de suaves colinas al occidente y nororiente de la población de Baranoa. Ocupa aproximadamente el 10.7% de la cuenca, equivalente a 12.284 Ha. Está conformado por tres conjuntos:

- Conjunto inferior: está conformado por 60 m de arenitas de grano grueso a conglomeráticas, granodecrecientes con cantos de cuarzo, chert, cuarcita y rocas volcánicas, en capas gruesas, suprayacidas por intercalaciones de capas delgadas de arenitas de grano fino, ricas en azufre y arcillolitas gris verdosas, en capas onduladas.
- Conjunto intermedio: lo componen 14 m de cubierto y seguidamente aflora un conglomerado arenoso con cantos de hasta 20 cm de diámetro, de composición similar al anterior; luego limolitas y arcillolitas intercaladas con arenitas de grano fino, en capas delgadas, seguida de arenitas de cuarzo y líticos, color gris amarillento, de grano medio, oxidadas, deleznable, con estratificación cruzada; suprayace a este intervalo un conjunto de más de 10 m de arcillolitas color gris oscuro en capas delgadas onduladas, con intercalaciones de arenitas de grano fino, compuestas por cuarzo y líticos, en capas muy gruesas
- Conjunto superior: está conformado por 300 m de secuencia de arenitas y lodolitas; predominan las arenitas feldespáticas con cemento calcáreo, de grano grueso a fino, granodecrecientes, en capas gruesas; se encuentran ocasionalmente guijos de chert y cuarzo, abundantes fragmentos de gasterópodos y bivalvos.

Figura 27. Bioturbación y fósiles del conjunto superior de la formación Tubará.



La formación es correlacionable con el conglomerado Isabel López, y las areniscas calcáreas de Santa Rosa, La Formación Tubará yace discordante sobre la Formación Hibácharo y al norte de Baranoa, sobre la Formación Las Perdices, mientras que el techo se encuentra cubierto discordantemente por la Formación Rotinet o por

depósitos cuaternarios. Su espesor es variable. Esta formación se depositó en ambiente marino de plataforma interna debido a la alta concentración de moluscos y de conchas transportadas y a los depósitos de relleno de canal; también puede estar asociada con ambientes de pantano, por la ocurrencia de yeso laminar y material carbonoso en la parte superior de la unidad.

Figura 28. Yeso Laminar de la formación Tubará encontrado entre Baranoa y Sibarco.



2.1.2.1.3.2.1 Unidad conglomerada de Isabel López (T6)

Consta de bancos de conglomerados de clastos medios en matriz arenosa, intercalados con capas de areniscas de grano medio a grueso. Su espesor varía de 30 a 150 m y sus buzamientos de 10° a 20°. Aflora solo en una pequeña parte al occidente de la cuenca, en el municipio de Baranoa, alimentado por el arroyo grande. Se depositó en un ambiente fluvial durante el Mioceno Superior.

2.1.2.1.3.2.2 Unidad arenisca calcárea de Santa Rosa (T5)

Está compuesta por la alternancia de areniscas de grano grueso a conglomerático, fosilífero y limo-arcillosos que forman parte de los anticlinales de Sibarco, Sabanalarga y el sinclinal de Tubará. Presenta un espesor de 500 m, depositados en un medio marino durante el Mioceno Superior-Plioceno. En la cuenca aflora principalmente al oriente del municipio de Sabanalarga, y parte de Candelaria, se encuentra en contacto con la Unidad de Arcillolitas de Sibarco (T7), y aflora también en una pequeña región en el municipio de Baranoa.

Figura 29. Panorámica de una sección de la formación Tubará Cerca de Sibarco.



2.1.2.1.3.2.3 Unidad arcillolitas calcáreas (T4)

Alternancia de arcillolitas y areniscas calcáreas en los sectores de Baranoa y Tubará, pero en el sur del Sinclinal de Sabanalarga es esencialmente arcillosa. Las areniscas son de grano

fino a grueso, con matriz arcillosa y en algunas partes cemento calcáreo. Está expuesta al sur del municipio de Tubará, al este y oeste de los municipios de Baranoa y Sabanalarga. Tiene un espesor de 300 m y buzamientos variables entre 3° y 15°. Se depositó durante el Mioceno superior- plioceno, en un medio marino.

Figura 210. Panorámica de una sección de la formación Tubará Cerca a la Subestación eléctrica de Sabanalarga.



2.1.2.1.3.2.4 Unidad de areniscas friables (T3)

Compuesta por una alternancia de areniscas y conglomerados con algunas intercalaciones de lodolitas. El conglomerado presenta clastos de grava fina a gruesa y gránulos, dentro de una matriz arenosa, friable y pobremente seleccionada. Aflora al occidente de la cuenca, en inmediaciones de los municipios de Sabanalarga y Baranoa, conformando el núcleo de sinclinal de Sabanalarga. Tiene un espesor de 150 m, sus buzamientos varían de 3° a 15° y su origen es fluviolacustre. La unidad fue depositada durante el Mioceno-Plioceno.

Gravel" para referirse a un abanico compuesto por cantos y bloques de rocas ígneas, caliza y chert negro que ocurre en los alrededores de la ciénaga del Guájaro. En el área de estudio, esta unidad aflora en la parte suroccidental de la cuenca a manera de parches generalmente pequeños, donde los de mayor expresión cartográfica son los que se encuentran al oriente de Sabana Larga, esta región es alimentada hidrográficamente por el arroyo el Cojo y Gallego. Esta unidad aflora menor proporción en Candelaria, donde es alimentada por el Arroyo Piedras.

2.1.2.1.3.3 Formación Gravitas de Rotinet.

Según De Porta et al. (1974), Link (1927) utiliza por primera vez el nombre de "Rotinet

Litológicamente consta de una sucesión inconsolidada de lechos de gravas con tamaño variable desde gránulos a guijarros, prevaleciendo guijos de rocas

ígneas volcánicas, cuarcitas, cuarzo lechoso, chert y arenas cuarzo-feldespáticas de grano medio a grueso, de color amarillo. Es frecuente

observar concreciones de arcillolitas y limolitas ferruginosas y estratificación cruzada y formas de canales.

El espesor de la unidad en la sección tipo es muy variable; en los alrededores de Juan de Acosta, se encuentra fuera de la cuenca del estudio, esta unidad puede alcanzar 25 metros, aunque algunos autores han reportado hasta 50 metros. Dentro de la cuenca en estudio ocupa algo más de 7.166 Ha, equivalentes a algo más del 6%. (Figura 211)

Figura 211. Proporción en porcentaje de las formaciones o unidades geológicas presentes en la cuenca.



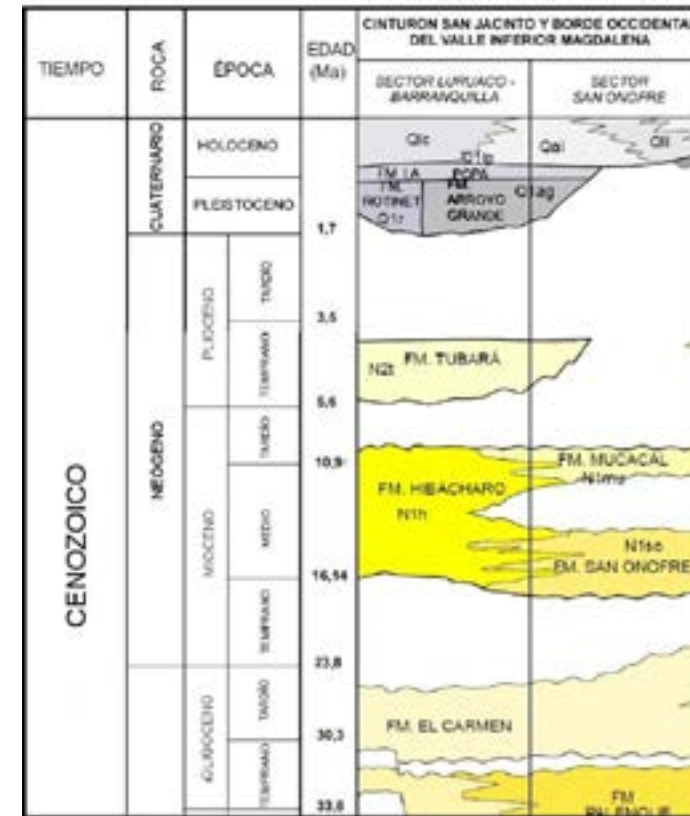
Posición Estratigráfica y Edad

En el área de estudio la unidad reposa sobre la Unidad de areniscas Friables (T3), en la región Sabana Larga y en la parte inferior de cuenca en el municipio candelaria encontramos en contacto con La Unidad calcárea Santa Rosa(T5) y arcillolitas de Sibarco(T7), y en la parte superior con Depósitos Cuaternarios aluviales.

Link (1927) postula para la unidad el Pleistoceno inferior; más recientemente Caro et al. (1985), con base en molares de una especie de mastodonte suramericano (Haplomastodonwa-

ringi) encontrados en la cantera Barrera, cinco kilómetros al norte de Rotinet, indican el Pleistoceno medio superior.

Figura 212. Columna Sector Luruaco –Barranquilla.



Fuente: Guzmán G., Mapa Geológico Sinú San Jacinto y borde Oeste VIM. Compilado INGEOMINAS. 2003

Ambiente

- La granulometría, estructuras y geometría de las capas características de esta formación sugieren un ambiente fluvial; Caro et al. (1985) indican que esta unidad es un depósito tipo distributary mouth bar, en el sentido de Reineck & Sing (1975), asociados a un antiguo delta del río Magdalena.

Correlación

- Con base en la litología, Henao (1951) establece que esta unidad es el equiva-

lente litológico de la Formación Cascajal del área del Corregimiento de Cascajal, en el Departamento del Atlántico. Probablemente su origen es contemporáneo con los extensos depósitos fluviales del área de Sincelejo.

Se consideró como primera referencia la sección levantada en la vía Puerto Colombia – Barranquilla por ser aparentemente la más completa y donde se puede reconocer el contacto inferior con la infrayacente Formación Las Perdices.

2.1.2.1.3.4 Formación La Popa

La primera referencia del nombre de La Popa, se encuentra como "Popa Group" en Anderson (1926), pero el origen de este nombre como Formación La Popa fue utilizado por primera vez en una descripción hecha por Bürgl (1957) de los estratos que constituyen el cerro de La Popa en Cartagena, en la zona de trabajo aflora al norte donde se encuentra la ciudad de Barranquilla, esta formación tiene un espesor de 150 metros y cuya descripción es:

- Nivel e: caliza maciza de arrecifes coralinos.
- Nivel d: caliza porosa arrecifal.
- Nivel c: caliche amarillo con bloques de arrecifes coralinos.
- Nivel b: arcillas arenosas con bloques y grupos de calizas arrecifales.
- Nivel a: arcillas micáceas gris oscuras, con yeso.

Se denomina a las arcillas de la base como Arcillas de La Popa y las calizas arrecifales como Calizas de La Popa. Dos años después, Bürgl en 1959 (en De Porta et al., 1974) define propiamente la unidad, constituida según sus propias palabras, de "arcillas macizas que pasan gradualmente hacia arriba a calizas arrecifales, las que componen exclusivamente la parte superior".

*Sección Vía Puerto Colombia – Barranquilla.

En esta sección se midió 130 metros, pero dada la espesa vegetación que cubre la zona, se estima que el espesor de la unidad es mayor. En su porción inferior está compuesta por 18 m de calizas muy terrígenas color gris amarillento a amarillo grisáceo, bastante bioperturbadas y areniscas muy calcáreas de grano fino, con algunos granos gruesos y gránulos, muy deleznable (arenas), con abundante matriz calcárea y ocasionalmente presenta fragmentos de moluscos pequeños; hacia la parte superior de este intervalo prevalecen las calizas arrecifales terrígenas, con abundantes bioclastos de corales, algas y moluscos, en capas gruesas.

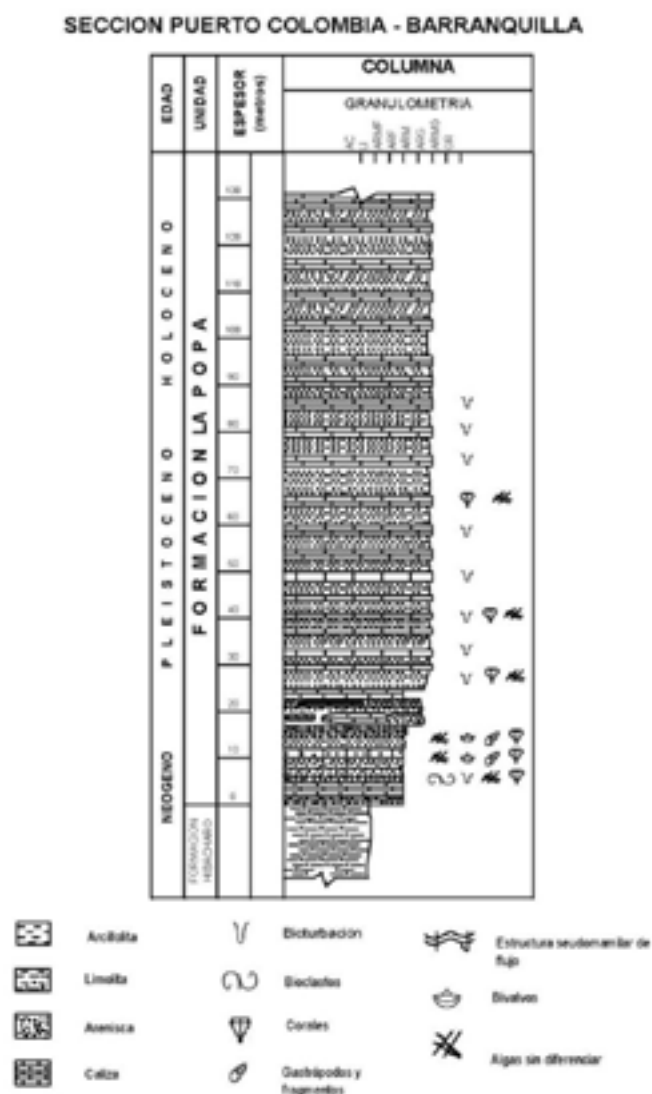
En el resto de la sección medida, se presentan calizas terrígenas arenosas, con niveles de hasta un metro de espesor de calizas arrecifales más competentes con gran abundancia de bioclastos y arenitas deleznable de grano grueso, calcáreas, interpuestas con niveles competentes discontinuos de calizas terrígenas amarillentas y bancos de calizas arrecifales muy bioturbadas; el color predominante es pardo amarillento y amarillo anaranjado pálido.

La formación la Popa, presenta una expresión morfológica de lomerío denudado, ligeramente disectado, con planicies con frentes escarpados. Ocupa una superficie de 6688 Ha, equivalentes al 5.8% del total del área de trabajo.

En la Figura 1.71 se presenta la columna litológica, de la Sección Puerto Colombia–Barranquilla, por INGEOMINAS3.

3 Fuente: BARRERA, R., Planchas 16 y 17. Galerazamba y Barranquilla. Ingeominas. Pág.32. 2001

Figura 2-13. Columna estratigráfica de la Formación La Popa



Fuente: BARRERA, R., Planchas 16 y 17. Galerazamba y Barranquilla. Ingeominas. Pág.32. 2001)

Posición Estratigráfica y Edad

La Formación La Popa es una unidad muy abundante en microfósiles de algas, fragmentos de equínidos y moluscos los cuales han sido utilizados para postular su edad; sin embargo, la estimación de su edad ha sufrido varios cambios desde Anderson (1926), quien la consideró, con base en su posición estratigráfica, como del Plioceno; un año después, Link (1927) asignó al Pleistoceno inferior a las Calizas de La Popa. Anderson (1929) reafirma nuevamente el Plioceno

para esta unidad. Posteriormente, Royo y Gómez (1950) sugiere el Mioceno superior. A partir de esta fecha, la Formación La Popa, según De Porta et al. (1974), se ha considerado como del Plioceno, pero estos autores anotan que Solé De Porta (1960) y Hopping & Müller (1968) indican que puede corresponder al Pleistoceno.

En el área de estudio la Unidad de Calizas arrecifales de La Popa afloran principalmente en el Norte de la Cuenca, en Barranquilla, y en una pequeña parte en la región NE, Baranoa. Esta unidad descansa indistintamente y en forma discordante sobre las rocas sedimentarias del Terciario y está suprayacida principalmente y en forma discordante por los depósitos eólicos antiguos y recientes del Cuaternario.

Ambiente

Las características sedimentarias de la Formación La Popa indican un ambiente marino muy somero con influencia continental a juzgar por el aporte de terrígenos.

Correlación

Litológicamente esta unidad es equivalente a las Margas de Salgar y Barranquilla (Anderson, 1929).

El nivel de Calizas arrecifales (T1) aflorante como se dijo anteriormente en el área de Barranquilla, hace parte uno de los niveles de la parte superior de la Formación La Popa. La unidad que aflora en la cuenca del estudio está conformada de calizas, areniscas calcáreas fosilíferas y arcillolitas. Aflora en los alrededores de del municipio de Barranquilla y al noreste de los municipios de Tubará y Baranoa.

2.1.2.1.4 Sedimentos recientes

Entre los sedimentos recientes se incluyen todos aquellos depósitos de sedimentos débilmente consolidados, de origen marino, fluvial y eólico que constituyen la cobertura y suprayacen inconformemente las rocas sedimentarias estratificadas del Terciario. Con base en caracte-

rísticas geomorfológicas y litológicas, en el área de estudio se diferencian los siguientes grandes grupos de depósitos. Depósitos marinos de playa, depósitos de llanura de inundación, depósitos coluvioaluviales y depósitos eólicos.

2.1.2.1.4.1 Depósitos Eólicos Antiguos y Recientes (Qea, Qer)

Los depósitos eólicos son los sedimentos eólicos antiguos y los recientes, es decir, los grandes cuerpos de dunas antiguas estabilizadas, adyacentes a la margen occidental del río Magdalena y las dunas recientes adyacentes a la línea de costa.

Los cuerpos de dunas más antiguos fueron identificados y descritos como Dunas por Raasveldt (1957), al referirse a una unidad fotogeológica que se encuentra ampliamente distribuida en los alrededores de Sabanalarga, Palmar de Varela, Santo Tomás y que se extiende hasta Barranquilla en el norte. Posteriormente, Khobzi (1981) hace referencia a una serie de dunas de tipo libre de formas parabólicas que ocurren entre los municipios de Soledad y Ponedera. Según este autor, el área de aporte para estos sedimentos estuvo situada en la zona ocupada actualmente por el mar y la ciénaga de Santa Marta. Caro et al. (1985) indican una dirección del viento noreste- suroeste, y su origen estaría relacionado probablemente al retrabajamiento y transporte por el viento de sedimentos fluviales en áreas con largos períodos secos, asociados al río Magdalena en sus períodos de inundación.

En el área de estudio los depósitos eólicos más antiguos están expuestos al oriente de las poblaciones de Baranoa y Galapa, e inclusive en los alrededores meridionales de Barranquilla. Sus mejores afloramientos se encuentran en las canteras de los alrededores de Santo Tomás; constan de arenas de grano fino a medio, constituidas principalmente por cuarzo y feldespatos, de color blanco amarillento. Su espesor es inferior a 20 metros.

Los depósitos eólicos más recientes se encuentran asociados a la línea de costa y están aún en acumulación activa, pero estas regiones se encuentran fuera del área de la cuenca, en los alrededores de Salgar y principalmente en el sector comprendido entre Bocatocino y Galerazamba, algunas parcialmente colonizadas por vegetación; están constituidos por arenas cuarzosas de grano fino a medio.

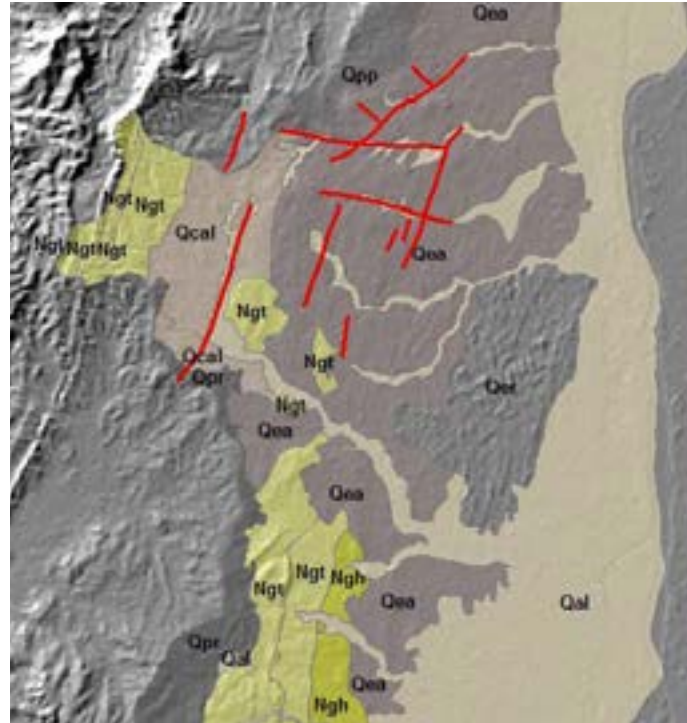
Los depósitos eólicos descansan indistintamente y en forma discordante sobre las formaciones La Popa, San Cayetano, Las Perdices, Hibácharo y Arjona. Es correlacionable con la unidad prevista en el estudio de Ecoforest como Depósitos Eólicos Antiguos (Q5). Los depósitos antiguos ocupan una superficie de 25.359 Ha equivalentes al 22% del área de trabajo, esta unidad presenta dunas más bajas algunas ya eliminadas por efectos del laboreo agrícola. Por su parte la unidad Reciente que presenta dunas mucho mejor desarrolladas, que como se comenta en el capítulo de geomorfología pueden alcanzar hasta 300 m de longitud por un par de decenas de alto y entre 50 y 80 metros de

Figura 214. Panorámica de una Duna, y su material arenoso fino que la conforma.



ancho, todas orientadas de norte a sur. Esta unidad ocupa 5826 Ha, 5,1% del total de la cuenca. Ubicada específicamente en los municipios de Santo Tomás y Palmar de Varela, al occidente de sus cabeceras municipales.

Figura 215. Aspectos del modelo de sombras que permite ver la rugosidad de la unidad de depósitos eólicos recientes.



2.1.2.1.4.2 Depósitos Coluvio aluviales

La unidad se localiza cerca del municipio de Baranoa, en una superficie de casi 4000 Ha, es decir el 3,2 % de la superficie de la cuenca. Los depósitos coluvioaluviales son los depósitos aluviales intermontanos y los de llanura aluvial, es decir, depósitos de derrubios acumulados en los cauces de los actuales arroyos y los valles intermontanos estrechamente relacionados a dichos arroyos localizados entre las colinas. Estos valles pueden alcanzar en algunos casos hasta cinco kilómetros de ancho por varios kilómetros de longitud, como, por ejemplo, el situado al oriente de Baranoa. En términos generales se puede diferenciar dos tipos de orientaciones en la dirección de estos depósitos, unos en sentido

norte-nororiente localizados especialmente hacia el norte y oriente de las estructuras inclinadas de Tubará y otros norte-noroccidente y nororiente al occidente de esta estructura.

Su amplia distribución geográfica en el área incide significativamente en la constitución litológica de estos depósitos, la cual varía de acuerdo con la naturaleza de las rocas parentales de las colinas adyacentes a los valles; en términos muy generales están compuestos por arenas, gravas, limos y arcillas, de color pardo amarillentos que embeben fragmentos de rocas clásticas como areniscas y lodolitas.

2.1.2.1.4.3 Depósitos aluviales (Qal)

Incluye una amplia variedad de depósitos, como los de terraza aluvial, los fluviolacustres y por su estrecha extensión en área se incluyeron en esta categoría los depósitos de playa que pueden aparecer en el extremo norte de la cuenca.

Esta unidad presenta una morfología plana con suaves ondulaciones, esta unidad es la más grande de la cuenca, ya que ocupa una superficie de 51.547 Ha es decir el 44% del total de la cuenca, ubicada en la margen izquierda del río Magdalena en su delta. Incluye las siguientes unidades:

2.1.2.1.4.4 Depósitos Terrazas Aluviales (Q6)

Los depósitos de llanura aluvial son depósitos actuales de origen aluvial, que han desarrollado geofomas planas características, como terrazas, ligeramente inclinados hacia la dirección de la escorrentía; están localizados al occidente del río Magdalena y en la región comprendida desde la parte central de la cuenca hacia el sur, en las zonas de los Municipios de Palmar de Varela, Ponedera, Candelaria y Campo de la Cruz y parte del municipio de Suan respectivamente.

Son de poco espesor, generalmente cubiertos por suelo y vegetación; están constituidos por

arenas, arcillas y, en menor proporción, gravas depositadas discordantemente sobre las formaciones más antiguas.

2.1.2.1.4.4.1 Unidad Depósitos Aluviales (Q3)

Se identifican así todos los depósitos de origen aluvial que se encuentran asociados a las márgenes de los ríos y arroyos actuales. En este caso corresponde al margen del Río Magdalena principalmente que recorre todos los municipios de Norte a Sur desde la ciudad de Barranquilla hasta Suan, esta es la Unidad de mayor expresión cartográfica debido a la fuerte influencia del río Magdalena y los diferentes arroyos que atraviesan la cuenca. Esta se encuentra principalmente al oriente de la cuenca y en menor proporción en la región central y occidente. Se compone de sedimentos tamaño lodo, arena y grava. Su espesor en general varía de 5 a 10 m.

2.1.2.1.4.5 Depósitos Fluviolacustres (Qfl)

Los depósitos fluviolacustres ocurren tanto en las márgenes del río Magdalena como en sus orillales y en las ciénagas asociadas. Son fácilmente identificables en las imágenes de satélite, donde se aprecia claramente geofomas asociadas a estos depósitos, tales como barras de meandros con su forma característica de medialuna, islas interiores del cauce del río, las cuales emergen o desaparecen estacionalmente de acuerdo con el nivel del río u otras ya colonizadas por vegetación, que enmascaran la litología de éstas. Los sedimentos asociados al lecho actual del río Magdalena están constituidos por arenas de grano fino a medio, de color gris amarillento compuesto por cuarzo, chert, y fragmentos líticos, subangulares, a subredondeadas, con buena selección. Los sedimentos asociados a las ciénagas son más arcillosos, constituidos por arcillas limosas con materia orgánica, ocasionalmente arenosas, grises parduscos a pardo rojizas.

2.1.2.1.4.6 Depósitos Marinos de Playa (Q1)

Los depósitos marinos de playa son los que están conformados en la línea de costa por sedimentos recientes, principalmente arenas de grano fino a medio, de color gris claro a gris oscuro, que han sido depositados por la acción mecánica del mar (olas y corriente), en forma de playas y espigas. La única región donde tenemos este tipo de depósitos en el área de interés es en Norte de la cuenca, en todo el borde que comunica con la línea de Costa la parte superior de la ciudad de Barranquilla.

2.1.2.1.5 Geología Estructural 2.1.2.1.5.1 Plegamientos Típicos en el Área De Estudio

Sinclinal de Sabanalarga:

Caro et al. (1985) se refieren al Sinclinorio de Sabanalarga como la mayor estructura del Departamento del Atlántico; está localizado en inmediaciones de las poblaciones de Galapa, Sabanalarga y Aguada de Pablo, con una longitud aproximada de 40 km de largo y una amplitud de 8 km al norte y 12 km al sur. Su zona axial está ocupada por la Formación Rotinet y sus flancos más o menos simétricos por rocas de las formaciones Tubará e Hibácharo.

Se presume la continuidad de esta estructura por la actitud de los estratos de la Formación Tubará en los alrededores de Baranoa y al oriente de Galapa. El trazo del eje de esta estructura es inferido en razón a que los sedimentos cuaternarios suprayacen la Formación Tubará en este sector y cubren el núcleo de la estructura.

Anticlinal de Sibarco: El Anticlinal de Sibarco está localizado al occidente de la cuenca, en la región comprendida en el occidente del Municipio de Usiacurí y oriente de Tubará y Baranoa. Tiene rumbo N10-25°E, es una estructura angosta y alargada con una longitud de 25 km y una amplitud de 5 km; en el eje aflora la For-

mación Hibácharo y en sus flancos simétricos la Formación Tubará; el flanco occidental presenta buzamientos de 10 – 15°W y el oriental de 5-42°E

2.1.2.1.5.2 análisis del Subsuelo a través de Métodos Sísmicos.

La zona estudiada se tuvo en cuenta las siguientes líneas sísmicas que se encuentran en Color rojo en la Figura 216, en un rango de años desde 1977 hasta 2008, presentándose la descripción detallada de cada una de estas.

Figura 216. Líneas sísmicas empleadas para el análisis del subsuelo

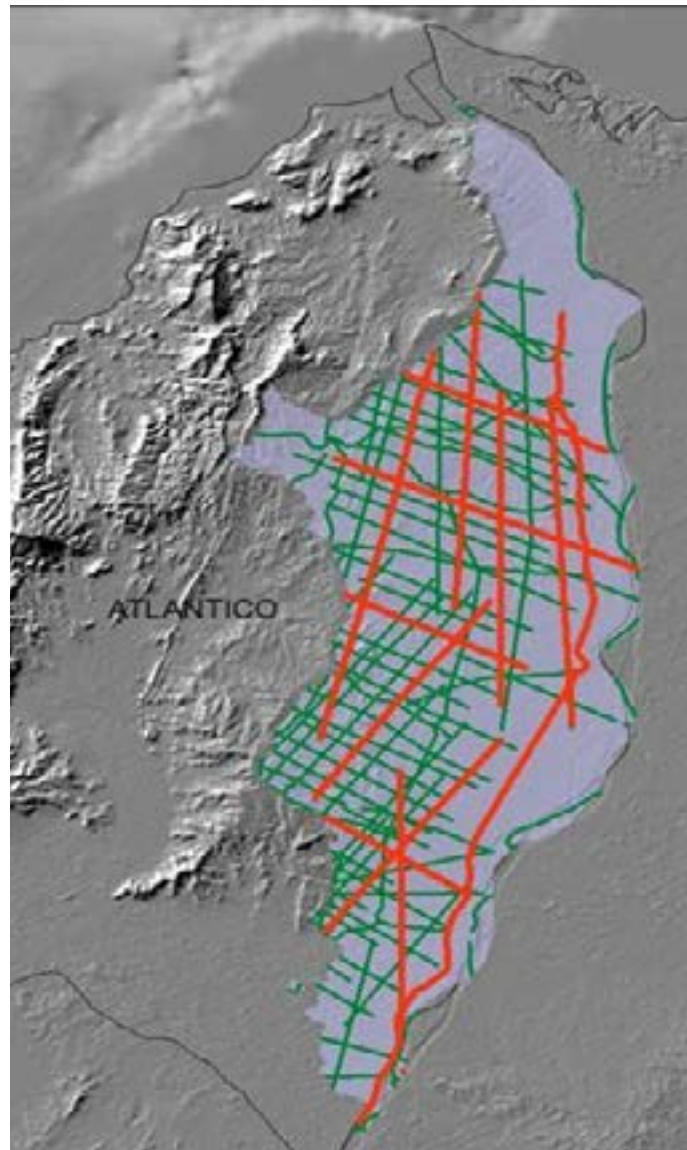


Figura 217. Codificación de las líneas sísmicas empleadas para el análisis del subsuelo de la cuenca.



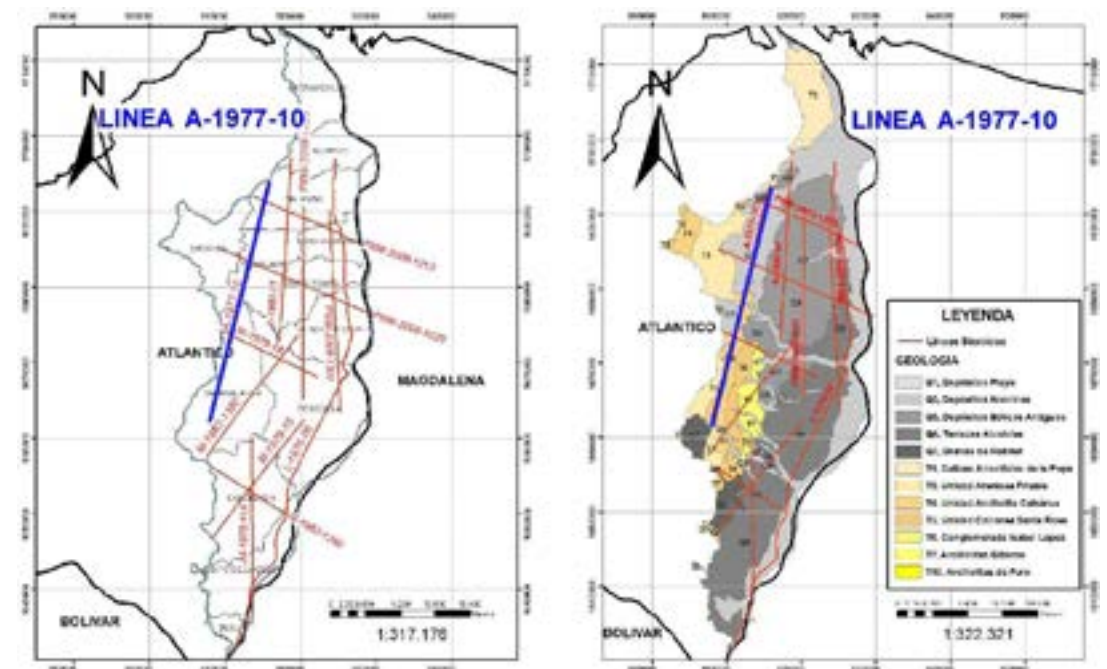
Tabla 2-3. Líneas sísmicas empleadas para el análisis del subsuelo de la cuenca.

NOM-BRE LINEA	CU-EN CA	CADENA	FINAL_CDP	INI TIAL_CD	LINE_LENTH	INI TIAL_SHOT	FINAL_SHOT
A-1977-10	SIN SJ	A-1977-10_ATLANTICO-77	868	100	38,92	88	472
M-1979-15	SIN SJ	M-1979-15_MOLINERO-79	914	100	20,27	94	501
M-1979-18	SIN SJ	M-1979-18_MOLINERO-79	1182	100	26,12	101	642
M-1982-1260	SIN SJ	M-1982-1260_MOLINERO-82	598	100	12,45	101	350
M-1982-1380	SIN SJ	M-1982-1380_MOLINERO-82	900	100	20,09	101	501
L-1976-06	SIN SJ	L-1976-06_ATLANTICO-76	1654	100	76,53	96	873
K-1980-01	SIN SJ	K-1980-01_REMOLINO-80	660	100	28,01	65	345
JM-1975-11A	SIN SJ	JM-1975-11A_SAN JORGE-75	922	100	38,68	366	777
PNW-2008-1025	SIN SJ	PNW-2008-1025_PERDICES 2D-2008	0	0	28,65	923	2833
PNW-2008-1193	SIN SJ	PNW-2008-1193_PERDICES 2D-2008	0	0	25,48	903	2602
PNW-2008-1213	SIN SJ	PNW-2008-1213_PERDICES 2D-2008	0	0	20,94	901	2289
PNW-2008-1300	SIN SJ	PNW-2008-1300_PERDICES 2D-2008	0	0	26,91	975	2769

2.1.2.1.5.2.1 Línea a-1977-10

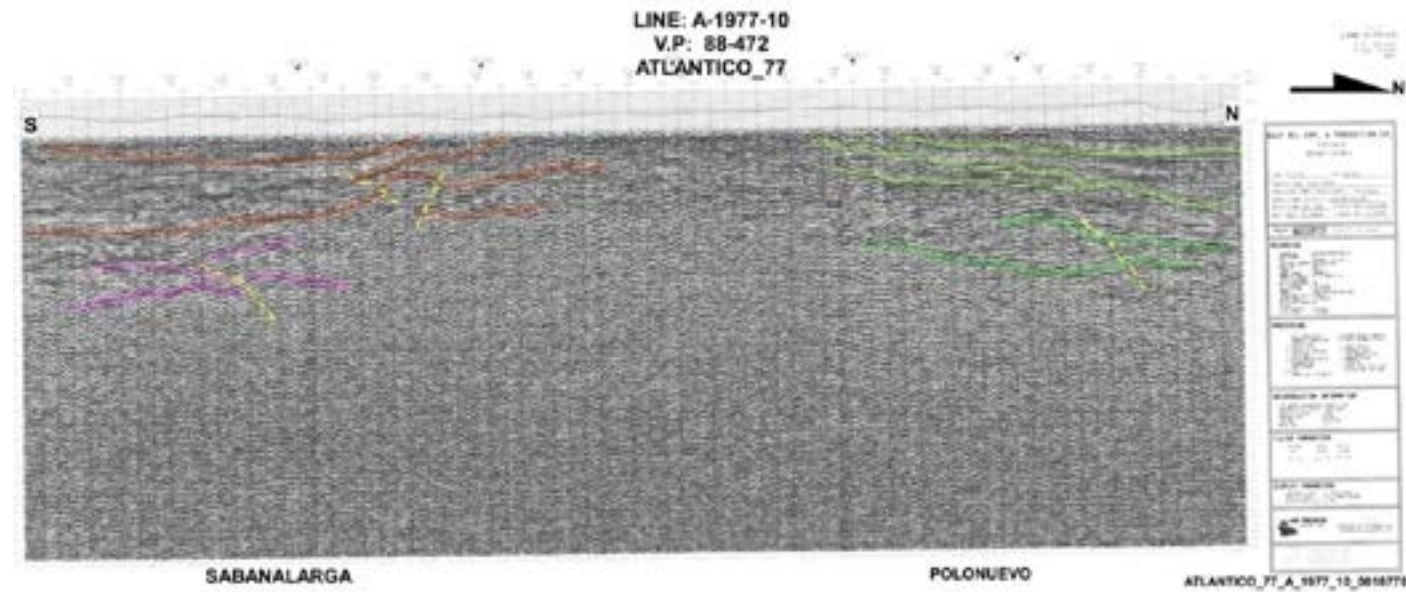
La línea ATLANTICO-77, Se encuentra entre las líneas más extensas verticalmente que pasan por el área de interés, representada en color azul en la Figura 1.76. En su mayoría esta línea pasa en el Sur por la unidad de arcillolitas Calcáreas - T4, y más hacia la región Norte de la cuenca corresponde a la zona de Depósitos Cuaternarios Q3.

Figura 218. Línea A-1977-10



En la línea sísmica no fue posible identificar las estructuras de forma confiable, debido a que presenta ruido, sin embargo las unidades que se logran apreciar se identifican semi-horizontales, evidenciándose un buzamiento aparente debido a la orientación del corte de la Línea sísmica, ya que en la región de Sabanalarga se encuentra una estructura de aproximadamente 40 Km de largo correspondiente al Sinclinorio de Sabanalarga, la cual se considera dentro de las grandes estructuras del departamento del Atlántico. Se pueden apreciar solo algunas fallas superficiales, hacia la región izquierda de la línea de Las Monas.

Figura 219. Línea A-1977-10



La Unidad de arcillolitas Calcáreas se caracteriza por la alternancia de arcillolitas y areniscas calcáreas en los sectores principalmente de Baranoa y Tubará, pero en el sur del Sinclinal de Sabanalarga es esencialmente arcillosa. Está expuesta al sur del municipio de Tubará, al este y oeste de los municipios de Baranoa y Sabanalarga.

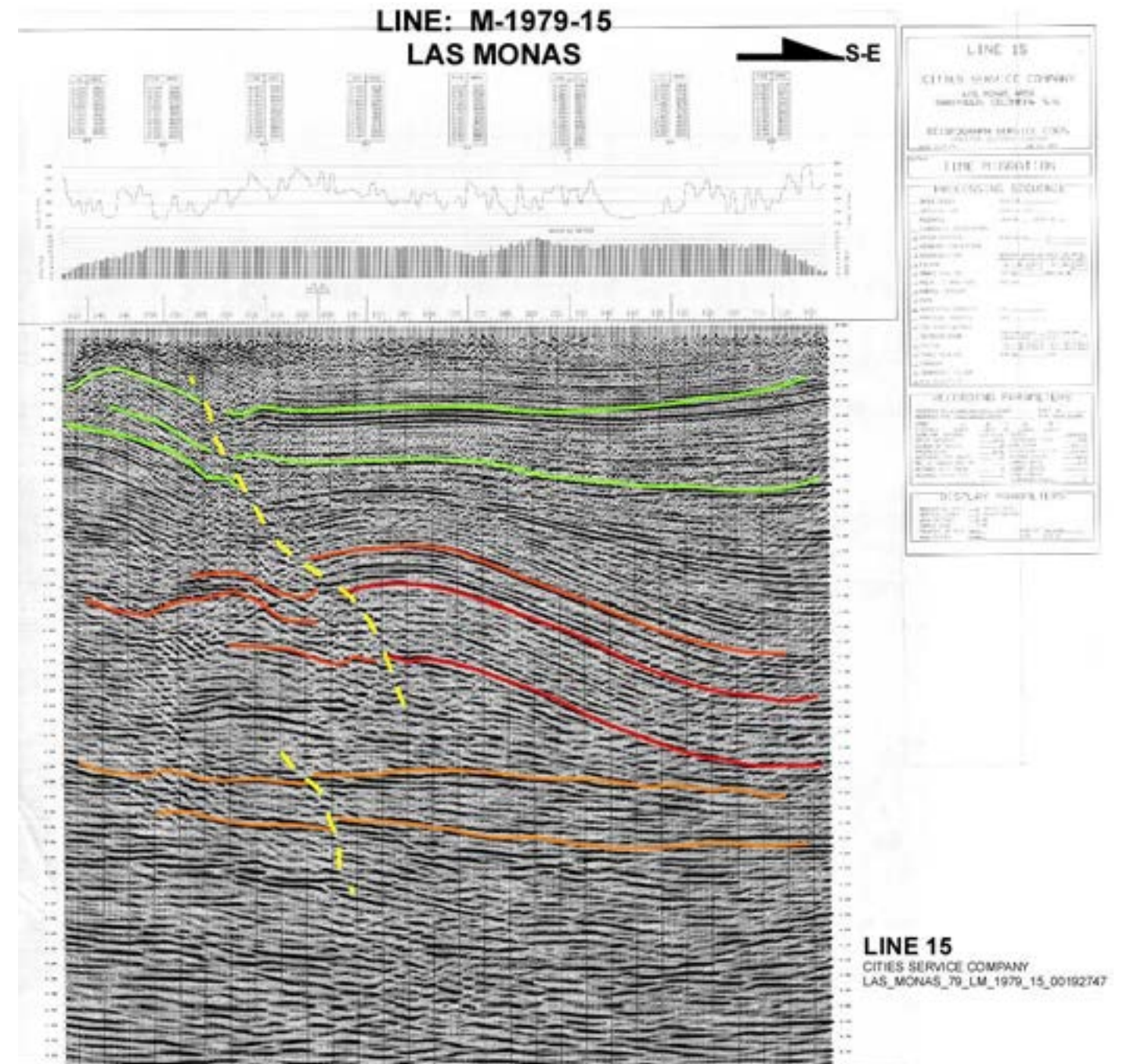
La sección tipo tiene un espesor de 300 m y buzamientos variables entre 3° y 15°. Se depositó durante el Mioceno superior- plioceno, en un medio marino.

2.1.2.1.5.2 Línea M-1979-15: Las Monas

LAS MONAS – 79, Se encuentra en la región del municipio de Candelaria y ponedera, en la superficie se encuentra totalmente cubierta por depósitos cuaternarios.

En la línea sísmica se pueden apreciar tres unidades, presentan un comportamiento que tiende a ser homogéneo; la base presenta estructuras horizontales bien definidas, se ve una falla profunda más representativa, con un ligero pliegue de cabalgamiento en especial en la zona de líneas color rojo. En la región superficial presenta horizontes más delgados que los anteriores, y alcanza a ser afectado también por la falla.

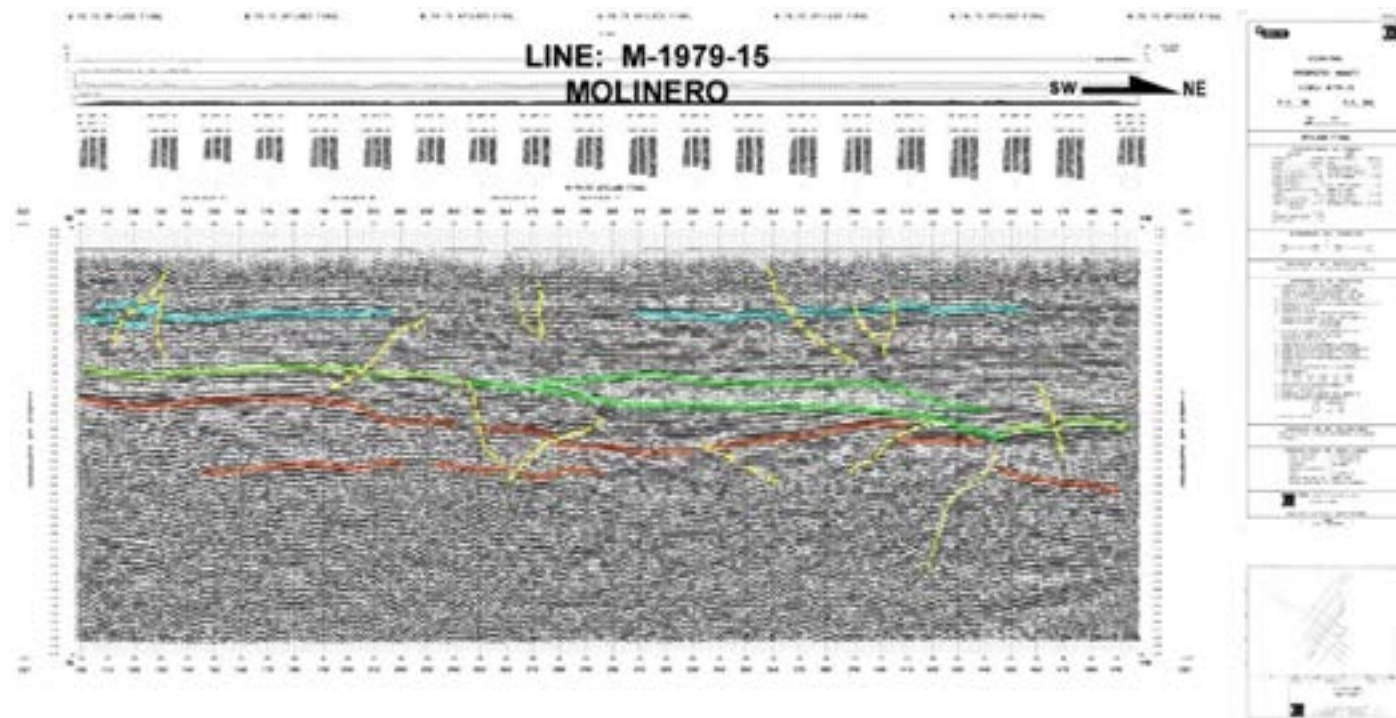
Figura 220. Línea M-1979-15: Las Monas.



2.1.2.1.5.2.3 Línea M-1979-15 Molinero

La Línea MOLINERO-79, se caracteriza por presentar un adelgazamiento o pinchamiento de las estructuras hacia el NE, evidenciándose en la región de líneas verdes y parte de las rojas (Figura 221), las fallas no tienen una orientación en común.

Figura 2-21. Línea M-1979-15 Molinero.



2.1.2.1.5.2.4 Línea M-1979-18 Las Monas

LAS MONAS-79, Se encuentra en los municipios de Sabanalarga y ponedera al SE, pasa por la Unidad de arcillolita calcárea, y calcárea santa rosa.

Se caracteriza por poseer horizontes bien delimitados y contactos netos, que van desde el Paleoceno hasta Cuaternario; de base a techo presenta lo que corresponde posiblemente a la Formación La Luna, Umir, Lisama, La Paz, Esmeraldas, Mugrosa, Colorado y Grupo Real.

La sísmica presenta en la formación Colorado un buzamiento de 50°, y va disminuyendo a medida que se acerca a la superficie hasta 10° en el grupo Real superior. El contacto neto más representativo es el de tope de Lisama y base de la Paz.

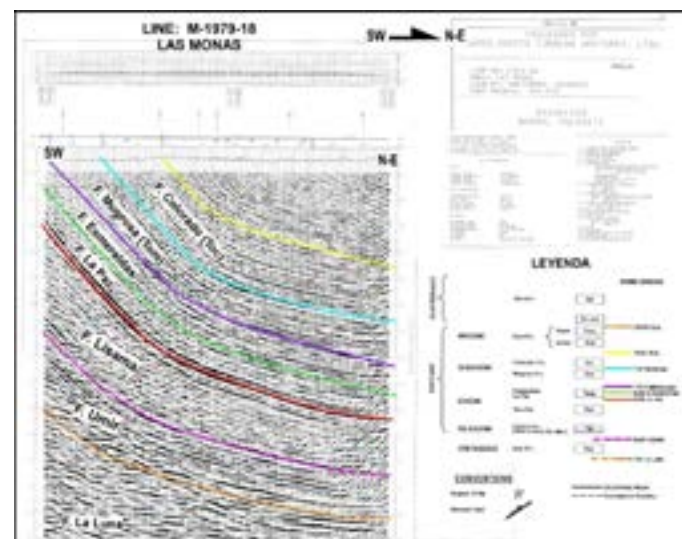


Figura 2-22. M-1979-18 Las Monas.

Esta litología hace parte de la secuencia de la Cuenca VMM, como se puede observar en la .Figura 2-23.

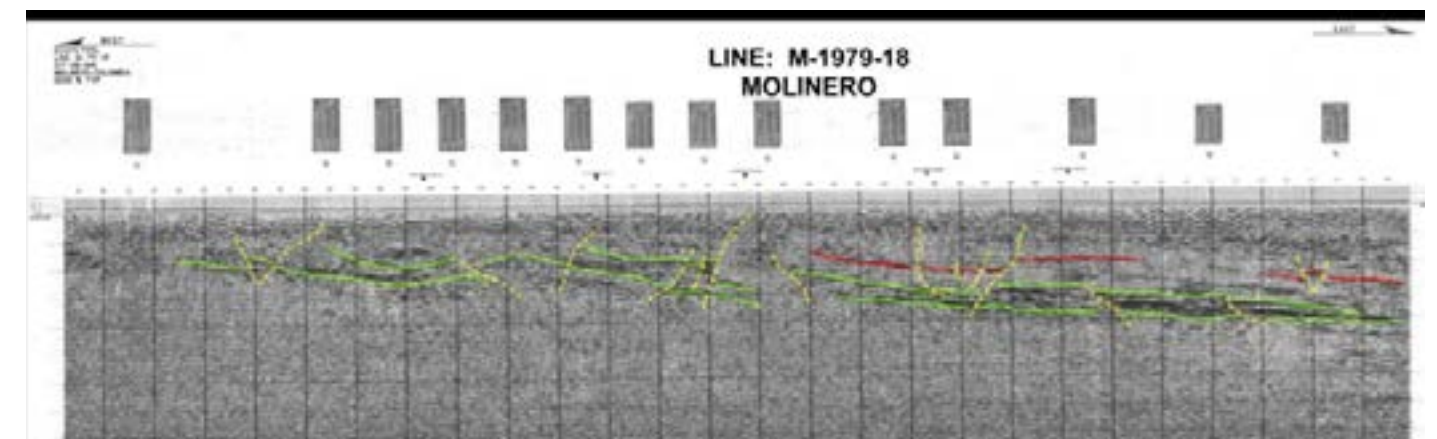
Figura 2-23. Descripción litológica

PERIODO	EPOCA	FORMACION	LITOLOGIA
TERCIARIO	PLIOCENO	REAL	
	MIOCENO	COLORADO	
		MUGROSA	
	OLIGOCENO	ESMERALDAS	
		LA PAZ	
	EOCENO	DISCORDANCIA EOCENO-PALEOCENO	
		LISAMA	
	PALEOCENO	UMIR	
		MAESTRICHTIANO	
	TACEO	CAMPANIANO	LA LUNA
SANTONIANO			PUJAMANA
CONIACIANO			SALADA
TURONIANO			
CENOMANIANO			

2.1.2.1.5.2.5 Línea M-1979-18 Molinero

La línea M-1979-18 Molinero presenta una unidad bien delimitada con fallamiento inverso marcado y algunos pliegues de cabalgamiento ligeros; la unidad más superficial es menos densa y no presenta casi fallamiento.

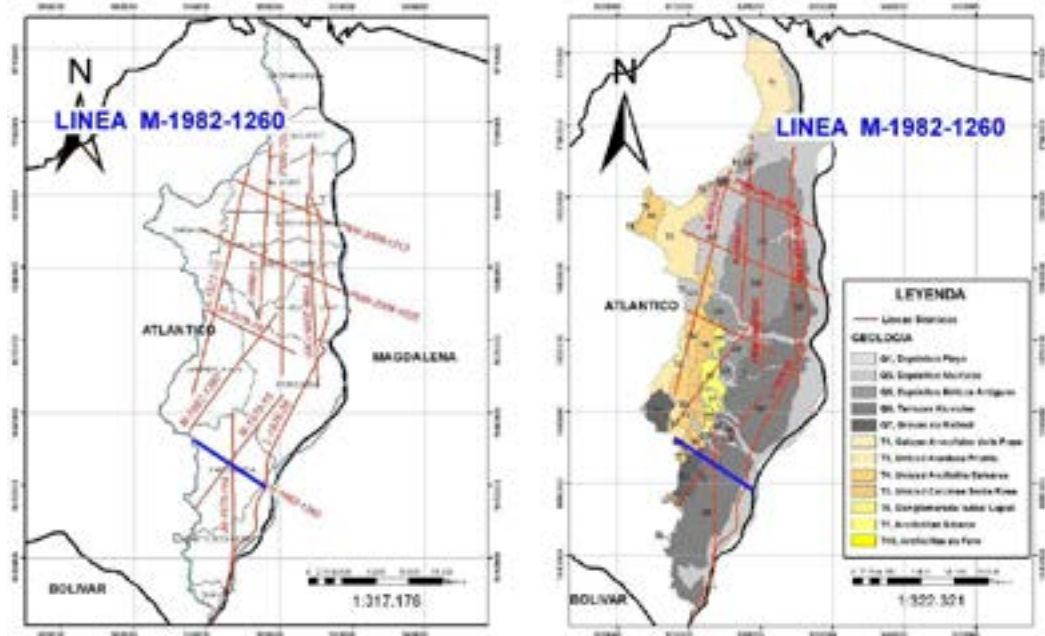
Figura 2-24. Línea M-1979-18 Molinero.



2.1.2.1.5.2.6 Línea M-1982-1260

La línea MOLINERO 82-STK, Ecopetrol. Localizada en el municipio de Candelaria (Figura 225), litológicamente está cubierta en gran parte por terrazas aluviales, Gravas de Rotinet y la unidad Calcárea Santa Rosa. Esta línea pasa por el límite de la cuenca hidrográfica del Arroyo piedras y arroyo Gallego.

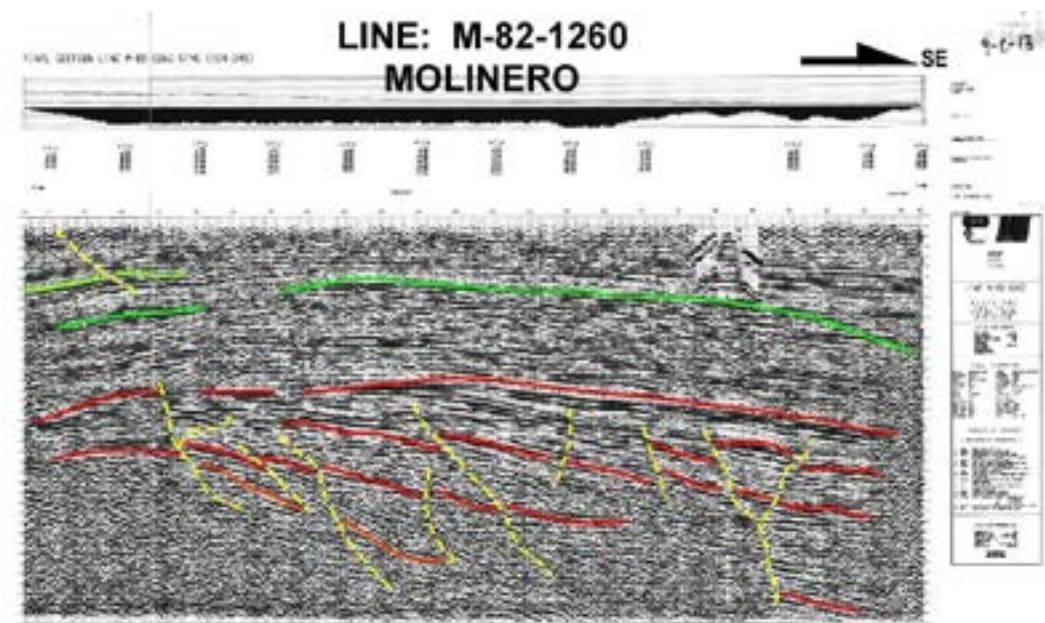
Figura 2-25. Línea Molinero 82-STK



En la línea sísmica se logra diferenciar 2 unidades, la más profunda líneas rojas (Figura 226), presenta una alta densidad de fracturamiento mostrando una serie de fallas, la mayoría inversas con tendencia NW, y en las regiones hacia él SE,

se observa una estructura de cabalgamiento, en el segmento superior, líneas color verde, se puede ver un comportamiento más estable, con estructuras semi- horizontales y no presenta tantas fallas visibles en la superficie.

Figura 2-26. Línea Molinero 82-STK.



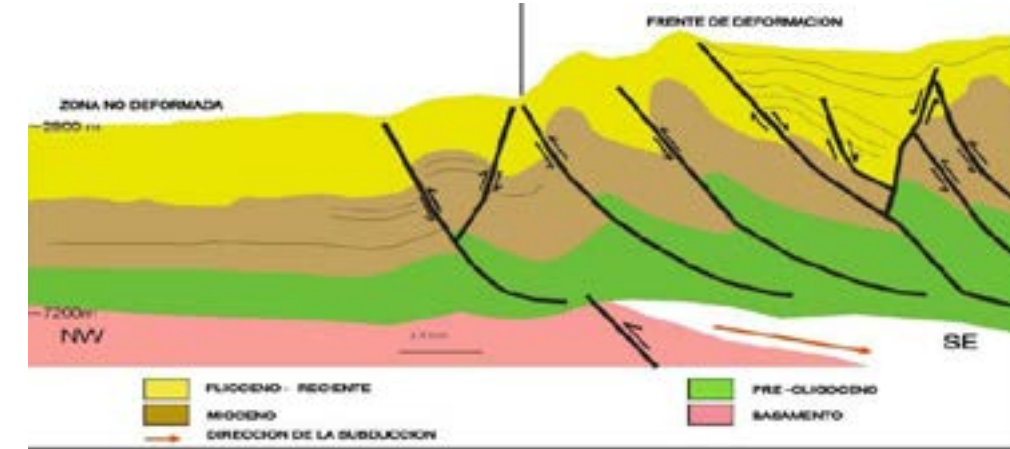
En antecedentes de la región de la cuenca Sinú, se puede apreciar un comportamiento similar a las estructuras que presenta esta línea

sísmica; Antolinez et al. (2009) concluyen de una sección NW – SE, que el cinturón deformado de Sinú representa la continuación hacia el sureste

de un frente de deformación, en el cual se presentan fallas inversas que convergen hacia esta misma dirección con bloques que cabalgan sobre una zona no deformada en el noroeste, que se depositó sobre la corteza oceánica (Figura 227).

Estos mismos autores plantean que las fallas tienen un despegue en rocas pre-oligocenas, además de proponer el desarrollo de una cuenca asimétrica limitada por fallas normales de edad Oligoceno – Mioceno.

Figura 2-27. Sección esquemática del cinturón Plegado de Sinú.



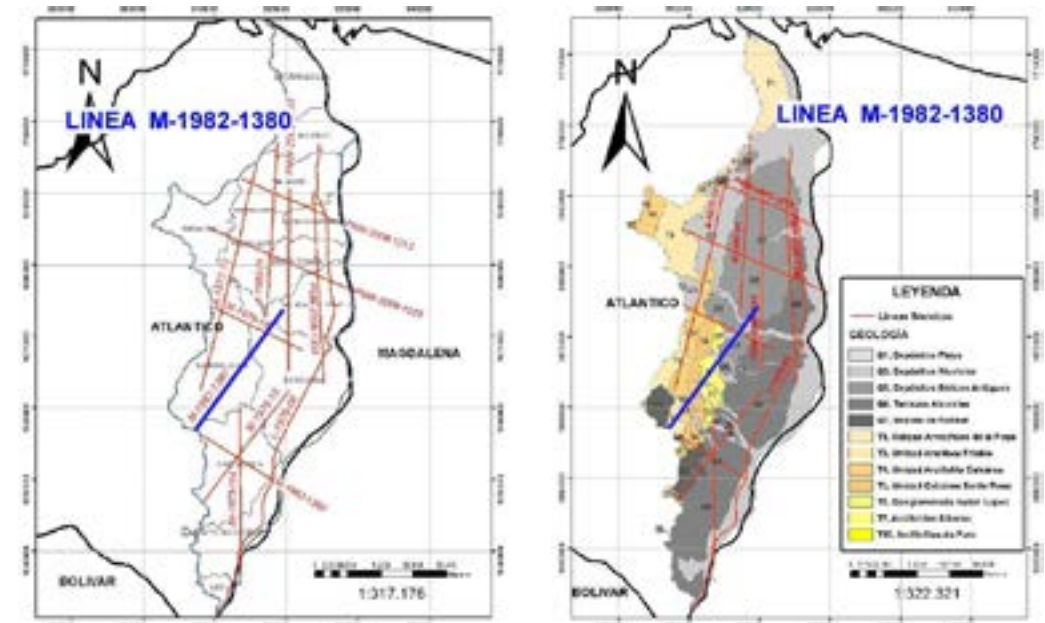
Fuente Antolinez et al 2009

2.1.2.1.5.2.7 Línea M-1982-1380

La línea MOLINERO, Prospecto Manatí (M-1982-1380), se encuentra dentro de los municipios de Sabanalarga y una pequeña parte al NE por el municipio de Ponedera. Atraviesa toda la

secuencia sedimentaria T3, T4, T5, y T7, correspondientes a la Unidad arenisca friable, arcillolita calcárea, Calcárea Santa Rosa, y arcillolitas de Sibarco consecutivamente, y depósitos eólicos antiguos y aluviales.

Figura 228. Línea sísmica Molinero, Prospecto Manatí (M-1982-1380)



La unidad Arenisca friable, aflora al occidente de la cuenca, en inmediaciones de los municipios de Sabanalarga y Baranoa; conforma el núcleo de sinclinal de Sabanalarga. La sección tipo presenta un espesor de 150 m, sus buzamientos varían de 3° a 15° y su origen es de carácter fluviolacustre. La unidad fue depositada durante el Mioceno-Plioceno.

La unidad arcillolita calcárea constituye alternancia de arcillolitas y areniscas. La sección tipo tiene un espesor de 300 m. Se depositó durante el Mioceno superior- plioceno, en un medio marino.

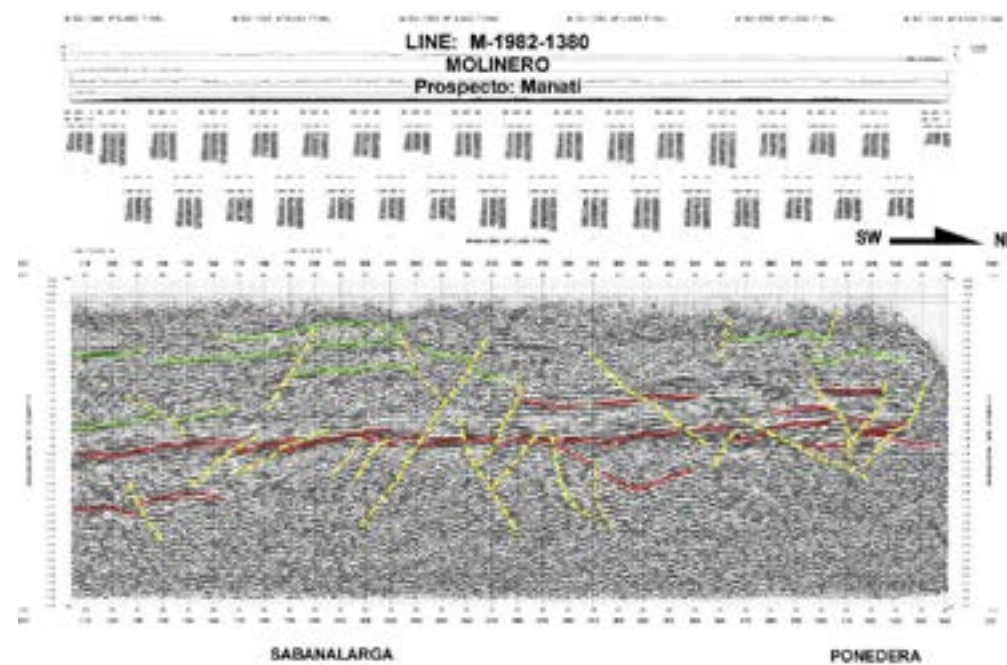
La unidad Calcárea Santa Rosa, está compuesta por la alternancia de areniscas de grano grueso a conglomerático, fosilífero y limo-arcillo-

so que forman parte de los anticlinales de Sibarco, Sabanalarga y el sinclinal de Tubará. Presenta un espesor de 500 m, depositados en un medio marino durante el Mioceno Superior-Plioceno.

Unidad Arcillolitas de Sibarco, consta de arcillolitas con yeso y limolitas arenosas con intercalaciones delgadas de arenisca arcillosa. Forma parte del anticlinal de Sibarco, así como de los anticlinales de Tubará y Sabanalarga. Su espesor es de 200m. Se depositó en ambiente marino durante el Mioceno medio.

En la Línea sísmica se aprecia la gran influencia tectónica en esta zona por la densidad de fallas que se presentan comparado con las otras líneas sísmicas, posiblemente porque está más cercano al Sinclinal de Sabanalarga.

Figura 229. Línea sísmica Molinero, Prospecto Manatí (M-1982-1380).



2.1.2.1.5.2.8 Línea Pnw-2008-1300 Perdices

Esta línea es bastante extensa, y pasa por 4 municipios de Norte a Sur: Sabanagrande, Santo Tomás, Palmar de Varela y Ponedera. Se encuen-

tra cubierta principalmente por depósitos de terrazas aluviales y de playa.

En la línea sísmica se evidencia que es homogénea horizontalmente, no presenta ninguna estructura principal ni representativa, solo pequeñas fallas muy tenues.

Figura 2-30. Línea PNW-2008-1300 Perdices.

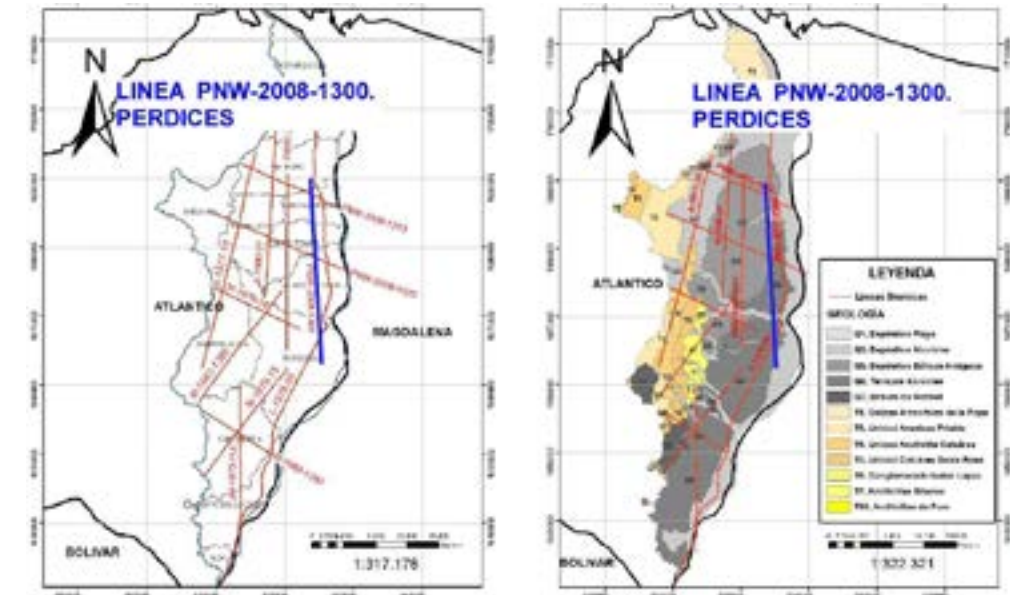


Figura 231. Línea PNW-2008-1300 Perdices.

2.1.2.1.6 Unidades Geológicas Superficiales

2.1.2.1.6.1 Enfoque Metodológico

Las unidades geológicas superficiales se definen como el conjunto de materiales que conforman la superficie del terreno hasta profundidades del orden de decenas de metros MADS (2013). Estas se consideran como formaciones correlativas de los procesos morfodinámicos, debido a la acción de agentes exógenos y endógenos que modelan la superficie terrestre.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)4 determinó una serie de actividades a realizar, las cuales deben llevarse a cabo para estudiar y determinar las unidades geológicas superficiales de cualquier cuenca objeto de estudio.

En la cuenca del Complejo de Humedales de la vertiente occidental del Río Magdalena, en

4 MADS (2013) Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas - Anexo B. Gestión del Riesgo. Bogotá., p. 46.

el departamento del Atlántico, para la definición de las unidades geológicas superficiales se prosiguió de la siguiente manera, de acuerdo a la metodología establecida por el MADS.

2.1.2.1.6.1.1 Recopilación de información temática

Se consultaron las entidades de orden oficial como el Servicio Geológico Colombiano (SGC), antes Ingeominas, revisando información geológica existente de la cuenca, como las planchas 16-17 Barranquilla, 24 Sabanalarga y 31 Campo de La Cruz, con lo cual se elaboró el mapa de Geología y la memoria de Geología, así mismo se revisó información de geomorfología existente, pues las unidades geomorfológicas asociadas a una unidad en la cuenca determinan características de las unidades geológicas superficiales.

Imágenes de satélite

Se realiza interpretación de sensores remotos (sombras, imágenes de satélite) con el fin de observar rasgos de las unidades geológicas superficiales a nivel macro, determinando con esto, además de contactos, procesos morfodi-

námicos, rasgos estructurales, características de la meteorización que se observen a gran escala, entre otros.

Fase de campo

En conjunto con la información colectada en campo para realizar el aparte de unidades geológicas, se colectó alguna información sobre grado de meteorización de las rocas y sedimentos encontrados en la cuenca, además de la caracterización de elementos estructurales como fallas, pliegues y lineamientos que definen algunas características de cada unidad geológica superficial, pues un intenso fallamiento puede reducir el índice de resistencia geológico de las rocas, entre otros.

Durante la fase de campo se debe hacer una recolección de muestra de rocas y de suelos para análisis de laboratorio, sin embargo, para el área de estudio no se pudieron realizar estos muestreos por motivos presupuestales.

Teniendo en cuenta que las unidades geológicas superficiales se utilizan como insumo para determinar la zonificación de amenazas por movimientos en masa y que hacia el sector de Baranoa se encuentra la mayor densidad de ocurrencia de este tipo de fenómenos, además que para este sector se encuentra determinada la unidad geológica superficial Rocas Intermedias de Areniscas Calcáreas de Santa Rosa, que modelan algunos lomeríos, se recomienda hacer muestreo de las unidades geológicas superficiales en los sectores donde se presentan mayor cantidad de fenómenos de movimientos en masa, con el fin de determinar específicamente los índices de resistencia de las rocas y suelos, y así corroborar que las unidades geológicas superficiales determinadas en estos sectores sean correctas y de la misma manera, si las características de estos materiales propenden a generar movimientos en masa, el ordenamiento de la cuenca este enfocado a prevenir escenarios de riesgos que puedan poner en peligro la vida humana y actividades socioeconómicas desarrolladas por los pobladores de la cuenca.

Evaluación y procesamiento de la información de campo

Con la información obtenida para el aparte de geología y que aplica para la definición de las unidades geológicas superficiales de la cuenca, se realizó un análisis y procesamiento de los datos, revisando cada una de las características de las rocas, sedimentos y suelos de la cuenca en cuanto a textura, origen, unidad geomorfológica asociada, grado de consolidación, grado de meteorización, etc., esto permite definir las rocas blandas, intermedias y duras presentes en la cuenca, así como los sedimentos de acuerdo a su origen.

Elaboración de la memoria técnica explicativa e integración de los mapas temáticos a los mapas de Unidades Geológicas Superficiales

Finalmente, se elaboró la memoria explicativa de las unidades geológicas superficiales definidas para el área de estudio y la elaboración del mapa, de acuerdo con las características de cada unidad de roca o sedimentos. Las características que definen cada unidad de roca se presentan en la memoria y la localización de cada unidad en el mapa de unidades geológicas superficiales.

Se recomienda que se ejecute el muestreo de rocas y suelos, que se debió realizar en la fase de campo pero que por cuestiones presupuestales no se pudo llevar a cabo para el área de estudio, y que se hagan los análisis de laboratorio correspondientes, con el fin de corroborar las unidades geológicas superficiales definidas y tener una mayor precisión sobre los índices de resistencia, de fracturamiento y demás características físicas de las rocas.

2.1.2.1.7 Descripción de las Unidades Geológicas Superficiales

Las unidades geológicas superficiales (en adelante UGS) se definen como el conjunto de materiales que conforman la superficie del terre-

no hasta profundidades del orden de decenas de metros (Hermelín, 1978).

Están directamente relacionadas con las unidades geológicas de un área, pero se definen de acuerdo a los procesos morfodinámicos que las han modelado, como los agentes exógenos y endógenos que modelan la superficie terrestre. Dentro de estas unidades se encuentran rocas con diferentes grados de meteorización, suelos y depósitos inconsolidados.

Dentro de la cuenca se encuentran unidades principalmente del Cenozoico, las cuales hacen parte de la cuenca sedimentaria Sinú – San Jacinto y han sido depositadas en ambientes marinos, estuarinos y fluviales. Para la generación de las UGS se tuvo en cuenta la Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, además de algunos ejemplos del Servicio Geológico Colombiano (SGC).

Para la generación de las UGS se realizó un análisis de las unidades geológicas aflorantes en la cuenca y se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Origen
- Textura o fábrica
- Índice de fracturamiento de la roca (Jv)
- Índice de resistencia geológico (GSI)
- Grado de meteorización
- Unidades geomorfológicas y su localización en la cuenca

Es de anotar que para la descripción y definición de las UGS de la cuenca se utilizó principalmente información secundaria y las descripciones de las unidades geológicas tomadas en campo. Dado que la Guía exige la recolección de muestras de rocas y suelos para análisis de laboratorio, se determinó que estas no son necesarias para la determinación de estas unidades debido en primer lugar al poco fallamiento que se encuentra en las rocas de la cuenca, por lo que este no genera mayor fracturamiento en las

rocas que pueda alterar su dureza o resistencia. En segundo lugar, la morfología de la zona es suave, por lo que las pendientes que se encuentran en la cuenca no implican mayor efecto de la gravedad en las unidades rocosas. En tercer y último lugar, la mayoría de las unidades geológicas superficiales de la cuenca corresponden a depósitos inconsolidados, por lo que su resistencia será muy baja.

Para la definición de los índices de fracturamiento, el índice de resistencia geológico y la resistencia de la roca, se utilizaron las observaciones de campo, con lo que se hace una estimación de acuerdo con las características de cada unidad que fueron observadas en afloramiento.

De esta manera, para la cuenca de la vertiente oriental del río Magdalena en el departamento del Atlántico, se definieron 11 unidades geológicas superficiales, las cuales se describen a continuación:

2.1.2.1.7.1 Rocas blandas de las Arcillolitas de Furo (RbT10)

Secuencia de intercalaciones de arcillolitas, limolitas y arenitas de grano fino, bien estratificadas y laminadas, aflorantes en una pequeña parte de la cuenca, hacia el occidente, en el municipio de Juan de Acosta, limitando con Baranoa. El espesor de esta unidad puede alcanzar los 600 m, fue depositada en un ambiente marino somero durante el Mioceno inferior.

Las rocas de esta unidad se caracterizan por ser rocas de baja resistencia, frágiles, deleznales, con fracturamiento muy bajo y un índice de resistencia geológica pobre

2.1.2.1.7.2 Rocas blandas de las Arcillolitas de Sibarco (RbT7)

Arcillolitas con yeso y limolitas arenosas con intercalaciones delgadas de arenitas arci-

llosas, las cuales forman parte del Anticlinal de Sibarco, así como de los anticlinales de Tubará y Sabanalarga. Esta unidad aflora en una pequeña parte de la cuenca, en el extremo occidental, en el municipio de Baranoa, su espesor puede alcanzar los 200 m y fue depositada en un ambiente marino somero durante el medio.

Las rocas de esta unidad son de baja resistencia, frágiles, deleznales, con fracturamiento muy bajo y un índice de resistencia geológica pobre.

2.1.2.1.7.3 Rocas blandas de la Unidad Conglomerado de Isabel López (RbT6)

Bancos de conglomerados de clastos de tamaño medio embebidos en matriz arenosa, con intercalaciones de capas de areniscas de grano medio a grueso, la cual aflora en una pequeña parte al occidente de la cuenca, en el municipio de Baranoa. El espesor de esta unidad varía entre 30 a 150 m, fue depositada en un ambiente fluvial durante el Mioceno superior.

Las rocas de esta unidad se encuentran poco cementadas, frágiles, deleznales, con bajo fracturamiento y un índice de resistencia geológica pobre.

2.1.2.1.7.4 Rocas intermedias de la unidad Arenisca Calcárea de Santa Rosa (RmT5)

Alternancia de arenitas de grano grueso a conglomerático, fosilífero y limo arcillosas, que forman parte de los anticlinales de Sibarco y Sabanalarga y del Sinclinal de Tubará. Aflora en la cuenca, principalmente, al oriente del municipio de Sabanalarga y parte de Candelaria, además de en una pequeña región en el municipio de Baranoa. Su espesor puede alcanzar los 500 m y fue depositada en un ambiente marino durante el Mioceno superior – Plioceno.

Son rocas de resistencias medias, moderadamente cementadas y consolidadas, poco fracturadas a masivas, con bajo índice de fracturamiento y un índice de resistencia geológica regular.

2.1.2.1.7.5 Rocas blandas de la Unidad Arcillolitas Calcáreas (RbT4)

Alternancia de arcillolitas y areniscas calcáreas, las areniscas son de grano fino a grueso, con matriz arcillosa y en algunas partes se las encuentra con cemento calcáreo. Afloran en los sectores de Baranoa y Tubará, y hacia el sur del Sinclinal de Sabanalarga es esencialmente arcillosa. Su espesor puede alcanzar los 300 m y fue depositada en un ambiente marino durante el Mioceno Superior – Plioceno.

Son rocas de resistencia baja, poco cementadas en sus capas arcillosas a moderadamente cementadas en las capas de areniscas calcáreas, moderadamente consolidadas, poco fracturadas, con bajo índice de fracturamiento y un índice de resistencia geológica regular.

2.1.2.1.7.6 Roca intermedia de la Unidad de Areniscas Friables (RiT3)

Alternancia de areniscas y conglomerados con algunas intercalaciones de lodolitas. Los conglomerados presentan clastos de grava fina a gruesa y gránulos, dentro de una matriz arenosa, friable y pobremente seleccionada. Las areniscas son friables, poco cementadas. La unidad aflora al occidente de la cuenca, en los municipios de Sabanalarga y Baranoa, y se encuentran conformando el núcleo del Sinclinal de Sabanalarga. Su espesor puede alcanzar los 150 m y fue depositada en un ambiente fluviolacustre durante el Mioceno – Plioceno.

Son rocas de resistencias medias, moderadamente cementadas y consolidadas, poco fracturadas, con bajo índice de fracturamiento y un índice de resistencia geológica regular.

2.1.2.1.7.7 Suelo transportado coluvial de la Formación Gravas de Rotinet (Stgr)

La Formación Gravas de Rotinet se definió según De Porta et al. (1974) como un abanico compuesto por cantos y bloques de rocas ígneas, caliza y chert negro, la cual aflora en los alrededores de la Ciénaga del Guájaro. Litológicamente, consta de una sucesión inconsolidada de lechos de gravas con tamaño variable desde gránulos a guijarros, prevaecientemente guijos de rocas ígneas volcánicas, cuarcitas, cuarzo lechoso, chert y arenas cuarzo feldespáticas de grano medio a grueso, de color amarillo. Esta unidad aflora en la parte suroccidental de la cuenca a manera de parches pequeños. En algunos sectores de la cuenca el espesor de esta unidad puede alcanzar los 50 m y se le asigna una edad de Pleistoceno Inferior de acuerdo con su posición estratigráfica, pues se la encuentra por encima de la Unidad de Areniscas Friables (T3), en la parte inferior de la cuenca, cerca del municipio de Candelaria, se la encuentra en contacto con la Unidad Calcárea Santa Rosa (T5) y la Formación Arcillolitas de Sibarco (T7), la unidad fue depositada en un ambiente fluvial.

Dado que esta unidad se caracteriza por ser un abanico no consolidado, se la determinó como una formación geológica superficial de suelo transportado coluvial, el cual se caracteriza por ser depósitos de materiales sueltos, productos de movimientos en masa inactivos

2.1.2.1.7.8 Rocas Intermedias de la Formación La Popa (Rip)

Alternancia de arcillas macizas que pasan gradualmente a calizas arrecifales, en la sección

de la vía Puerto Colombia – Barranquilla se midieron 130 m de espesor de esta unidad, encontrándose, de base a techo, calizas terrígenas y areniscas muy calcáreas de grano fino con algunos granos gruesos y gránulos, muy deleznales y con abundante matriz calcárea, hacia el tope se encuentran calizas arrecifales muy competentes, con gran abundancia de bioclastos y arenitas deleznales de grano grueso, calcáreas, intercaladas con calizas terrígenas. En la cuenca, esta unidad aflora principalmente en el norte de la cuenca, en Barranquilla y en una pequeña parte de la región noreste, en Baranoa, y se le asignó una edad de Plioceno, siendo depositada en un ambiente marino muy somero.

Son rocas de resistencia media, bien cementadas y consolidadas, poco fracturadas, con bajo índice de fracturamiento y un índice de resistencia geológica regular.

2.1.2.1.7.9 Suelos transportados eólicos antiguos y recientes (Stear)

Son sedimentos eólicos antiguos y recientes, que corresponden a los grandes cuerpos de dunas antiguas estabilizadas, adyacentes a la margen occidental del río Magdalena y las dunas recientes adyacentes a la línea de costa. Su origen está asociado a retrabajamiento y transporte por el viento de sedimentos fluviales en áreas con largos periodos secos, asociados al río Magdalena en sus periodos de inundación. Corresponden a arenas de grano fino a medio, cuarzo feldespáticas, con espesor inferior a 20 m.

Los Depósitos Eólicos Antiguos afloran en el oriente de las poblaciones de Baranoa, Galapa e incluso en los alrededores meridionales de Barranquilla y los Depósitos Eólicos Recientes se encuentran en la línea de costa, donde se siguen acumulando por la acción del viento.

2.1.2.1.7.10 Suelos transportados de Depósitos Coluvio Aluviales (Stca)

Hacen referencia a depósitos de derrubios acumulados en los cauces de los actuales arroyos y los valles intermontanos, los cuales pueden alcanzar varios kilómetros de longitud. Se encuentran cerca del municipio de Baranoa, hacia el oriente de este, y hacia el norte y oriente de las estructuras del Sinclinal de Tubará y al norte-noroccidente y nororiente de esta estructura.

Están compuestos por arenas, gravas, limos y arcillas, dentro de las cuales están embebidos fragmentos de clastos de rocas sedimentarias como arenitas o lodolitas.

2.1.2.1.7.11 Suelos transportados aluviales (Stqal)

Corresponden a depósitos inconsolidados de terraza aluvial, fluviolacustres y los depósitos de playa, en los cuales se encuentran, en general,

arenas, arcillas, gravas, con algunos clastos de rocas sedimentarias embebidos en estos.

Los Depósitos de Terrazas Aluviales corresponden a depósitos aluviales, localizados al occidente del río Magdalena y desde la parte central de la cuenca hacia el sur.

Los Depósitos Aluviales se encuentran asociados a los ríos y arroyos principales que componen la cuenca, como la margen del río Magdalena y los drenajes que recorren la cuenca.

Los Depósitos Fluviolacustres se encuentran asociados tanto al río Magdalena como a las ciénagas de la zona, son sedimentos predominantemente arcillosos a limosos.

Los Depósitos Marinos de Playa se encuentran hacia la línea de costa, en el Norte de la cuenca, en el borde que comunica a la ciudad de Barranquilla con la línea de costa.

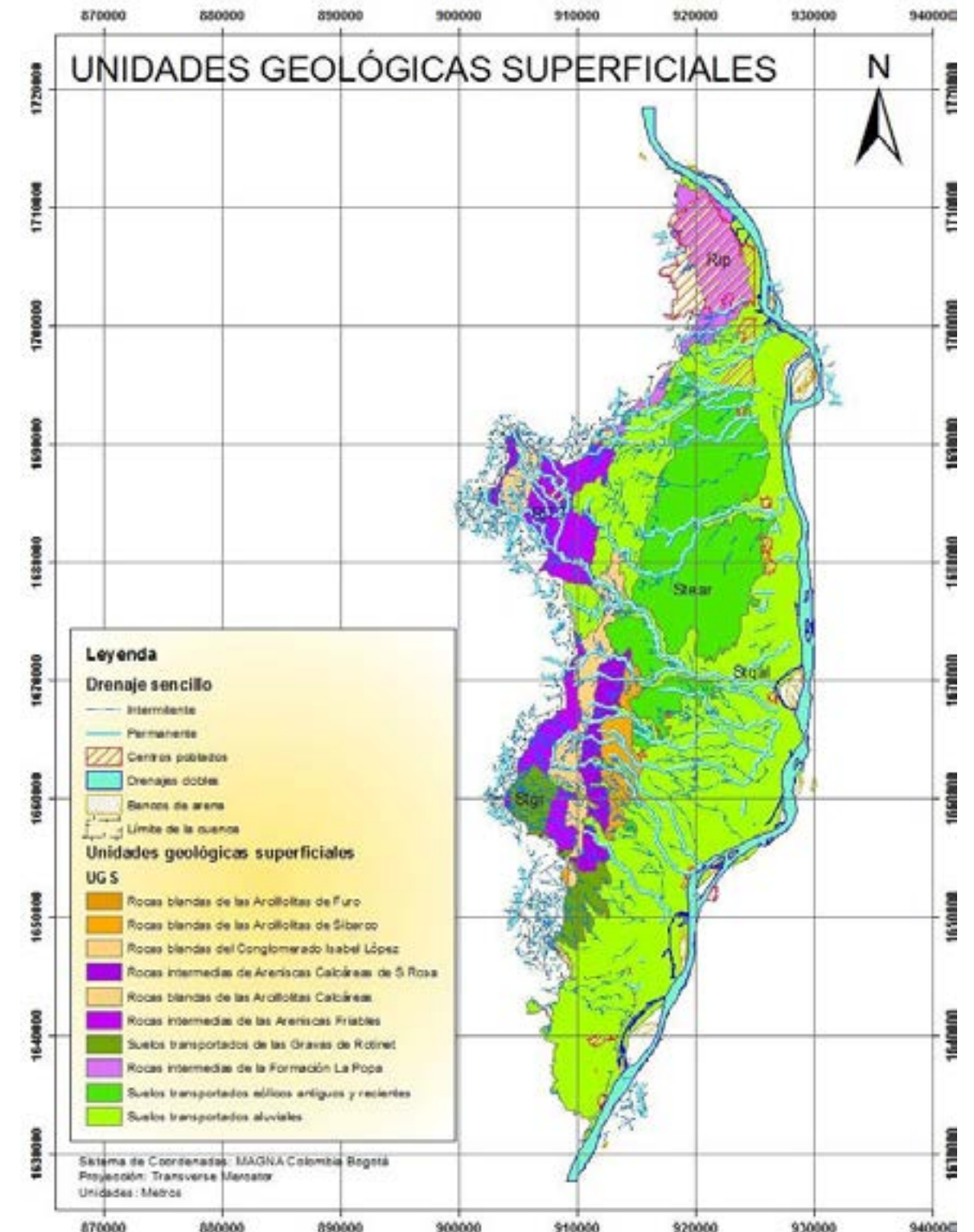
En la Tabla 24 se presenta cada unidad geológica con el tipo de unidad geológica superficial determinado y su resistencia asociada.

Tabla 2-4. Unidades geológicas y su respectiva formación geológica superficial.

UNIDAD GEOLÓGICA	TIPO DE UNIDAD GEOLÓGICA SUPERFICIAL	RESISTENCIA	NOMENCLATURA
Formación Arcillolitas de Furo	Rocas blandas	Baja	RbT10
Formación Arcillolitas de Sibarco	Rocas blandas	Baja	RbT7
Unidad Conglomerado de Isabel López	Rocas blandas	Baja	RbT6
Unidad Arenisca Calcárea de Santa Rosa	Rocas intermedias	Media	RiT5
Unidad Arcillolitas Calcáreas	Rocas blandas	Baja	RbT4
Unidad de Areniscas Friables	Rocas intermedias	Media	RiT3
Formación Gravas de Rotinet	Suelo transportado coluvial	Baja	Stgr
Formación La Popa	Rocas intermedias	Media	Rip
Depósitos Eólicos Antiguos y Recientes	Suelo transportado eólico	Baja	Stear
Depósitos coluvio aluviales	Suelo transportado coluvio aluvial	Baja	Stca
Depósitos Aluviales	Suelo transportado aluvial	Baja	Stqal

En la Figura 2-32 se observa el mapa de unidades geológicas superficiales generado para la cuenca, de acuerdo a las unidades geológicas que se encuentran aflorando en el área.

Figura 2-32. Mapa de unidades geológicas superficiales para el Complejo de Humedales de la vertiente occidental del Río Magdalena.



2.1.2.1.8 Potencial Minero

La actual demanda de recursos naturales renovables y no renovables como fuente de materia prima para el crecimiento económico y social de las comunidades, ha traído como consecuencia el aprovechamiento de todos los elementos que el medio ofrece para satisfacer las necesidades del hombre.

La Cuenca en estudio, presenta recursos minerales asociados a la composición y génesis geológica de la Cuenca baja del río Magdalena, lo cual permitió a través de su historia geológica, la conformación de depósitos de materiales sedimentarios (principalmente arcillas), materiales de arrastre (Depósitos aluviales) y otros yacimientos como calizas, y materiales de construcción.

2.1.2.1.8.1 Arcillas

En la Cuenca baja del Río Magdalena, los depósitos de arcillas se encuentran asociados a la evolución propia del delta del río Magdalena, en el costado Occidental de la Cuenca. Aunque afloran formaciones sedimentarias donde se encuentran capas de sedimentos arcillosos, estos no son explotados a nivel industrial.

Actualmente, solo se tiene referencia de una explotación de arcillas, sobre la Vereda Monserrate, en niveles de arcillas de la Formación Arcillolitas del Limbo, las cuales son explotadas como materia prima para la fabricación de ladrillos.

2.1.2.1.8.2 Calizas

Las principales fuentes de calizas en el departamento provienen de la Formación Arroyo de Piedra, con reservas aproximadas de 390 millones de toneladas, con un espesor promedio de 30 m y contenido de 99 % de CaCO₃ y 50,1 - 55 % de CaO (Ordóñez, 1960), y de la Formación La Popa, en la zona industrial de Barranquilla y en la vía a Puerto Colombia explotados en su

mayoría en forma artesanal, principalmente por socavones; solamente en una cantera se hace en forma mecanizada.

Figura 233. Ladrilleras dentro del área de trabajo



La caliza es usada industrialmente en la elaboración de cemento, como recebo y en la fabricación de productos agrícolas.

se realiza en forma mecanizada con producción promedio de 16.400 T/mes.

2.1.2.1.8.3 Agregados pétreos

Las gravas y arenas de la Formación Rotinet presentan sus mejores exposiciones entre el Municipio de Luruaco y el Corregimiento de Rotinet; de las canteras se extraen los dos tipos de materiales, las gravas y arenas son utilizadas en la construcción de viviendas y como recebo para carreteras. En las canteras de Puerto Rico, La Esperanza, La Canchera y Rotinet, la explotación es predominantemente de arenas; en la cantera La Unión se explotan las gravas y en Ingeocanteras gravas y arenas. Al norte de la localidad de La Peña, en la cantera La Peña se explotan arenas de la Formación Tubará. Al sur del Municipio de Sabanalarga existen algunas pequeñas canteras que son explotadas manualmente en la Formación Rotinet.

Al noreste del departamento, en la región de Santo Tomás se explotan los depósitos eólicos, conformados por arenas cuarzosas. Se requiere de una cartografía más detallada y análisis binoculares y microscópicos para determinar el porcentaje de cuarzo y así evaluar la posibilidad de otros usos industriales, diferentes al de la construcción.

Se explotan los conglomerados de la Formación Pendales que afloran al sur del caserío de Arroyo de Piedra, en las canteras Equipar, Ingeniera y Julio Gerlein & Cía.; son usados esencialmente para recebo en carreteras. La explotación

2.1.2.1.8.4 Minería.

Para el área de trabajo se encuentran los siguientes títulos vigentes en explotación con modalidad de contrato de concesión (Tabla 25). Por su parte las solicitudes se muestran en la Tabla 2-6, siendo solicitudes vigentes en curso.

Figura 234. Mapa de solicitudes y títulos mineros

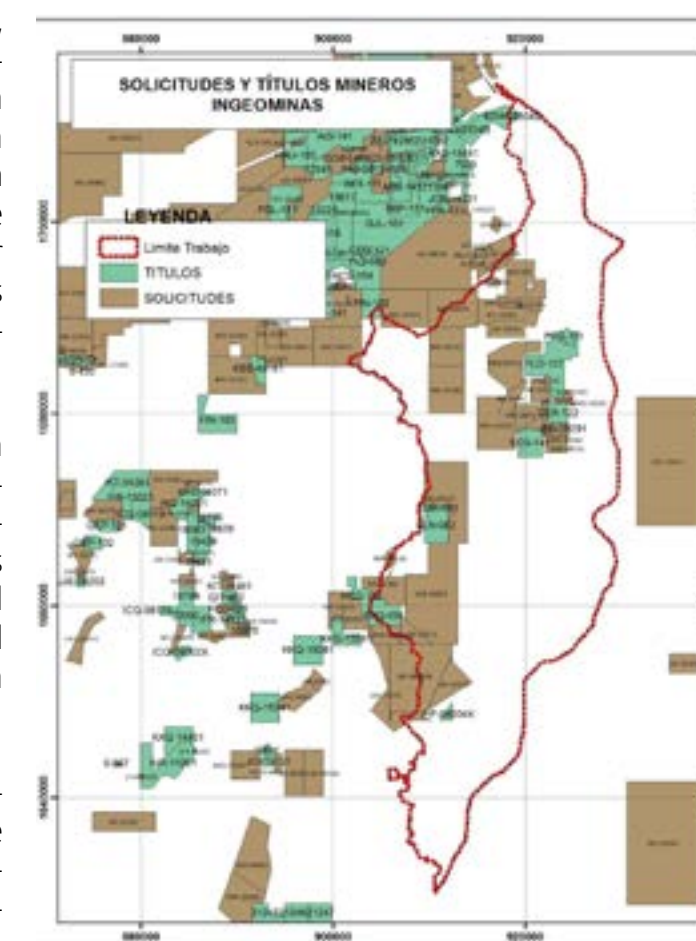


Tabla 25. Títulos mineros dentro del polígono de trabajo.

TÍTULOS MINEROS							
TÍTULO	AREA (HA)	FECHA INSCRIPCIÓN	FECHA TERMINACIÓN	MINERALES	TITULARES	DIRECCION	MUNICIPIOS
HCG-112	567,5	07/09/2007	06/09/2037	MATERIALES DE CONSTRUCCION\ CALIZA\ ROCA	CEMENTOS ARGOS S.A	CALLE 7D N 43A - 99	SABANALARGA- ATLANTICO
ELN-082	929,9	02/09/2008	01/09/2038	ROCA O PIEDRA CALIZA EN BRUTO\ DEMAS_CON	CEMENTOS ARGOS S.A	CALLE 7D N 43A - 99	SABANALARGA- ATLANTICO

TIULOS MINEROS							
ECS-141	725,0	30/03/2006	29/03/2036	DEMÁS_CONCESIBLES\ ARENA	CONCRETOS ARGOS S.A	CALLE 7D N 43A - 99	SABANALARGA-ATLANTICO
IHF-08004X	122,3	03/12/2009	02/12/2039	GRAVAS NATURALES\ DEMAS_CONCESIBLES	GRUPO MINERO ANDINO S.A	AVENIDA CARRERA 15 N- 125-13 OF 602	CANDELARIA-ATLANTICO
EGF-161	70,1	18/11/2005	17/11/2035	DEMÁS_CONCESIBLES\ MATERIALES DE CONSTR	CEMENTOS ARGOS S.A	CALLE 7D N 43A - 99	SABANALARGA-ATLANTICO
JBS-09291	46,6	15/12/2009	14/12/2039	MATERIALES DE CONSTRUCCION	OSCAR PRIETO BERRIO	CALLE 96 No. 43 - 66, CASA No. 2	PALMAR DE VARELA-ATLANTICO
EKQ-091	660,0	19/01/2007	18/01/2037	DEMÁS_CONCESIBLES\ MATERIALES DE CONSTR	JAIME GALVIS VERGARÁ DIEGO	TRANSV. 19 No 61-33	SABANALARGA-ATLANTICO
FAVM-03	492,1	04/02/1993	04/02/2023	CALCAREOS\ ARENA	CEMENTOS ARGOS S.A	CALLE 7D N 43A - 99	BARRANQUILLA-ATLANTICO
FLD-157	1804,7	22/06/2007	21/06/2037	DEMÁS_CONCESIBLES\ MATERIALES DE CONSTR	SUMINISTROS DE COLOMBIA S.	(Avenida las Vegas Cra 48 No 72 sur-01), \ (CAR	SANTO TOMAS-ATLANTICO
FAVM-04	40,6	04/02/1993	04/02/2023	CALCAREOS\ ARENA	CEMENTOS ARGOS S.A	CALLE 7D N 43A - 99	BARRANQUILLA-ATLANTICO
FCG-111	246,6	17/05/2007	16/05/2037	DEMÁS_CONCESIBLES\ MATERIALES DE CONSTR	ADRIANA RAMIREZ ARRIETA	CALLE 38 # 45-48 OFC217	SABANAGRANDE-ATLANTICO
GER-122	400,0	16/03/2007	15/03/2037	MATERIALES DE CONSTRUCCION	INGRES Y CIA LTDA	CALLE 92 # 52B-28	SANTO TOMAS-ATLANTICO

Tabla 26. Solicitudes vigentes en el área de trabajo.

SOLICITUDES MINERAS DENTRO DEL POLÍGONO DE TRABAJO								
CODIGO_EXP	FECHA_RADI	AREA (HA)	DIRECCION	MINERALES	TITULARES	TELEFONOS	DIRECCIONE	MUNICIPIOS
JK4-16491	04/11/2008	439,1	MANZANA 9 CASA 5 URBANIZACION ANDREA CAROLINA (SANTA MARTA-MAGDALENA), CARRERA 46 # 84-202 HOTEL SANTA INES (BARRANQUILLA-ATLANTICO), MANZANA 9 CASA 5 URBANIZACION ANDREA CAROLINA (SANTA MARTA-MAGDALENA), CARRERA 46 NO.84-202 HOTEL SANTA INES (BARRANQU	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	(85466063) HERIBERTO OCTAVIO COTES BRITON (75090335) FILADELFO JESUS DAZA MARTINEZ\ (49743264) PIEDAD SÁ NCHEZ BALLESTEROS	3103557848, 0953535205, 3103557848, 3783854, 0956767245,	MANZANA 9 CASA 5 URBANIZACION ANDREA CAROLINA (SANTA MARTA-MAGDALENA), CARRERA 46 # 84-202 HOTEL SANTA INES (BARRANQUILLA-ATLANTICO), MANZANA 9 CASA 5 URBANIZACION ANDREA CAROLINA (SANTA MARTA-MAGDALENA), CARRERA 46 NO.84-202 HOTEL SANTA INES (BARRANQU	SANTO TOMAS-ATLANTICO\ POLONUEVO-ATLANTICO
LBF-15571	15/02/2010	7742,1		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN\ DEMAS_CONCESIBLES	(1065616614) JOSE SEBASTIAN OCHOA DE LA HOZ\ (8670616) JAIRO DE LA HOZ CANSINO	3565059, 3565059,	CALLE 78 No.55-57 (BARRANQUILLA-ATLANTICO), calle 78 No. 55-57 Apto.3B (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	SABANALARGA-ATLANTICO\ MANATI-ATLANTICO\ CANDELARIA-ATLANTICO
LCF-10521	15/03/2010	1162,5		RECEBO (MIG)\ MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN\ DEMAS_CONCESIBLES	(3370667) RAMIRO HERRERA ESTRADA	3286251,	Cra. 6 No. 90-52 (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	MALAMBO-ATLANTICO\ GALAPA-ATLANTICO\ BARRANQUILLA-ATLANTICO

IHF-08003X	15/08/2007	5200,0	AVENIDA CARRERA 15 N- 125-13 OF 602 BOGOTA	GRAVAS NATURALES\ DEMAS_CONCESIBLES	(9001139580) GRUPO MINERO ANDINO S.A	2130577, 2130577,	AVENIDA CARRERA 15 N- 125-13 OF 602 (BOGOTA, D.C.-CUNDINAMARCA), AVENIDA CARRERA 15 N- 125-13 OF 602 (BOGOTA, D.C.-CUNDINAMARCA)	MANATI-ATLANTICO\ CANDELARIA-ATLANTICO
IHS-11381	28/08/2007	1350,0	CARRERA 9 N- 81A-50 BOGOTA	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN\ DEMAS_CONCESIBLES	(900161638-3) SOCIEDAD MINERA VULCANO S.A.	0, 6091100,	CARRERA 9 N- 81A-50 (BOGOTA, D.C.-CUNDINAMARCA), CARRERA 11 A NRO. 90-15 OF. 602 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	SABANALARGA-ATLANTICO
IHT-08231	29/08/2007	176,0	CARRERA 38 110-75	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN\ DEMAS_CONCESIBLES	(8301060101) INGRES Y CIA LTDA	3782012, 3593215,	CALLE 92 # 52B-28 (BARRANQUILLA-ATLANTICO), CARRERA 38 NO. 110-75 LA FLORESTA (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	SANTO TOMAS-ATLANTICO
JD4-14051	04/04/2008	1110,0	CLL 114 N° 9-45 TORRE B OF 912	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN\ DEMAS_CONCESIBLES	(8667502) MERRIT ALFREDO GONZALEZ RUBIO	0, 3690300,	CALLE 57 (BARRANQUILLA-ATLANTICO), CALLE 77 N° 57-141 OFICINA 703 (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	SANTO TOMAS-ATLANTICO
IKG-10021X	16/11/2007	502,8	CARRERA 54 N- 53-49 BARRANQUILLA	ARENAS INDUSTRIALES (MIG)	(7434994) APARICIO ALFONSO ECKARDT MARTINEZ	095-3495220,	CARRERA 54 #53-49 (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	MALAMBO-ATLANTICO\ GALAPA-ATLANTICO\ BARRANQUILLA-ATLANTICO
FKT-13B	29/11/2004	17,1	CARRERA 54 NRO. 53 - 49 BARRANQUILLA	CARBONATO DE CALCIO\ ARENA	(7434994) APARICIO ALFONSO ECKARDT MARTINEZ	095-3495220,	CARRERA 54 #53-49 (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	GALAPA-ATLANTICO
FKT-13E	29/11/2004	3,6	CARRERA 54 NRO. 53 - 49 BARRANQUILLA	CARBONATO DE CALCIO\ ARENA	(7434994) APARICIO ALFONSO ECKARDT MARTINEZ	095-3495220,	CARRERA 54 #53-49 (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	GALAPA-ATLANTICO
HCS-153	28/03/2006	1385,9	AVENIDA CARACAS 35-53 BOGOTA	DEMÁS_CONCESIBLES\ ARENA	(8600325507) ALFAGRES S.A\ (79156431) JAIME AUGUSTO HERNANDEZ ALVAREZ	0, 5978880,	SIN DEFINIR (POR DEFINIR-CUNDINAMARCA), AVENIDA CARACAS # 35-53 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	MALAMBO-ATLANTICO\ SOLEDAD-ATLANTICO\ BARRANQUILLA-ATLANTICO
EDA-102	10/04/2003	60,0	VIA 40 # 67-116 BOD. 5 ATLANTICO-BARRANQUILLA	ARENA	(8000807477) OSORIO MARULANDA Y CIA S. EN C\ (7422259) ALVARO HERNANDO OSORIO CARBONELL	0953686089, 0953686089,	VIA 40 # 67-116 INTERIOR 5 (BARRANQUILLA-ATLANTICO), CARRERA 144 # 35-07 (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	SANTO TOMAS-ATLANTICO\ SABANAGRANDE-ATLANTICO
KKJ-15131	19/11/2009	164,4	CARRERA 19 N° 93A-14 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	(7421625) GABRIEL MONTOYA DE VIVERO	6111380,	CARRERA 19 N° 93A-14 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	SABANALARGA-ATLANTICO

KKN-15111	23/11/2009	179,1	CALLE 20A NO.12-191 (SABANALARGA-ATLANTICO), CARRERA 11 A NO.25A-30 (SABANALARGA-ATLANTICO), BARRIO 20 DE JULIO SECTOR VILLAS DE SAN MARCOS MANZANA 5 LOTE 7 (CARTAGENA-BOLIVAR)	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN\ DEMAS_CONCESIBLES	(12639272) ARIEL ENRIQUE CASTRO VEGA\ (8634143) OSCAR ANTONIO AHUMADA CABARCAS\ (49743264) PIEDAD SÁNCHEZ BALLESTEROS	3165160121, 8783814, 0956767245,	CALLE 20A No.12-191 (SABANALARGA-ATLANTICO), CARRERA 11 A No.25A-30 (SABANALARGA-ATLANTICO), Barrio 20 de Julio Sector Villas de San Marcos Manzana 5 Lote 7 (CARTAGENA-BOLIVAR)	SABANALARGA-ATLANTICO
LAF-15181	15/01/2010	125,7		ARENAS Y GRAVAS NATURALES Y SILICEAS\ MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN\ ARENISCAS (MIG)	(8600771531) MARMOLES VENECIANOS LTDA.\ (10545304) GUSTAVO EDUARDO REKAMAN MEJIA	7120079, 7120079, 7120079, 7120079, 7120079,	Cra 73 360A-41 Sur Soacha-Cundinamarca (SOACHA-CUNDINAMARCA), CLLE 6A Sur # 8-75 Soacha-Cundinamarca (SOACHA-CUNDINAMARCA), CLLE 6A Sur # 8-75 Soacha-Cundinamarca (SOACHA-CUNDINAMARCA), Cra 73 #60A-41 Sur Soacha-Cundinamarca (SOACHA-CUNDINAMARCA), CLLE 6	SANTO TOMAS-ATLANTICO
LAF-15321	15/01/2010	847,5		ARENAS Y GRAVAS SILICEAS\ MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN\ ARENISCAS (MIG)	(8600771531) MARMOLES VENECIANOS LTDA.\ (10545304) GUSTAVO EDUARDO REKAMAN MEJIA	7120079, 7120079, 7120079, 7120079, 7120079,	Cra 73 360A-41 Sur Soacha-Cundinamarca (SOACHA-CUNDINAMARCA), CLLE 6A Sur # 8-75 Soacha-Cundinamarca (SOACHA-CUNDINAMARCA), CLLE 6A Sur # 8-75 Soacha-Cundinamarca (SOACHA-CUNDINAMARCA), Cra 73 #60A-41 Sur Soacha-Cundinamarca (SOACHA-CUNDINAMARCA), CLLE 6	SABANALARGA-ATLANTICO
KHJ-14171	19/08/2009	2160,0	CALLE 82 N° 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CALLE 82 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN\ DEMAS_CONCESIBLES	(9002146121) GOLD AND AMERICAN RESOURCES S.A.	6170377, 6170377,	CALLE 82 N° 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CALLE 82 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	TUBARA-ATLANTICO\ BARANOA-ATLANTICO\ JUAN DE ACOSTA-ATLANTICO
KHJ-14221	19/08/2009	2000,0	CALLE 82 N° 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CALLE 82 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN\ DEMAS_CONCESIBLES	(9002146121) GOLD AND AMERICAN RESOURCES S.A.	6170377, 6170377,	CALLE 82 N° 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CALLE 82 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	GALAPA-ATLANTICO\ TUBARA-ATLANTICO\ BARANOA-ATLANTICO
KHJ-14271	19/08/2009	2000,0	CALLE 82 N° 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CALLE 82 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN\ DEMAS_CONCESIBLES	(9002146121) GOLD AND AMERICAN RESOURCES S.A.	6170377, 6170377,	CALLE 82 N°11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CALLE 82 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	MALAMBO-ATLANTICO\ GALAPA-ATLANTICO\ BARANOA-ATLANTICO
KHJ-14471	19/08/2009	1996,0	CALLE 82 N° 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CALLE 82 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	MARMOL Y TRAVERTINO EN BRUTO\ DEMAS_CONCESIBLES	(9002146121) GOLD AND AMERICAN RESOURCES S.A.	6170377, 6170377,	CALLE 82 N° 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CALLE 82 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	TUBARA-ATLANTICO\ BARANOA-ATLANTICO\ JUAN DE ACOSTA-ATLANTICO\ USIACURI-ATLANTICO

KHJ-15131	19/08/2009	1996,0	CALLE 82 N° 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CALLE 82 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN\ DEMAS_CONCESIBLES	(9002146121) GOLD AND AMERICAN RESOURCES S.A.	6170377, 6170377,	CALLE 82 N° 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CALLE 82 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	MALAMBO-ATLANTICO\ POLONUEVO-ATLANTICO\ BARANOA-ATLANTICO
KHJ-15181	19/08/2009	1996,0	CALLE 82 N° 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CALLE 82 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN\ DEMAS_CONCESIBLES	(9002146121) GOLD AND AMERICAN RESOURCES S.A.	6170377, 6170377,	CALLE 82 N° 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CALLE 82 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	POLONUEVO-ATLANTICO\ BARANOA-ATLANTICO
KHJ-15231	19/08/2009	2200,0	CALLE 82 N° 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CALLE 82 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN\ DEMAS_CONCESIBLES	(9002146121) GOLD AND AMERICAN RESOURCES S.A.	6170377, 6170377,	CALLE 82 N° 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CALLE 82 11-37 OF 402 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	SANTO TOMAS-ATLANTICO\ POLONUEVO-ATLANTICO
JD4-14052X	04/04/2008	51,0	CALLE 114 N° 9-45 TORRE B 912	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	(8667502) MERRIT ALFREDO GONZALEZ RUBIO\ (19212539) DAVID NASSAR MOOR	0, 3690300, 6292728,	CALLE 57 (BARRANQUILLA-ATLANTICO), CALLE 77 N° 57-141 OFICINA 703 (BARRANQUILLA-ATLANTICO), CALLE 114 #9-45 TORREB OFICINA 912 (BOGOTA, D.C.-CUNDINAMARCA)	SANTO TOMAS-ATLANTICO\ PALMAR DE VARELA-ATLANTICO
KHS-16461	28/08/2009	900,0	CALLE 26 N° 21-111 BARRIO MANGA (CARTAGENA-BOLIVAR)	ARENAS Y GRAVAS NATURALES Y SILICEAS\ RECEBO (MIG)	(73132023) HERNANDO LUIS CAVELIER LEQUERICA	6601867,	CALLE 26 N° 21-111 BARRIO MANGA (CARTAGENA-BOLIVAR)	SABANALARGA-ATLANTICO\ MANATI-ATLANTICO\ CANDELARIA-ATLANTICO
KLT-16181	29/12/2009	2720,7		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN\ DEMAS_CONCESIBLES				MALAMBO-ATLANTICO\ BARANOA-ATLANTICO
JHD-10201	13/08/2008	17,1	CALLE 8 # 10-98 (SANTO TOMAS-ATLANTICO)	(72123715) WILBERTO ANTONIO CABALLERO SUAREZ	8790702,	Calle 8 # 10-98 (SANTO TOMAS-ATLANTICO)	SANTO TOMAS-ATLANTICO	
JJK-11371	20/10/2008	266,3	BARRIO LOS CARACOLES ETAPA 2 MANZANA 30 LOTE 5 (CARTAGENA-BOLIVAR), BARRIO 20 D EJULIO SECTOR VILLAS DE SAN MARCOS MANZANA 5 LOTE 7 (CARTAGENA-BOLIVAR)	(33104063) KARINA MARTINEZ AGAMEZ\ (49793264) PIEDAD SANCHEZ BALLESTEROS	6678562, 6767245,	BARRIO LOS CARACOLES ETAPA 2 MANZANA 30 LOTE 5 (CARTAGENA-BOLIVAR), BARRIO 20 D EJULIO SECTOR VILLAS DE SAN MARCOS MANZANA 5 LOTE 7 (CARTAGENA-BOLIVAR)	MALAMBO-ATLANTICO	
JIM-10311	22/09/2008	413,9	CALLE 92 # 52B-28 (BARRANQUILLA-ATLANTICO), CALLE 92#52B-28 (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	(8301060101) INGRES Y CIA LTDA	3782012, 3782012,	CALLE 92 # 52B-28 (BARRANQUILLA-ATLANTICO), CALLE 92#52B-28 (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	SANTO TOMAS-ATLANTICO\ SABANAGRANDE-ATLANTICO	

JJU-15541	30/09/2008	680,0	BLAS DE LEZO M.Q. NRO 7 (CARTAGENA-BOLIVAR), CALLE 98A NO. 49D-126 (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	(3353961) ERNESTO JOSE LEMUS CONSUEGRA	632330, 3776359,	BLAS DE LEZO M.Q. NRO 7 (CARTAGENA-BOLIVAR), CALLE 98A NO. 49D-126 (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	MALAMBO-ATLANTICO	
JHS-15071	28/08/2008	263,4	CRA. 37 NO. 58 - 81 (BARRANQUILLA-ATLANTICO), CALLE 38 NO. 45 - 48 OFICINA 204 (BARRANQUILLA-ATLANTICO), KRA 43 NO. 51-12 LOCAL A9 (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	(8263489) PABLO EMILIO NARVAEZ MARQUEZ (800024861) GEOCOSTA LTDA	3145470037, 3008055116, 35112117,	CRA. 37 No. 58 - 81 (BARRANQUILLA-ATLANTICO), CALLE 38 No. 45 - 48 OFICINA 204 (BARRANQUILLA-ATLANTICO), KRA 43 NO. 51-12 LOCAL A9 (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	MALAMBO-ATLANTICO	
JGM-08351	22/07/2008	391,0	CALLE 92 # 52B-28 (BARRANQUILLA-ATLANTICO), CALLE 92#52B-28 (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	(8301060101) INGRES Y CIA LTDA	3782012, 3782012,	CALLE 92 # 52B-28 (BARRANQUILLA-ATLANTICO), CALLE 92#52B-28 (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	PALMAR DE VARELA-ATLANTICO	
JL5-08021	05/12/2008	6807,5	CRA 80A N 35A 55 BARRIO LAURELES (MEDELLIN-ANTIOQUIA)	(71670213) JUAN MANUEL VELASQUEZ CORREA	4101200,	CRA 80A N 35A 55 BARRIO LAURELES (MEDELLIN-ANTIOQUIA)	MALAMBO-ATLANTICO\ GALAPA-ATLANTICO\ TUBARA-ATLANTICO\ BARANOA-ATLANTICO	
LIH-09401	17/09/2010	134,9		(1020744634) JULIO CESAR AUGUSTO CASTRO NARVAEZ (30893550) MARIA PATRICIA ACOSTA OSPINO	5160387, 3000792,	CALLE 5 NO. 12-43 APTO. 403 - EDIF. BALCONES DE CASTILLO GRANDE (CARTAGENA-BOLIVAR), CALLE 55 NO. 45-37 APTO. 904 - EDIF. BAHIA MARINA (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	GALAPA-ATLANTICO\ BARRANQUILLA-ATLANTICO	
KBQ-09311	26/02/2009	1640,3	AVDA CARACAS # 35 55 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), AVDA CARACAS # 35 55 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	(800325704) SOCIEDAD MINERA DE PANTOJA	5798880, 5978880,	AVDA CARACAS # 35 55 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), AVDA CARACAS # 35 55 (BOGOTA D.C.-BOGOTA)	SANTO TOMAS-ATLANTICO\ POLONUEVO-ATLANTICO\ SABANAGRANDE-ATLANTICO	
KE4-15101	04/05/2009	56,0	CARRERA 8 # 182-70 (LURUACO-ATLANTICO), CALLE 182 30-35 AP 102 IN 10 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CALLE 182 30-35 AP 102 IN 10 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CALLE 182 30 35 APARTAMENTO 102 INTERIOR 10 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CARRERA 54 D N 134-21 TORRE 2 APTO 108 (BOGOT	(39538781) SONIA ESPERANZA CARDENAS (1020751722) JORSAHIR APOLINAR ALVARADO HIDALGO (862908) APOLINAR ALVARADO MESINON (72314461) JOSE LUIS FONTALVO PEREZ (6888908) ELEAZAR DE JESUS CASTRO MERCADO (79294127) LUIS CARLOS MONTOYA GONZALEZ	000, 5103726, 5103726, 5103726, 2263127, 5103726,	CARRERA 8 # 182-70 (LURUACO-ATLANTICO), CALLE 182 30-35 AP 102 IN 10 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CALLE 182 30-35 AP 102 IN 10 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), Calle 182 30 35 apartamento 102 interior 10 (BOGOTA D.C.-BOGOTA), CARRERA 54 D N 134-21 TORRE 2 APTO 108 (BOGOT	SANTO TOMAS-ATLANTICO	

KC2-15141	02/03/2009	6,9	CALLE 8 # 10-98 (SANTO TOMAS-ATLANTICO)	(22671420) BEATRIZ FRANCISCA SUAREZ DE CABALLERO	8790702,	Calle 8 # 10-98 (SANTO TOMAS-ATLANTICO)	SANTO TOMAS-ATLANTICO	
KEE-09162	14/05/2009	576,3	BLAS DE LEZO M.Q. NRO 7 (CARTAGENA-BOLIVAR), CALLE 98A NO. 49D-126 (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	(9001574224) OPERACIONES PERFORACIONES Y ESTUDIOS MINEROS OPEM S.A	632330, 3776359,	BLAS DE LEZO M.Q. NRO 7 (CARTAGENA-BOLIVAR), CALLE 98A NO. 49D-126 (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	SANTO TOMAS-ATLANTICO\ PALMAR DE VARELA-ATLANTICO	
LHR-09191	27/08/2010	750,0		(8060099981) REPRESENTACIONES CAVELIER LTDA	6601867, 6604464,	CALLE 26 N° 21-111 BARRIO MANGA (CARTAGENA-BOLIVAR), MANGA AVENIDA ALFONSO ARAUJO 21-111 (CARTAGENA-BOLIVAR)	SABANALARGA-ATLANTICO\ MANATI-ATLANTICO\ CANDELARIA-ATLANTICO	
LEC-11221	12/05/2010	147,6		(72051072) FELIX ALBERTO ORLANDO OJEDA	3569113,	CALLE 64 No. 31-75 (BARRANQUILLA-ATLANTICO)	GALAPA-ATLANTICO	
LG8-16051	08/07/2010	7832,0		(8901002510) CEMENTOS ARGOS S.A	3198700, 3198700, 3198700, 3198700, 3619222,	CALLE 7D N 43A - 99 (MEDELLIN-ANTIOQUIA), CALLE 7D N 43A - 99 (MEDELLIN-ANTIOQUIA), CALLE 7D N 43A - 99 (MEDELLIN-ANTIOQUIA), CALLE 7D N 43A - 99 (MEDELLIN-ANTIOQUIA), CALLE 7D N 43A - 99 (MEDELLIN-ANTIOQUIA), VIA 40 LAS FLORES (BARRANQUILLA-ATLANT	PONEDERA-ATLANTICO\ SABANALARGA-ATLANTICO\ CANDELARIA-ATLANTICO	
LGE-16021	14/07/2010	112,2		(7593899) MANUEL ENRIQUE PERTUZ CELEDON (85466063) HERIBERTO OCTAVIO COTES BRITO (6820107) ADOLFO ENRIQUE VERGARA OLMOS	0954210564, 3103557848, 4350519,	CALLE 31 NO 8-02 BARRIO MANZANARES (SANTA MARTA-MAGDALENA), MANZANA 9 CASA 5 URBANIZACION ANDREA CAROLINA (SANTA MARTA-MAGDALENA), CALLE 15 CALIFORNIA NO. 14-42 (SINCELEJO-SUCRE)	MALAMBO-ATLANTICO\ GALAPA-ATLANTICO	

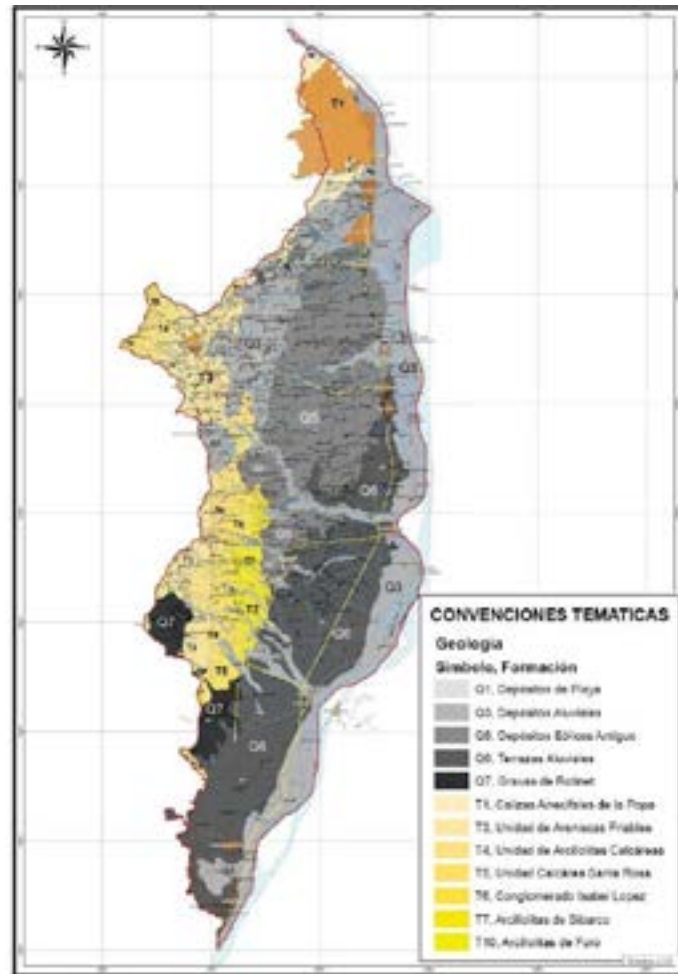
2.1.2.2 Hidrogeología

2.1.2.2.1 Caracterización de Unidades Hidrogeológicas

En el área de estudio se presentan dos formaciones geológicas de origen sedimentario y topografía plana en algunos sitios y ondulada en otros (serranías y colinas bajas), la primera compuestas por sedimentos de origen fluvial, la segunda llanura conformada por sedimentos de areniscas, lodositas, lutitas y en algunos casos formaciones arreciferas.

La descripción se realizará de Norte a Sur iniciando por las formaciones Terciarias (más antiguas) y terminando por las Cuaternarias (recientes).

Figura 235. Geología general del área de estudio.



Fuente: propuesta (modificada del INGENIO-MINAS) elaborada por ECOFOREST

2.1.2.2.2 Terciario

2.1.2.2.2.1 Formación Hibacharo (Mioceno) (Ngh)

La referencia original de la Formación Hibacharo es de Raasveldt (1953), quien no precisó descripción ni sección tipo; se presume que el nombre se deriva del caserío Hibacharo, al norte del Municipio de Luruaco. Bueno (1970) menciona que la unidad está constituida por arcillolitas, limolitas y areniscas de grano fino a conglomeráticas, expuestas en el Anticlinal de Sibarco, en el Sinclinal de Tubará, al norte de Repelón, en inmediaciones de la población de Hibacharo y al occidente de las serranías de Capiro y Pajuanchó.

2.1.2.2.2.1.1 Descripción

En un carreteable no demarcado en el mapa, que comunica la población de Hibacharo con las Torres de Telecom y Piojó, se levantó parcialmente una sección de la Formación Hibacharo; se presenta una serie de afloramientos dispersos en colinas alargadas, que forman una morfología de crestas y valles; esta sucesión está conformada por cuatro segmentos que de base a techo se describen a continuación.

Segmento uno:

Está constituido por lodolitas grises y amarillas por meteorización, con laminación plana paralela, físciles, en capas delgadas y medias. Son frecuentes costras de oxidación de hasta 5 cm de espesor. Se intercalan con areniscas de grano fino, sublíticas, color amarillo claro, deleznable, en capas delgadas y medias continuas.

Segmento dos:

Está conformado por limolitas negras carbonosas, cuyo color de meteorización es amarillo claro; físciles, macizas y esporádica laminación plana a levemente ondulosa. Se presentan intercalaciones de areniscas de grano fino, sublíticas,

con cemento silíceo, buena selección, macizas, y en capas delgadas cuneiformes; también hay intercalaciones de lodolitas negras en capas delgadas y costras de oxidación interestratificadas.

Segmento tres:

Lo constituyen lodolitas grises y amarillas claras, físciles, en láminas plano paralelas y capas continuas delgadas a medias; limolitas negras, físciles, en capas delgadas a gruesas muy fracturadas con intercalaciones de areniscas cuarzosas de grano fino, con cemento silíceo, moderada selección, en capas delgadas planas y cuneiformes; se encuentran interestratificaciones de capas gruesas bioclásticas, con conchas gruesas especialmente de bivalvos y costras de oxidación. Aunque el techo de este segmento está cubierto, por su morfología se puede deducir que está compuesto por lodolitas

Segmento cuatro:

Está constituido por arenitas de grano fino, cuarzosas, con cemento calcáreo, bien seleccionadas, macizas, en capas medias; intercalaciones de lodolitas negras, físciles, en capas delgadas y calizas de color amarillo claro, con conchas de bivalvos en capas delgadas y medias. El techo de este segmento está cubierto por derrubios provenientes de los cerros de Telecom. En toda la secuencia a menudo se encuentran láminas de yeso diseminado.

En el arroyo Piojó se levantó otra sección (Barrera, 1999) que consta de dos sectores.

En el sector inferior afloran 24 m de litoarenitas bioclásticas compactas, de grano grueso a conglomerática, color pardo amarillo pálido; encima de éstas afloran arenitas de grano fino sublíticas, deleznales, en capas medias a gruesas, con concreciones de arenitas finas calcáreas; hacia la parte superior de este sector se encuentra una capa de arcosa con abundantes fragmentos de bivalvos y gasterópodos.

En el sector superior afloran aisladamente lodolitas interestratificadas con limolitas ferruginosas en capas delgadas, onduladas paralelas, cubiertas por gruesos depósitos cuaternarios. Hacia el techo de la secuencia la presencia de arenitas y láminas arenosas es más frecuente.

Contactos y espesor

Se determinó el contacto de la Formación Hibacharo con la Formación Las Perdices como paraconforme; el límite superior de la Formación Hibacharo con la Formación Tubará se observó en discordancia angular (Barrera, 1999).

En la sección Hibacharo - Torre de Telecom se midieron 488 m, en la de arroyo Piojó 742 m, pero el espesor total calculado en corte estructural es aproximadamente de 800 m.

Ambiente

Se considera que la Formación Hibacharo se depositó en un ambiente marino en un cambio de plataforma externa a plataforma interna.

Edad y correlación

Raasveldt (1953) le asigna a esta formación una edad miocena media-tardía; Bürgl (1957) en la sección del Arroyo Saco hace unas equivalencias con la nomenclatura de Raasveldt (1953) y considera para la Formación Hibacharo una edad miocena media, esta edad corresponde con la de muestras colectadas y analizadas en el Proyecto Caribe. La Formación Hibacharo se correlaciona con la Formación Rancho del Anticlinorio de San Jacinto.

2.1.2.2.2.2 Formación Tubará (Plioceno - Mioceno) (Ngt)

La referencia original de la Formación Tubará aparece en un cuadro de Anderson (1926), quien la llamó inicialmente Tubará Group, consistente de shales, areniscas arcillosas y areniscas,

aflorantes en el Municipio de Tubará. Raasveldt (1953) habla de esta unidad como Formación Tubará, y Bürgl (1955) menciona una sección de referencia en el arroyo Saco (Atlántico).

2.1.2.2.2.1 Descripción

La Formación Tubará aflora en cuatro franjas diferentes: en los flancos del Sinclinal de Sabanalarga, en el Anticlinal de Sibarco, en el cierre del Sinclinal de Tubará, en los alrededores de la población de Tubará, al oriente de Hibácharo, y en los alrededores de los municipios de San Estanislao y Villa Rosa. La dureza de las rocas genera formas de colinas con crestas alargadas. En la franja más occidental (al occidente de la Falla Juan de Acosta) tiene un rumbo predominante norte sur, pero en el cerro de Las Viudas, gira hasta quedar casi este oeste. En la franja oriental prevalece el rumbo noroeste.

Las mejores exposiciones de la unidad se localizan a lo largo de la carretera de La Cordialidad, en los arroyos El Gallinazo, Morrotillo y Piojó; al occidente de Usiacurí. En la sección levantada por el arroyo Morrotillo, con el 38 % cubierto, Barrera (1999) presenta tres conjuntos.

Conjunto inferior: está conformado por 60 m de arenitas de grano grueso a conglomeráticas, granodecrecientes con cantos de cuarzo, chert, cuarcita y rocas volcánicas, en capas gruesas, suprayacidas por intercalaciones de capas delgadas de arenitas de grano fino, ricas en azufre y arcillolitas gris verdosas, en capas onduladas.

Conjunto intermedio: lo componen 14 m de cubierto y seguidamente aflora un conglomerado arenoso con cantos de hasta 20 cm de diámetro, de composición similar al anterior; luego limolitas y arcillolitas intercaladas con arenitas de grano fino, en capas delgadas, seguida de arenitas de cuarzo y líticos, color gris amarillento, de grano medio, oxidadas, deleznales, con estratificación cruzada; suprayace a este intervalo un conjunto de más de 10 m de arcillolitas color gris oscuro

en capas delgadas onduladas, con intercalaciones de arenitas de grano fino, compuestas por cuarzo y líticos, en capas muy gruesas.

Conjunto superior: está conformado por 300 m de secuencia de arenitas y lodolitas; predominan las arenitas feldespáticas con cemento calcáreo, de grano grueso a fino, granodecrecientes, en capas gruesas; se encuentran ocasionalmente guijos de chert y cuarzo, abundantes fragmentos de gasterópodos y bivalvos.

Contactos y espesor

La Formación Tubará yace discordante sobre la Formación Hibácharo y al norte de Baranoa, sobre la Formación Las Perdices, mientras que el techo se encuentra cubierto discordantemente por la Formación Rotinet o por depósitos cuaternarios.

El espesor parcial medido en la sección del arroyo Morrotillo es de 650 m; en la del arroyo Piojó es de 330 m; en la del arroyo El Gallinazo es de 206 m, y en la sección de la carretera La Cordialidad, el espesor medido es de 145 m, y falta la parte superior de la unidad.

Ambiente

Se considera que esta formación es de ambiente marino de plataforma interna debido a la alta concentración de moluscos y de conchas transportadas y a los depósitos de relleno de canal; también puede estar asociada con ambientes de pantano, por la ocurrencia de yeso laminar y material carbonoso en la parte superior de la unidad.

Edad y correlación

Desde Anderson (1929), la Formación Tubará se ha considerado de edad miocena; Royo y Gómez (1942) la coloca en el Mioceno medio; Bürgl et al. (1955) le asignan una edad de Mioceno temprana, Redmond (1953), miocena media - tardía, edad aceptada por Van Der Hammen

(1958), Bürgl (1961) y Zimmerle (1968). Con las muestras analizadas en el Proyecto Caribe se le asigna una edad de miocena tardía **pliocena**.

La Formación Tubará se correlaciona en base a la litología y fauna con la Formación Zambrano del Anticlinorio de San Jacinto y la Formación Cerrito del área de Sincelejo; equivale al conglomerado de Isabel López y arenisca calcárea de Santa Rosa (Caro et al., 1985).

2.1.2.2.2.3 Formación Gravas de Rotinet.

Según De Porta et al. (1974), Link (1927) utiliza por primera vez el nombre de "Rotinet Gravel" para referirse a un abanico compuesto por cantos y bloques de rocas ígneas, caliza y chert negro que ocurre en los alrededores de la ciénaga del Guájaro. En el área de estudio, esta unidad aflora en la parte suroccidental de la cuenca a manera de parches generalmente pequeños, donde los de mayor expresión cartográfica son los que se encuentran al oriente de Sabana Larga, esta región es alimentada hidrográficamente por el arroyo el Cojo y Gallego. Esta unidad aflora menor proporción en Candelaria, donde es alimentada por el Arroyo Piedras.

Litológicamente consta de una sucesión inconsolidada de lechos de gravas con tamaño variable desde gránulos a guijarros, prevalecientemente guijos de rocas ígneas volcánicas, cuarcitas, cuarzo lechoso, chert y arenas cuarzo-feldespáticas de grano medio a grueso, de color amarillo. Es frecuente observar concreciones de arcillolitas y limolitas ferruginosas y estratificación cruzada y formas de canales.

El espesor de la unidad en la sección tipo es muy variable; en los alrededores de Juan de Acosta, se encuentra fuera de la cuenca del estudio, esta unidad puede alcanzar 25 metros, aunque algunos autores han reportado hasta 50 metros. (Díaz Granados et al., 1985). Dentro de

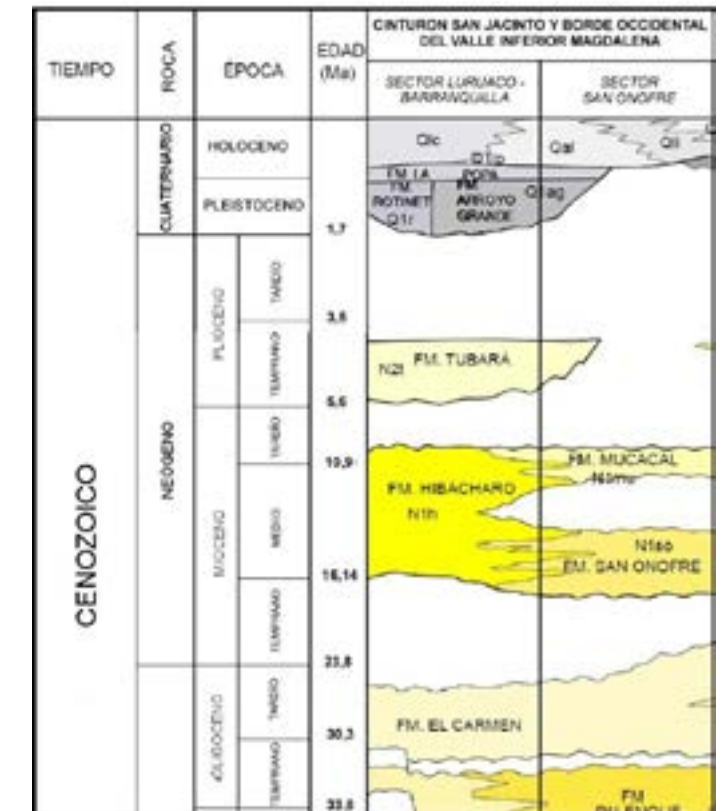
la cuenca en estudio ocupa algo más de 7.166 Ha, equivalentes a algo más del 6%.

2.1.2.2.2.3.1 Posición Estratigráfica y Edad

En el área de estudio la unidad reposa sobre la Unidad de areniscas Friables(T3), en la región Sabana Larga y en la parte inferior de cuenca en el municipio candelaria encontramos en contacto con La Unidad calcárea Santa Rosa(T5) y arcillolitas de Sibarco(T7), y en la parte superior con Depósitos Cuaternarios aluviales.

Link (1927) postula para la unidad el Pleistoceno inferior; más recientemente Caro et al. (1985), con base en molares de una especie de mastodonte suramericano (Haplomastodonwaringi) encontrados en la cantera Barrera, cinco kilómetros al norte de Rotinet, indican el Pleistoceno medio superior.

Figura 2-36. Columna Sector Luruaco -Barranquilla.



Fuente: Guzmán G., Mapa Geológico Sinú San Jacinto y borde Oeste VIM. Compilado INGEOMINAS. 2003.

Ambiente

La granulometría, estructuras y geometría de las capas características de esta formación sugieren un ambiente fluvial; Caro et al. (1985) indican que esta unidad es un depósito tipo distributary mouth bar, en el sentido de Reineck & Sing (1975), asociados a un antiguo delta del río Magdalena.

Correlación

Con base en la litología, Henao (1951) establece que esta unidad es el equivalente litológico de la Formación Cascajal del área del Corregimiento de Cascajal, en el Departamento del Atlántico. Probablemente su origen es contemporáneo con los extensos depósitos fluviales del área de Sincelejo.

2.1.2.2.2.4 Formación La Popa (Qpp)

La primera referencia de la unidad La Popa se encuentra en Anderson (1926) como La Popa Group, pero es Bürgl (1957) quien le da el nombre de Formación La Popa a los estratos que conforman el cerro de La Popa en Cartagena.

2.1.2.2.2.4.1 Descripción

La Formación La Popa aflora en la parte noroeste del departamento, donde forma una serie de colinas abruptas y alargadas en las lomas de Camarón y Juaruco, al norte de Tubará, en las lomas de La Risota, Nisperal, Aguas Vivas y Pan de Azúcar en los alrededores de Puerto Colombia. Tiene un patrón de drenaje subparalelo.

Por la vía Puerto Colombia – Barranquilla, Barrera (1999) levantó una sección formada por dos conjuntos, en la que se observaron de base a techo:

Conjunto inferior:

Se compone de 18 m de calizas terrígenas de color gris amarillo, bioturbadas y arenitas calcáreas de grano fino con algunos granos gruesos,

deleznales, matriz calcárea y ocasionalmente fragmentos de moluscos. Hacia la parte superior del intervalo prevalecen las calizas arrecifales terrígenas con abundantes bioclastos de corales, algas y moluscos, en capas gruesas.

Conjunto superior:

Está conformado por 112 m de calizas terrígenas arenosas con niveles de hasta 1 m de espesor de calizas arrecifales más competentes con abundancia de bioclastos y arenitas deleznales de grano grueso, calcáreas; intercaladas con niveles competentes discontinuos de calizas terrígenas amarillas y calizas arrecifales bioturbadas.

Contactos y espesor

La Formación La Popa reposa discordantemente sobre las formaciones del Paleógeno y del Neógeno y a su vez está cubierta en forma discordante por los depósitos eólicos y recientes. El espesor medido en perforaciones (Caro et al., 1985) es de 50-70 m; Barrera (1999) midió una sección de 130 m en la carretera Puerto Colombia - Barranquilla.

Ambiente

Por las características sedimentológicas de la Formación La Popa se deduce un ambiente marino somero, con influencia continental (aporte de terrígenos).

Edad y correlación

La edad de la Formación La Popa ha sido muy discutida; Anderson (1926) la consideró pliocena; Link (1927) la considera del Pleistoceno inferior; Royo y Gómez (1950) postula que es del Mioceno superior. Con base en las muestras micropaleontológicas recolectadas por geólogos del INGEOMINAS en el Departamento del Atlántico, durante el Proyecto Caribe, se asume que esta formación es del Pleistoceno.

Con base en la litología se puede establecer que esta unidad es correlacionable con las Margas de Salgar y Barranquilla (Anderson, 1929).

2.1.2.2.3 Cuaternario

2.1.2.2.3.1 Depósitos Eólicos (Qe)

Los depósitos eólicos están localizados en los municipios de Sabanagrande, Baranoa, Galapa, Palmar de Varela y Santo Tomás; los más antiguos, al occidente del río Magdalena, y los más recientes (litorales), adyacentes a la línea de costa al norte y oeste de Barranquilla. Raasveldt (1953) se refirió a estos depósitos más antiguos como dunas, aflorantes desde Palmar de Varela hasta Barranquilla.

Están constituidas por crestas alargadas en la dirección del viento, de arenas blancas a amarillas de cuarzo y feldespato, de grano fino a medio, bien seleccionadas, granos redondeados muy sueltos, con visible estratificación cruzada. Martínez (1993) calcula un espesor de 15 m.

Los depósitos eólicos recientes son acumulación de arenas finas de color gris claro que continuamente son movilizadas por el viento, y alcanzan hasta los 5 m de espesor.

Estos depósitos eólicos están cubriendo discordantemente a las formaciones Hibácharo, Tubará, La Popa, San Cayetano y Las Perdices; están a su vez cubiertos por suelos arenosos. Martínez (1993) plantea que las dunas más antiguas se formaron en el Pleistoceno tardío - Holoceno.

2.1.2.2.3.2 Depósitos De Llanura Aluvial (Qlal)

Los depósitos de llanura aluvial son depósitos actuales de origen aluvial, que han desarrollado geoformas planas, como terrazas, ligeramente inclinados hacia la dirección de la escorrentía; están localizados al occidente del río Magdalena y en los alrededores del Municipio de Repelón.

Son de poco espesor, generalmente cubiertos por suelo y vegetación; están constituidos por arenas, arcillas y, en menor proporción, gravas

depositadas discordantemente sobre las formaciones más antiguas.

2.1.2.2.3.3 Depósitos Coluvio Aluviales (Qcal)

Los depósitos coluvio aluviales agrupan la sedimentación fluvial intramontana reciente y la generada por coluviones igualmente recientes, que cubren un área de varios kilómetros cuadrados. Están constituidos por mezclas de gravas, arenas, limos y arcillas, de color pardo amarillo a gris pardo, y cubren las unidades rocosas y los cuaternarios más antiguos.

2.1.2.2.3.4 Depósitos de Llanura de Inundación (Qli)

Los depósitos de llanura de inundación están localizados y asociados al río Magdalena, Canal del Dique y el embalse del Guájaro, como producto de las fluctuaciones de temporadas secas y lluviosas, que influyen en el aporte de sedimentos a estas zonas de inundación.

Están constituidos principalmente por materiales finos tipo arcilla o limo en la zona de las ciénagas y en la zona fluvial, por arenas de grano fino a medio, compuestas por cuarzo, chert y fragmentos líticos bien seleccionados, subangulares a subredondeados.

Son fácilmente reconocibles en las imágenes de satélite por las geoformas típicas de esta clase de depósitos, tales como barras de meandros e islas en el cauce del río.

2.1.2.2.3.5 Depósitos Marinos De Playa (Qmp)

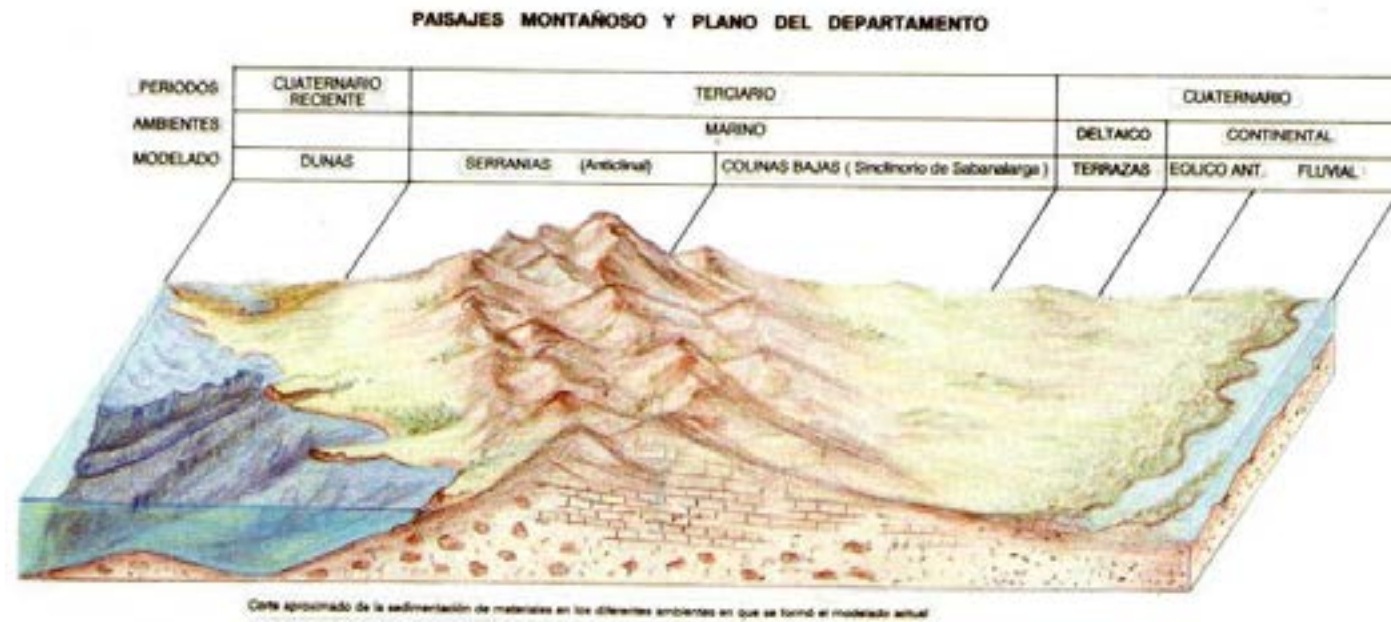
Los depósitos marinos de playa están conformados en la línea de costa por sedimentos recientes, principalmente arenas de grano fino a medio, de color gris claro a gris oscuro, que han

sido depositados por la acción mecánica del mar (olas y corriente), en forma de playas y espigas.

Las playas de Turipaná y Pradomar presentan gran movilidad (alargamiento y acortamiento),

y son las de mayor tamaño en el departamento. La espiga de Pradomar - Puerto Colombia presenta un tono oscuro debido a la concentración de minerales pesados.

Figura 2-37. Corte geológico del departamento del Atlántico



2.1.2.2.4 Geología Histórica Regional

Según Vargas (1.981), los eventos geológicos en el área están directamente relacionados a la tectónica de capas.

El registro geológico más antiguo encontrado en el departamento de Bolívar corresponde al zócalo metamórfico de edad Precámbrico - Paleozoico inferior. Durante el Triásico - Jurásico se desarrolló un vulcanismo ácido continental, efusivo, extrusivo y explosivo que culmina con inyecciones de silos y diques de composición básica. Al finalizar esta fase volcánica se desarrollan cuerpos intrusivos como el Batolito de Norosí. Para esta época la Serranía de San Lucas era un área emergida sometida a erosión. Posteriormente la Serranía fue sometida al ciclo

geológico tectónico andino iniciado en el Cretáceo inferior con la formación de grandes fallas como la Romeral y posiblemente la Palestina, que hacen que la Serranía evolucione a una zona sumergida donde se depositaron las sedimentitas cretáceas. Enseguida un nuevo movimiento de las fallas de Romeral y Palestina se reactivan y se comportan como fallas de rumbo. Luego en el Cretáceo superior se inicia además un periodo de gran actividad ígnea, con intrusión de batolitos y tectónica con la reactivación de las principales fallas preexistentes.

Según Duque-Caro, H. (1.978), al finales del Mesozoico y comienzos del Cenozoico (Cretáceo - Terciario), la falla de Romeral ya delimita dos áreas tecto- sedimentarias, la Serranía de San Lucas, con depósitos de plataforma y al noreste un área con depósitos de ambiente marino profundo. Durante el Paleoceno - Eoceno la Serranía de San Lucas continuó emergida y por acción de

la falla de Romeral se presenta un hundimiento que permite depósitos de llanuras abisales y al mismo tiempo se desarrolla un vulcanismo marginal a la plataforma que corresponde a la fase inicial del levantamiento del Cinturón de San Jacinto. En el Eoceno medio se desarrolló un evento diastrófico denominado Orogenia Pre- andina, que produce el plutonismo tonalítico de Chalán junto con un metamorfismo de bajo grado a lo largo de la margen occidental de la plataforma zona Romeral; un primer levantamiento importante en el Cinturón de San Jacinto y al occidente de origina el surco del Sinú que separa el flanco occidental de San Jacinto y de la llanura abisal. Durante el Eoceno tardío-oligoceno, el mar inicio una invasión que conduce a un nuevo ciclo sedimentario sobre la plataforma y al final del Oligoceno, a lo largo del surco del Sinú se desarrolla depósitos de aguas profundas denominados sedimentos pelágicos.

En el Oligoceno - Mioceno hay otro efecto diastrófico denominado fase proto- Andina, que se manifiesta con un basculamiento hacia el occidente de la plataforma, que produce un cambio brusco en la batimetría de la cuenca, a lo largo de Romeral y un nuevo levantamiento del Cinturón de San Jacinto. Durante el Mioceno temprano a medio y como consecuencia del diastrofismo se inicia un nuevo ciclo sedimentario y la invasión del mar se extiende al sur hasta las estribaciones septentrionales de la Cordillera Central. Al occidente del Cinturón de San Jacinto se presentó la emergencia de áreas y en el surco del Sinú continuó el depósito de sedimentos pelágicos.

En el Mioceno tardío - Plioceno se presenta la mayor inestabilidad de la región, se forma la geofractura de Plato y la depresión tectónica de Sucre; el río Magdalena cambia su curso a la posición actual, aprovechando las geofracturas. La sedimentación al occidente del Cinturón de San Jacinto se lleva a cabo en una llanura abisal a la cual llegaban los sedimentos a través de los cañones del Plato y Sinú.

Figura 2-38. Geología Regional durante el Mioceno tardío - Plioceno.



Fuente: H. Duque C. Ingeominas - 1.980

Durante el Plioceno - Pleistoceno ocurrió un importante episodio orogénico en la evolución de los Andes Colombianos, denominada Orogenia Andina. Producto de este son el diaprisimo y flujos de lodo, la formación surco de Colombia, el estrechamiento estructural del Cinturón del Sinú, el levantamiento y plegamiento de los cinturones del San Jacinto y Sinú, la emergencia sin plegamiento de la cubierta sedimentaria del área de plataforma.

En Pleistoceno es el tiempo geológico en el cual se define el paisaje actual, se produjeron grandes cambios climáticos producto de la alternancia de periodos de temperaturas frías y

cálidas, que constituyeron las glaciaciones en las cuales casquetes de hielo cubrieron gran parte de la superficie terrestre y seguidamente periodos interglaciares.

El último retroceso significativo de los hielos sucedió hace 10.000 años, estabilizándose posteriormente las condiciones climáticas. Como resultado de los deshielos asociados con los movimientos tectónicos que afectaron al país, produjeron en el departamento dos hechos fundamentales:

El nivel del mar subió y cubrió la plataforma continental y conformo el litoral.

El aumento de caudal en el río Magdalena producto de los deshielos produjo grandes inundaciones, por lo cual el río cambio varias veces el sitio de su desembocadura.

2.1.2.2.4.1 Evolución Geológica

La evolución geológica de la Región Caribe ha tenido varios eventos tectónicos durante los cuales ha habido sedimentación, levantamientos y plegamientos.

De la historia pre-cenozoica de esta región poco se conoce; solamente en el núcleo del Cinturón de San Jacinto (fuera del departamento) aflora la Formación Cansona de edad cretácica.

Las rocas más antiguas afloran al occidente del Departamento del Atlántico; son de la Formación San Cayetano, de edad paleocena a eocena media, de ambiente marino profundo con influencia turbidítica.

Durante el Paleoceno - Eoceno medio, la actividad tectónica en el Anticlinorio de Luruaco fue intensa, con esfuerzos compresionales, que produjo plegamiento y fallamiento.

En el Eoceno medio se presenta una inconformidad marcada por un hiato (Duque- Caro, 1984), evidenciado por el contraste litológico

entre la Formación Pendales que se deposita en discordancia angular sobre las facies finas de la Formación San Cayetano durante el Eoceno medio a tardío.

Durante el Eoceno medio a tardío se produjeron cambios en las condiciones ambientales de la cuenca, y varió la sedimentación desde mar profundo hasta somero y abanicos submarinos; en este intervalo se depositaron las calizas de la Formación Arroyo de Piedra y los conglomerados de la Formación Pendales.

Duque-Caro (1984) plantea una inconformidad en el Oligoceno inferior, determinada por la culminación de la deposición de clásticos gruesos y el comienzo de la sedimentación de secuencias hemipelágicas que rellenan inconformemente las depresiones más profundas, y se depositaron las arcillolitas de la Formación Las Perdices. Duque-Caro (1980) plantea que durante el Oligoceno - Mioceno hubo esfuerzos compresionales sobre las márgenes de la plataforma, que provocó el levantamiento del Cinturón de San Jacinto y el basculamiento hacia el occidente de la plataforma y la profundización de la cuenca.

El intervalo estratigráfico Oligoceno superior - Plioceno inferior se caracteriza por levantamientos con variaciones batimétricas. La sedimentación al occidente del Cinturón de San Jacinto y el Surco del Sinú fue turbidítica con gran aporte terrígeno (Duque-Caro, 1980).

Duque-Caro (1984 y 1990) menciona una inconformidad en el Mioceno medio, representada por la terminación de la sedimentación de baja energía y ambiente batial (Formación Las Perdices) y el comienzo de una nueva sedimentación marina clástica de alta energía.

En el Cinturón de San Jacinto se depositaron las limolitas y arenitas de la Formación Hibácharo y en el del Sinú se depositaron las limolitas de la Formación Arjona, en la que está marcado el máximo diapirismo del Cinturón del Sinú.

La inconformidad del Mioceno superior está marcada por la discordancia angular entre las formaciones Hibácharo y Tubará, y el contacto entre las arcillolitas de la Formación Las Perdices y los sedimentos terrígenos gruesos con abundantes restos de conchas de la Formación Tubará.

El intervalo Plioceno - Pleistoceno se caracteriza por un importante episodio orogénico en Los Andes colombianos, con esfuerzos laterales compresionales que controlaron la evolución tectónica y sedimentación terrígena clástica en el noroccidente colombiano. Durante ese lapso se depositaron las formaciones Rotinet y La Popa.

En el Pleistoceno, el ancestral río Magdalena juega un importante papel en la sedimentación de la región y deposita inconformemente las gravas y arenas de la Formación Rotinet sobre las rocas más antiguas. Carvajal (1990, en Barrera, 1999), con base en datos batimétricos, menciona la existencia de un paleodelta al occidente de Galerazamba y un lóbulo al noroeste de Santa Verónica, con sentido contrario a las manecillas del reloj, o sea, una migración de este a oeste debido al basculamiento hacia el occidente.

Las calizas arrecifales de la Formación La Popa que afloran en el área de Barranquilla se formaron aprovechando la paleotopografía suave que permitió el desarrollo de los arrecifes coralinos.

2.1.2.2.5 Evaluación de Acuíferos en la Cuenca

2.1.2.2.5.1 Generalidades

El acuífero conformado por los depósitos aluviales del río Magdalena (Qfl (depósitos fluviolacustres), Qlla (depósitos llanura aluvial) y Qal (depósitos aluviales)), se puede considerar como tipo Detrítico no consolidado Libre, en su parte superficial y de tipo Detrítico no consolidados Semiconfinado en sus estratos más profundos, de edad cuaternaria.

Este acuífero cuaternario se extiende desde Barranquilla hasta el sur de Ponedera (no existen evidencias de discontinuidad a lo largo del cuaternario), en una longitud aproximada de 42 kilómetros y un ancho de aproximado de 17 kilómetros.

El cuaternario vuelve a aparecer en forma extensiva al sur del Manatí y Candelaria hasta el sur de Calamar como depósitos fluviolacustres (Qfl) con alto contenido de finos los cuales limitan la explotación acuífera.

Es de aclarar que los espesores de acuíferos en estas zonas no son muy profundos ya que las formaciones terciarias que las subyacen, presentan regularmente características de aguas salobres, representadas por el terciario residual marino.

Igualmente hay algunas formaciones terciarias con algún potencial acuífero como La Formación Tubará (Ngt), la cual presenta características favorables en los sectores de Baranoa y Sabanalarga.

2.1.2.2.5.2 Recarga y descarga

Para identificar las zonas de recarga en este sistema hídrico debe tener en cuenta las siguientes definiciones:

Recarga Natural: Procedente de infiltración directa de aguas lluvias y aguas de escorrentía.

Recarga Inducida: Producida en forma indirecta la infiltración que ocurre por la explotación del recurso, ya que al producirse un descenso en los niveles freáticos aumenta el flujo de la escorrentía hacia el acuífero (su cálculo es dispendioso y se necesitan herramientas tecnológicas tales como ensayos isotópicos y modelos matemáticos de simulación de flujo subterráneos).

Artificial: Implica la construcción de sistemas o estructuras por parte del hombre que aumenta la recarga en el acuífero.

Se identifica como principal zona de recarga dentro del acuífero los cauces de las escorrentías, cuando estas atraviesan las llanuras y las terrazas aluviales se producen recarga en los acuíferos superficiales, especialmente en época de invierno durante los eventos de precipitación, indudablemente la rata de infiltración en cada zona dependerá de la estratigrafía, la composición granulométrica del cuaternario adyacente y la cabeza hidráulica que tenga el río en ese corte.

En relación la localización de las zonas de descarga se identifica a los humedales localizados a lo largo del río Magdalena como la principal área, en este punto existe un límite creado por los depósitos semi-permeables de los depósitos fluvio-lacustres.

También se observan en época seca zonas de exfiltración a lo largo del cauce de las escorrentías que recargan el acuífero, estas aguas son denominadas meteóricas o aguas del intercambio, las cuales siempre o periódicamente participan en el ciclo hidrológico y que circulan en los niveles altos de la fuente subterránea, de modo que en los acuíferos libres en época seca el acuífero aporta agua al caudal de estiaje.

2.1.2.2.5.3 Distribución Espacial

Con base en los sondeos geofísicos realizados se pudo identificar características y espesores del acuífero obteniéndose las siguientes conclusiones:

La geología de la zona de estudio está conformada principalmente por rellenos sedimentarios arenosos y arcillosos del cuaternario que conforman el acuífero explotable y estos influenciados por formaciones terciarias en las zonas de pendiente media. Se observa la influencia del terciario se observa hacia el occidente y suroccidente de acuífero cuya característica principal es la presencia de aguas duras.

Se debe recordar que la geofísica y en este caso la geo eléctrica es método económico y rápi-

do para analizar las estructuras del subsuelo, en donde se puede obtener perfiles de resistividad de las formaciones, que se relacionan con ciertas características de las rocas, pudiéndose identificar algunas tendencias. Por esta razón siempre es necesario corroborar la información obtenida en campo con perforaciones exploratorias y correlacionarlas con los sondeos para que, de esta manera, se pueda tener información más precisa de la geología subterránea del sector.

Con base en la información hidrogeológica recolectada en campo se realiza un mapa en donde se recogen las características medidas en campo; se identifican cuatro zonas acuíferas tres de ellas asociadas a la parte plana aledaña a la zona de inundación del río Magdalena hacia el sur presenta acuíferos de extensión regional de productividad media asociados superficialmente a depósitos de fluvio-lacustres, en la parte media de la cuenca el agua está asociada a formaciones carbonatadas y cloruradas presentando características salobres, esta zona presenta productividad media con agua de baja calidad y esta asociada superficialmente a depósitos de llanura aluvial y depósitos eólicos y a mayor profundidad posiblemente a la formación Hibacharo.

Hacia el norte (Barranquilla, Soledad y algunos sectores de Malambo, Sabanagrande y Santo Tomas), se observa acuíferos de producción media a alta con contenido de carbonatos asociados superficialmente a depósitos coluvio-fluviales y depósitos eólicos y a mayor profundidad a la formación La Popa.

Finalmente se observa al occidente de la cuenca acuíferos de alta productividad relacionados con el flanco oriental del Sinclinal de Sabanalarga, identificados superficialmente por afloramientos de la formación Tubara.

Se identifican también las zonas de recarga asociadas a los cauces de las quebradas y ríos (depósitos coluvio-fluviales) que desembocan en el río Magdalena y a los puntos de cambio de pendiente de las laderas.

2.1.2.2.5.4 Cálculo de la Infiltración y el Índice del Uso del Agua

La infiltración es función de la precipitación, cuyo valor en la zona de estudio oscila entre 10 a 15 %; si se observa la precipitación de las es-

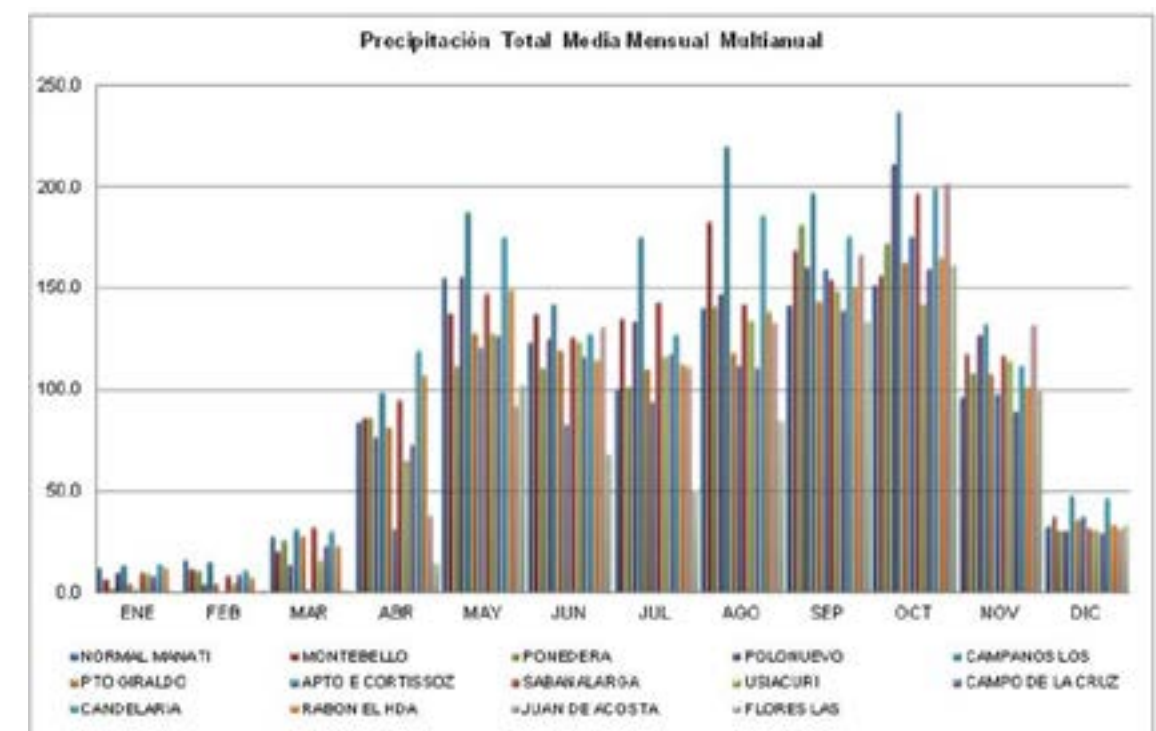
taciones ubicadas en la zona o en su área de influencia, se puede calcular en forma aproximada la recarga total de la cuenca.

En la Tabla 2-7 se presentan los Valores de Precipitación Media Mensual Multianual de las estaciones localizadas dentro del área de influencia.

Tabla 2-7. Valores de Precipitación Media Mensual Multianual por estaciones de monitoreo.

ESTACIONES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Manatí Normal	12,2	16,3	27,6	84,3	155,3	123,2	100,6	140,2	141,4	151,8	96,5	32,9	1082,2
Montebello	6,8	11,5	20,2	86,2	137,7	137,3	135,4	182,7	168,9	156,3	117,9	37,5	1198,2
Ponedera	2,3	10,9	26	86,5	112	110,9	101,9	141	181,5	172,3	108,3	30,8	1084,5
Polonuevo	9,9	4,3	14,1	76,8	155,9	125,3	133,8	147,2	160,7	211,3	127,2	30,5	1197,2
Los Campanos	13,7	15,4	31,5	98,5	187,8	142,3	175,1	220,1	197,2	237,3	132,5	48,1	1499,5
Puerto Giraldo	4,7	4,8	27,9	81,5	128	119,5	110,4	118,4	143,7	162,9	107,7	36	1045,6
Aerop. E. Cortissoz	1,2	0,5	1,5	31,7	120,8	83,2	94,2	112	159,5	175,5	97,9	37,5	915,5
Sabanalarga	10	8,6	32,3	94,9	147,4	126,1	143,3	142	154,3	196,9	117	32	1204,7
Usiacuri	9,9	5,4	16,3	65,6	128,1	123,8	116,6	134,3	148,8	142,4	114,4	31,3	1037,0
Campo De La Cruz	8,3	9,1	23,4	72,9	127	116,1	118,1	111	139,1	159,8	89,1	29,3	1003,3
Candelaria	14,5	11,1	30,1	119,5	175,3	127,8	127,6	186,4	175,7	199,7	112	46,5	1326,2
Hda. El Rabón	12,3	7,8	23,3	107,1	149,2	114,6	112,6	138,6	151,3	165,2	101,6	33,7	1117,3
Juan de Acosta	1,0	0,7	1,7	38,0	92,5	131,2	111,5	133,0	166,7	201,7	132,1	31,8	1042,0
Las Flores	0,7	1,2	1,1	15,1	102,9	68,8	50,8	85,2	133,8	161,9	100	33,9	755,4

Figura 2-39. Precipitación Media Mensual Multianual por estaciones de monitoreo.



Para el cálculo de la precipitación promedio anual de la zona de estudio, se utilizó el método de los polígonos de Thiessen, para conocer el área de influencia de cada estación pluviométrica identificada en cuenca en relación a este parámetro.

Figura 2-40. Polígonos de Thiessen para el área de estudio de la Cuenca.



En la Tabla 28 a continuación se expresa el área de influencia calculada de cada estación en la cuenca y el área de cada subcuenca:

Tabla 2-8. Área de Influencia para cada Estación.

ESTACIONES	ÁREA (HECTÁREAS)
Manatí Normal	1.998,72
Montebello	7.797,24
Ponedera	19.363,50
Polonuevo	23.116,70
Los Campanos	4.430,91
Puerto Giraldo	10.718,30
Aerop. E. Cortissoz	17.603,60
Sabanalarga	9.687,91

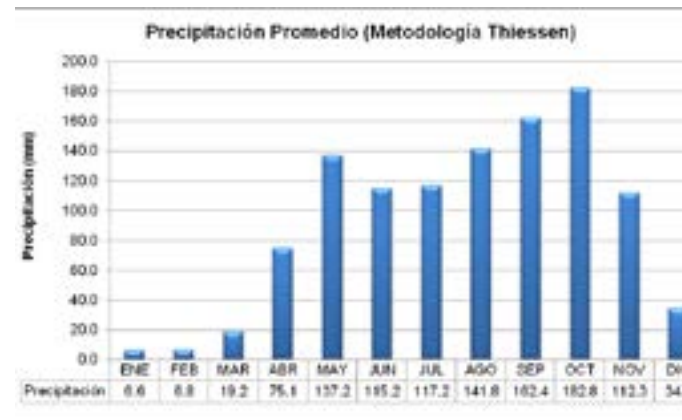
ESTACIONES	ÁREA (HECTÁREAS)
Usiacurí	4.205,99
Campo De La Cruz	2.259,77
Candelaria	8.082,38
Juan de Acosta	449,91
Las Flores	4.438,44
TOTAL	115.247,98

Tabla 29. Área para cada Subcuenca.

SUBCUENCA	ÁREA (HA)
Arroyo Pital	6,358.91
Arroyo San Blas	5,324.26
Ay Caño Fístula	11,532.58
Arroyo San Martín	6,702.88
Arroyo Gallego	9,066.76
Arroyo Piedras	10,368.84
Arroyo Las Yeguas - Guayepo	9,949.53
Arroyos del área urbana Blla.	10,805.95
Arroyo Grande	20,717.88
Arroyo Caracolí	5,535.48
Dique	3,135.76
Arroyo El Cojo	8,507.40
Arroyo Hondo	7,235.40
TOTAL	115,241.62

La precipitación promedio en la cuenca es de 1.111,3 mm/año obteniéndose un caudal promedio de precipitación de 40,61 m3/s.

Figura 2-41. Precipitación Promedio; Metodología Thiessen



A continuación, se realiza un análisis de los valores de infiltración de las subcuencas del área de estudio, lo cual refleja la infiltración generada por las escorrentías y la precipitación directa:

Tabla 2-10. Infiltraciones mensuales para cada una de las Subcuencas.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	INFILTRACIONES FA MM						INFILTRACIONES FA MM					
Arroyos del área Urbana	0,00	0,00	0,00	7,65	44,64	35,05	34,79	41,82	50,92	53,73	41,23	15,78
Ay Caño Fístula	0,00	0,00	0,00	33,90	49,29	45,06	46,35	48,6	50,19	54,68	45,22	13,11
Ay El Cojo	0,00	0,00	10,59	39,08	48,49	46,21	46,86	50,38	53,96	55,97	44,83	13,3
Ay Gallego	0,00	0,00	10,63	40,04	53,98	49,50	51,48	55,23	55,72	59,41	47,26	18,33
Ay Grande	0,00	0,00	4,37	39,16	52,24	50,17	50,64	55,76	57,43	58,97	47,97	12,52
Ay Hondo	0,00	0,00	10,56	37,73	48,99	46,76	46,27	47,41	51,24	54,77	44,38	14,85
Ay Piedras	0,00	0,00	12,11	42,49	51,04	45,40	45,05	51,8	51,12	53,39	42,45	20,89
Ay Pital	0,00	0,00	0,00	27,83	48,48	42,59	44,49	47,13	50,97	54,9	44,01	14,35
Ay San Blas	0,00	0,00	0,00	26,31	48,31	42,87	44,51	48,9	52,61	54,78	43,72	15,65
Ay San Martín	0,00	0,00	4,26	37,83	48,81	46,59	45,76	52,08	56,93	58,1	46,32	11,24
Ay Las Yeguas - Guayepo	0,00	0,00	9,62	38,49	46,06	44,87	44,25	49,78	54,44	54,77	43,99	12,34
Ay Caracolí	0,00	0,00	0,00	16,25	45,73	37,65	40,37	44,27	51,12	53,25	40,96	16,65
Dique	0,00	0,00	5,88	39,82	53,85	49,10	49,41	52,33	55,43	58,97	42,71	13,27

El volumen de la filtración total es del orden de los 4,06 m3/s y el caudal de explotación estimado con base en la información recolectada de los pozos inventariados es de 0,424 m3/s por lo tanto el índice de uso del agua es aproximadamente el 10,4% el cual se considera bajo.

topográficamente y monitoreados para conocer el comportamiento de los niveles piezómetros.

Si bien la información obtenida es un insumo para el cálculo del potencial de reserva, es necesaria una segunda etapa de este proyecto para definirlo.

2.1.2.2.5 Potenciales de Reserva

Para el cálculo de este parámetro es necesario contar con información adicional del área de estudio tales como perforaciones profundas que lleguen hasta el basamento para definir las profundidades del acuífero; perfiles estratigráficos y registros eléctricos para definir los espesores de los acuíferos; análisis granulométricos de las muestras recogidas para definir porosidad eficaz y en lo posible realizar una modelación matemática del acuífero para definir el comportamiento del flujo, empleando software especializados como Modflow o el Feflow; igualmente los puntos inventariados deben estar nivelados

2.1.2.3 Geomorfología

2.1.2.3.1 Generalidades y Método de Trabajo

El área de estudio corresponde a una llanura altamente transformada o antropizada, con relictos de complejos cenagosos, paleocauces y superficialmente coronada por acumulaciones eólicas; hacia su cercanía al mar presenta influencias directas de relieves y evolución marina.

La parte sur ha sido transformada a partir de canales y diques, cambiando su estado natural de ciénagas a praderas de pastos, con cambios

muy fuertes en el municipio de Campo de la Cruz. El costado oriental de la zona de trabajo se eleva en forma de un sistema colinado cientos de metros sobre el nivel del mar, constituyéndose en el límite natural de la llanura de inundación del río Magdalena. Sin embargo, la construcción del canal del dique y los diques que soportan la vía oriental o las defensas de algunos municipios, hacen que la mayor parte de este territorio en épocas de invierno quede por debajo de la cota tanto del río como del canal del dique; cualquier falla de estas estructuras de contención suponen un dominio natural de las aguas en estos terrenos que tradicionalmente han sido ciénagas.

El efecto se vivió durante el colapso del canal del dique en el año 2010 y que inundo miles de hectáreas y dos años después aún hay sectores con aguas represadas, que por la condición natural del terreno aún persisten.

En términos generales aproximadamente toda la cuenca presenta una expresión morfológica de napa aluvial, plana casi a nivel, con frecuentes elementos tipo basín que dan paso a las ciénagas y un elemento particular que es una serie de colinas elongadas, generadas por la erosión y degradación de algunos de los sistemas de dunas que se depositaron a mediados y finales del Cuaternario. Estas dunas se formaron porque en el pasado debido a la mayor capacidad de transporte del río Magdalena y sus afluentes se generaron grandes acumulaciones aluviales de sedimentos areno-limosos que, al ser expuestas en superficie, los vientos las transportaron y depositaron en forma de franjas eólicas dentro de las cuales se pueden reconocer una serie de patrones de dunas longitudinales, evidentes tanto en las fotografías aéreas como en el terreno. Estas estructuras son principalmente de arenas de grano fino, cuarcíticas, expuestas en domos elongados que atraviesan la cuenca en dirección N - S.

Este sistema corta en forma perpendicular los drenajes que tributan al río Magdalena, dejando en algunos sectores controles y anomalías

sobre el drenaje. Estos arroyos presentan depósitos aluviales en forma de franjas, generalmente húmedos, y en algunos sectores debido a la actividad del hombre se han construido represas formando pequeños embalses.

Hacia la parte más oriental, se presenta unos pequeños abanicos generados por la descarga de algunos arroyos la antropización de todos los terrenos; el cambio en la geometría natural de los cauces genera eventuales represamientos que se traducen en inundaciones aleatorias a las zonas bajas donde se entregan las aguas a los complejos cenagosos.

La franja más oriental corresponde a los depósitos de desborde del río Magdalena, que forma cubetas naturales que en arte se alimentan por desborde lateral y por el flujo de agua de los arroyos en épocas de verano; los siguientes arroyos mencionados de sur a norte, antiguamente mantenían flujos permanentes de agua, hoy día algunos se comportan de manera estacional: Gallego, Hondo, El Cojo, Grande, Cañafístula y Caracolí sirviendo de control.

Debido al control del nivel del río causado por las inundaciones durante los periodos invernales, los mismos arroyos pueden sufrir represamientos, es decir que el flujo del río hace retroceder o aumentar el nivel de las aguas en las zonas de ciénaga provocando las inundaciones en las calles de los centros poblados que se localizan en cercanías de estos cuerpos de agua, convirtiéndose en una de las principales amenazas que afectan estos municipios.

Finalmente, el cauce principal del río Magdalena presenta patrones de divagación constantes en el tiempo, con aparición, cambio de geometría y desaparición de algunas islas, solamente acelerando los procesos durante los periodos invernales atípicos de los años 2010 y 2011.

Así las cosas direccionar el enfoque, anteriormente se han realizado algunos trabajos de

geomorfología en el área, dentro de los cuales se encuentra el de Ecoforest en 1996, que cuenta con grandes aportes y ha sido referenciado en diversos estudios, de modo que se empleó como fuente de referencia, ya que cuenta con imágenes de satélites recientes y aerofotografías que permitieron precisar las unidades.

Inicialmente se hizo un reconocimiento de información secundaria. Posteriormente se realizó una primera aproximación con escenas de satélite SPOT del año 2005, pero el detalle fue foto identificado sobre aerofotografías del año 2003 a escala 1/42.000 aproximadamente, separando jerárquicamente, de acuerdo con la metodología del CIAF, que separa las unidades de gran paisaje, paisaje y subpaisaje.

En general las diferentes geoformas están constituidas por:

- Relieves modelados por influencia fundamentalmente fluvial y eólica, con algunos paisajes asociados a modelados marinos.
- Modelado aluvial asociado a la dinámica fluvial del río Magdalena y sus afluentes; y modelado denudativo erosional, en relieves de origen sedimentario, producto de procesos erosionales intensos hacia el centro y occidente del departamento.

A continuación, se describen cada una de las geoformas del área de estudio con la metodología de la zonificación fisiográfica.

2.1.2.3.2 Descripción de la Zonificación Geomorfológica

En el modelo general propuesto por el IDEAM (Robertson, 2012), se establece que: "cada nivel jerárquico de aproximación representa un nivel de detalle conceptual sobre las geoformas presentes. A cada nivel de aproximación se especifican los procesos morfodinámicos y atribu-

tos específicos. Estos niveles de conocimiento y análisis pueden presentarse sobre extensiones variables y por lo tanto no representa niveles escalares exactas. Por ejemplo, una terraza aluvial puede extenderse sobre un amplio espacio y ser representado a escala 1:100.000 mientras un volcán menor a la misma escala solo puede representarse por medio de un símbolo. A continuación, se presenta el sistema general de aproximación:

- Ambientes Morfogénicos Generales: Grandes ambientes morfogenéticos, es decir, los paisajes dominados por agentes morfogenéticos de formación general, tales como Glacial, Estructural, Volcánico, Fluvial, Eólico, Cárstico, Denudacional, Marino y Antropogénico (Morfogénesis), generalmente expresadas a escala aproximadas de 1: 500.000. Este nivel se representa con una letra mayúscula en el sistema gráfico del mapa (Ej. S, F, etc.)
- Subambientes Morfogénicos: Subambientes con procesos específicos de origen denudativo y de agradación asociados a los ambientes principales con su correspondiente materiales (formaciones superficiales) con su correspondiente composición y estructura; por ejemplo, para el ambiente Glacial: Glaciares, Circos, Valles glaciares, Morrenas y Conos de ablación (Morfodinámica y Morfometría), generalmente expresadas a escala aproximadas de 1: 100.000. Este nivel se representa con una letra minúscula en el sistema gráfico del mapa (Ej. Sc, Ft, etc.)
- Unidades Geomorfológicas: Unidades con una morfometría y una edad cronológica específica, bien sea de tipo relativo o exacto y sus características topográficas de pendiente y disección (Morfocronología). Generalmente expresadas a escala aproximadas de 1: 50.000

a 1:10.000. Este nivel se representa con una letra minúscula en el sistema grafico del mapa (Ej. Sc1, Ft2, etc.).

- Componentes: elementos generalmente representados por símbolos en las otras escalas incluyendo aspectos como taludes, orillares, escarpe de fallas, (Morfometría), etc.”

Para la organización jerárquica de la cuenca, se basa fundamentalmente en la propuesta del IDEAM, alimentada con algunos elementos propuestos por el Ingeominas (Carvajal, 2011), por ejemplo, a pesar que en la practica resulta similar el termino componente del terreo fue cambiado por subunidad que tal como apunta Carvajal “La categoría Subunidad Geomorfológica corresponde a una subdivisión de las Unidades geomorfológicas, determinada fundamentalmente por los contrastes morfológicos y morfométricos, que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de los mismos, con la correspondiente topografía del terreno. Igualmente está definida por el contraste dado por las formaciones superficiales asociadas a procesos morfodinámicos actuales de meteorización, erosión, transporte y acumulación bien definidos o determinados. La escala de trabajo está definida entre 1:10.000 y 1: 25.000.

La nomenclatura de las Subunidades está definida por la posición dentro de la unidad ó por

el proceso geomorfológico dominante, ejemplo: Ladera estructural de espinazo ó de cuesta, ladera denudativa o residual (Tabla 211). La notación cartográfica propuesta, corresponde a abreviaturas de hasta 6 caracteres: El primero hace alusión al ambiente morfogenético, la segunda y tercera para definir la unidad correspondiente y las restantes para especificar la disposición estructural ó la posición dentro de la unidad geomorfológica”.

Con estas aclaraciones se procede a zonificar y delimitar las geoformas que evolucionan en el ámbito de las áreas hidrográficas de la margen izquierda del río Magdalena en jurisdicción de la C.R.A.

2.1.2.3.2.1 Ambiente Fluvial 2.1.2.3.2.1.1 Subambiente: Llanura Aluvial Antropizada

Constituye una superficie relativamente plana compuesta por terrazas, napas aluviales y planos de inundación fluvio-deltaicos, desarrollados a partir de depósitos de origen aluvial localizados a lo largo del río Magdalena y sus afluentes. El sector sur ha sido desecado con sistemas de canales y diques, y en general la alta intervención humana y la transformación casi completa de sus ecosistemas permite que se denomine antropizada.

Figura 242. Panorámica de las geoformas aledañas al municipio de Suan.

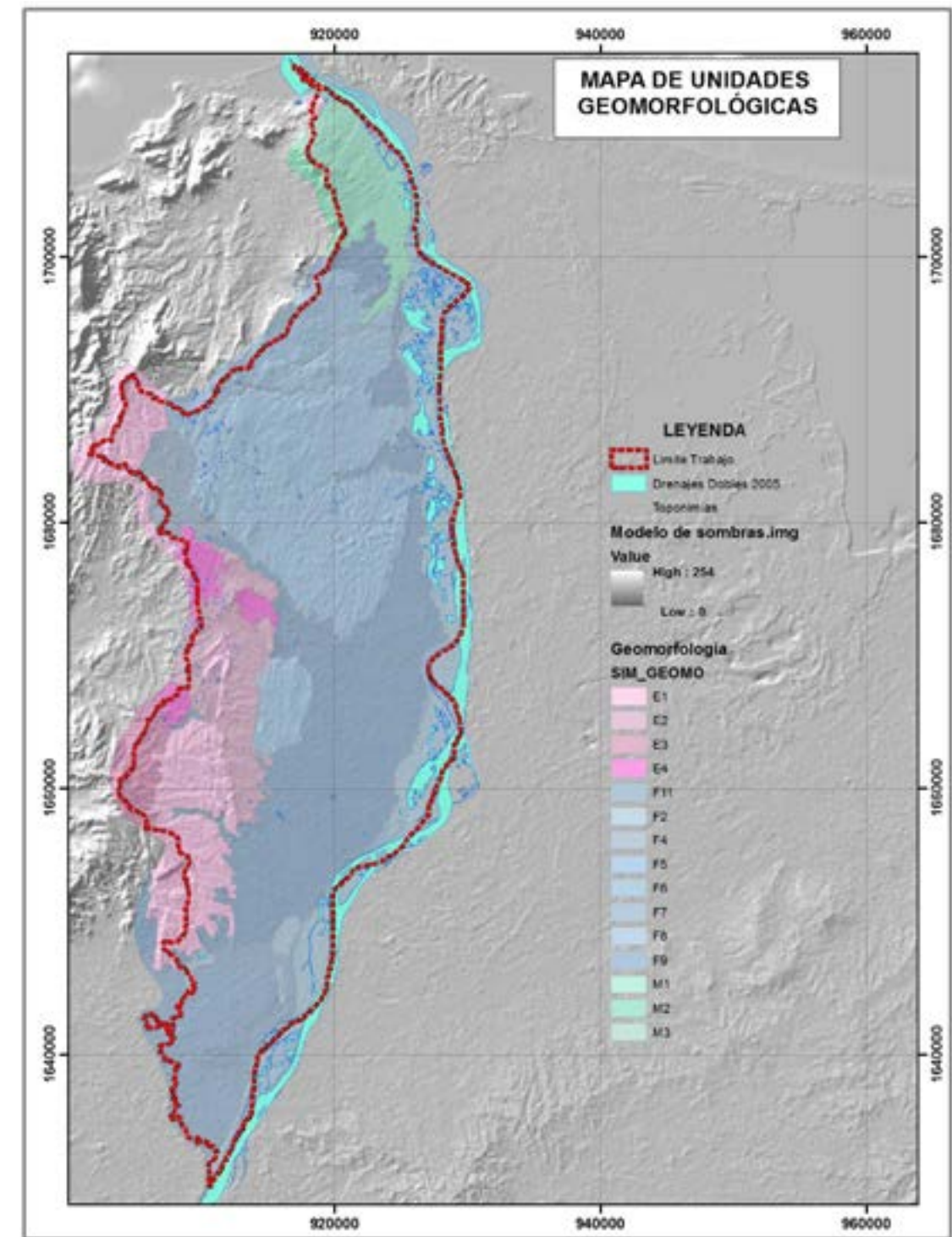


Tabla 2-11. Leyenda de zonificación geomorfológica

AMBIENTE	SUB AMBIENTE	UNIDAD	SUB UNIDAD	SIMB	GÉNESIS	PROCESOS	ATRIBUTOS	AMENAZAS
FLUVIAL	Llanura aluvial antropizada	Vega de divagación	Complejo de orillares	F1	Depósitos en formación, variantes con la evolución de las orillas, caracterizados por una topografía con ondulaciones irregulares y una yuxtaposición y superposición de varias formas aluviales	Sedimentación, zona de amortiguación del sistema fluvial	Depósitos actuales de orilla de río en sucesión semilunar de banquillos de arena y pequeñas depresiones arcillosas.	Inundación
			Basín, ciénaga	F2	Forma negativa, localizada detrás del dique, comprende dos posiciones: la cubeta de desborde que puede permanecer temporalmente cubierta de agua y la cubeta de decantación que es la parte más baja donde las aguas se estancan en forma casi permanente.	Sedimentación, zona de amortiguación del sistema fluvial	Pequeña depresión generalmente cerrada y aislada en la planicie aluvial. Dada su granulometría puede permanecer temporalmente cubierta de agua (más de seis meses) algunas están en proceso de desecación.	Inundación
			Playones e Islotes	F3	Forma resultante de la acumulación de sedimentos en las orillas o en el canal del río favorecido por la carga de sedimentos, generalmente son más visibles en verano y sus formas son cambiantes en el tiempo.	Socavación lateral	Forma elongada de arena y limos en forma de camellón	Inundación, erosión lateral
			Vega baja	F4	La divagación de la corriente principal forma una faja alargada y estrecha, limitada por escarpes de terraza, puede ser inundada periódicamente por las crecientes.	Sedimentación, erosión lateral	Es el cauce de divagación de corrientes menores	Inundación
			Dique natural	F5	Acumulaciones naturales que se forman por desbordamiento del río y van paralelos a sus márgenes, de granulometría más gruesas que los terrenos que los circundan.	desborde, escurrimiento superficial difuso	Los diques de la zona tienen anchos que oscilan entre los 200 y 600 metros de ancho y pueden tener hasta 14 kilómetros de largo	Socavamiento, desborde, falla geotécnica en taludes
			Dique artificial	F6	Acumulación antrópica construida con fines de profundización de cauces, defensa contra las inundaciones, construcción de vías o para la desecación de terrenos.		Diques artificiales	Socavamiento, desborde, falla geotécnica en taludes
			Bajo desecado o temporalmente ocupado por aguas	F7	Pequeña depresión generalmente cerrada y alimentada por arroyos, la desecación y construcción de diques ha dado paso a bajos desecados que eventualmente pueden ser ocupados por aguas lluvias.		Planicies eventualmente inundables por sus texturas finas, actualmente en pastos y sujetas a inundación por falla en los diques que contienen las aguas en periodos invernales.	Desecación
			Napa aluvial	Planicie eólica - Dunas	F8	Las planicies formadas por el río Magdalena y conformadas por materiales arenolimosos, sufrieron procesos de deflación, arrastrando el material y depositándolo en formas alargadas en sentido norte sur y luego colonizadas por la vegetación.		Dunas colonizadas por vegetación

AMBIENTE	SUB AMBIENTE	UNIDAD	SUB UNIDAD	SIMB	GÉNESIS	PROCESOS	ATRIBUTOS	AMENAZAS
FLUVIAL	Llanura aluvial antropizada	Terrazas en diferentes niveles	Plano de terraza	F9	Formas acumulativas, y surgen del trabajo de las corrientes temporales y permanentes que discurren en el área, limitadas por escarpes, son casi planas o ligeramente inclinadas, los procesos de disección pueden ser diferenciales en el área de trabajo.	microrelieve particular formado de zanjas o depresiones y montículos en densidad variable, que se forman en terrenos con sobresaturación hídrica casi permanente	Superficies casi a nivel con formación de zurales en algunos sectores.	Incendios de praderas
			Terraza aluvial disectada suavemente ondulada	F10				Incendios de praderas
			Valles estrechos	F11	Vegas bajas encajadas en otras posiciones geomorfológicas más "altas" cuya sección transversal de fondo plano cóncava resulta generalmente de relleno de un antiguo entalle aluvial.		Inundación	
MARINO LITORAL	Terraza Marina	Terraza sub reciente	Plano de terraza ligeramente ondulada	M1	Forma de acumulación litoral, limitada por un talud y en posición alta en relación con el nivel alcanzado por las mareas actuales, esta posición de terraza se encuentra en proceso de disección.	Escurrimiento superficial con formación de surcos, cárcavamiento		Incendios de praderas, vendavales
			Escarpe de terraza	M2				
	Marisma Litoral	Humedal	Manglar intervenido	M3	Los marismas se pueden formar por colmatación lateral de la parte abrigada de un estuario, detrás de una espiga o barra, en este caso el dique del río Magdalena.		terreno bajo, arenoso, cubierto por aguas poco profundas próximas al mar, con drenaje insuficiente	
ESTRUCTURAL	Serranía estructural	Laderas disectadas	Laderas sub-estructurales disección moderada	E1	Son el resultado de la degradación o fallamiento de pliegues anticlinales o sinclinales, cuyos flancos estructurales y el escarpe tienden a ser regulares y poco disectados de disección moderada sobre rocas con poca diagénesis	Coluvionamiento, escurrimiento superficial difuso y concentrado, disección intensa	Laderas simétricas en rocas sedimentarias disectadas con pendientes cortas y a veces pronunciadas	Degradación de suelos, incendios de praderas
			Laderas con disección moderada	E2				
			Cresta homoclinal en lodolitas	E3			Relieve monoclinial, caracterizado por un revés extenso cuya inclinación es inferior a los 8°	
			Cuesta estructural	E4				

Figura 2-43. Mapa geomorfológico.



Descripción de Geformas

Complejos de Orillares (F1)

Son sucesiones semilunares, concéntricas de pequeños albardones con depósitos gruesos y de pequeñas depresiones con depósitos finos;

tal disposición expresa las etapas sucesivas de migración lateral de los meandros o de las orillas del río Magdalena. La Figura 244 muestra una panorámica aérea inclinada durante los periodos invernales del año 2010, por lo que es fácil ver los montículos y las zonas bajas de tales microtopografía.

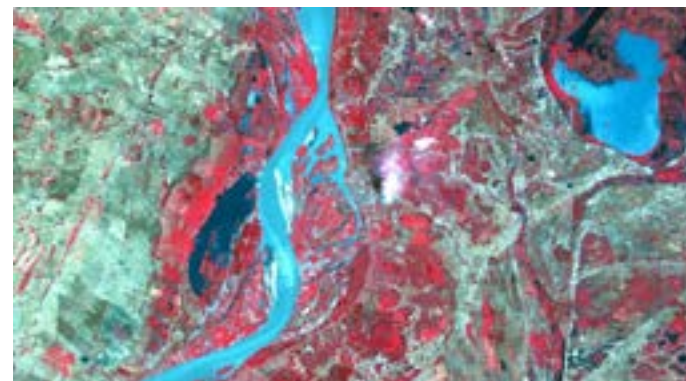
Figura 2-44. Complejos de orillares durante la estación estival.



La continua acreción, generalmente en las orillas convexas se caracteriza por una topografía con ondulaciones irregulares y una yuxtaposición y superposición de varias formas aluviales (bancos, cubetas, explayamientos de salida, etc.) lo que confiere a estos depósitos texturas muy variables. La Figura 244 muestra como en los camellones donde la granulometría del suelo es mucho mayor crecen especies más exuberantes, mientras que la presencia de suelos con texturas finas en los canales hace que el drenaje exageradamente lento y se mantengan gran parte del año inundadas, por lo que las plantas que allí crecen son higrofíticas, de ahí su diferenciación.

Este tipo de geoformas se localizan en ambas riberas del río Magdalena, por lo que son frecuentes y de gran tamaño las que se localizan en el área de estudio. Uno de los sitios cuya exposición es muy significativa es el que se encuentra entre los municipios de Soledad y Malambo sobre la margen izquierda del río Magdalena, o como los grandes complejos de orillares que se muestran en la Figura 245 y que corresponden a los municipios de Ponedera a la izquierda del río y Salamina a la derecha

Figura 2-45. Imagen Landsat que muestra la evolución del cauce del río Magdalena y la formación de los complejos de orillares.



Basín Ciénaga (F2)

Esta geoforma corresponde a unidades amplias de un plano inundable de la llanura aluvial de desborde, localizadas generalmente detrás del dique; comprende dos posiciones: la cubeta de desborde que puede permanecer temporalmente cubierta de agua y la cubeta de decantación que es la parte más baja donde las aguas se estancan en forma casi permanente.

Las cubetas de decantación son depresiones cerradas donde el estancamiento prolongado de las aguas de inundación permite la decantación del material en suspensión. Las texturas del material de las cubetas de decantación son siempre arcillosas; corresponde a la parte más baja del basín, y permanecen al menos 9 meses inundadas formando pantanos, encharcamientos y cuando las aguas son altas pueden alcanzar hasta tres metros de profundidad.

Figura 2-46. Panorámica aérea de las posiciones geomorfológicas predominantes.



Las ciénagas han venido siendo desecadas para dar paso a suelos productivos, alterando los regímenes naturales, los pulsos de inundación-sequía, de tal manera que el territorio queda expuesto a la reiterada inundación en épocas con inviernos fuertes.

Figura 2-47. Imagen aérea de la posición de dique, basín y complejos de orillares.



Figura 2-48. Detalle de la presión sobre las ciénagas y humedales de la zona.



Las posiciones bajas en la ciénaga han sido intervenidas en grandes extensiones de ciénagas en los últimos 60 años, se han desecado con prácticas de drenaje y construcción de diques.

Playones e Islotes (F3)

Forma resultante de la acumulación de sedimentos en las orillas o en el canal del río favorecido por la carga de sedimentos, generalmente son más visibles en verano y sus formas son cambiantes en el tiempo. Esta forma elongada está compuesta predominantemente de arena y limos en forma de camellón, las granulometrías arcillosas son menos frecuentes.

Un ejemplo claro de la evolución de estas acumulaciones se observa en el municipio de Malambo, allí existe una isla de aproximadamente 700 hectáreas que se denomina San José; de forma retrospectiva para el año de 1976 este islote estaba dividido en dos islas denominadas Playón Nuevo y San José, para esta época ocupaban una superficie de 356 hectáreas. Para el año de 1956, la isla contaba con tan solo 156 Ha, de igual manera sucede con las demás islas del área de estudio, unas en proceso de acreción la otras en erosión.

Figura 2-49. Evolución de las Islas San José y Cubica.



Vega Baja y valles estrechos (F4)

Unidad periódicamente inundable que cede y recibe continuamente aluviones del lecho (cantos, arenas y gravas) muchas veces impidiendo el desarrollo de suelo y vegetación por lo cual termina en términos pedológicos en una unidad de tierras misceláneas. Esta es la porción de espacio más baja de un valle, forma por lo general un cajón poco profundo (uno o algunos metros de desnivel) alargado, estrecho en el caso de los vallecitos aluviales, bordeando ambos márgenes de un curso de agua, corresponde al plano de inundación anual o semestral.

Esta geoforma es una faja de terreno más o menos amplia adyacente al curso de un río, formada por éste en su régimen hidráulico, es llamada también vega de inundación, el nivel

inmediatamente superior es una terraza, de la cual se separa por un escarpe que puede tener entre unos pocos decímetros a algunos metros.

En estas geoformas se desarrollan suelos intrazonales formado en las llanuras inundadas por los ríos en las cuales la inundación se produce sólo durante un corto período del año; resulta del depósito de una fina capa de limo y barro, alternando con un notable desarrollo de la vegetación en otras épocas. El horizonte A es oscuro, con gran cantidad de materia orgánica, con un horizonte subyacente de gley, en el cual la anegación impide la oxidación, y la presencia de sales ferrosas da al suelo un aspecto gris azulado, con concreciones accidentales de hierro. Estas características le imprimen ciertas ventajas a la hora del desarrollo de pequeños cultivos de pancoger en estas geoformas y que se puede

establecer fácilmente sobre las aerofotografías por los cambios de uso en los valles estrechos.

Napa Aluvial (F8)

Son formas planas de amplia extensión conformada por material aluvial fino principalmente a base de limos, depositada en la planicie o el lecho de inundación por acumulación libre durante el desbordamiento generalizado de un río Magdalena, El material depositado es altamente seleccionado.

Su forma plana contrasta con algunas colinas elongadas de baja altura que no son más que dunas que han evolucionado desde hace 18.000 años cuando el río Magdalena presentaba un mayor caudal y en consecuencia una mayor capacidad de transporte, en su paso hacia el mar deposito grandes cantidades de sedimentos arenolimosos, que al ser expuestos en superficie, los vientos los transportaron y depositaron en forma de franjas eólicas dentro de las cuales se pueden reconocer una serie de patrones de dunas longitudinales, evidentes tanto en las fotografías aéreas como en el terreno.

Estas acumulaciones hoy día se encuentran colonizadas por vegetación, especialmente por pastos, morfométricamente estas dunas pueden alcanzar longitudes que oscilan entre los 300 y 100 metros de largo por aproximadamente 50 o 70 metros de ancho, con alturas que no sobrepasan los 12 metros.

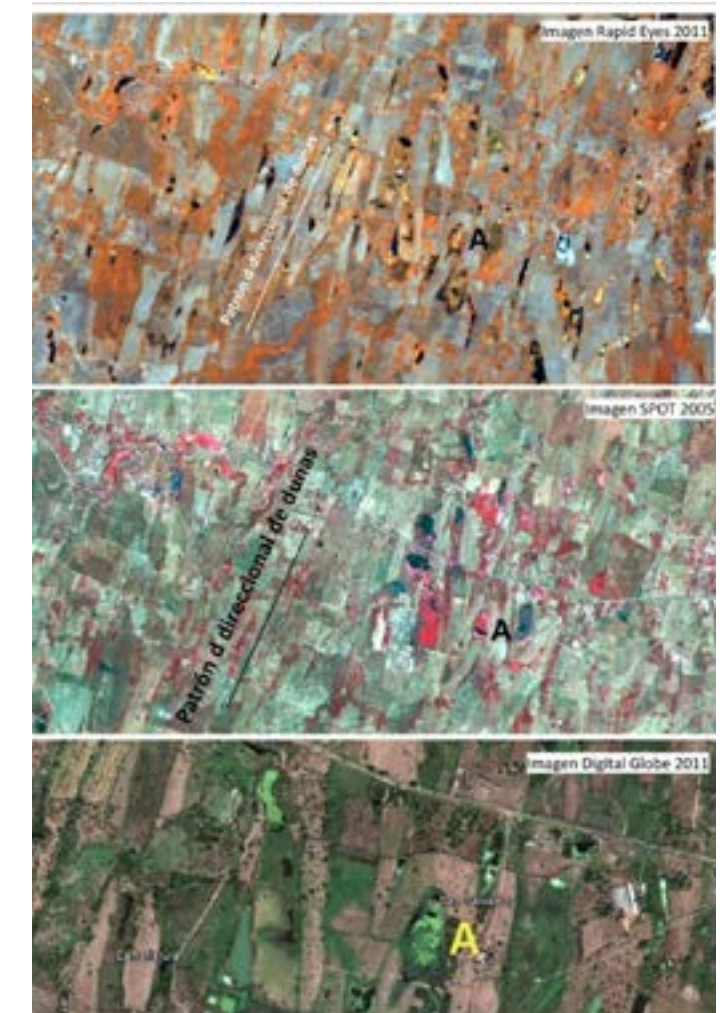
La Figura 2-45 muestra en tres escenas de satélite diferente el patrón lineal que reflejan las dunas al occidente de los municipios de Santo Tomás y Palmar de Varela, en la primera escena se diferencia claramente el parón y domo se aprovechan las formas negativas para la acumulación de agua, estos patrones de reservorios son paralelos a las dunas que sirven como paredes de represa.

La segunda imagen de la misma zona es una escena SPOT seis años atrás cuando aún no se habían construido tantos reservorios, el patrón lineal de las dunas es claro y se encontraban

principalmente colonizadas por vegetación más exuberante que se resalta por la composición en falso color utilizando bandas del infrarrojo cercano, que denotan el vigor de la vegetación.

Finalmente, la última escena tomada de google earth de Digital Globe del año 2011 pero de muchísima mayor resolución espacial permite detallar una duna a la cual le han quemado o talado su vegetación, como referente de ubicación espacial en las tres escenas de muestra un reservorio identificado con la letra A. El sistema de dunas antiguas tiene una orientación noreste-sureste, ubicadas entre Arroyo Grande al sur y Barranquilla al norte; presentan un relieve plano a ligeramente inclinado, con pendientes entre 1 y 7 % y están constituidas por arenas cuarzosas de grano fino a medio.

Figura 2-50. Dunas vistas con sensores remotos.



Las Terrazas en Diferentes Niveles.

Están constituidas por sedimentos limo-arcillosos, con intercalaciones de grava, arena cuarzosa de grano medio a grueso y limo, conformando un relieve plano a ligeramente inclinado con pendientes de 0 a 7 %; están ubicadas entre los planos de inundación del río Magdalena y los sistemas de dunas y colinas.

Estas terrazas se encuentran en proceso de degradación o disección, por lo que en algunos sectores ellas se manifiestan como una superficie casi a nivel mientras que en otros sectores producto del avenamiento se observan superficies suavemente onduladas hasta moderadamente onduladas. Muchas de ellas sufren de encharcamientos.

2.1.2.3.2.2 Ambiente Litoral

2.1.2.3.2.3 Planicie Fluvio Marina

Esta planicie se ha formado por la influencia del mar sobre las costas, depositando materiales que han originado formas como terrazas de litoral y cubetas deposicionales, ubicadas sobre la línea costera.

Las terrazas de litoral (M1) están constituidas por intercalaciones de arcillolita, limolita y arenisca de grano muy fino, con un relieve plano, pendientes de 0 a 3 %, donde se presenta erosión hídrica ligera a moderada.

En las cubetas deposicionales (M3) se encuentran intercalaciones de limolita y arenisca, de grano medio a fino y arcillolitas con areniscas y lentes calcáreas. Presentan un relieve cóncavo-plano y corresponden a antiguos lechos de agua dulce donde el mar tuvo acceso.

Así mismo, se encuentran algunas zonas de playones, barras e islotes en materiales alcalinos mezclados con arcilla, limo arenas finas en relieve plano y algunos sectores de microrelieve

de bajos y diques de materiales heterogéneos transportados directamente.

2.1.2.3.2.4 Ambiente Estructural

2.1.2.3.2.4.1 Relieve Colinado Estructural Denudativo

Comprende un sistema de colinas modeladas sobre materiales sedimentarios del terciario, ubicadas al centro y oeste del departamento.

Son formas con relieve fuertemente inclinado a moderadamente escarpado, como crestas monoclinales abruptas (E1) y espinazos (E3) algunas veces escarpados, con pendientes de 25 - 50 % y > 50 %, que presentan una alternancia de areniscas de grano grueso, fosilíferas y shales limo-arcillosos.

En relieve fuertemente inclinado a moderadamente escarpado, con pendientes de 7%, 12%, 25% y hasta 50 %, se presentan colinas (E2, E4) compuestas por arcillolitas, limolitas e intercalaciones de areniscas arcillosas y calcáreas, de origen fluvio-lacustre. Igualmente se diferencian colinas compuestas por areniscas calcáreas, con intercalaciones de arcillolitas y lodolitas, con inclusiones de cherts, limolitas y algunas con calizas.

Figura 251. Aspectos del relieve colinado estructural erosional.



2.1.2.3.3 Geomorfología del río Magdalena en la zona de estudio

Una aproximación específica y posterior permitió con este apartado conocer la evolución morfológica específica de la margen occidental del río Magdalena, entre Suán (Atlántico) y el Puente Pumarejo, con el fin de puntualizar en la dinámica del río en términos de la evolución temporal de las orillas, de lo cual se pueda inferir la Dinámica Fluvial del río en la zona de influencia del área de estudio, en especial la estabilidad de la infraestructura próxima a las márgenes del río. Lo anterior, en virtud de la necesidad de generar información técnica, habida cuenta de los numerosos conflictos de manejo que se dan en ese segmento.

La información base para el análisis planteado, corresponde a información secundaria, relacionada con levantamientos topográficos y batimétricos disponibles en el archivo técnico del Laboratorio de Ensayos Hidráulicos de Las Flores de CORMAGDALENA que fue operado desde 1986 hasta el 2012 por la Universidad del Norte, información cartográfica, imágenes satelitales debidamente geo-referenciadas, estudios hidráulicos, sedimentológicos y geomorfológicos del río Magdalena en el sector.

2.1.2.3.3.1 Aspectos geológicos

A partir de los estudios realizados en el marco de la operación del Laboratorio de Ensayos Hidráulicos de Las Flores por Vargas-Cuervo (2012), la zona distal del delta del río Magdalena sobre el mar Caribe, se caracteriza por presentar un contraste geológico y geomorfológico a cada margen del río. Sobre su margen derecha (oriental) predomina un paisaje de un paleocauce (sitio nuevo) altamente modificado y enmascarado por ciénagas, llanuras de inundación y marismas. Sobre su margen izquierda sobre el cual el río ha ido migrando paulatinamente se presentan formas de relieve predominantemente de origen eólico, denudacional y estructural con la presencia de planicies y colinas bajas constituidas por sedimentos y rocas de mayor resistencia a la erosión. Aunque la dinámica en el delta del río Magdalena es bien evidente, en los últimos 60 años ha mostrado una relativa dinámica del cauce.

Geológicamente la zona de estudio está caracterizada por la presencia de materiales litológicos inconsolidados (depósitos) sobre el lecho del río y sus orillas. Únicamente en la parte Noroeste de la zona se presentan materiales de la Formación la Popa de edad cuaternaria, constituidos por rocas calcáreas muy alteradas a suelos residuales y cubiertas parcialmente por depósitos de ladera tipo derrubios y coluviones (Figura 252).

2.1.2.3.3.1.1 Depósitos inconsolidados

Los depósitos inconsolidados, hacen referencia a materiales litológicos sueltos a compactos sin procesos diagenéticos. Se presentan en forma masiva, en capas o en lentes discontinuos y en algunos casos interdigitados. Se componen principalmente de arenas finas a medias y limos de color gris a café, con algunos niveles de lodos oscuros ricos en materia orgánica, estos últimos asociados a periodos de inundación. Se diferen-

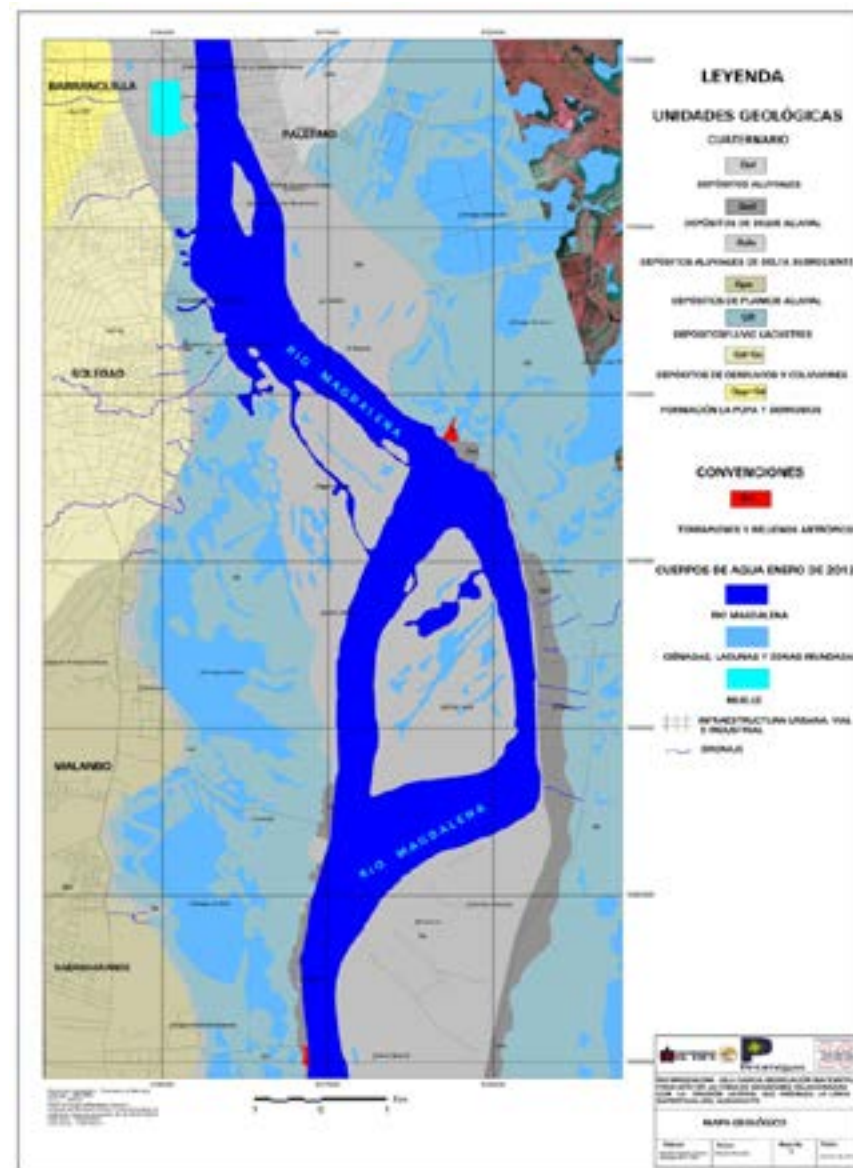
cion principalmente por su composición textural con variaciones de porcentajes de limo arena y arcilla, color, grado de compactación y expresión morfológica. Dentro de estos depósitos se diferenciaron depósitos aluviales y fluvio-lacustres.

2.1.2.3.3.1.2 Depósitos aluviales

Fueron originados por el río Magdalena y se diferenciaron en el área los siguientes depósitos: aluviales recientes (Qal), de dique aluvial (Qad),

aluviales subrecientes (Qal2), aluviales de delta subreciente (Qals) y de planicie aluvial (Qpa). De acuerdo a los registros de perforación existentes en el área, el espesor de estos depósitos pueden superar los 30 m de espesor. Los depósitos aluviales recientes (Qal), se presentan sobre el lecho activo y cauce mayor del río, forman barras de arenas y limos de color gris claro, de consistencia muy baja, muy deleznales y fácilmente removibles por las corrientes de agua (Figura 2-53 y Figura 2-54).

Figura 2-52. Geología General para el río Magdalena en el segmento de la cuenca objeto de planificación



Fuente: UNINORTE y PROMIGAS (2012).

Figura 2-53. Vista de campo de materiales aluviales recientes formando barras de limos y arenas finas en los bordes de sus márgenes y las islas fluviales.



Fuente: Vargas-Cuervo (2012)

Figura 255. Presencia de arcilla amarilla, que aflora en periodos de aguas bajas formando un dique aluvial de mayor resistencia a la erosión sobre la margen derecha del río.



Fuente: Vargas-Cuervo (2012)

Figura 25-4. Vista de taludes de depósitos aluviales recientes compuestos por limos grises masivos. Márgenes río Magdalena.



Fuente: Vargas-Cuervo (2012)

Los diques aluviales (Qad) se presentan al Sur del área sobre la margen derecha e izquierda del río Magdalena. Litológicamente se componen de los mismos materiales (limo, arena y arcilla) pero hay una mayor predominancia de arcilla en su base y como lentes, lo cual los hace más consistentes y resistentes a la erosión fluvial. Comúnmente se desarrollan en las márgenes del río que presentan zonas de amortiguamiento de lagunas y ciénagas (Figura 255 y Figura 256).

El dique aluvial de la margen derecha del río Magdalena representa un mayor ancho (900 m) que el de la margen izquierda (230 -60 m). La planicie aluvial se presenta en la parte Suroeste del área, presentando la misma composición litológica y estructural, pero son de mayor compactación y consistencia.

Figura 256. Talud del río en la zona del dique aluvial mostrando un nivel arcilloso bajo una capa o nivel limo-arenoso de cauce aluvial reciente.



Fuente: Vargas-Cuervo (2012)

Los depósitos aluviales subrecientes corresponden a lechos antiguos del río Magdalena. Se distinguen por su morfología de con líneas de expresión longitudinales a su antiguo cauce que en periodos de inundación representan lagunas. Su composición es similar de limos, arenas y ar-

cillas, pero su compactación es mayor que los depósitos actuales (moderadamente compacta).

Bajo esta categoría se diferenciaron también un antiguo delta fluvial (Qals), en el sector de la población de Palermo con una clara distinción morfológica (Ver Num. 2.1.2.3.3).

2.1.2.3.3.1.3 Depósitos de origen fluvio lacustre (Qfl).

Comprenden materiales inconsolidados depositados en ambientes fluviales y lacustres de llanuras de inundación. Se componen principalmente de sedimentos finos, como arcillas y limos ricos en materia orgánica que le aportan una coloración más oscura. Son de color gris claro a negro, de consistencia plástica a muy plástica (gredas - Figura 2-57).

Figura 2-57. Materiales gredosos por el alto contenido de arcilla en depósitos fluvio lacustres. Margen izquierda del río Magdalena.



2.1.2.3.3.1.4 Unidades de roca

Las unidades de roca comprenden rocas sedimentarias de la formación La Popa (Qpp).

- Formación La Popa (Qpp)

Se presentan sobre la parte noroccidental del área. Se componen de calizas arrecifales, arcillas arenosas, caliches arrecifales y arcillas grises de edad Plioceno – Pleistoceno. Son ma-

teriales rocosos mal expuestos por la alta meteorización de sus componentes generando suelos residuales amarillentos, y depósitos de ladera como derrubios (Qd) y coluviones (Qc).

Se compone principalmente de areniscas blancas y amarillas con niveles de arcillas amarillas y fragmentos de calizas arrecifales. Estas rocas presentan una baja litificación y poca compactación. Las areniscas son de grano medio a grueso, líticas y calcáreas, deleznable y frías. Entre estas arenitas y arcillas se presentan "grúmulos" o porciones discontinuas de calizas arrecifales muy porosas con estructuras coralinas radiales, de color blanco amarillento, duras con meteorización química por disolución de los carbonatos.

2.1.2.3.3.2 Geología estructural

En la zona de estudio por estar cubierta principalmente por depósitos inconsolidados, no se presentan estructuras geológicas aflorantes como fallas, pliegues y otras.

2.1.2.3.3.3 Caracterización geomorfológica

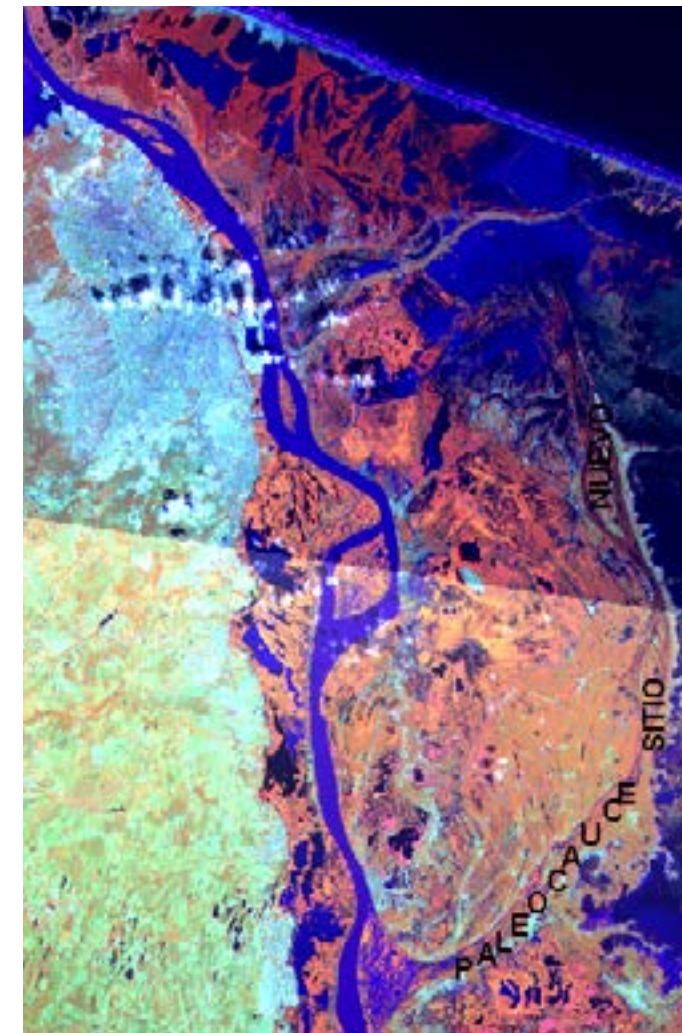
Tomando como base el estudio de geología, geomorfología, zonificación de la resistencia de los materiales a la erosión fluvial, dinámica fluvial y zonificación de la susceptibilidad a las inundaciones sector puente Pumarejo – Bocas de Ceniza y el estudio elaborado por Vargas-Cuervo (2005), geomorfológicamente el área de estudio pertenece a la provincia fisiográfica del bajo Magdalena la cual comprende las subprovincias fisiográficas del delta del río Magdalena por su margen derecha y una zona colinada que corresponde a las estribaciones de la Serranía de San Jacinto. Genéticamente se identifican ocho unidades de gran paisaje.

El relleno de la depresión se produce durante el Holoceno Superior, aproximadamente durante los últimos 3000 años, comenzando con un nivel del mar 2.5 m más alto que el actual, el cual desciende a la vez que el río avanza hacia

el mar y rellena las ciénagas con sedimentos. (IDEAM, 2001)

En los últimos años, la intervención humana con la construcción de obras como las de encauzamiento del río en su desembocadura ha modificado substancialmente la dinámica litoral. Las unidades de subpaisaje asociadas al delta del río Magdalena en el área de estudio son: cauce mayor del río Magdalena, complejo de ciénagas del río Magdalena, Paleocauce de Sitionuevo, y la llanura fluvio marina del Parque de Salamanca (Figura 2-58).

Figura 2-58. Vista del paleocauce de Sitio Nuevo sobre una imagen de satélite Landsat TM

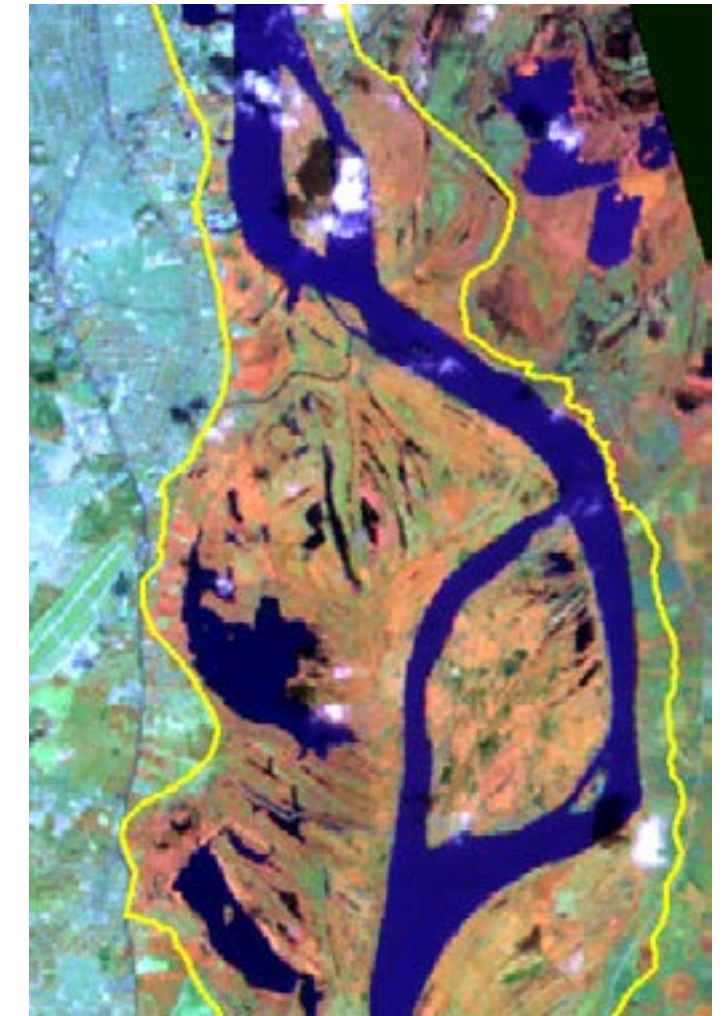


2.1.2.3.3.3.1 Unidad de subpaisaje del cauce mayor del río Magdalena (FM)

Cauce mayor representa el lecho por donde el cauce activo del río puede discurrir en un momento dado de aguas bajas o altas. Ver Figura 259. El Lecho mayor del río Magdalena en el área de estudio varía de ancho entre 2000 m en su sitio más angosto en inmediaciones de del Puente Pumarejo y el más ancho en el extremo sur del área en inmediaciones de la Isla Cabica con un ancho del orden de 6000 m.

El cauce o lecho mayor del río Magdalena en el área de estudio presenta una forma irregular tabular sinuosa que se adelgaza hacia el norte. En este subpaisaje se identifican las siguientes unidades de paisaje fisiográfico: cauce activo, isla fluvial cauce activo, laguna vega de divagación, vega de divagación y algunas áreas de inundación en general.

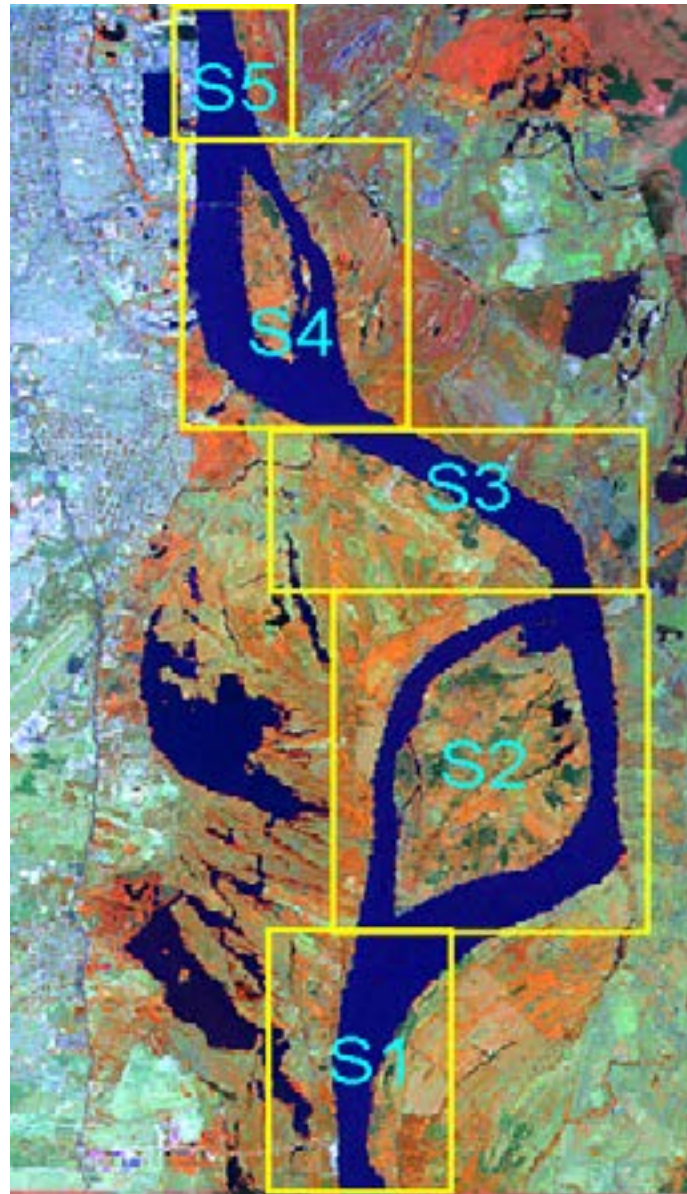
Figura 2-59. Vista del lecho mayor (línea amarilla) del Río Magdalena entre Puente Pumarejo e Isla Cabica



Cauce activo (Fmca02). El cauce mayor representa el lecho por donde el cauce activo del río puede discurrir en cualquier periodo de tiempo, de aguas bajas o altas.

En el mapa geomorfológico el cauce activo del último registro de imágenes enero de 2012. El cauce activo durante el periodo de registro ha mostrado cinco formas o sectores principales (Figura 260).

Figura 2-60. Sectores de morfológicos del cauce activo del río Magdalena en el área de estudio. Imagen Landsat del año 1998.



El Sector S1.

Es el más Sur o de Sabanagrande, presenta una orientación preferencial NS hasta la Isla Cabica. En este sector el cauce muestra una disposición rectilínea en forma de corbatín angosta en el centro y ancho en los extremos. Con un ancho aproximado entre 343 m en su parte más angosta o central, 630 m en su extremo sur y 1500 m en el extremo norte. Esta forma del cauce activo del río se debe fundamentalmente a su control por la presencia de diques aluviales en sus bordes.

El sector S2 o Isla Cabica.

Representa el cauce bifurcado en dos brazos formando la Isla de este nombre. Se orienta en general en dirección N10E, recostándose hacia su margen derecha en el cual la parte más norte de este brazo muestra un control rectilíneo por acción de un dique aluvial localizado al borde de esta margen. El cauce activo de la margen izquierda en este sector ha sido muy variante y solamente muestra un control en su parte sur por la presencia de un dique aluvial muy delgado. El ancho del río en la isla de aproximadamente 3500 m. El ancho del cauce por su margen derecha era más ancho hasta la inundación del 2010 y 2011 con un promedio de 420 m y el ancho del brazo por la margen izquierda paso de 420 m aproximadamente a 120 m en su parte más Norte.

Sector S3 o de Soledad.

Muestra un cauce único con dirección aproximada N50W y se dirige hacia el costado izquierdo del lecho mayor. Presenta una forma tabular de un ancho medio de 570 m, aunque en periodos de extrema inundación 2010 y 2011 han presentado desbordes, ampliando su lecho inundable. Sus márgenes se encuentran limitadas por depósitos aluviales de vegas de divagación o antiguos lechos en su margen derecha y por su margen izquierda por depósitos aluviales de vegas y depósitos fluvio-lacustres.

Sector S4 o Isla Rondón.

El río en este sector presenta una bifurcación formando la Isla Rondón. Muestra una dirección general NS y se dispone más hacia el costado izquierdo del lecho mayor del río. Presenta un ancho total con la isla de 1700 m. Su brazo izquierdo es más ancho que el derecho con un ancho aproximado de 675 m y el derecho de 360 m.

Sector 5 o puente Pumarejo.

El río presenta un cauce único que se va adelgazando hacia el norte y se presenta recostado más sobre el borde izquierdo del lecho mayor. Su punto más ancho en la parte sur es de 800 m y el más angosto al norte de 492 m aproximadamente.

Isla fluvial Cauce activo (Fmcai).

Sobre el cauce activo del río Magdalena en el área se presentan islas fluviales de carácter permanente. Entre estas islas se destacan de Norte a Sur, la Isla Rondón y la Isla Cabica, es una geoforma fluvial de alta dinámica de sedimentación.

Laguna vega de divagación (Fmcla).

Corresponden a pequeñas lagunas dejadas por el abandono de cauces activos de río Magdalena sobre sus vegas de divagación

Provincia fisiográfica de la cuenca del Bajo Magdalena

La cuenca del Bajo Magdalena cubre el tramo del río desde Regidor hasta Bocas de Ceniza en el mar Caribe. Geomorfológicamente se caracteriza por presentar extensas llanuras de inundación con un complejo de zonas de ciénagas, que forman depresiones entre brazos fluviales como la depresión Momposina y lateralmente sobre las márgenes del río. Hacia el Norte de la cuenca en la zona del delta del río Magdalena se presenta

un sistema complejo de formas de origen fluvial, fluvio lacustre, fluvio marino y marino litoral.

Subprovincia fisiográfica del delta del río Magdalena

El actual complejo deltaico es el resultado final de la colmatación progresiva de la depresión estructural de la ciénaga Grande de Santa Marta, proceso que de acuerdo con IDEAM-Universidad Nacional (1997) comprendió la construcción de un delta en tres etapas: un primer delta denominado paleodelta de Salamina, un segundo paleodelta de avance denominado de Sitionuevo y el delta actual que marca el arribo del río Magdalena al litoral actual en Barranquilla.

En el área de estudio se presenta su parte distal o terminal en el Mar Caribe (Bocas de Ceniza), con la característica de un delta muy dinámico con registros de migraciones del río Magdalena de Este a Oeste.

En esta subprovincia se registran sobre el paisaje diversas formas de relieve de origen: fluvial, fluvio lacustre, marino y marino lacustre.

Vega de divagación (Fmcmvd).

Corresponden a zonas del cauce mayor por donde el río ha divagado recientemente. Son áreas de morfología plana, superficie irregular rugosa dejada por la presencia de paleocauces abandonados durante periodos de aguas bajas. Se presentan en gran parte del cauce mayor del río Magdalena cubriendo grandes extensiones de tierra; la de la margen derecha en jurisdicción de la Vía Parque Isla de Salamanca, Palermo, Sitionuevo y Remolino, son explotadas con cultivos y pastos para ganadería (Figura 261 y Figura 262). Morfológicamente se caracteriza como una vega de divagación del río, donde prevalecen zonas bajas inundables, con suelos húmedos y vegetación de pantano, donde se aprecia parcialmente un caño de conexión con el cauce mayor del río Magdalena.

Figura 2-61. Vista 3D en una imagen Spot del 2005 de vegas de divagación recientes (Fcmvdr) y subrecientes (Fcmvds). Nótese que sobre estas líneas de los cauces antiguos.

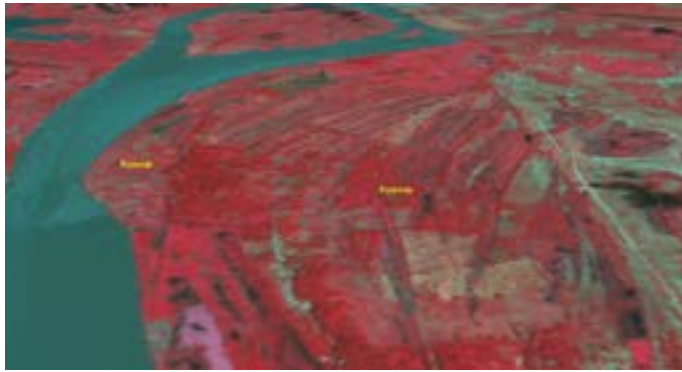


Figura 2-62. Vegas de divagación vistas sobre una imagen Landsat TM. Terraza aluvial baja (Fmztb). Las terrazas se caracterizan por su forma escarpada en alguno de sus bordes y una morfología plana en la parte superior, Son terrazas bajas por corresponder a un primer nivel de sedimentación del río con alturas hasta de unos 3 o 4 m, se componen de materiales en forma de capas o lentes.



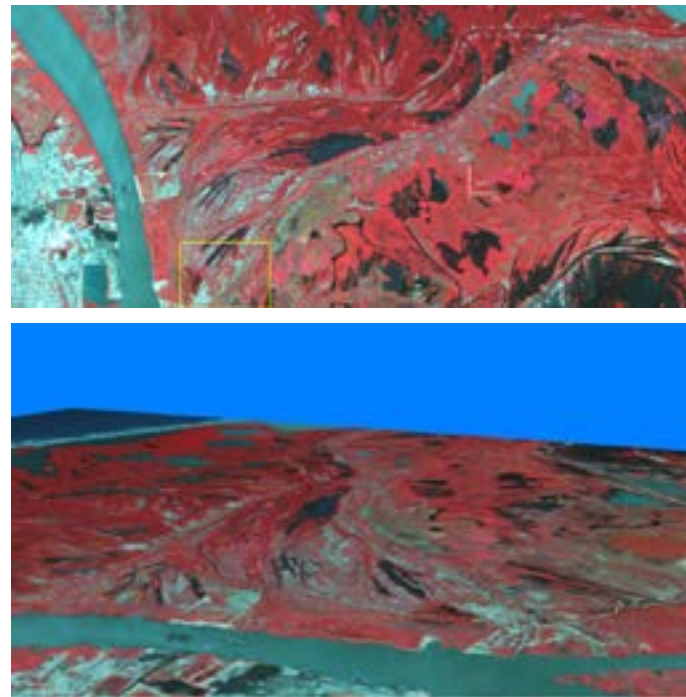
En esta zona del lecho mayor se presentan las llamadas vegas de divagación que se diferenciaron entre recientes (Fcmvdr) y subrecientes (Fcmvds). Las primeras activas en los últimos 100 años y las subrecientes con mayores a este

periodo. Estas vegas forman canales o crestas que sobre las imágenes reflejan un alto contraste.

Paleocauce (Fpcm).

Sobre la margen derecha del río Magdalena entre Palmar al Norte y al Sur, se presenta un pequeño delta de un paleocauce denominado en ese estudio como Palermo, el cual es la terminación de un ramal del paleocauce de Sitio nuevo. Presenta una forma de delta en abanico con líneas de divagación transversal al cauce del río Magdalena actual. En el área se presenta solamente un pequeño sector de esta geoforma (Figura 263).

Figura 2-63. Vista en planta y 3D una imagen Spot de 2005 del Paleodelta completo que sale al Mar Caribe



2.1.2.3.3.2 Unidad de subpaisaje Paleocauce de Sitio Nuevo (FPM2):

El paleocauce de Sitio Nuevo se localiza por la margen derecha del río Magdalena en cercanías de la Población de Sitio Nuevo de la cual deriva su nombre. Este paleocauce es de menor extensión que el paleocauce de Salami-

na y presenta una orientación inicial de N45-50 grados Este, posteriormente tiene una dirección Sur Norte a Norte 10 -15 grados Oeste. En esta unidad de subpaisaje se identificaron las siguientes unidades de paisaje fisiográfico: paleocauce mayor, Llanura de inundación. Esta unidad de subpaisaje cubre un área total de 117,247 km² (Figura 2-64).

El paleocauce mayor de Sitio Nuevo presenta una longitud total en el área de estudio de 28,143 km, un ancho entre 450 m y 1,5 km, cubriendo un área de 16,8 km². Presenta sobre su costado noroccidental (margen izquierda) un paleodique (Fpm2d) en una extensión de 15 km y un ancho medio de 120 m.

Figura 2-64. Vista del paleocauce de Sitio Nuevo sobre una imagen de satélite Landsat TM



Llanura de inundación paleocauce Sitionuevo (Fpm2I1 -Fpm2I2).

La llanura de inundación de este paleocauce está conservada en su lado occidental debido a que, por el costado oriental, el paleocauce está limitado por geoformas de origen marino. Sobre esta paleollanura de inundación se separaron zonas actuales de la llanura de inundación reciente (Fpm2I1), relacionadas con inundaciones actuales principalmente por lluvia y subrecientes (Fpm2I2) que corresponden a la paleollanura de inundación. También sobre estas llanuras de inundación se identificaron cubetas de inundación de lagunas (Fpm2ci) y promontorios (Fpm2p).

Dique aluvial (Fda).

Estas geoformas se desarrollan en la parte Sur del área de estudio con características diferentes (Figura 2-65).

Los diques presentan una morfología plana a ondulada que poco sobresale de las llanuras de inundación y del lecho del río, su diferencia radica principalmente en su composición litológica por materiales arcillo limosos muy plásticos y su mayor resistencia a la erosión.

El dique de la margen izquierda presenta una longitud total en la zona de 4 Km y un ancho máximo de 237 m y mínimo de 70 m. La altura del talud con respecto al nivel del río actual (febrero de 2012) no supera los 2 m.

El dique de la margen derecha es más desarrollado y presenta en el área una longitud total de 10,5 Km y un ancho máximo de 456 m y mínimo de 25 m. En la parte Norte al Noreste de la Isla Cabica este dique se vio afectado por las inundaciones y procesos erosivos de las crecientes del 2010 y 2011 en un tramo de unos 2 km, ocasionando daños a la vía de Sitio Nuevo (ver procesos erosivos y de sedimentación).

Este dique ha sido afectado por procesos erosivos con rompederos, cortándolo en varios

sectores provocando inundaciones en la zona de amortiguamiento o llanura de inundación.

Figura 2-65. Detalle de los diques aluviales (Fda), controlando el curso del río Magdalena en la parte Norte del área de estudio en sus márgenes izquierda y derecha correspondientemente



Planicie aluvial (Dfpa).

Se presenta al suroeste y sureste del área de estudio desarrollando superficies planas a onduladas constituidas por materiales aluviales depósitos de derrubios.

2.1.2.3.3.3 Unidades geomorfológicas de origen fluvio lacustres

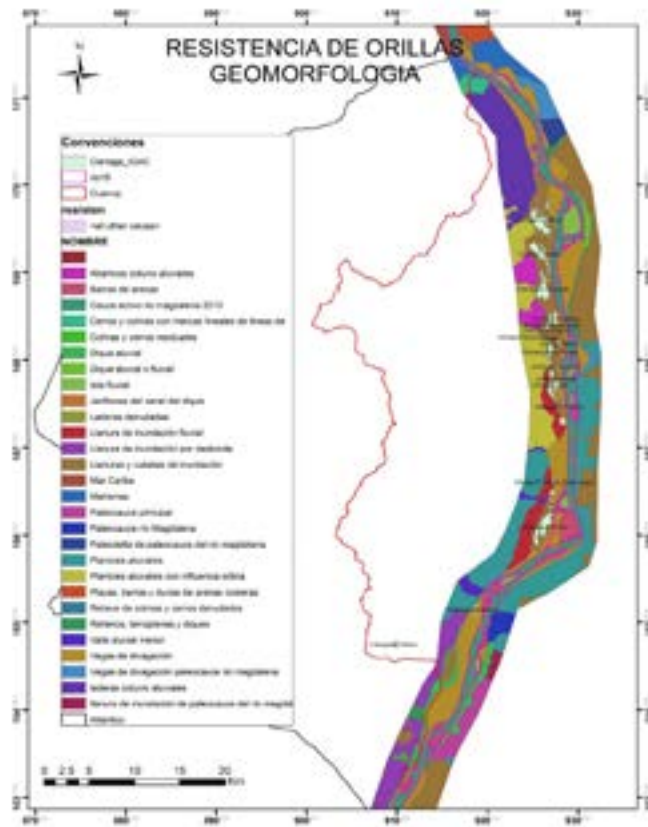
El río Magdalena, particularmente en su cauce o cuenca baja presenta en sus márgenes llanuras de inundación con un complejo de ciénagas interconectadas. Se localizan principalmente en la parte sur y noreste. En este complejo de ciénagas y llanuras de inundación, se caracterizaron las siguientes unidades geomorfológicas:

Llanura de inundación reciente y subreciente (FI_II1, FI_II2).

Comprende áreas bajas de superficies planocóncavas que sirven de amortiguamiento de inundación a las zonas de ciénagas y el río Magdalena. Se diferenciaron dos categorías: recientes (Fmc_II1) y subrecientes (Fmc_II2). Las primeras comprenden zonas más bajas y de inundación frecuente; las segundas son relativamente de mayor altura y su inundación se relaciona a inundaciones extremas asociadas a fenómenos de variabilidad climática como La Niña o inviernos fuertes. En estas llanuras se presentan pequeñas irregularidades del terreno por acumulaciones de material arcilloso y limoso formando montículos o promontorios.

A continuación, se presenta la geomorfología en la zona de estudio:

Figura 2-66. Geomorfología segmento río Magdalena en la cuenca.



Fuente: Uninorte (2011).

2.1.2.3.3.4 Resistencia a la erosión fluvial (6)

Los diferentes materiales litológicos que se presentan en las riberas de los ríos ofrecen una resistencia a la erosión lateral y vertical que depende de su composición litológica y las características de las rocas o depósitos allí presentes. En depósitos inconsolidados es importante el porcentaje de la fracción de clastos, (gravas guijos), arenas, limos y arcillas; de la consistencia y compactación de los mismos, de la morfología y la geometría de las materiales (masiva, en capas, lentes, etc.).

En el sector de estudio los materiales litológicos sobre el lecho mayor se componen principalmente de limos, arenas y arcillas calcáreas y silíceas. Dado el nivel de la cuenca en que se encuentra (cuenca baja) no existen o son muy pocos los clastos, si ellos aparecen es por producto de derrubios y coluviones de las laderas occidentales.

Es importante tener en cuenta que en un perfil de un río se pueden presentar varios tipos de materiales con diferente grado de compactación o consistencia que puede marcar la diferencia de su resistencia dependiendo el nivel del agua del río en un momento determinado.

Para la zona de interés, la situación litológica del lecho mayor y sus geoformas internas y externas es aparentemente muy homogénea, en donde la predominancia de un material sobre los otros hace la diferencia. Igualmente, cualquier cambio en la superficie del lecho mayor como desbordes, inundaciones, cambio del cauce activo puede influenciar en la cartografía de la resistencia de los materiales en planta. Teniendo en cuenta estos criterios, se cuenta con el mapa de zonificación relativa de los materiales, en el cual se identifican las siguientes categorías: Alta, media-alta, media, baja y muy baja. (Figura 2-67).

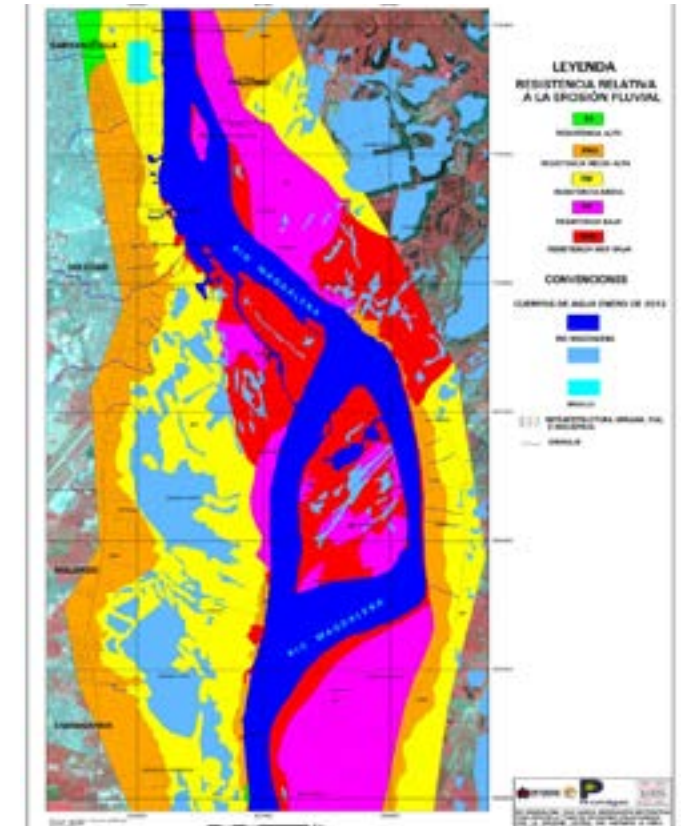
Materiales con resistencia alta

Comprende básicamente rocas sedimentarias de la formación La Popa (Qpp). Se presentan por fuera del lecho mayor del río Magdalena sobre su margen izquierda en el sector de Barranquilla. Aunque estos materiales como rocas no representan las mejores características en la escala relativa de resistencia de los materiales en el área son los de mayor resistencia.

Materiales con resistencia media o moderada

Comprenden materiales de planicie aluvial y dique aluvial localizados sobre las márgenes derecha e izquierda del río Magdalena al Sur del área. Si bien son materiales aluviales compuestos por limos y arcillas su grado de compactación es más alto que el de los lechos activos del cauce. En el sector sobre la margen izquierda del río Magdalena las orillas están revestidas de materiales resistentes que le aportan una resistencia mayor a las orillas.

Figura 2-67. Mapa de resistencia relativa de los materiales a la erosión fluvial



Fuente: UNINORTE y PROMIGAS (2012)

Materiales con resistencia baja a media o moderada

Bajo esta categoría se agrupan materiales de laderas (derrubios y coluviones). Son moderadamente compactos. Igualmente, bajo esta categoría se zonificaron los materiales fluvio lacustres teniendo en cuenta su mayor proporción de arcillas plásticas con limos.

Materiales con resistencia baja

En esta categoría se agrupan sedimentos no compactos como arenas y limos. Comprenden básicamente materiales asociados a las vegas de divagación subreciente y algunos sectores de islas fluviales y se presentan en el lecho mayor del río Magdalena. Localmente se pueden presentar diferencias de resistencia por diferentes grados de compactación de los materiales.

Materiales con resistencia muy baja

Bajo esta categoría se agrupan los materiales del cauce activo del río y los recientemente depositados. Se componen principalmente de limos y arenas sueltas.

2.1.2.3.3.4 Evolución de orillas y condiciones actuales del río Magdalena en el sector del proyecto a partir de información cartográfica puente Pumarejo - Santo Tomas (1923 - 2012)

Morfológicamente el último tramo del río Magdalena, entre Calamar (Bolívar) y la desembocadura en Bocas de Ceniza, se caracteriza por ser un río meandrónico de baja sinuosidad. De tal forma que el límite Oriental de la cuenca Oriental del Departamento del Atlántico, corresponde a la margen izquierda del río Magdalena, donde por efecto de flujo en curvas, predominan procesos naturales de sedimentación en la parte interna y procesos de erosión en la parte externa. Los

continuos procesos de erosión fluvial en la zona de influencia del proyecto, coadyuvados por una litología de suelos que varían a lo largo de la ribera, entre niveles de baja y alta resistencia a la erosión fluvial, han generado en el tiempo movilidad de las orillas.

Con el fin de detallar y cuantificar los cambios morfológicos del río Magdalena en términos de la movilidad del río en el tramo Puente Pumarejo - Calamar, se montó un comparativo que muestra la evolución de orillas que comprende el período 1923 hasta el 2015, cuyo análisis se concentra sobre la margen derecha del río Magdalena en el sector. Superponiendo las diferentes orillas de la información disponible, se destacan los siguientes aspectos (Figura 2-69)

2.1.2.3.3.4.1 Tramo Puente Pumarejo - Malambo

Morfológicamente el río configura un meandro con la curva externa localizada hacia la margen derecha del río Magdalena, donde se emplaza el corredor de la vía Palermo - Sitionuevo. Por tanto, hacia esta margen se concentran procesos de erosión marginal, los cuales han persistido en el tiempo, situación que se puede confirmar del análisis multitemporal de orillas, el cual comprende un periodo de registro de 90 años entre 1923 a 2013. Teniendo en cuenta lo anterior, la margen izquierda del río en el Departamento del Atlántico, predominan procesos de sedimentación que han conllevado a desplazar gradualmente esta orilla hacia el Este.

Entre el K5 al K12, se observa la presencia de la Isla Cábica, donde se presenta la bifurcación del cauce en dos brazos. La margen derecha del río en el sector, presenta un alineamiento casi-recto, indicando la presencia de un control litológico, de materiales de mayor resistencia a la erosión fluvial, donde se emplaza el dique aluvial, que bordea la margen derecha, que ha limitado el desplazamiento del río en el sector.

Se puede establecer que la zona de mayor dinámica fluvial o inestabilidad del cauce activo en el área de estudio se presenta sobre la margen izquierda del río Magdalena entre la parte sur de la isla Rondón y la margen izquierda de la Isla Cábica en su parte noroeste (a la altura de Soledad y Malambo), con más de 800 m de movilidad del cauce, entre 1976 y 2012.

Las áreas con menor movilidad (< de 200) se presentan en la margen izquierda del río, entre Sabanagrande y Malambo, en la cual un dique aluvial ejerce un control del cauce activo río de forma rectilínea hasta la isla Cábica, sin embargo este dique es relativamente angosto y al norte ha sido afectado por rompederos ocasionando desbordes (2010 y 2011).

Sobre la margen derecha del río Magdalena, a la altura de las Ciudades de Malambo y Soledad el río presenta una muy baja movilidad (<200 m), controlada igualmente por un dique aluvial de composición predominantemente arcillosa. Este dique es vulnerable a crecidas fuertes como las de los años 2010 y 2011, en donde un gran sector fue erosionado afectando la vía Palermo Sitio Nuevo. En este sector el dique tiene unos 400 m en forma recta y sobre el cual el río esta recostado directamente.

Otro sector de muy baja movilidad y de buena estabilidad del cauce, se localiza sobre la margen izquierda del río Magdalena a la altura de la termoeléctrica de Barranquilla (TEBSA) siguiendo por esta margen hasta el límite norte del área. Allí el río presenta un control recto de unos 3 Km por materiales arcillo limosos de llanuras de inundación y vegas de divagación subrecientes. Esta situación se ve favorecida en el sector del muelle por protecciones antrópicas de las riberas que contribuyen a esta baja movilidad del río en el sector.

2.1.2.3.3.4.2 Tramo K12 (Malambo) - K 25 (Santo Tomás)

Entre el K12 (Malambo) al K25 (Santo Tomás), el río cambia de alineamiento hacia la margen opuesta (margen izquierda), presentando la curva externa hacia el departamento del Atlántico y la curva interna hacia el departamento del Magdalena. Al presentarse la curva interna hacia la margen derecha del río, predominan procesos de sedimentación hacia el Departamento del Magdalena y procesos de erosión hacia la margen opuesta en el Departamento del Atlántico, que han prevalecido en el tiempo. Las poblaciones más próximas a la ribera del río, corresponden a Sabanagrande y Santo Tomás. Sin embargo, la margen izquierda del río Magdalena se encuentra retirado del orden 0.1 a 1.4 km de los centros poblados y de las ciénagas.

Figura 2-68. Evolución de orillas río Magdalena - Sector Puente Pumarejo - Santo Tomas. 2009 - 2013

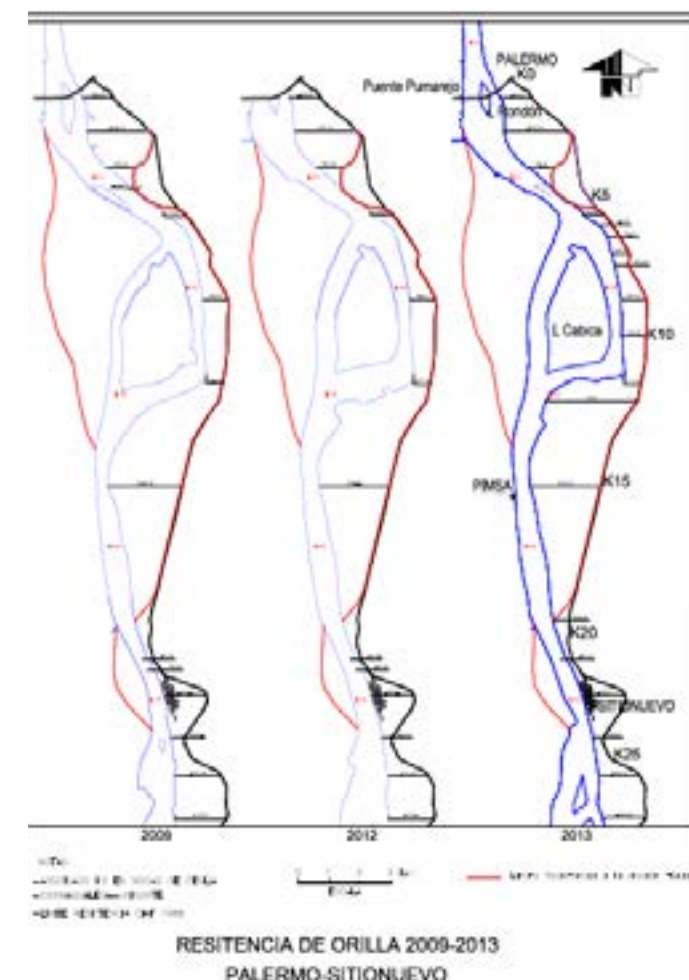
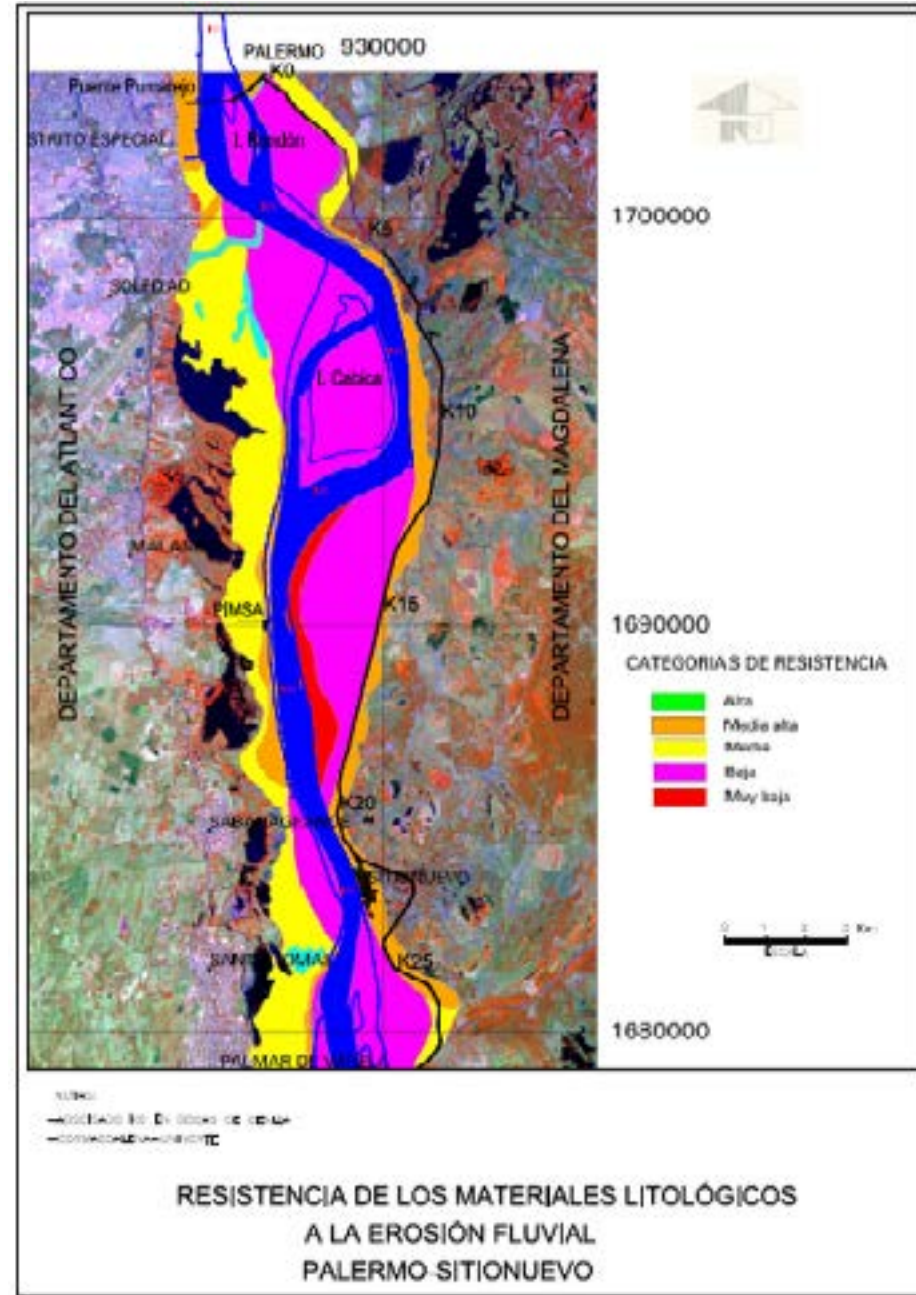


Figura 269. Depósitos de baja y media resistencia a la erosión fluvial. Puente Pumarejo – Palmar de Varela.



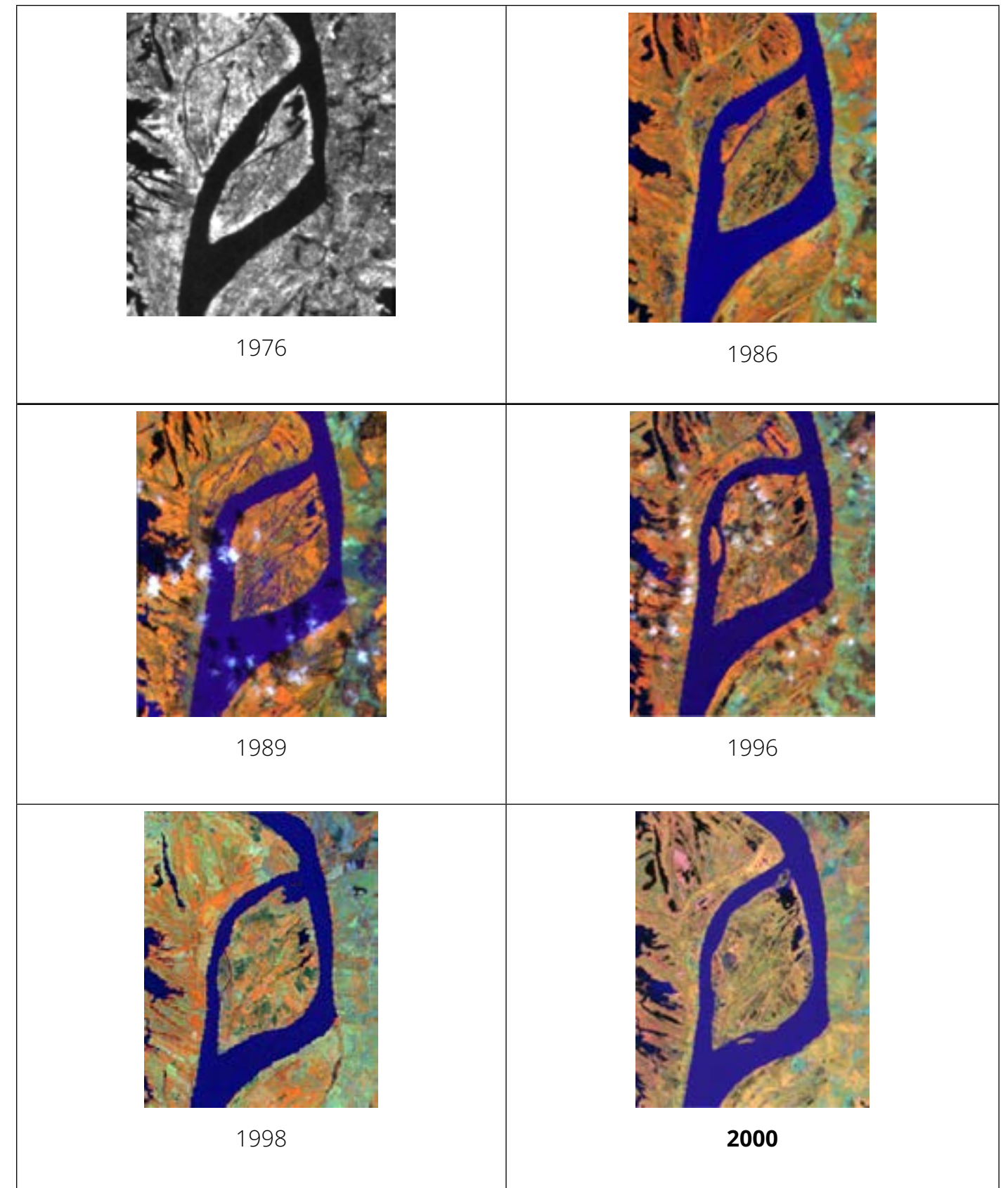
Fuente: LEHLF (2005)

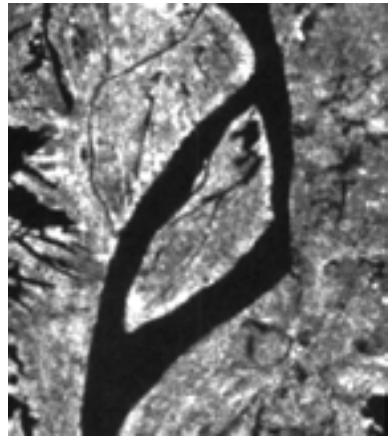
Dinámica movilidad y estabilidad de la Isla Cabica

Sin embargo, se debe destacar que la zona sobre la cual se emplazan las ciénagas, el depósito conformado está constituido por sedimentos recientes de mediana resistencia a la erosión fluvial.

Teniendo en cuenta la importancia para el estudio de la zona de la Isla Cabica se realizó un análisis de su estabilidad y dinámica en los 36 años de registro. Figura 270.

Figura 270. Isla Cabica vista en diferentes periodos

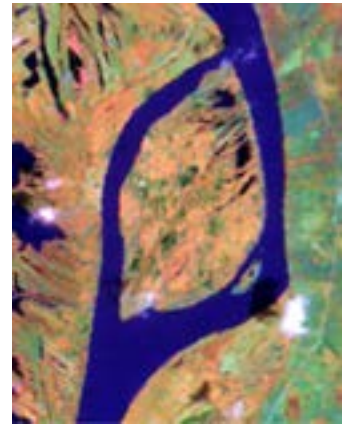




1976



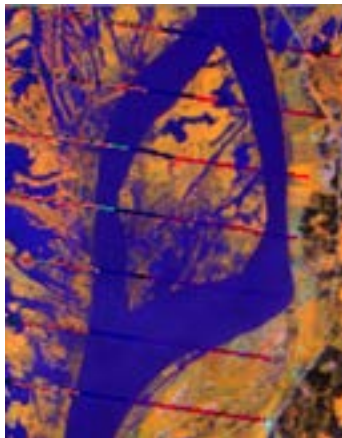
1986



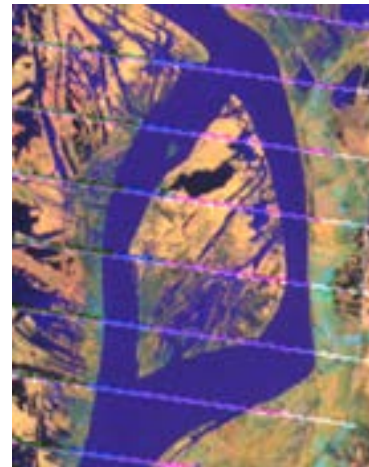
2002



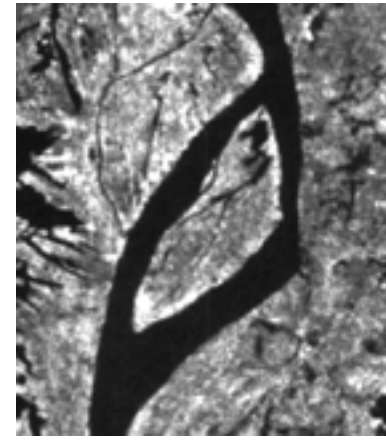
2005



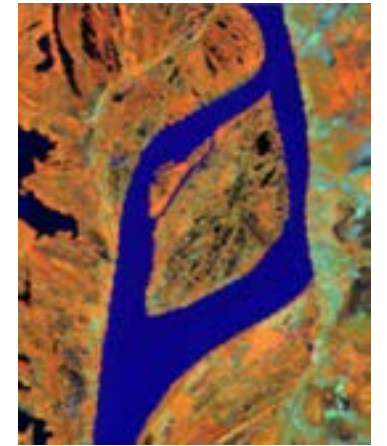
2010



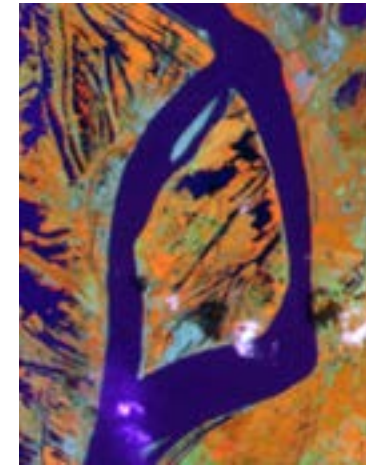
Enero 2011



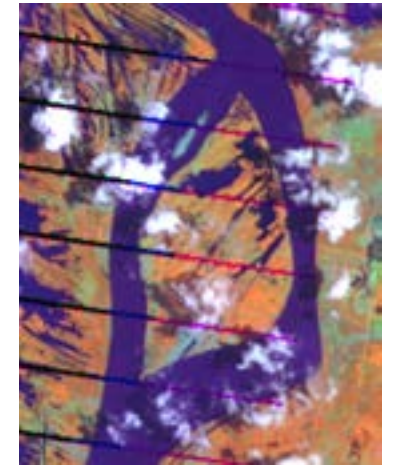
1976



1986



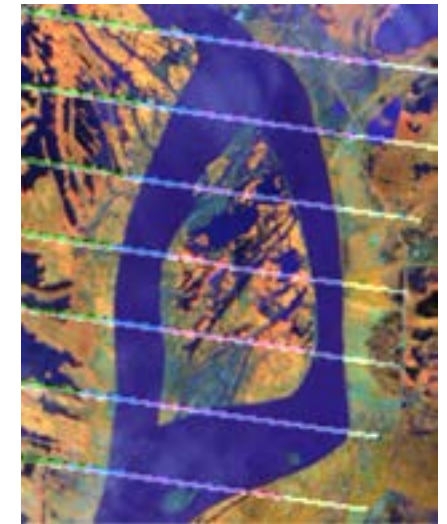
Marzo 2011



Abril 2011



Junio 2011



Enero 2012

- Entre 1976 y 1986, periodos relativamente secos. La isla migró 473 m hacia el NE y 484 hacia el NW con la presencia de una nueva isla pequeña al NW. La margen NE permanece relativamente estable.
- Entre 1986 y 1989. Este último periodo es de aguas altas, se erosionó un sector de la parte sur de la isla, migrando su punta unos 235 m al NE. La isla nueva queda integrada a la isla Cabica, desapareciendo el pequeño caño que la separaba.
- 1989 y 1996. Hay sedimentación de la parte sur de la isla. Y NW de la isla la margen NE permanece relativamente estable, aparece una pequeña isla en el brazo izquierdo del río.
- 1996 y 1998. Hay sedimentación entre los bordes SW y SE y en la parte NW de la isla. La margen NE permanece estable.
- 1998-2000. Solamente existe una sedimentación en la punta norte de la isla formando un ápice.
- 2000 y 2002. Hay estabilidad en la isla solamente un poco de sedimentación en el borde SE.
- 2002 y 2005. Hay una relativa estabilidad de la isla con poca sedimentación en los bordes SE, NW y N.
- 2005 y Dic. 2010. Erosión en una gran extensión de la parte sur de la isla. El borde NE se observa fraccionado por entradas del río y él SE está más estable. Se reduce notablemente la isla.
- Dic. 2010 y enero 2011. La isla vuelve a tener un contorno completo con la sedimentación de la parte sur pero no como la isla del 2005
- Marzo 2011 y abril 2011. Erosión sobre el contorno sur de la isla, con mayor incidencia en la parte SE.
- Abril 2011 y junio 2011. La isla se fracciona en múltiples islas pequeñas por inundaciones. El sector más afectado

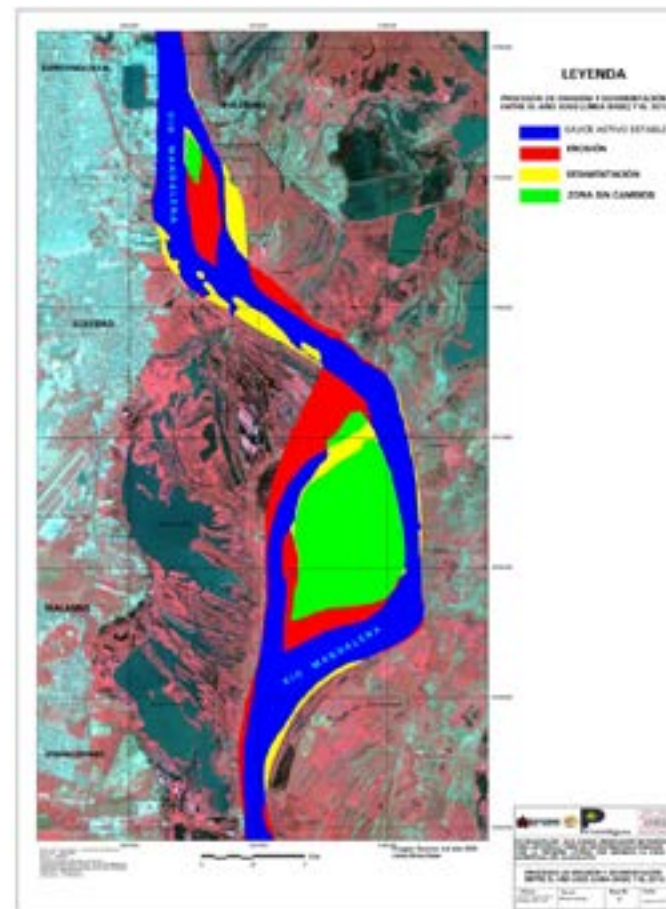
es el occidental y el más estable es el sector SE.

- Junio 2011 y enero 2012. La isla recupera su terreno de las inundaciones y hay erosión en el borde S y SW y sedimentación en la parte NW, el borde E permanece estable.

Con el objeto de establecer los cambios por procesos de erosión y sedimentación del cauce activo del río entre una línea base del año 2000 y enero de 2012 se realizó el análisis y la zonificación de estos procesos (Figura 271).

Los procesos erosivos más notables se presentaron en la margen izquierda del río Magdalena entre Sabanagrande al sur y la parte norte de la Isla Cabica con la pérdida de 2,16 Km² de tierra y río. La isla Cabica perdió tierra en su parte sur, en una superficie de 1,12 Km².

Figura 2-71. Mapa de procesos de erosión y sedimentación entre julio de 2000 (línea base) y enero de 2012.

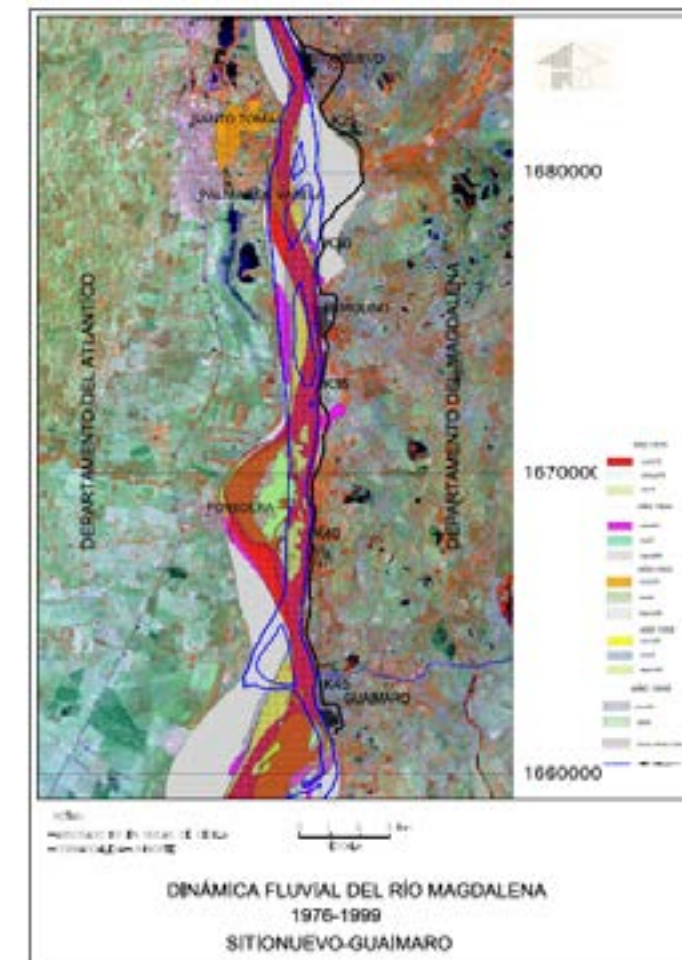


La isla Rondón perdió gran parte de su extensión por procesos erosivos en su parte sur en un área de 0.947 Km², conservando apenas 0.20 Km² y ganando al Norte 0.043 Km².

El sector Santo Tomás - Ponedera k45 (1923 - 2013)

Para efectos de valorar la movilidad de las orillas, se realizó una superposición del trazado de la vía, sobre el mapa de dinámica fluvial que comprende el periodo 1976 - 1999, comparado con el cauce activo (actual) del año 2013 (Figura 272).

Figura 2-72. Dinámica Fluvial Rio Magdalena sector Santo Tomas - Guaimaro



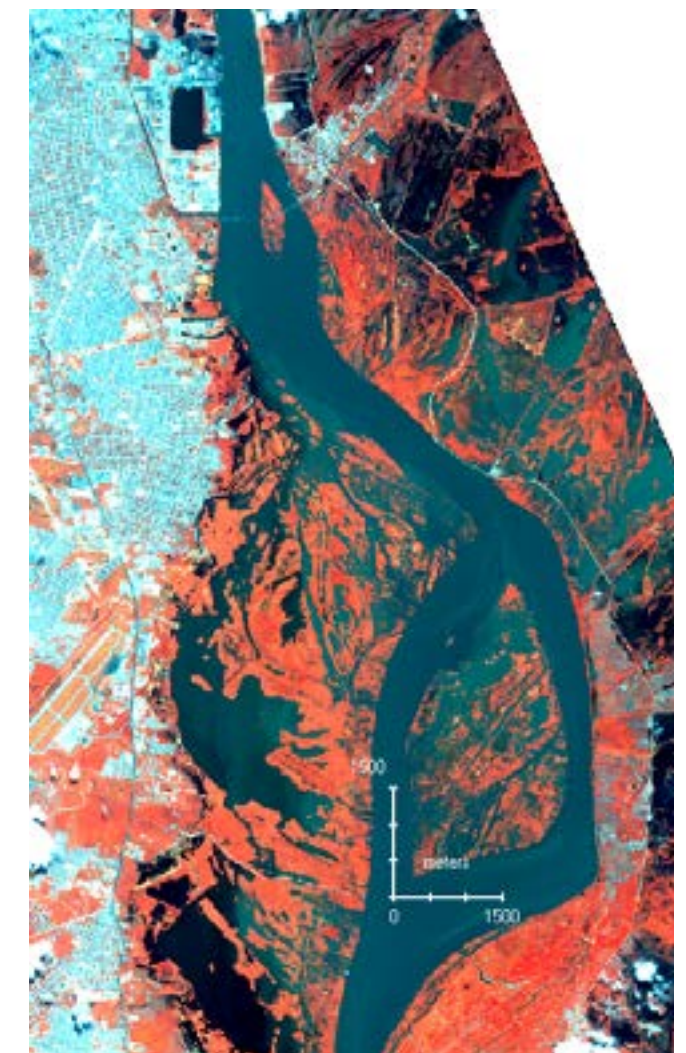
2.1.2.3.4.3 Dinámica de cuerpos de agua

El cambio del paisaje por la dinámica de cuerpos de agua es notorio en la zona, particularmente en los periodos extremos de variabilidad

climática por fenómenos climáticos como La Niña (2010-2011) y El Niño (1998).

En la zona los últimos periodos de La Niña han sido muy notorios por altas inundaciones conectando el cauce activo del río Magdalena con la zona de amortiguamiento de ciénagas y llanuras de inundación, particularmente en la zona suroeste del área. Otro efecto importante es el aumento del cauce activo ensanchándose en los sectores anteriores a las islas Cabica y Rondón y en el brazo izquierdo del río en la Isla Cabica (Figura 2-73).

Figura 273. Periodos de aguas altas, medias y bajas.



Aguas altas (2011)



Aguas medias (2000)



Aguas bajas (1998)

En periodos secos el río no presenta conexión directa con ciénagas, el río reduce notablemente su sección y el ancho del cauce por el brazo izquierdo de la Isla Cabica es menor que el derecho.

En la zona las ciénagas que muestran aguas permanentes se presentan en el sector SW del área y corresponden a las ciénagas de La Islita en Caimital y El Convento (Figura 2-74).

Figura 274. Ciénagas de aguas permanentes



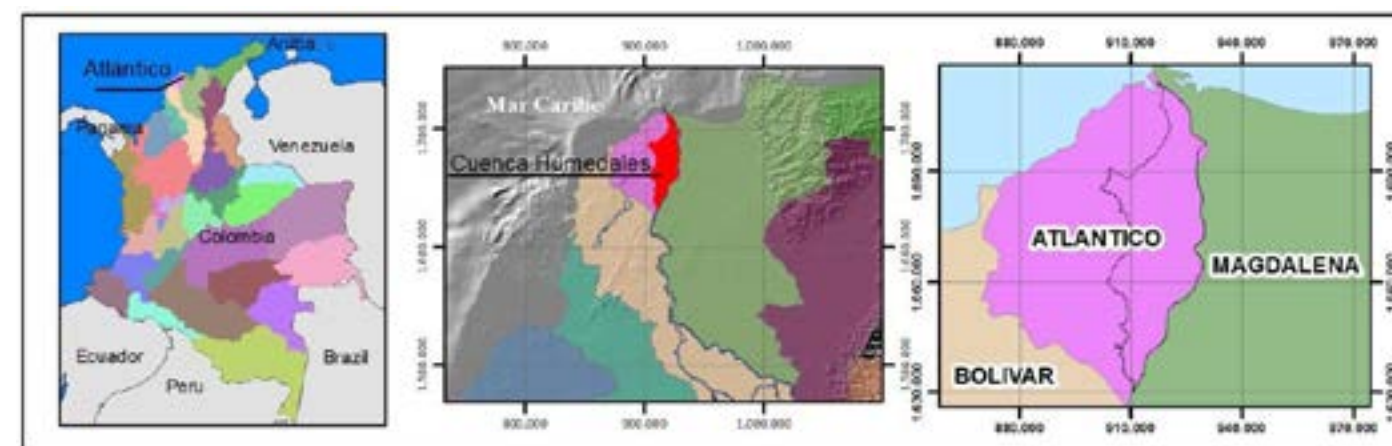
En épocas de crecientes la Ciénaga La Islita crece moderadamente por su costado NE ya que el borde SW y NW son estables. La Ciénaga El Convento en periodos de aguas altas crece por su costado NE principalmente.

El departamento del Atlántico cuenta con cuatro subcuencas: Canal del Dique, Mar Caribe, ciénaga de Mallorquín y Humedales del Río Magdalena. La cuenca de humedales del río Magdalena tiene una superficie de 115.241Ha, subdividida en trece subcuencas que vierten sus aguas al río Magdalena.

2.1.2.4 Hidrografía

2.1.2.4.1 Delimitación de la cuenca

Figura 275. Localización en contexto Nacional de la zona de estudio



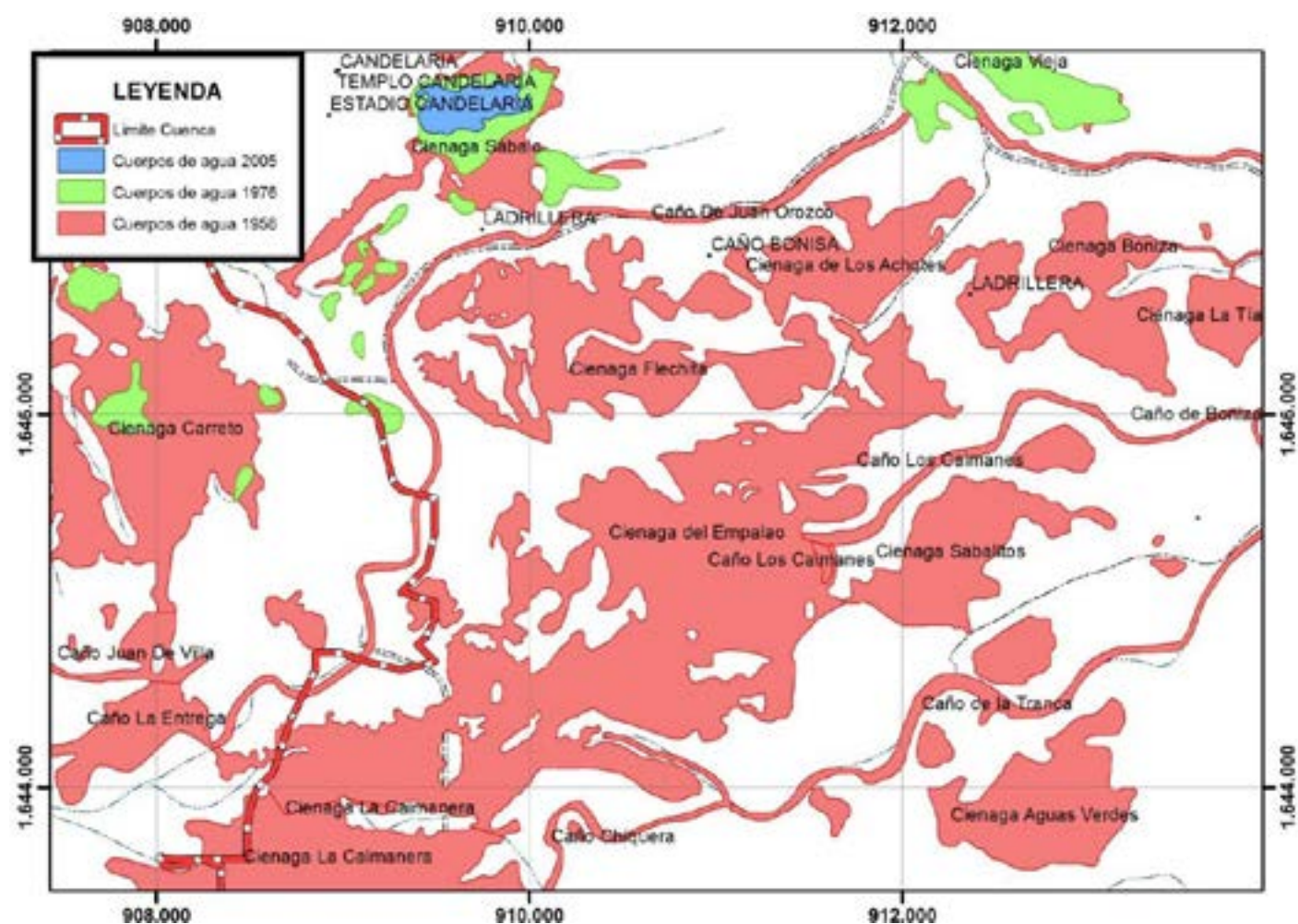
Los drenajes que tributan sus aguas a los complejos de humedales que se ubican en las zonas deprimidas de la margen izquierda del río Magdalena, nacen en los interfluvios que se ubican aproximadamente 300 msnm al occidente de la cabecera municipal de Baranoa y que se extienden hacia la zona sur por la sierrita que divide los municipios de Candelaria y Manatí, allí la divisoria de aguas disminuye su altura a aproximadamente 200 m.s.n.m.

En la zona sur existe un cambio abrupto en la geometría de las cuencas debido al dique sobre el cual se construye la vía que lleva al municipio de Suan. El cambio abrupto se ve desde el municipio de Campo de La Cruz, el cual se debe principalmente a la apropiación cultural del territorio, la cartografía mostraba para 1956 un extenso complejo de ciénagas

y caños que cambiaban de dirección de flujo (del río Magdalena hacia las ciénagas o viceversa dependiendo del periodo climático), estos cuerpos de agua fueron progresivamente desecados en el periodo comprendido entre 1956 y 1976.

Los centros poblados de Bohórquez, Campo de La Cruz y Candelaria que ya aparecían en la cartografía IGAC de 1956, claramente identificables sobre posiciones fisiográficas más altas tipo terraza o dique, rodeados de pantanos y ciénagas que se extendían en todo esto que correspondía en otra época al delta del río Magdalena, a partir de esos momentos el crecimiento se dio de forma acelerada, y cada vez más se le fue quitando terreno a las ciénagas a través de diques y canales.

Figura 2-76. Complejos cenagosos desecados en Candelaria y Campo de la Cruz



2.1.2.4.2 Descripción de las Subcuencas.

2.1.2.4.2.1 Arroyo Caracolí

Nace en la región de La Aguada, sobre el costado occidental del municipio de Malambo. Entre los principales tributarios están los arroyos Cuchilla y Malambo Viejo. El cauce del Caracolí tiene un alineamiento general hacia el oriente, pasa a un lado de la cabecera sur de la pista del aeropuerto Ernesto Cortissoz y cruza la carretera oriental entre las poblaciones de Soledad y Malambo. Luego del cruce de esta vía el cauce fue canalizado con sección rectangular inicial en concreto en el primer tramo y en gaviones en el

tramo siguiente. Desemboca en la ciénaga de la Bahía en su costado sur.

Morfológicamente el cauce se localiza sobre llanuras eólicas en la parte alta, por lo que algunos drenajes han cortado longitudinalmente algunas dunas; la parte baja hace parte de la llanura de divagación del río Magdalena en posiciones de bajos y cubetas que permanentemente viven ocupadas por agua, el dique de la vía oriental es la frontera entre la planicie eólica y los bajos inundables. Sobre la cuenca alta se observan algunos niveles de terraza y algunas rugosidades en el terreno propias de la disección de estos niveles.

El arroyo Caracolí presenta básicamente tres coberturas: una predominantemente en pas-

tos, que ocupa alrededor de 3415,6 Ha (61,7%), la zona baja con vegetación higrofitica de los complejos de orillares del río Magdalena con aproximadamente 1400 Ha (25,29%), y la zonas pobladas urbanas que ocupan alrededor de 720 Ha (13%) en esta cuenca se encuentra el centro rural poblado de Caracolí y parte del municipio de Soledad en la parte baja, así mismo una parte del aeropuerto internacional de Ernesto Cortissoz.

2.1.2.4.2.2 Arroyo San Blas

Este arroyo nace en la zona de lomerío sobre el costado norte del municipio de Baranoa, sobre la cota aproximada 140 msnm, y luego de un corto recorrido entra al municipio de Malambo. En la parte alta recibe los aportes de los arroyos La Virgen, Mamón y Rufo. La alineación general del cauce es de oeste a este, Cruza el casco urbano de Malambo y la carretera oriental en esta población, para desembocar en la ciénaga del mismo nombre.

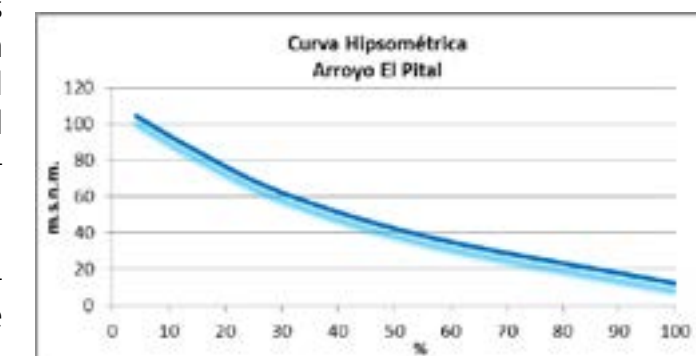
En la cuenca alta aún se encuentran algunos relictos y parches de arbustales propios de la región, sin embargo su porcentaje es mínimo, 3,7% (aproximadamente 200 Ha), la mayor parte de la cuenca se encuentra en pastos con aproximadamente 3912,5 Ha equivalentes al 73,4%; dentro de esta unidad se encuentra un parche considerable de al menos 122 Ha de plantaciones forestales; una cobertura en zonas urbanas del municipio de Malambo con 430 Ha, es decir el 8,07% del total de la cuenca y la parte baja compuesta por vegetación propia de humedales, con una superficie de aproximadamente 782 Ha, es decir el 14,7% del total de la cuenca, aunque este valor incluye las superficies de agua como ciénagas. La mayor parte de la cuenca se localiza sobre planicies aluviales, con recubrimientos eólicos, pero el arroyo San Blas ha desarrollado una vega baja, por debajo del nivel promedio, por lo que este arroyo discurre por un vallecito estrecho.

2.1.2.4.2.3 Arroyo Pital

El arroyo Pital nace en las inmediaciones de la población de Polonuevo sobre la cota aproximada 100 msnm. Tiene un alineamiento general hacia el NE y entra al municipio de Sabanagrande bordeando el límite con el municipio de Malambo; desemboca en el sector norte de la ciénaga de El Convento donde el cuerpo de agua se vuelve más estrecho.

Hipsométricamente el cuerpo se comporta como drenaje residual de zonas bajas, se encuentra profundamente transformado (Figura 277).

Figura 2-77. Curva Hipsométrica Arroyo Pital



En la zona baja las ciénagas se encuentran con mucha presión y en proceso de desecación, sus coberturas originales han sido transformadas en un 100%, no existen relictos de los ecosistemas originales, salvo 566 hectáreas de la zona baja ocupadas con vegetación higrofitica intervenida, equivalentes al 9% de la superficie total, el resto de la cuenca se encuentra cubierta por pastos, algunos cultivos, cítricos, galpones, y herbazales; los centros poblados que se asientan dentro de esta cuenca son Pitalito, y gran parte de Sabanagrande en el extremo suroriental de la cuenca, al nororiente de la cuenca se encuentra el parque, y algunas instalaciones de orden industrial

Hacia la zona sur del municipio aparecen pequeños embalses de agua entre las dunas, y se identifica el patrón de dirección N-S, la mayor

parte de la cuenca está ejerciendo procesos de avenamiento sobre terrazas muy jóvenes, por lo que aún no hay patrones de lomeríos. La zona baja se caracteriza por los bajos inundados permanentemente.

2.1.2.4.2.4 Arroyo Caño Fístula

Este arroyo nace en el sector de lomas localizado entre las poblaciones de Baranoa y Polonuevo, aproximadamente sobre la cota 120 m.s.n.m. Toma inicialmente un alineamiento de dirección SE hasta llegar a la región de Andrea, en donde toma rumbo NE para dirigirse a la población de Sabanagrande. Los afluentes más importantes son los arroyos San Nicolás y Fernández. El arroyo Caño Fístula pasa por el costado sur de Sabanagrande y desemboca en la ciénaga del mismo nombre.

Esta cuenca también se encuentra profundamente transformada con reemplazos completos de sus coberturas originales. Presenta la mejor expresión de la planicie

eólica, con las dunas alineadas en sentido NNE. En esta microcuenca se localizan los centros urbanos de Santo Tomás y parte de Sabanagrande, Polonuevo.

Morfológicamente esta cuenca tiene también tres elementos: la zona baja cuyos dominios están marcados por la divagación del río Magdalena con los orillares propios, y las formas de cubeta que permanentemente viven ocupadas por agua; la zona de terraza aluvial plana con influencia eólica, y un pequeño valle estrecho que se forma en la conjunción del arroyo San Nicolás con arroyo Caño Fístula, hasta su entrega en los complejos cenagosos.

2.1.2.4.2.5 Arroyo San Martín

La cuenca del arroyo San Martín es realmente un interfluvio entre las cuencas de los arroyos Caño Fístula y Grande, en donde existen

pequeños arroyos que han sido totalmente intervenidos por los propietarios de los terrenos de la zona. En la cartografía base del IGAC se alcanzan a distinguir dos pequeños arroyos: el arroyo San Martín, que desemboca en la ciénaga Luisa por el costado sur de la población de Palmar de Varela, y el arroyo Hondo, más al sur, que desemboca en la ciénaga El Paraíso.

Estas corrientes no tributan sus aguas a otra corriente, sino que desembocan directamente en los complejos cenagosos, de ahí su delimitación. Esta microcuenca también presenta dos paisajes geomorfológicos principales, un plano de terraza que en el costado occidental presenta desarrollo de dunas, y la zona de bajos y cubetas que da paso a ciénagas, siendo el dique de la vía oriental el límite entre estas dos unidades. En el sector noreste de la cuenca se asienta la población de Palmar de Varela.

La cobertura vegetal de esta microcuenca responde también a la posición geomorfológica, la zona de bajos inundables presenta vegetación de pantanos, aunque intervenida por la construcción de zocriaderos y diques para contener las inundaciones; y la vegetación propia de sabanas de pastos que se desarrollan en las posiciones más altas de planos de terraza.

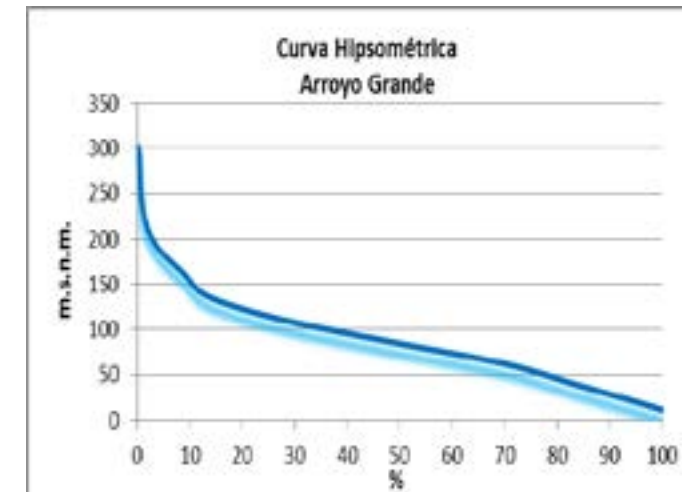
En la planicie donde se desarrollan dunas, se presentan desniveles topográficos que han sido aprovechados para construir reservorios de agua, de forma alargada, manteniendo el patrón longitudinal de las dunas.

2.1.2.4.2.6 Arroyo Grande

Este es el arroyo más grande de la cuenca. Nace en las lomas de Santa Rosa y Pájaro sobre la cota aproximada 240 msnm, en el municipio de Baranoa. Toma inicialmente un rumbo sur, cerca del límite entre los municipios de Baranoa y Polonuevo, en donde toma un alineamiento general hacia el SE; pasa por el costado norte de la población de Ponedera y desemboca di-

rectamente en el río Magdalena, en el brazo que forma la isla de Socorro. Entre los afluentes más importantes están el arroyo Hondo, de Baranoa, el arroyo Mapaiteiro, el arroyo Bujo o El Uvito, Maretira, Chino, Bajo, y el arroyo Manga, que nace muy cerca de Sabanalarga.

Figura 278. Curva Hipsométrica del Arroyo Grande.



Hipsométricamente el arroyo se comporta con un estado juvenil en los primeros ocho kilómetros, para luego tomar un patrón de senectud. Por ser la corriente más larga, presenta a sí mismo una gran superficie: 207 Km², seguido por arroyo Caño Fístula con 115,33 Km². Por esta característica de longitud del cauce y de superficie de la cuenca, el arroyo Grande presenta una gran diversidad de unidades litológicas, geomorfológicas y de cobertura vegetal.

Esta microcuenca tiene bien definida el área de interfluvios sobre los que nacen arroyo Bujo, Carretico y arroyo de Manga; este corredor, aunque se encuentra bastante intervenido, evidentemente se trata de un área estratégica para la recarga de acuíferos y como estrella hídrica de importancia regional. Así mismo esta cuenca posee el mejor parche de bosques propios de la región, aunque han sido intervenidos con entresaca, siguen siendo el mejor espacio conservado.

Dentro de la cuenca se asienta el área urbana de Baranoa y el centro rural poblado de Campeche.

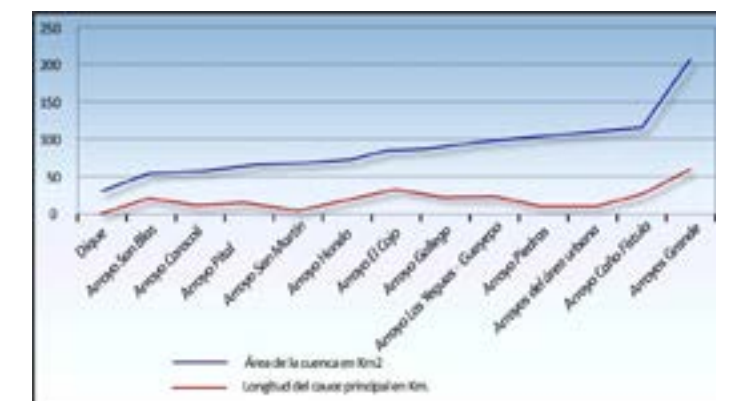
2.1.2.4.2.7 Arroyo Guayepo - Las Yeguas

El arroyo Guayepo nace al oriente de la población de Sabanalarga aproximadamente en la cota 100 msnm. Se inicia con rumbo general SE, entra al municipio de Ponedera en el sitio "El Portugués". Toma luego un alineamiento general de dirección oriente y al cruzar la carretera Oriental vira hacia el NE para descargar en el conjunto cenagoso de El Uvero.

En esta microcuenca se asienta el municipio de Ponedera y los centros rurales poblados de Martillo y La Retirada, y parte de Cascajal. Cuenta con tres tributarios importantes: Arroyo Las Yeguas, arroyo Caño Fístula, y arroyo Martillo.

Estas tres corrientes que tributan sus aguas al arroyo Guayepo, discurren sobre dos posiciones geomorfológicas bien diferenciadas; en la parte alta por un sistema estructural erosional de poca altura, una especie de serranía estructural, que luego da paso a las planicies desarrolladas por las terrazas aluviales; evidentemente los patrones de drenaje son diferentes entre unos y otros, en la parte alta existe un patrón subdenudítico que paulatinamente va cambiando a un patrón subparalelo

Figura 2-79. Comparación de áreas y longitudes de los cauces principales de las microcuencas delimitadas.



Frente a la cobertura vegetal muchas áreas con formas negativas (cubetas) están en proceso de desecación. Los diques existentes y las características de drenaje de la zona generan

espacios de contención del agua, que en épocas de verano permite la colonización de pastos que sirven para alimentar ganado.

Figura 2-80. Estructuras de contención y desecación de humedales.



Fuente: Imagen Google earth.

La mayor parte de la cuenca presenta una gran cobertura de pastos, con eventuales cultivos y espacios naturales; la zona baja mantiene las características de espacios pantanosos.

2.1.2.4.2.8 Arroyo El Cojo

Este arroyo nace en la divisoria de aguas con la vertiente de El Guájaró, al sur de la población de Sabanalarga, sobre la cota aproximada 180 msnm. El cauce sigue un alineamiento general hacia el oriente y descarga en la ciénaga de El Uvero.

La cuenca alta de esta microcuenca presenta un patrón de drenaje subdendrítico en la

cuenca alta, luego que se define el eje del cauce propiamente dicho, las pendientes del terreno cambian, dando paso a un nuevo patrón de avenamiento, subparalelo, no se evidencian los canales de los arroyos porque la transformación de la cobertura ha sido casi total. La zona de bajos mantiene el complejo cenagoso del Uvero, y mantiene orillares que permiten identificar la evolución del río Magdalena.

En la cuenca alta, la mitad de la cabecera urbana del municipio de Sabanalarga se encuentra dentro de esta microcuenca, al igual que los centros rurales poblados de Cascajal y Santa Rita. En cuanto a cobertura vegetal, predominan los pastos con arbustos dispersos y raquíticos parches de vegetación arbustiva.

Figura 2-81. Aspectos de la cobertura predominante de la microcuenca del arroyo Cojo.



2.1.2.4.2.9 Arroyo Hondo o Las Lajas

Nace en el sitio El Rodeo con el nombre de Saldaña y en su recorrido recibe las aguas de pequeños arroyos y quebradas, para desembocar directamente sobre el río Magdalena entre Giraldito y Puerto Giraldo, frente a la isla del Toro.

El topónimo antiguo para el arroyo Las Lajas ha sido Hondo, sin embargo, hay un cambio

en la cartografía de 1976, pero a nivel regional se reconoce como arroyo Hondo. El punto de desembocadura ha sufrido variaciones por la dinámica propia del río, de hecho, en 1956 la ribera izquierda del río Magdalena pasaba por un canal muy similar sobre el que discurre hoy día, pero para el año de 1976 hubo un abandono de este canal por lo que la geometría del cauce se alargó hasta encontrarse de nuevo con El Magdalena (Figura 2-82).

Figura 2-82. Evolución de la desembocadura del Ay Hondo y Ay Guanábano.



En la cuenca del arroyo Hondo se incluye la cuenca del arroyo Guanábano, aunque éste último no tributa sus aguas al arroyo Hondo y las áreas de drenaje son independientes, la decisión de integrarlas se fundamentó especialmente en la extensión de su superficie.

Geomorfológicamente esta cuenca se diferencia de las anteriores porque el límite con el río Magdalena se presenta con un dique y hay ausencia de formas negativas (cubetas) que den origen a ciénagas. Los centros rurales poblados que allí se asientan están en un nivel un poco más alto.

Las áreas localizadas al norte de Puerto Giraldo y Las Flores, está en proceso de desecación; los niveles de los diques están colmatando estas áreas para su aprovechamiento en ganadería. Esta cuenca está cubierta principalmente con pastos, y aunque hasta hace dos años existían parches de vegetación natural, actualmente las escenas del satélite Rapid Eyes muestran una transformación casi completa.

2.1.2.4.2.10 Arroyo Gallego

El arroyo Gallego nace en la misma formación montañosa donde nace el arroyo El Cojo, en el municipio de Sabanalarga. Tiene una alineación general del cauce hacia el SE, pasa por el costado norte de la población de Leña y descarga en un represamiento que forma el terraplén carretable que conduce desde el corregimiento de Las Flores a Candelaria y desvía el arroyo hacia el NE; cruza la carretera Oriental por un Box Culvert y sigue canalizado hasta desembocar en un humedal ribereño del Magdalena, al costado sur de la población de Las Flores.

La configuración de la red de avenamiento de esta cuenca es particularmente importante, ya que, en más de la mitad de la cuenca hacia su cabecera, la disección es más intensa y las laderas llegan a ser pronunciadas y fuertemente onduladas. El arroyo Gallego cuenta con al menos cinco importantes tributarios: el arroyo León y Santo Domingo por la margen izquierda, el arroyo Cambuta que le entrega aguas al arroyo

Patilla, que junto con el Orijata entrega aguas por la margen derecha.

Morfológicamente la cuenca presenta un relieve ondulado en un 53,2% del total de la microcuenca, es decir aproximadamente 5350 Ha. En esta zona la cobertura, aunque presentan algunos relictos de vegetación natural tipo arbustos, se ha transformado por completo. Existen muchos reservorios y pequeñas represas para mantener el agua, 41,84% en planicies fluviales representadas en planos de terraza cubiertos casi completamente en pastos y un 4,9% en zonas bajas tipo orillares y con vegetación de pantano.

La parte baja de este arroyo ha sido alterada en la morfología del cauce, ya que en el terraplén carretable que lo intercepta existe una alcantarilla de $\varnothing = 0,90$ metros con una compuerta en mal estado, que entrega en un canal de sección trapezoidal en piedra que conduce estas descargas por el lecho de la antigua ciénaga de Sanaguare, hasta el Distrito de Riego de Santa Lucía, es decir, fuera de la cuenca.

2.1.2.4.2.11 Arroyo Piedras

Este arroyo nace al norte de la población de Manatí sobre la cota aproximada 80 msnm y avanza con rumbo SE para pasar por el costado sur de la población de Candelaria. En el caso de este arroyo tampoco es clara la delimitación de la cuenca puesto que el cauce es interceptado por un terraplén carretable que conduce desde Candelaria en dirección SW hasta la población de Carreto formando un represamiento aguas arriba que en épocas de lluvia se alcanza unir con la ciénaga de El Sábalo, también represada por este terraplén. Desde este terraplén se desprenden dos canales que van a descargar en el canal ya mencionado para los arroyos Gallego y El Cojo y que conduce al Distrito de Riego de Santa Lucía.

Antiguamente esta zona estaba cubierta por complejos cenagosos que fueron paulati-

namente desecados, sus principales corrientes eran los caños Juan de Orozco y Boniza, estos caños eran alimentados por el arroyo Roncador y el arroyo Piedras que hoy día le da el nombre a la cuenca, de haberse mantenido la jerarquía del canal con más caudal esta cuenca debería llamarse Juan de Orozco.

Con respecto a la cobertura vegetal, la mayor parte del área se encuentra cubierta con pastos con algunos parches boscosos, o potreros arbolados que hoy día se encuentran secos por efectos de las inundaciones. En la zona baja un pequeño parche de vegetación higrofitica de 1310 Ha equivalentes al 11,8%.

2.1.2.4.2.12 Arroyos de zona Urbana

Esta subcuenca agrupa los cascos urbanos de los municipios de Barranquilla, Soledad y un 15 % de Malambo, los cuales se caracterizan por poseer una red de drenajes (regida por la características de las vías urbanas) que se encuentran activos principalmente durante la ocurrencia del evento de precipitación

La cobertura del suelo en su totalidad para esta subcuenca es de tipo Tejido Urbano Continuo, que se caracteriza por la presencia de espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada, vías y superficies cubiertas artificialmente. La vegetación y el suelo desnudo presentan una escasa participación.

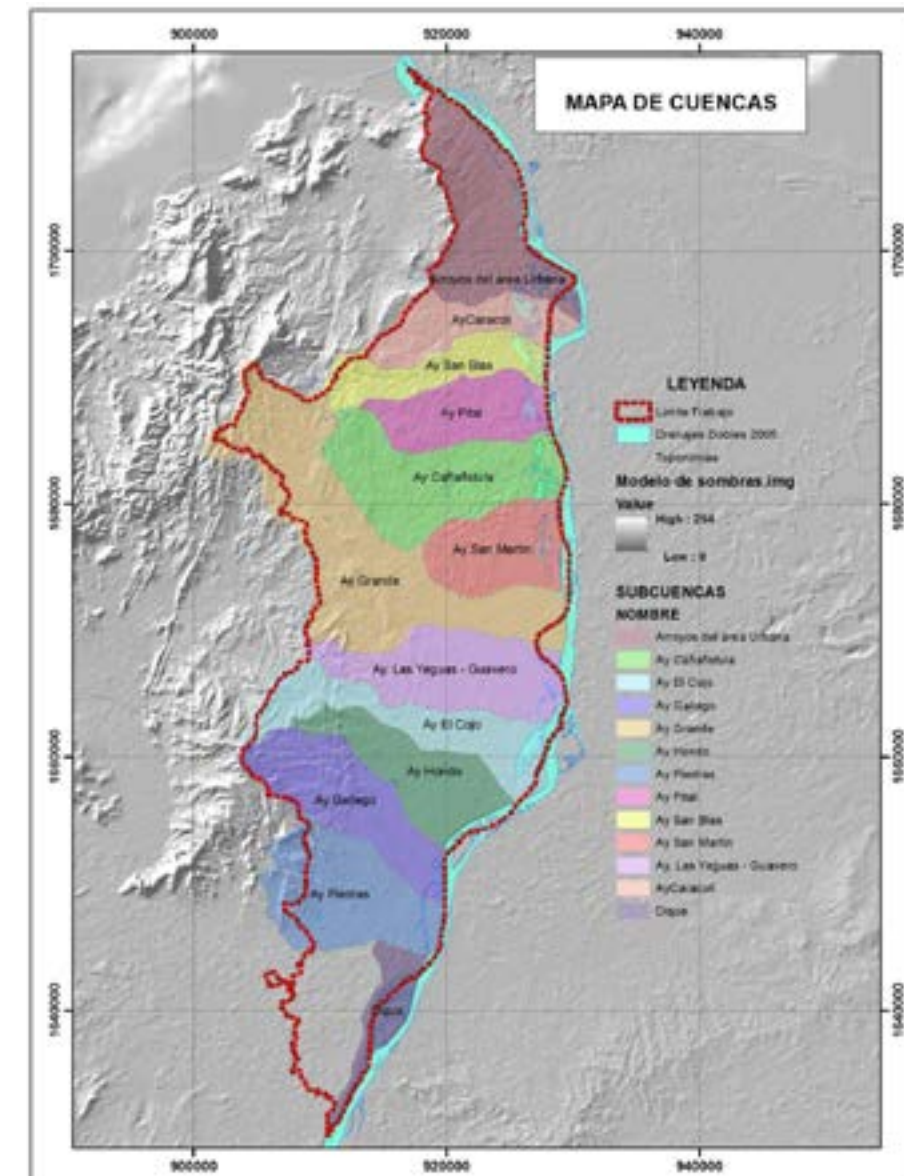
2.1.2.4.2.13 Dique

La geometría de esta subcuenca tiene diferencias significativas en comparación a las subcuencas anteriormente descritas, debido a que la intervención antrópica ha generado cambios representativos en su configuración natural. Para el año 1956, según la cartografía IGAC, se evidenciaba un extenso complejo de ciénagas y caños que constantemente presentaban cambios en

la dirección del flujo, realizándose el proceso de interacción ciénagas-río; Para el periodo comprendido entre los años 1956 y 1976 se realizaron procesos de desecación para ir ganando terreno alrededor de los Municipios de Suan, Campo de la Cruz y Candelaria, construyéndose vías, diques y canales conectores. La delimitación de esta subcuenca se establece en relación con los diques de las vías que van paralelas al río Magdalena cerca del municipio de Suan, debido a que la presencia de estas estructuras implica que los drenajes al occidente de este dique tributan sus aguas sobre la vertiente que va al embalse del Guajaro.

La cobertura del suelo presente en esta subcuenca se caracteriza por poseer Superficies ocupadas principalmente por cultivos y pastos en combinación con espacios naturales importantes. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustos y matorrales, bosque de galería o ripario, pantanos y otras áreas, los cuales no han sido intervenidos o han sufrido pocos procesos de transformación y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural.

Figura 283. Subcuencas área de trabajo.



2.1.2.4.3 Codificación de cuencas

La Tabla 212 muestra una primera aproximación a la codificación de cuencas para el departamento del Atlántico. Para la subcuenca de los Humedales del río Magdalena se proponen los siguientes códigos.

Tabla 2-12. Cuencas y subcuencas en el departamento del Atlántico.

SUBCUENCA/CODIGO	SUBCUENCA (CODIGO)*	NOMBRE DE LA CUENCA	AREA (HA)	PERIMETRO (KM)
Río Magdalena (2904)	2904-1		11.082,2	61.809,7
	2904-2		6.211,3	43.833,1
	2904-3	Arroyos área urbana Arroyo	5.535,7	42.276,8
	2904-4	Caracolí Arroyo San Blas	6.584,07	38.723,1
	2904-5	Arroyo Pital	11.868,8	55.215,5
	2904-6	Arroyo Caño Fístula Arroyo San	7.464,1	35.548,5
	2904-7	Martín Arroyo Grande	21.356,2	102.855,5
	2904-8	Ay Yeguas - Guayepo Arroyo	10.421,7	55.772,5
	2904-9	El Cojo Arroyo Hondo Arroyo	9.581,9	71.081,8
	2904-10	Gallego Arroyo Piedras	8.746,7	50.347,3
	2904-11	Dique**	10.056,2	52.175,5
	2904-12		11.086,01	47.949,1
	2904-13		4.680	46.208
Canal del Dique (2903)	2903-1		37.674	113.47
	2903-2		12.224	77.66
	2903-3		58.209	304.67
			108.107	
Litoral (1401)	1401-1		29.421	115.22
	1401-2		12.407	51.78
	1401-3		3.369	28.90
	1401-4		10.802	54.11
	1401-5		12.981	81.45
TOTAL AREA CUENCAS		31.1279		
CUERPOS DE AGUA		21.266		
AREA TOTAL		332.541		

* Código preliminar.

** Porción de cuenca modificada por la presencia del dique de la vía oriental

2.1.2.5 Morfometría

La caracterización morfométrica de una cuenca es un factor determinante para los diferentes análisis de régimen y disponibilidad hídrica, especialmente cuando no se cuenta con suficiente información primaria que permita establecer cálculos directos de las variables más relevantes del sistema natural. Los resultados constituyen un elemento fundamental en la definición de zonas con comportamientos similares a lo largo de la cuenca o región, generalmente

estos representan índices adimensionales que permiten comparaciones con otras cuencas.

Puede decirse que los parámetros morfométricos son los diversos factores que intervienen en la compleja función del movimiento del agua en la naturaleza. Dichas características suponen un comportamiento, de acuerdo con formas y geometrías específicas, que afectan en buena parte la respuesta de una cuenca en el régimen hidrológico. Los parámetros morfométricos considerados en este estudio son los siguientes (Tabla 213):

Tabla 21-3. Parámetros morfométricos relacionados

ÍNDICE O FACTOR	ECUACIÓN	DESCRIPCIÓN
A. Parámetros de Forma		
Factor de Forma	$K_f = \frac{A}{L^2}$	$K_f > 1$ Cuenca Achatada, tendencia a ocurrencia de avenidas. $K_f < 1$ Cuenca Alargada, baja susceptibilidad a las avenidas.
Índice de Compacidad o Gravelious	$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi} * A}$	$K_c 1.0$ a 1.25 Cuenca redonda a oval-redonda $K_c 1.26$ a 1.50 Cuenca Oval-redonda a oval-oblonga $K_c 1.51$ a 1.75 Cuenca Oval-oblonga a rectangular-oblonga
Índice de Alargamiento	$I_a = \frac{L_m}{t}$	$I_a \gg 1$ Cuenca Alargada $I_a \approx 1$ Cuenca achatada y por tanto cauce principal corto
B. Parámetros de Relieve		
Pendiente Media de la Cuenca	Pend. Media (%)	Tipo de Relieve
	0 - 3	Plano
	3 - 7	Suave
	7 - 12	Mediano
	12 - 20	Accidentado
	20 - 35	Fuerte
	35 - 50	Muy Fuerte
	50 - 75	Escarpado
	> 75	Muy Escarpado
C. Parámetros relativos a la red hidrográfica		
Sinuosidad de las Corriente	$S = \frac{\text{Long. Cauce Principal}}{\text{Long. Cauce Curva}}$	$S \leq 1,25$ Alineamiento Recto
Pendiente equivalente del cauce principal	$S_o = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{L^2}$	S_o = Pendiente del cauce principal L_i = Longitud de cada tramo de pendiente Si n = Número de tramos de similar pendiente
Tiempo de Concentración según Kirpich	$T_c = 0,01947L^{0,77}S^{-0,385}$	T_c = Tiempo de Concentración L =Longitud del cauce principal (m) S =Pendiente media del cauce principal

Teniendo en cuenta el índice de alargamiento y el factor de forma, la mayoría de las Microcuencas, están representados con un valor por debajo de la unidad (1) manifestando formas alargadas con crecidas lentas y sostenidas. De acuerdo al índice de Gravelius, en su mayoría prevalecen las formas oval redonda a oval oblonga, tan solo en los casos de los arroyos: Grande, Caracolí, El Cojo y San Blas, corresponde una forma oval oblonga a rectangular oblonga.

En general las microcuencas no presentan variabilidad entre los rangos de elevación de nacimiento y desembocadura, siendo este desde los 125 m.s.n.m. hasta los 0 m.s.n.m. La microcuenca Arroyo Grande tiene su cota máxima a los 305 m.s.n.m., siendo esta la más representativa en cuanto al área.

Las pendientes de las microcuencas representan un relieve plano a suave, al igual que las pendientes medias de las corrientes principales, que se caracterizan por tener pendientes muy leves, con bajo o nulo potencial erosivo y velocidades bajas de recorrido del agua, con tiempos de concentración de moderados a altos.

De acuerdo con las curvas hipsométricas de los arroyos El Pital y Arroyo Grande, estas microcuencas pueden clasificarse como sedimentarias, en fase de vejez.

A continuación, se presenta los parámetros de forma de las microcuencas presentes en el área:

Tabla 2-14. Parámetros de forma de las subcuencas de la cuenca en ordenación.

PARÁMETROS DE FORMA											
NOMBRE	ÁREA	ÁREA	PERÍMETRO	PERÍMETRO	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL	LONGITUD AXIAL	ANCHO MÁXIMO	ANCHO MEDIO	FACTOR DE FORMA	ÍNDICE DE GRAVELIUS	ÍNDICE DE ALARGAMIENTO
	M2	KM2	M	KM	KM	KM	KM	KM	KF	KC	IA
Arroyo Pital	63589080.25	63.59	37848.41341	37.85	14.53	13.65	5.86	4.66	0.3	1.3	2.3
Arroyo San Blas	53242574.88	53.24	46053.44681	46.05	18.82	18.1	4.19	2.94	0.2	1.8	4.3
Arroyo Caño fístula	115325839.5	115.33	53121.53046	53.12	26.37	17.65	7.98	6.53	0.4	1.4	2.2
Arroyo San Martín	67028815.3	67.03	33358.19439	33.36	*	10.99	6.92	6.1	0.6	1.1	1.6
Arroyo Gallego	90667567.69	90.67	48219.74934	48.22	22.24	20.28	6.35	4.47	0.2	1.4	3.2
Arroyo Piedras	103688379.7	103.69	43376.29766	43.38	10.44	15.18	1.26	6.83	0.5	1.2	12
Arroyo Las Yeguas - Guayepo	99495269.67	99.5	53181.76951	53.18	23.19	20.41	6.61	4.88	0.2	1.5	3.1
Arroyos del área urbana	108059514.9	108.06	61336.0035	61.34	*	8.23	*	13.13	*	*	*
Arroyo Grande	207178822.8	207.18	98718.26004	98.72	58.56	33.19	9.69	6.24	0.2	1.9	3.4
Arroyo Caracolí	55354779.53	55.35	42023.37202	42.02	10.96	16.01	5.43	3.46	0.2	1.6	2.9
Dique	31357580.42	31.36	38205.72297	38.21	*	*	*	*	*	*	*
Arroyo El Cojo	85074036.89	85.07	67309.31757	67.31	31.65	23.93	3.96	3.56	0.1	2.1	6
Arroyo Hondo o Las Lajas	72353986.42	72.35	46451.98853	46.45	20.48	16.1	3.94	4.49	0.3	1.5	4.1

*Sin definir debido a que la topografía plasmada en la cartografía base IGAC disponible no permite la observación y definición de dichos parámetros.

Tabla 2-15. Parámetros de relieve y red de drenaje.

PARÁMETROS DE RELIEVE Y RED DE DRENAJE				
NOMBRE	RELIEVE DE LA MICROCUENCA		DRENAJE PRINCIPAL	
	PENDIENTE MEDIA	ELEVACIÓN MEDIA	PENDIENTE MEDIA	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE KIRPICH
Arroyo Pital	1.47	38.51	0.59	37.23
Arroyo San Blas	3.06	48.54	0.55	46.65
Arroyo Caño fístula	1.28	44.49	0.36	71.77
Arroyo San Martín	0.42	37.45	*	*
Arroyo Gallego	2.6	50.4	0.48	55.94
Arroyo Piedras	1.81	17.62	0.41	33.14
Arroyo Las Yeguas - Guayepo	1.5	30.42	0.31	68.25
Arroyos del área urbana	*	*	*	*
Arroyo Grande	3.29	77.09	0.24	154.66
Arroyo Caracolí	2.38	49.16	0.62	29.46
Dique	*	*	*	*
Arroyo El Cojo	2.15	48.24	0.37	81.03
Arroyo Hondo o Las Lajas	1.13	28.27	0.37	58.3

*Sin definir debido a que la topografía plasmada en la cartografía base IGAC disponible no permite la observación y definición de dichos parámetros.

2.1.2.6 Clima

Los ambientes morfogénicos en el complejo de humedales se caracterizan por formas relativamente planas (principales elementos del relieve se definen a partir de Ambientes aluviales, Eólicas y Fluvio-gravitacionales). Con una máxima altitud en 220 msnm, donde las masas húmedas provenientes del océano no alcanzan a precipitarse en la región; sin embargo, la temperatura ambiental es suavizada por el sistema de vientos (CRA, 2007). Para el área que conforma todo el complejo de humedales de la vertiente occidental del Río Magdalena, el clima se establecerá de acuerdo con la Clasificación Climática Caldas-Lang en los siguientes términos climáticos: Cálido (>24°C), Muy Seco (501 – 1000 mm/año) y húmedo (1001 – 2000 mm/año).

Como en toda la región de la Costa Atlántica, las condiciones del clima son regidas principalmente por los dos tránsitos que hace la Zona

de Convergencia Intertropical (CIT) sobre la línea de costa, entre otros factores como la latitud de ubicación del territorio, la altura del territorio sobre el nivel del mar, el relieve que define el modelado del territorio y, finalmente, la cercanía a la línea de costa.

Finalmente, IGAC (1994), agrega otros factores como la latitud de ubicación del territorio, la altura sobre el nivel del mar, el relieve que define el modelado del territorio y, finalmente, la cercanía a la línea de costa.

Para el Plan de Ordenación y Manejo de Complejo de Humedales de la vertiente occidental del Río Magdalena en el Departamento del Atlántico, se determinó la clasificación a partir del comportamiento de las variables de temperatura y precipitación; con el fin de caracterizar el clima a partir del entendimiento de las dinámicas asociadas a dichas variables con respecto a geografía regional del área previamente

limitada. Además, se evaluaron variables como humedad relativa, evaporación y caracterización de los vientos.

Los registros meteorológicos de las series de datos en el área de estudio comprenden catorce (14) estaciones ubicadas en el área de influencia de las Cuencas evaluadas, se incluyen registros desde el periodo 1985 hasta 2015. En diversos casos, se evidencia vacíos de información en periodos de tiempo que van desde días

hasta algunos meses, determinado por diversas causas lógicas y técnicas.

En la Tabla 216, se presentan las estaciones evaluadas que son operadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, localizadas a partir de coordenadas geográficas; Adicionalmente, se puntualiza Municipios, Tipo de estación, Código de estación del IDEAM y la altitud de cada estación en m.s.n.m.

Tabla 2-16. Estaciones IDEAM seleccionadas para la Área de estudio.

NOMBRE ESTACIÓN [CÓDIGO]	TIPO DE ESTACIÓN	CÓDIGO DE ESTACIÓN	UBICACIÓN [REGIÓN]	FUENTE	COORDENADAS		ALT. [MSNM]
					LATITUD N	LONGITUD E	
Aeropuerto E.C.	Climatológica	29045020	Malambo	IDEAM	10° 53' 01"	-74° 45' 54"	7
Campo de la Cruz	Pluviométrica	29040250	Campo Cruz	IDEAM	10° 22' 01"	-74° 53' 09"	6
Candelaria	Pluviométrica	29040260	Candelaria	IDEAM	10° 26' 50"	-74° 53' 06"	6
Juan de Acosta	Climatológica	29045110	Juan de Acosta	IDEAM	10° 49' 50"	-75° 01' 48"	52
Las Flores	Climatológica	29045120	Barranquilla	IDEAM	11° 02' 04"	-74° 48' 52"	13
Leña	Pluviométrica	29040200	Candelaria	IDEAM	10° 31' 07"	-74° 52' 58"	44
Los Campanos	Pluviométrica	29040290	Sabanalarga	IDEAM	10° 33' 09"	-74° 57' 59"	117
Normal Manatí	Climatológica	29035080	Manatí	IDEAM	10° 27' 09"	-74° 57' 06"	12
Polonuevo	Pluviométrica	29040080	Polonuevo	IDEAM	10° 46' 01"	-74° 51' 01"	73
Ponedera	Pluviométrica	29040070	Ponedera	IDEAM	10° 38' 03"	-74° 46' 04"	17
Puerto Giraldo	Pluviométrica	29040300	Ponedera	IDEAM	10° 30' 06"	-74° 49' 01"	11
Sabanalarga	Pluviométrica	29040190	Sabanalarga	IDEAM	10° 38' 02"	-74° 54' 55"	103
San Pedrito	Pluviométrica	29040310	Suan	IDEAM	10° 16' 05"	-74° 55' 00"	10
Usiacurí	Pluviométrica	29040240	Usiacurí	IDEAM	10° 45' 04"	-74° 58' 57"	142

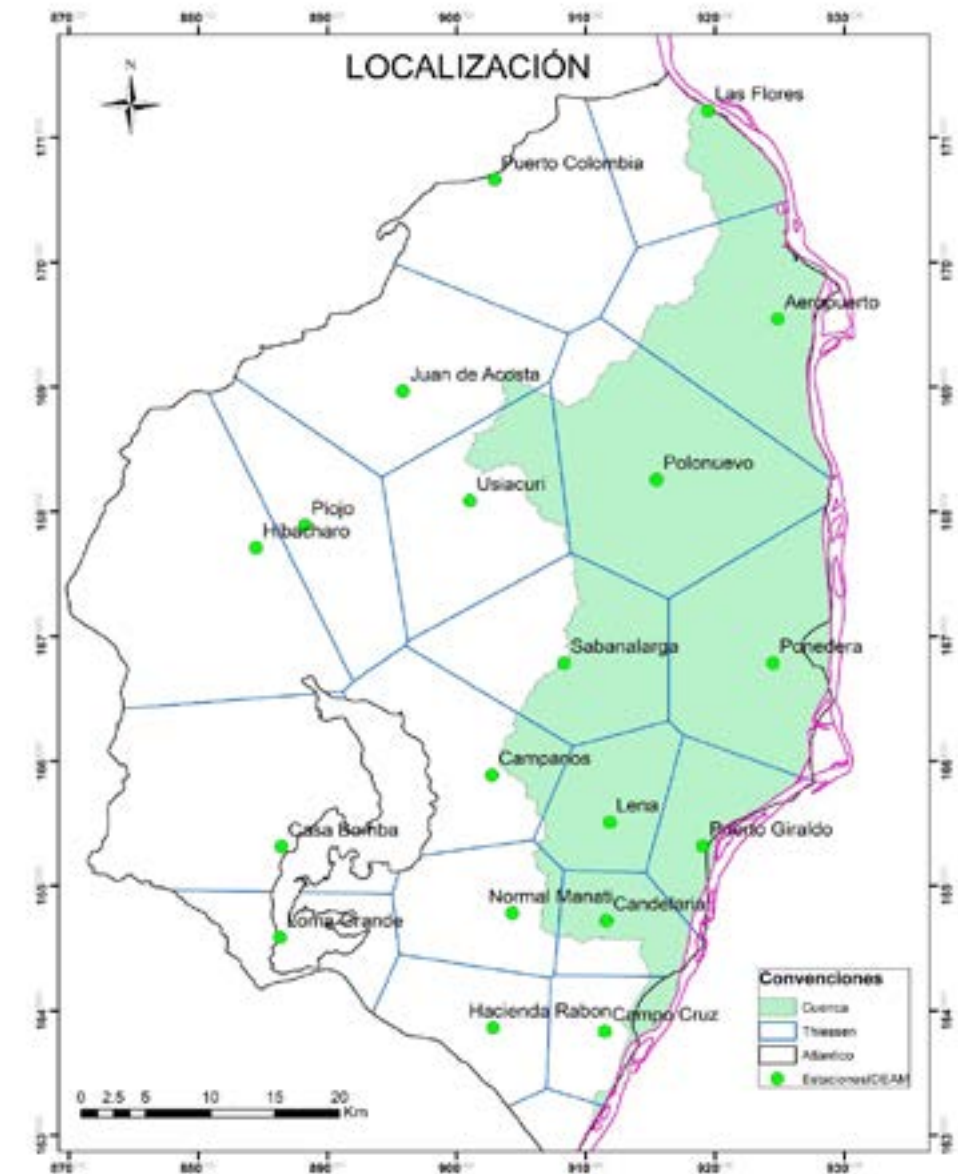
Fuente: Elaboración propia - IDEAM

En la selección de la estación para el análisis de lluvias, se tuvo en cuenta dos criterios:

- Distancia y área de influencia al sitio de interés
- Homogeneidad espacial del comportamiento de las lluvias

De la red de estaciones operadas por el IDEAM en la zona de estudio, mediante los polígonos de Thiessen se seleccionaron como las estaciones más cercanas a las subcuencas y sistemas cenagosos. A continuación, se presentan los polígonos de Thiessen realizados (Figura 284):

Figura 284. Polígonos de Thiessen. Selección de estaciones IDEAM.



Fuente: Elaboración propia

Las estaciones IDEAM pluviométricas en la zona de influencia del proyecto son las siguientes: Las Flores, Aeropuerto E.C., Polonuevo, Juan de Acosta, Usiacurí, Ponedera, Sabanalarga, Los Campanos, Leña, Puerto Giraldo, Normal Manatí, Candelaria, Campo de la Cruz, San Pedrito

2.1.2.6.1 Clasificación climática

De acuerdo con CIOH (1998) el clima regional se clasifica como Tropical semiárido debido a la interacción de los fenómenos de la Zona de

Convergencia Intertropical (CIT), la dinámica de los vientos alisios (Ondas convergentes del Este) y la interacción de los frentes fríos del hemisferio Norte durante el transcurso del Año. Los desplazamientos en la Zona de Convergencia Intertropical de masa de aire húmeda marina y continental, generan condiciones climáticas tipo ciclónicas que se alternan entre Lluvias intensas, épocas secas y nubosidad localizada siendo el principal regulador del clima en la región (Figura 285 - Estinco, 1998).

Figura 285. Isoyetas (100 mm) Multianual para el Complejo de Humedales en la Vertiente Occidental del Rio Magdalena.



Figura 286. Clasificación Climática Caldas Lang para el Complejo de Humedales en la Vertiente Occidental del Rio Magdalena.



El análisis de la información de isotermas permite inferir que el Complejo de humedales posee un dominio importante del clima Cálido (Según Caldas-Lang, intervalos de pisos térmicos entre 0 – 800 msnm) con sus correspondientes subdivisiones. El análisis de esos datos cartográficos combinado con la información brindada por los gráficos ombrotérmicos y los mapas de isohietas permite elaborar una caracterización de los tipos climáticos presentes el Área de Estudio, al incorporar el análisis de los valores de precipitaciones y la disponibilidad de agua a lo largo del año, obteniéndose la siguiente clasificación (Figura 2-86).

Tabla 2-17. Clasificación Climática Caldas Lang para el Complejo de humedales de la vertiente occidental del Rio Magdalena.

Nº	CLASIFICACIÓN CALDAS - LANG	ÁREA HA	ÁREA %
1	Cálido Húmedo	6.025,39	5,32%
2	Cálido Muy Seco	21.089,71	18,63%
3	Cálido Seco	86.104,64	76,05%
Total		113.219,75	100,00%

Fuente: Elaboración propia - IDEAM

Donde se observa el clima Cálido seco con una influencia de 76,05% (86.104,64 ha) en el

complejo de Humedales, seguido por áreas con Climas Cálido Muy Seco con 18,63% (21.089,71 ha) y finalmente, el clima Cálido Húmedo con 5,32% (6.025,39 ha) como se observa espacialmente en el anterior gráfico.

2.1.2.6.2 Precipitación.

Para la región del caribe, la distribución de la precipitación a lo largo del año está marcada por el ascenso progresivo de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) sobre la zona ecuatorial, correspondiente a bajas presiones a donde llegan las corrientes de aire cálido y húmedo provenientes de los grandes cinturones de alta presión (IDEAM, 2012), ubicados en la zona subtropical de los hemisferios Sur y Norte, dando origen a la formación de grandes masas nubosas y abundantes precipitaciones (CAR, 2012). Dentro de la caracterización para precipitación en la zona del Caribe, las variables que permiten identificar el comportamiento de los regímenes de lluvia se establecen en vientos débiles con orientaciones variables según las estaciones evaluadas y presiones bajas en la parte NW de la costa caribe.

La distribución espacial de la precipitación en la cuenca baja de la vertiente occidental del Rio Magdalena se produce generalmente asociada a presiones atmosféricas bajas entre los meses de Abril a Noviembre, donde se observa que para el área de estudio la precipitación media anual en las estaciones evaluadas se encuentra entre 995,68 mm ± 111,09 mm (884,59 mm a 1106,77 mm aproximadamente según el análisis estadístico).

A partir de los registros históricos de precipitación en las estaciones del IDEAM en el área de estudio, se analizaron catorce (14) estaciones ubicadas en el área de estudio, ver Tabla1, se evalúa la precipitación mensual promedio multianual y la precipitación máxima en 24 horas

2.1.2.6.2.1 Precipitación mensual

En la estación del Aeropuerto, localizada en el municipio de Malambo localizada al NE del departamento del Atlántico, se observa un periodo lluvioso entre los meses de Mayo a Noviembre, seguido dos periodos de transición en los Meses de Abril y Diciembre, finalmente el periodo seco entre los meses de Enero a Marzo.

Figura 287. Precipitación (mm) Mensual Multianual para la Estación Aeropuerto.



Como se muestra, el período lluvioso tiene una precipitación media de 109,58 mm ± 23,98 mm teniendo a Octubre como el mes como mayor precipitación media entre los años evaluados. Para los períodos de transición la precipitación

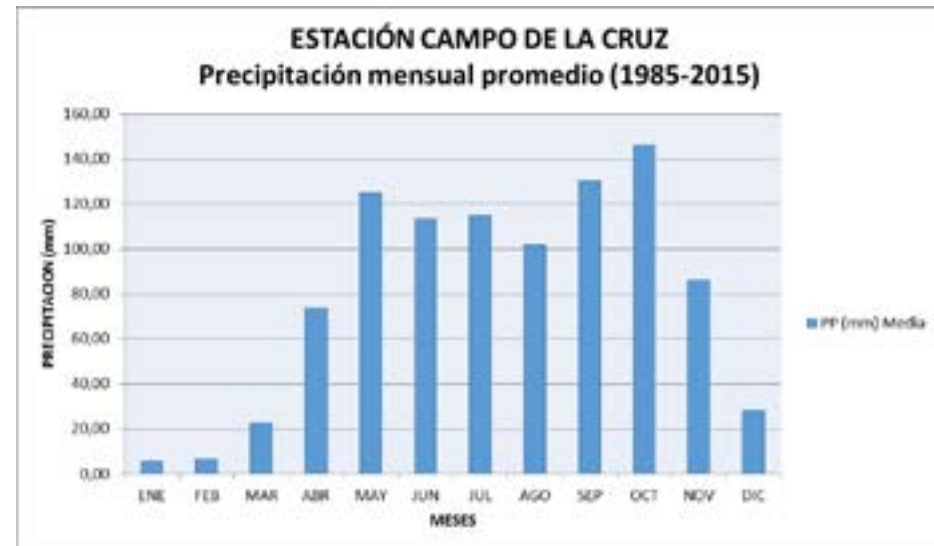
media es 25,77 mm ± 3,18 mm y el período seco con precipitaciones medias de 1,33 mm ± 0,37mm. La Precipitación Media Anual en la estación es 822,63 mm, como se observa en la Tabla 2-18.

Tabla 2-18. Valores de Precipitación Mensual Multianual para la Estación Aeropuerto.

P (MM)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P (MM) TOTAL PONDERADO
PP (mm) Media	0,98	1,62	1,40	27,39	108,17	77,62	77,12	102,70	148,15	159,00	94,33	24,15	822,63

Para la estación del Campo de la Cruz, localizada en el municipio de Campo de la Cruz al SE del departamento del Atlántico, se observa un periodo lluvioso entre los meses de Abril a Noviembre, seguido por dos periodos de transición en los Meses de Marzo y Diciembre, finalmente el periodo seco entre los meses de Enero y Febrero.

Figura 288. Precipitación (mm) Mensual Multianual para la Estación Campo de la Cruz.



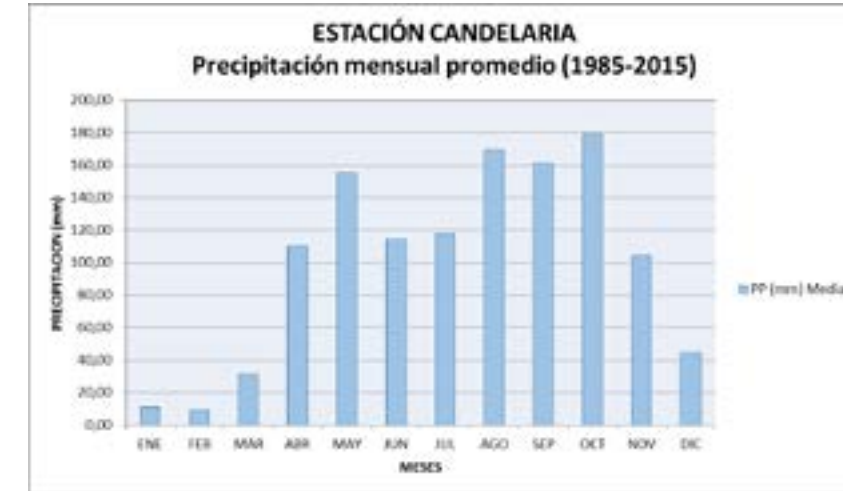
En la estación de Campo de la Cruz el período lluvioso tiene una precipitación media de 111,40 mm ± 16,43 mm teniendo a Octubre como el mes con mayor precipitación media entre los años evaluados. Para los períodos de transición la precipitación media es 25,41 mm ± 5,41 mm y el período seco con precipitaciones medias de 6,15 mm ± 0,80 mm. La Precipitación Media Anual es 954,29 mm en la estación, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 2-19. Valores de Precipitación Mensual Multianual para la Estación Campo de la Cruz.

P (MM)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P (MM) TOTAL PONDERADO
PP (mm) Media	5,74	6,56	22,65	73,55	124,95	113,43	114,86	101,86	130,32	146,18	86,01	28,17	954,29

En la estación Candelaria, localizada en el municipio de Candelaria al S del departamento del Atlántico, se observa un periodo lluvioso entre los meses de Abril a Noviembre, seguido por dos periodos de transición en los Meses de Marzo y Diciembre, finalmente el periodo seco entre los meses de Enero y Febrero.

Figura 2-89. Precipitación (mm) Mensual Multianual para la Estación Candelaria.



El período lluvioso tiene una precipitación media de 139,01 mm ± 20,90 mm teniendo a Octubre y Mayo como los meses de mayor precipitación media entre los años evaluados. Para los períodos de transición la precipitación media es 36,77 mm ± 12,73 mm y el período seco con precipitaciones medias de 10,19 mm ± 1,92 mm. La Precipitación Media Anual es 1207,99 mm en la estación Candelaria, como se observa en Tabla 220.

Tabla 2-20. Valores de Precipitación Mensual Multianual para la Estación Candelaria

P (MM)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P (MM) TOTAL PONDERADO
PP (mm) Media	11,17	9,21	31,27	110,09	155,38	114,16	118,33	169,10	161,34	179,24	104,43	44,26	1207,99

En la estación Juan de Acosta, localizada en el municipio de Juan de Acosta al E del departamento del Atlántico, se observa un período lluvioso entre los meses de Mayo a Noviembre, seguido por dos periodos de transición en los Meses de Abril y Diciembre, finalmente el período seco entre los meses de Enero a Marzo.

Figura 2-90. Precipitación (mm) Mensual Multianual para la Estación Juan de Acosta.



Como se aprecia, el período lluvioso tiene una precipitación media de 125,20 mm \pm 21,51 mm teniendo a Octubre como el mes con mayor precipitación media entre los años evaluados. Para los periodos de transición la precipitación

media es 35,67 mm \pm 0,35 mm y el Periodo Seco con precipitaciones medias de 0,76 mm \pm 0,25 mm. La Precipitación Media Anual es 952,04 mm en la estación, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 2-21. Valores de Precipitación Mensual Multianual para la Estación Juan de Acosta.

P (MM)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P (MM) TOTAL PONDERADO
PP (mm) Media	0,88	0,63	2,80	35,49	81,81	107,76	112,60	129,87	143,94	173,52	126,88	35,85	952,04

En la estación Las Flores, localizada en la Ciudad de Barranquilla al N del departamento del Atlántico, se observa un periodo lluvioso entre los meses de Mayo a Noviembre, seguido por un periodo de transición en el mes de Diciembre, finalmente el periodo seco entre los meses de Enero a Abril.

Para la estación Las Flores, el período lluvioso tiene una precipitación media de 85,62 mm \pm 22,79 mm teniendo a Octubre y Septiembre como los meses de mayor precipitación media entre los años evaluados. Para el período de transición la precipitación media es 28,35 mm y el período seco con precipitaciones medias de 2,25 mm \pm 3,19 mm.

Figura 2-91. Precipitación (mm) Mensual Multianual para la Estación Las Flores.



La Precipitación Media Anual es 636,68 mm en la estación Las Flores, como se observa en la Tabla 2-22.

Tabla 2-22. Valores de Precipitación Mensual Multianual para la Estación Las Flores.

P (MM)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P (MM) TOTAL PONDERADO
PP (mm) Media	0,00	0,38	1,59	7,03	81,04	67,45	50,15	72,61	129,48	127,58	71,01	28,35	636,68

En la estación Leña, localizada en el municipio de Candelaria al sur del departamento del Atlántico se observa un periodo lluvioso entre los meses de Abril a Noviembre, seguido por dos

periodos de transición en los Meses de Marzo y Diciembre, finalmente el periodo seco entre los meses de Enero y Febrero (Figura 292).

Figura 2-92. Precipitación (mm) Mensual Multianual para la Estación Leña.



En la estación Leña, el período lluvioso tiene una precipitación media de 124,15 mm \pm 17,58 mm teniendo a Octubre como el mes con mayor precipitación media entre los años evaluados. Para los períodos de transición la precipitación

media es 32,92 mm \pm 9,01 mm y el período Seco con precipitaciones medias de 6,44 mm \pm 1,48 mm. La Precipitación Media Anual es 1071,89 mm, como se observa en la Tabla 2-23.

Tabla 2-23. Valores de Precipitación Mensual Multianual para la Estación Leña.

P (MM)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P (MM) TOTAL PONDERADO
PP (mm) Media	5,68	7,19	28,33	96,53	134,06	107,28	105,30	126,97	155,99	163,57	103,46	37,51	1071,89

En la estación Los Campanos, localizada en el municipio de Sabanalarga al NE del departamento del Atlántico, se observa un período lluvioso entre los meses de Abril a Noviembre, seguido

por dos periodos de transición en los Meses de Marzo y Diciembre, finalmente el periodo seco entre los meses de Enero y Febrero.

Figura 2-93. Precipitación (mm) Mensual Multianual para la Estación Los Campanos.

