



SOCIEDAD PORTUARIA PUERTO BAHÍA
Modificación de la Licencia Ambiental

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
CAPITULO 1. GENERALIDADES



hidrocaribe ltda

Octubre de 2011
Cartagena de Indias, D.T.

TABLA DE CONTENIDO

1	GENERALIDADES	3
1.1	INTRODUCCIÓN	3
1.2	OBJETIVOS	3
1.2.1	Objetivo General.....	3
1.2.2	Objetivos Específicos.....	4
1.2.3	Justificación	4
1.3	ANTECEDENTES.....	6
1.3.1	Organización Sociedad Portuaria Puerto Bahía	7
1.3.2	Trámites.....	7
1.3.3	Relación con políticas, planes y programas en el área de estudio	8
1.4	NORMATIVIDAD.....	8
1.5	ALCANCE.....	8
1.6	METODOLOGÍA	9
1.6.1	Medio abiótico.....	9
1.6.2	Medio Biótico	10
1.6.3	Medio Socioeconómico	30
1.6.4	Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales	44
1.6.5	Zonificación Ambiental.....	52
1.6.6	Equipo de trabajo.....	52
1.6.7	Organización del Informe.....	54

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

La SOCIEDAD PORTUARIA PUERTO BAHÍA S.A. (SPPB), mediante radicado 4120-E1-145896 del 1 de diciembre de 2009, presentó ante el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) una solicitud de Licencia Ambiental para el proyecto Construcción y Operación de un Terminal de Servicio Público, ubicado en el sitio denominado “la Pulga”, en el corregimiento de Santa Ana del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias, Departamento de Bolívar. Mediante Auto 1635 del 19 de agosto de 2010 MAVDT, SPPB obtuvo Licencia Ambiental para construir y operar un puerto sobre el costado sur de la bahía de Cartagena, destinado a manejar carga general contenedorizada y suelta, graneles líquidos (básicamente hidrocarburos y sus derivados) y graneles secos (excepto carbón).

Para satisfacer la demanda creciente de servicios portuarios generada por el sector de hidrocarburos del país, que en la actualidad ha aumentado su producción a cifras del orden de 1,0 millón de barriles/día, SPPB está proyectando para el terminal una serie de modificaciones a las instalaciones portuarias que tienen por objeto dar importancia y prioridad a la oferta de servicios portuarios para manejar hidrocarburos y sus derivados.

A la luz de la legislación vigente en materia de licenciamiento ambiental (Decreto 2820 de 2010), los ajustes y modificaciones que se le van a hacer al proyecto obligan a tramitar ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) una modificación de la Licencia Ambiental otorgada mediante el Auto 1635 de 2010.

El documento del estudio que se presenta a continuación ha considerado para su ejecución el desarrollo metodológico establecido en varios documentos de términos de referencia que ha expedido el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), entre ellos:

- Resolución 1281/2006 MAVDT. PU-TER-1-02. Construcción y/o ampliación de puertos marítimos de gran calado.
- Resolución 1275/2006 MAVDT. HI-TER-1-05. Conducción de fluidos por ductos en el sector de hidrocarburos.
- Resolución 1253/2006 MAVDT. HI-TER-1-06. Terminales de entrega y estaciones de transferencia de hidrocarburos líquidos

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

El propósito de este Estudio de Impacto Ambiental, conforme con lo establecido por el Decreto 2820 de 2010 del entonces MAVDT, es proveer información acerca de la naturaleza y extensión de los potenciales impactos adicionales sobre el medio abiótico, biótico, social y económico en las áreas de influencia directa e indirecta proyectados, que puedan derivarse de las modificaciones que se tiene previsto introducir en el proyecto de construcción y operación del terminal portuario multipropósito de la Sociedad Portuaria Puerto Bahía S.A. (SPPB) al sur de la bahía de Cartagena.

Para tal efecto, se parte de complementar una línea base ampliamente evaluada que permita definir y valorar de una manera estructurada y científica los impactos adicionales que se van causar con motivo de las modificaciones introducidas al proyecto y establecer las medidas y programas necesarios para prevenir, controlar, mitigar y/o compensar esas afectaciones adicionales derivadas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Generar un marco de referencia que describa claramente las actividades, tecnologías y obras asociadas al proyecto de construcción y operación de un terminal portuario multipropósito requerido por la Sociedad Portuaria Puerto Bahía S.A.
- Caracterizar desde el punto de vista ambiental, el entorno del proyecto, identificando sus áreas de influencia directa e indirecta y describiendo los aspectos más relevantes asociados a las dimensiones física, biótica y social presentes en tales zonas
- Establecer cuantitativamente el uso que se ejercerá por la construcción y operación del puerto sobre determinados recursos naturales así como el grado y magnitud de afectación sobre algunos de sus componentes
- Identificar y evaluar los aspectos e impactos ambientales que se proyecte puedan derivarse de las actividades propuestas para la construcción y operación del terminal portuario
- Elaborar con base en los resultados de la valoración de impactos, un Plan de Manejo Ambiental para la construcción y operación del Puerto que reúna medidas y herramientas para la prevención, control y mitigación de potenciales afectaciones
- Establecer los programas que le permitan alcanzar a la SPPB los objetivos y metas ambientales trazados con el objetivo de desarrollar el proyecto dentro del concepto de desarrollo sostenible.
- Elaborar el Plan de Contingencias para afrontar las emergencias que se puedan presentar durante el desarrollo del proyecto, tanto en su fase de construcción como de operación.

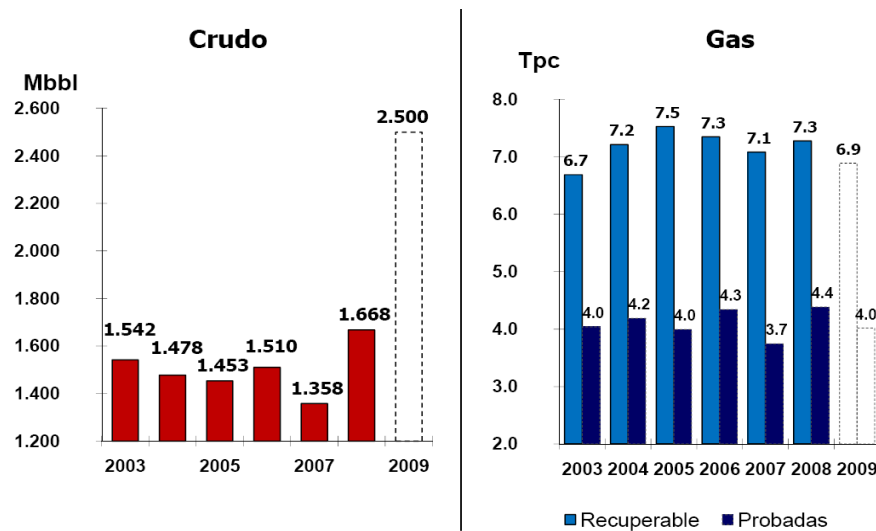
1.2.3 Justificación

En los últimos años, el país ha alcanzado y superado índices históricos en producción de hidrocarburos, tanto en el promedio interno como en referencia a países vecinos. Sin embargo, la infraestructura de transporte y puertos no está preparada para atender los requerimientos que imponen los nuevos retos a los proyectos portuarios necesarios para el desarrollo del comercio exterior en el sector económico asociado a la industria de los hidrocarburos.

La producción de hidrocarburos en crudo de petróleo en Colombia ha superado los 800 mil barriles y está cercana al millón de barriles diarios con una tendencia al aumento. El Gobierno Nacional a través de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) prevé que la producción puede superar el millón de barriles diarios y la inversión privada nacional e internacional en el sector petrolero, minero, gasífero y de energía eléctrica se ha estimado en 45 000 millones de dólares.

La infraestructura del país asociada a la industria de hidrocarburos (transporte, almacenamiento y exportación) es escasa y no está preparada para manejar una demanda superior en crecimiento, ni está acorde para atender de manera satisfactoria las metas de producción del país. La infraestructura de transporte especializada en el sector de hidrocarburos ha estado a cargo de la empresa estatal de petróleo ECOPETROL que en los contratos de asociación para la exploración y explotación debe brindar las facilidades del transporte y exportación de los hidrocarburos.

Figura 1.2.1 Reservas en hidrocarburos



Fuente ANH, 2010

En Colombia el sector de hidrocarburos creció aceleradamente a un 11,3% inter anual en el cuarto trimestre del 2009, frente a menos de un 1% del promedio de los últimos 10 años (Morgan Stanley, 2010).

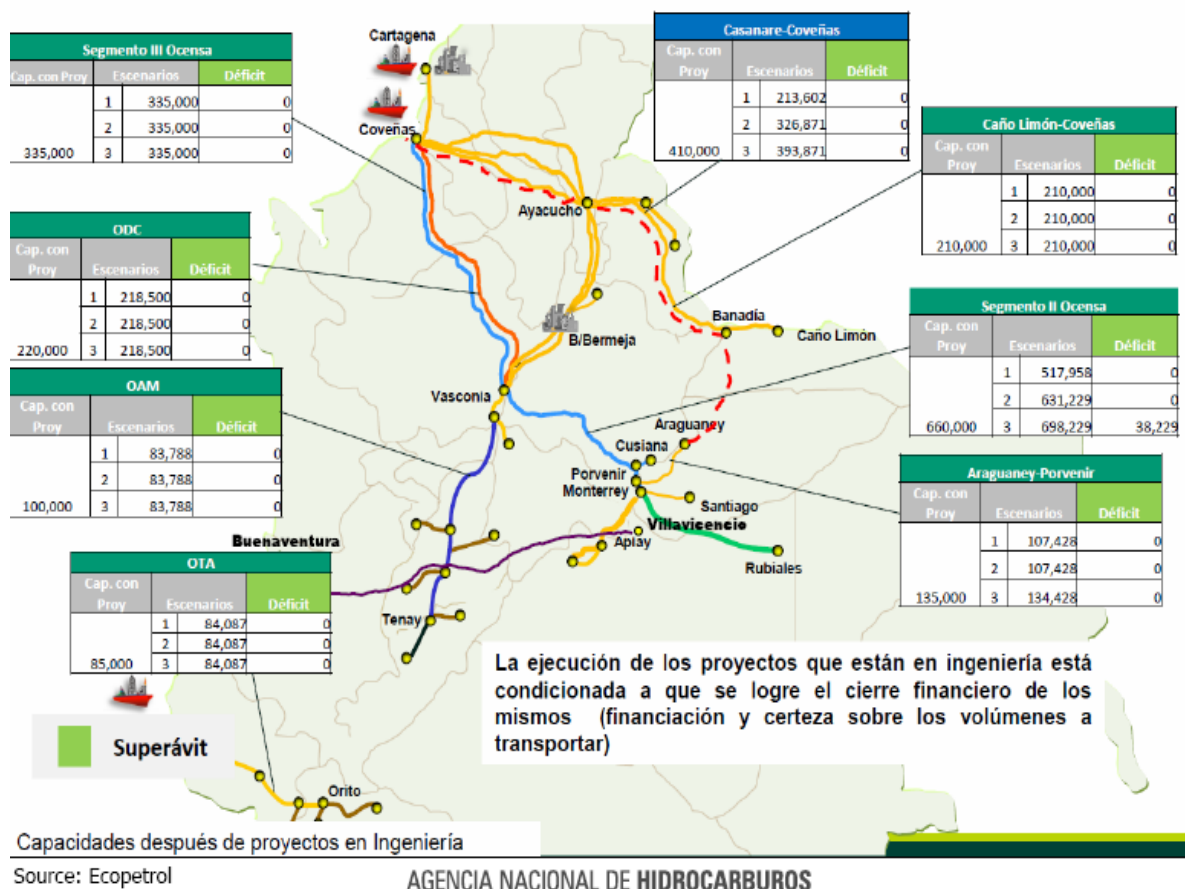
La empresa estatal de petróleos ha venido realizando estudios para los proyectos que permitirán ampliar parte de la infraestructura de transporte por oleoductos y para la ampliación de sus puertos. También en la actualidad se desarrollan proyectos tales como el Oleoducto Bicentenario y la ampliación de la línea de conducción de Coveñas a Cartagena, que una vez entren en operación permitirá que la producción de Ecopetrol tenga garantizada la infraestructura de transporte que requiere para sus necesidades de producción y exportación.

No obstante la ampliación propuesta por la empresa estatal, sigue latente la necesidad de ampliar la capacidad portuaria para el manejo de líquidos del sector petroquímico y de desarrollar una infraestructura de transporte adecuada para atender las necesidades que impone el crecimiento de la producción de petróleo a cargo de productores diferentes a la empresa estatal que no tienen acceso a la red de oleoductos y que no encuentran alternativa de puertos para realizar la exportación de su producción.

El boom del sector hidrocarburos asociado a las creciente necesidad y demanda de infraestructura asociada, son la principal motivación que ha llevado a la Sociedad Portuaria Puerto Bahía S.A. a desarrollar un proceso de actualización del proyecto a las condiciones reales de necesidades de servicios portuarios y proveer un terminal marítimo de servicio público especializado en el manejo de hidrocarburos dentro de la Bahía de Cartagena. Esta terminal de servicio público se convierte en una alternativa de solución a las deficiencias en infraestructura de transporte, recibo, almacenamiento y operación portuaria para la exportación de hidrocarburos.

La coyuntura nacional e internacional en materia de hidrocarburos y desarrollo portuario evidencian la necesidad e importancia de concebir a Puerto Bahía como la alternativa de solución en materia de transporte e infraestructura de puertos que el país necesita para el desarrollo del renglón de la economía correspondiente al sector de los hidrocarburos.

Figura 1.2.2 Proyectos de expansión en infraestructura de transporte - ECOPETROL



El terminal de carga general, multipropósito, con énfasis en el manejo de contenedores, concebido originalmente para desarrollar en la Etapa Uno, se propone ahora ejecutar o desarrollar en una etapa posterior; debido a que las expectativas de mercado para esta línea de servicio están cubiertas por la capacidad portuaria disponible en otros terminales de la Bahía de Cartagena y adicionalmente los terminales especializados en el manejo de contenedores en la actualidad están desarrollando proyectos de expansión en CONTECAR para convertirla en la primera plataforma de transbordo de contenedores en Cartagena y la construcción del Muelle N° 9 en el terminal marítimo de Manga, ambos terminales operados por la Sociedad Portuaria Regional de Cartagena S.A. que actualmente sirve a las principales líneas navieras regulares que transitan por el Caribe

1.3 ANTECEDENTES

Como se mencionó antes, mediante Auto 1635 del 19 de agosto de 2010 MAVDT, SPPB obtuvo Licencia Ambiental para construir y operar un puerto sobre el costado sur de la bahía de Cartagena, destinado a manejar carga general contenedorizada y suelta, graneles líquidos (básicamente hidrocarburos y sus derivados) y graneles secos (excepto carbón).

Luego, a raíz de una demanda creciente de servicios portuarios generada por el aumento en la producción del sector de hidrocarburos del país, SPPB proyecta modificar el terminal aprobado con el Auto

1635/2010 con el objeto de dar importancia y prioridad a la oferta de servicios portuarios para manejar hidrocarburos y sus derivados.

A la luz de la legislación vigente en materia de licenciamiento ambiental (Decreto 2820 de 2010), los ajustes y modificaciones que se le van a hacer al proyecto obligan a tramitar ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) una modificación de la Licencia Ambiental otorgada mediante el Auto 1635 de 2010.

1.3.1 Organización Sociedad Portuaria Puerto Bahía

Mediante Escritura Pública No. 3534 del 24 de julio de 1963 otorgada por la notaría 9ª de Bogotá se creó la sociedad Carbones del Carare Ltda. Esta sociedad operó hasta finales de la década de los 80 un puerto destinado a la exportación de carbón en el mismo sitio donde hoy se está proyectando el Puerto Multi-propósito Puerto Bahía. En el año 2005 se cambia el nombre a Carbones del Carare S.A., y en el 2006 a Sociedad Portuaria Carbones del Carare S.A.

El día 5 de marzo de 2008 la Sociedad Portuaria Carbones del Carare S.A, mediante Escritura Pública 1153 de la Notaría 6ª de Bogotá de fecha marzo 3 de 2008 e inscrita el 5 de marzo de 2008 bajo el número 1196299 del Libro IX, cambia su nombre por el de Sociedad Portuaria del Carare S.A.

Finalmente, mediante Escritura Pública No. 2418 del 18 de octubre de 2008 otorgada en la Notaría 16 de Bogotá, se cambió la razón social por la de Sociedad Portuaria Puerto Bahía S.A.

1.3.2 Trámites

- **Consulta previa**

Representantes de SPPB estuvieron en permanente contacto con funcionarios del Grupo de Consulta Previa, del entonces Ministerio del Interior y de Justicia para solicitar la certificación de la presencia de comunidades étnicas en la zona del proyecto y el acompañamiento durante todo el proceso de consulta previa que se realizó con las comunidades negras de las poblaciones de Pasacaballos, Santa Ana, Ararca, Bocachica y Caño del Oro. Todos los detalles del proceso de consulta previa se presentan en el Volumen IV. Consulta Previa, de este informe.

Adicionalmente para la modificación del estudio se tuvieron en cuenta los Términos de Referencia previstos en las Resoluciones 1253 y 1275 de 2006, los cuales hacen referencia a la infraestructura de almacenamiento asociada al transporte por ductos. Estos Términos de Referencia tienen las siguientes denominaciones:

- Resolución 1281/2006 MAVDT. PU-TER-1-02 para Proyectos de Construcción y/o Ampliación de Puerto de Gran Calado.
- Resolución 1275/2006 MAVDT. HI-TER 1-05 para Proyectos de Conducción de fluidos por ductos en el sector de hidrocarburos.
- Resolución 1253/2006 MAVDT. HI-TER-1-06 para Terminales en entrega y estaciones de transferencia de hidrocarburos líquidos.

- **Trámites ante el ICANH**

Para el Proyecto se aprobó por el ICANH la Licencia Arqueológica No. 1177 para que se investigaran las áreas aprobadas en la Licencia Ambiental. El estudio arqueológico presentado por SPPB se aprobó por el ICANH mediante Oficio ICANH-1680-10-07-09 de julio 30/2009.

Dado que en la modificación propuesta se incluyen áreas terrestres nuevas, el 13 de septiembre de 2011 Hidrocaribe radicó la solicitud de prospección para obtener la autorización de intervención arqueológica en la zona de transferencia. En Septiembre 28/2011 el ICANH bajo radicado 3295 ICANH-130 No. 3676 expidió la autorización de intervención arqueológica No. 2309 a los arqueólogos Diana Cristina Villada y Oscar Javier Olave Muñoz, para llevar a cabo trabajos de prospección en la zona del proyecto. El informe final y el plan de manejo arqueológico resultado de la prospección mencionada fue entregado y radicado al ICANH en Octubre 06/2011 mediante radicado ICANH 4163. (Ver anexo 1.1).

1.3.3 Relación con políticas, planes y programas en el área de estudio

Para este estudio aplica la misma relación de políticas, planes y programas que se detalló para el proceso de licenciamiento ambiental aprobado. Estos son:

- Plan de ordenamiento de la cuenca hidrográfica del canal del Dique
- Plan de Ordenamiento Territorial
- Zonificación de los manglares del Departamento de Bolívar
- Area de manejo especial del canal del Dique y la bahía de Cartagena
- Plan de Desarrollo Económico, Social y de Obras Públicas del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena 2008-2011 POR UNA SOLA CARTAGENA

1.4 NORMATIVIDAD

La normatividad ambiental señalada en el pasado estudio de EIA sigue aplicando para este estudio. Sólo es importante agregar que se han tomado en consideración dos normas que fueron expedidas muy recientemente:

- El Decreto 2820, expedido el 5 de agosto de 2010, mediante el cual se reglamente el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. En el Título V, en particular en sus artículos 29, 30 y 31 se establecen los fundamentos, requisitos y procedimiento para la modificación de las licencias ambientales.
- La Resolución 1503 de agosto 4/2010, que contiene la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales y en la cual se exigen estándares más rigurosos para la resolución y el tratamiento de la información que debe sustentar un estudio ambiental, así como los parámetros de su presentación.

1.5 ALCANCE

El alcance del estudio que se está presentando es el que está señalado en el Decreto 2820 de 2010 (artículos 29, 30 y 31). Se hicieron estudios de campo y revisión de información secundaria para caracterizar aquellas áreas marinas y terrestres que fueron adicionadas en el área de influencia directa y que dieron lugar a la modificación de la licencia. De todas formas, fue necesario incluir en este informe muchas de las temáticas que se detallaron en el pasado estudio de EIA para la licencia aprobada, con el objeto de contextualizar de la mejor manera la nueva información recolectada.

Los aspectos principales del alcance son:

1. Objeto y alcance del estudio.
2. Delimitación del área de influencia directa e indirecta del proyecto, obra o actividad.
3. Descripción del proyecto, obra o actividad,
4. Información sobre compatibilidad del proyecto con los usos del suelo establecidos en el POT.
5. Información sobre los recursos naturales renovables que se pretenden usar, aprovechar o afectar para el desarrollo del proyecto, obra o actividad.
6. Identificación de las comunidades y de los mecanismos utilizados para informarles sobre el proyecto, obra o actividad.
7. Descripción, caracterización y análisis del medio biótico, abiótico, socioeconómico en el cual se pretende desarrollar el proyecto, obra o actividad.
8. Identificación y evaluación de los impactos ambientales que puedan ocasionar el proyecto, obra o actividad, indicando cuáles pueden prevenirse, mitigarse, corregirse o compensarse.
9. Propuesta de Plan de Manejo Ambiental del proyecto, obra o actividad

1.6 METODOLOGÍA

En este numeral se presentan las diferentes metodologías implementadas en los componentes que conforman la línea base del presente EIA, en los aspectos Abióticos, Bióticos y Socioeconómicos. Esta metodología fue aprobada en la Licencia Ambiental bajo Resolución 1635/2010 MAVDT para la zona del terminal portuario, la cual se siguió y actualizó para la modificación de este estudio:

1.6.1 Medio abiótico

Geología

Se adquirió en INGEOMINAS la plancha geológica 23 - Cartagena, publicada en 2001 y se definió el área de influencia del proyecto, extractando luego las unidades geológicas principales. Luego se hizo una visita de campo para verificar localización de las unidades y obtener información de primera mano para complementar dichas unidades. Se encontró terreno intervenido en más del 70% de su extensión.

Geomorfología

Se tomó información secundaria producida en diferentes estudios realizados por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) de Cartagena, por INVEMAR, por INGEOMINAS y por la Universidad de Cartagena, todos ellos para CARDIQUE. Se destaca el documento "Manejo de los sedimentos en la desembocadura del canal del Dique en la bahía de Cartagena".

Suelos

Se tuvo en cuenta el informe realizado por el CIOH (1998), que es el resultado de la recopilación y selección de información proveniente del estudio de suelos realizado por el IGAC para los municipios de Cartagena y Santa Catalina y para la Isla de Barú, en 1975.

Hidrología

En los análisis de hidrología se empleó la información contenida en los diferentes estudios que se han realizado en la última década:

- Universidad del Norte - Laboratorio de Ensayos Hidráulicos de Las Flores. *Estudio de Factibilidad del Plan de Restauración Ambiental de los Ecosistemas Degradados del Área de Influencia del Canal del Dique*. CORMAGDALENA. 1999.

- Universidad de Cartagena. *Estudios, Diseños Conceptuales y Pliegos de Licitación para el Plan de Restauración Ambiental de los Ecosistemas Degradados del Area de Influencia del Bajo Canal del Dique*. Alcaldía de Cartagena. 2003.
- Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. Laboratorio de Ensayos Hidráulicos. *Estudios e investigaciones de las obras de restauración ambiental y de navegación del canal del Dique*. CORMAGDALENA. 2006.

Finalmente, a finales del 2008, la Universidad Nacional de Colombia presentó en Cartagena los resultados del último estudio realizado para CORMAGDALENA en el cual se define la alternativa de control de los sedimentos en el canal del Dique y presenta el dimensionamiento de las obras requeridas para ello con su presupuesto y la respectiva evaluación ambiental. En la Tabla 1.6.1 se presentan las características de algunas de las estaciones que fueron consideradas en los estudios antes reseñados.

Tabla 1.6.1. Estaciones limnimétricas analizadas en los estudios revisados

CODIGO	TIPO	NOMBRE	SUBCUENCA	DEPTO	MUNICIPIO	COORDENADAS		ELEVACION	FECHA. INST.
2903702	LM	CALAMAR	MAGDALENA	BOLIVAR	CALAMAR	1015N	7455W	8	1940
2903736	LG	INCORA K-7	CANAL DEL DIQUE	ATLANTICO	SANTA LUCIA	1018N	7457W	7	1972
2903708	LM	GAMBOTE	CANAL DEL DIQUE	BOLIVAR	ARJONA	1010N	7518W	4	1959
2903745	LM	STA HELENA 2	CANAL DEL DIQUE	BOLIVAR	ARJONA	1004N	7526W	3	1978
2903761	LM	KILOMETRO 107	CANAL DEL DIQUE	BOLIVAR	CARTAGENA	1014N	7531W	2	1981

Fuente: IDEAM

Calidad del agua

Se relacionan sólo los estudios adicionales que se realizaron este año por Hidrocaribe. La fase de campo para la toma de muestras (Tabla 1.6.2 y Figura 1.6.1) y los análisis fisicoquímicos y microbiológicos fue realizada entre los días 19 y 25 de abril de 2011.

Variables consideradas

Los parámetros físicos y químicos analizadas en la masa de agua fueron: temperatura, conductividad, salinidad, pH, oxígeno disuelto, transparencia, color, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, materia orgánica, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrito total, fosfatos, fósforo total, aceites y grasas, sulfuros, cadmio, cobre, cromo hexavalente y total, mercurio, plomo y zinc. Los microbiológicos evaluados fueron coliformes totales y fecales.

Fase de campo

Los días 19 y 25 de abril de 2011 entre las 08:00 y las 16:00 horas, se llevaron a cabo la toma de muestra en las estaciones antes descritas, utilizando como medio de transporte una lancha con motor fuera de borda. El día 19 se tomó muestras en las estaciones CH-1, CH-2 y BC-3 y el día 25 de abril se tomó muestras en las estaciones BC-2, BC-4, CD-1 y CD-2 (Tabla 1.6.3).

Tabla 1.6.2. Ubicación estaciones muestreadas

Sitio de muestreo	Estación	Latitud N	Longitud W
CIENAGA HONDA	CH-1	10°16'52.23"N	75°32'42.69"O
	CH-2	10°16'39.25"N	75°32'42.69"O
BAHIA DE CARTAGENA	BC-2	10°17'9.50"N	75°32'29.90"O
	BC-3	10°17'3.20"N	75°32'50.50"O
	BC-4	10°17'24.30"N	75°31'59.70"O
CANAL DEL DIQUE	CD-1	10°17'12.00"N	75°31'23.22"O
	CD-2	10°16'35.03"N	75°31'17.17"O

Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Figura 1.6.1. Plano de ubicación de las estaciones muestreadas.



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Figura 1.6.2. Toma de muestras de agua.



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Fase de gabinete

Los valores obtenidos se consignaron en matrices en el programa Microsoft Excel® y se graficaron para obtener una mejor apreciación del comportamiento de cada variable abiótica por estación. Con base en las gráficas se analizó el comportamiento de cada variable entre estaciones y cuerpo de agua, mencionando en cual o cuales se obtuvieron los mayores o menores registros. Luego se compararon los valores obtenidos en cada variable con la norma, después se hallaron los Índices de Calidad del Agua.

Tabla 1.6.3. Metodología para el muestreo y preservación de muestras. STANDARD METHODS.

Determinación	Recipiente ²	Vol. mín. muestra, ml	Tipo de muestra ³	Preservación ⁴	Almac. máx. recomendado ⁵	Regulación
Aceites y Grasas	V	1000	S	Refrigerar, agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2	28 d	28 d
Color	P, V	500	S, C	Refrigerar	48 h	48 h
Conductividad	P, V	500	S, C	Refrigerar	28 d	
Fósforo	V (A)	100	S	Refrigerar, para fosfato disuelto filtrar inmediatamente	48 h	N.S.
Metales, general	P (A), V(A)	1000	S	Agregar HNO ₃ hasta pH<2, Refrigerar	6 meses	6 meses
Nitritos	P, V	100	S, C	Analizar tan rápido como sea posible. Refrigerar	Ninguno	48 h
Nitratos	P, V	100	S, C	Analizar tan rápido como sea posible. Refrigerar	48 h	48 h
Nitrógeno Amoniacal	P, V	500	S, C	Analizar tan rápido como sea posible o adicione H ₂ SO ₄ hasta pH <2. Refrigerar	7d	28d
Oxígeno Disuelto	G	300	S	La titulación puede ser demorada después de acidificación	8 h	-
Ph	P, V	50	S	Análisis inmediato	-	
Salinidad	G	240	S	Análisis inmediato	-	
Sólidos ⁹	P, G	200	S	Refrigerar	7 d	2-7 d
Sulfuros	P, G	100	S	Refrigerar, add 4 gotas de Ac. de Zinc 2N /100ml	28 d	7 d

Para detalles adicionales ver el texto y los protocolos respectivos. Para las determinaciones no enumeradas, usar recipientes de vidrio o plástico; preferiblemente refrigerar durante el almacenamiento y analizar lo más pronto posible.

² P = plástico (polietileno o equivalente); V = vidrio; V(A) o P(A) = enjuagado con HNO₃ 1+1; V(S) = vidrio enjuagado con solvente orgánico o secado en mufla.

³ S = simple o puntual; c = compuesta

⁴ Refrigerar = almacenar a 4°C en ausencia de luz. La preservación de la muestra debe realizarse en el momento de la toma de muestra. Para muestras compuestas, cada alícuota debe preservarse en el momento de su recolección. Cuando el uso de un muestreador automático haga imposible la preservación de cada alícuota, las muestras deben mantenerse a 4°C hasta que se complete la composición.

⁵ Las muestras deben ser analizadas lo más pronto posible después de su recolección. Los tiempos listados son los periodos máximos que pueden transcurrir antes del análisis para considerarlo válido. Las muestras pueden dejarse durante un mayor tiempo. Algunas muestras pueden no ser estables por el periodo máximo dado en la tabla.

Tabla 1.6.4. Metodología para realización de análisis en el laboratorio.

PARAMETROS	METODO	METODO ESTANDAR
Temperatura	Electrométrico	SM 2550B
pH	Electrométrico	SM 4500-H ⁺ B
Conductividad	Electrométrico	SM 2510B
Salinidad	Electrométrico	SM 2520B
Oxígeno Disuelto	Winkler	SM 4500-O G
Aceites y Grasas	Extracción Soxhlet	SM 5520 D
Color	Comparación visual	SM 2120 B
Sólidos Disueltos Totales	Gravimétrico	SM 2540 C
Sólidos Suspendidos Totales	Gravimétrico	SM 2540 D
Materia Orgánica	Volumétrico	IE-14
Fosfatos	Fotométrico	IE-71
Fósforo Total	Fotométrico	IE-71
Nitritos	Fotométrico	SM 4500 B
Nitratos	Fotométrico/UV	SM 4500 NO ₃ B
Nitrógeno Amoniacal	Fotométrico	IE 12
Nitrógeno Total	Fotométrico	IE 124
Sulfuros	Volumétrico	SM 4500 S F
Cadmio	Espectrométrico	SM 3500Cd-3113B
Cobre	Espectrométrico	SM 3500Cu-3113B
Cromo Total	Espectrométrico	SM 3500Cr-3113 B
Cromo Hexavalente	Fotométrico	SM 3500-Cr B
Mercurio	Espectrométrico – Vapor frío	SM 3500Hg-3112 B
Plomo	Espectrométrico	SM 3500Pb-3113B
Zinc	Espectrométrico	SM 3500Zn-3113B
Coliformes Fecales	NMP	IE-69
Coliformes Totales	NMP	IE-68

ÍNDICES DE CALIDAD AMBIENTAL - ICA

Los Índices de Calidad utilizados en este informe son los de la *Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME)*, desarrollados por el ministerio del Medio Ambiente, Tierras y Parques de British Columbia y la Secretaria de Medio ambiente de Alberta, Canadá. Estos ICA incorporan tres elementos:

- **Alcance (F1):** Cuantifica el número de variables que no reúnen el objetivo.
- **Frecuencia (F2):** Cuantifica el número de veces que el objetivo no es reunido.
- **Amplitud (F3):** Cuantifica la cantidad por la cual los objetivos no son reunidos.

Calculo de los Índices [9]:

El ICA basado en los factores F_1 , F_2 y F_3 , es calculado una vez se definen los sitios de muestreo, el tiempo de muestreo, número de variables, y el objetivo que define la calidad de cada variable.

F_1 (Alcance): Es el porcentaje de las variables que no alcanza el objetivo durante el periodo de estudio.

F_2 (Frecuencia): Representa el porcentaje de cada prueba que no alcanza el objetivo definido.

F_3 (Amplitud): Es la separación entre el ensayo fuera del objetivo y el valor objetivo considerado.

Las variables utilizadas para el cálculo del ICA fueron tomadas de las CCME - Water Quality Guidelines para protección de la vida acuática de lagos, ríos y estuarios Tabla 1.6.5 (): pH, O.D., fósforo, nitritos, nitratos, cadmio, cromo hexavalente, SST, cobre, mercurio, plomo, zinc y coliformes fecales. Las demás variables no se tuvieron en cuenta debido a que no están incluidas dentro de las pautas de la CCME.

Tabla 1.6.5. Concentración de referencia de la CCME para el cálculo de los ICA

Variable	Protección de la vida acuática	Uso Recreacional
Cadmio	8.8 µg/l*	–
Cromo VI	8.9 µg/L	–
C. Fecales	–	200m.o./100 ml
Fósforo	0.03 mg P/L	0.03 mgP/L
Cobre	2.0 µg/L	–
Mercurio	0.1 µg/L	–
Nitratos	2.9 mgN/L	–
Nitritos	0.06 mgN/L	–
Oxígeno	6.5 to 9.5 mg/L	–
pH	> 6.5 to < 9	5.0 to 9.0
Plomo	7.0 µg/L	–
SST	29 mg/L	-
Zinc	30 µg/L	-

*El cadmio no es usado por la CCME. Debido a la toxicidad de este metal decidimos incluirlo en el índice de calidad ambiental, tomando el valor de la concentración criterio crónica (CCC) de la NOAA para agua marina.

Usos del agua

Se revisó información secundaria y una valoración de la información obtenida para el componente social respecto a los usos, usuarios y tipos de abastecimiento de agua en la zona.

Hidrogeología

Se tomó información de INGEOMINAS en desarrollo del Estudio hidrogeológico de los departamentos del Atlántico y Bolívar al norte del Canal del Dique (Boletín 29, 1988). En este boletín se identifican las unidades hidrogeológicas presentes en el área de influencia del proyecto, junto con las condiciones del subsuelo como acuíferos potenciales y observaciones sobre la calidad del agua.

Geotecnia

Para la evaluación geotécnica se sucontrató a la firma AICO E.U., que realizó para la Sociedad Portuaria de Puerto Bahía los estudios respectivos con base en 200 metros lineales de perforaciones repartidos en 20 sondeos tomas de muestras de suelo para los ensayos de laboratorio.

Oceanografía

Para la oceanografía se revisaron los principales estudios regionales que han elaborado entidades como el CIOH en los que se contemplan las condiciones de las corrientes, mareas, oleajes y tormentas en el recinto de la bahía de Cartagena. También se consideraron los informes de Carlos Andrade (2001) y los últimos que ha presentado INVEMAR (2007) en relación con la sobre elevación del nivel del mar como consecuencia del calentamiento global y sus efectos en la bahía de Cartagena.

Adicionalmente en la campaña de Hidrocaribe 2011, se realizó el estudio de la dinámica oceanográfica empleando los modelos SWAN y MOHID para olas y de corrientes.

Caracterización de Sedimentos Marinos

Fase de campo

Para evaluar los parámetros físicos y químicos del sedimento se hizo toma de muestras utilizando una draga tipo Ponar de acero inoxidable. Las muestras fueron envasadas en frascos de vidrio boca ancha y preservadas mediante refrigeración para su traslado al laboratorio.

Fase de laboratorio

Trazabilidad: Una vez en el laboratorio se ingresaron las muestras a la base de datos y se codificaron para hacer la identificación y trazabilidad correspondiente, luego de lo cual se procedía al análisis siguiendo los métodos de la AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – Standard Methods for the examination of water and wastewater, (APHA, AWWA, WEF).

Duplicados de análisis: El laboratorio cumpliendo con la norma 17025 y la recomendación de la AWWA, APHA, y WEF en el Standard Methods, realiza rutinariamente duplicados al 5.0% del total de las muestras diarias analizadas en cada parámetro.

Clima

Para la caracterización climatológica del área de estudio se actualizó la base informativa con información reciente de estaciones registradoras del IDEAM (Tabla 1.6.6) entre las que se encuentran tres estaciones Pluimétricas, una pluviográfica, una climatológica principal y una estación sinóptica principal ubicadas en cercanías al área de estudio; estas estaciones cuentan con información de precipitación, temperatura, brillo solar, dirección y velocidad del viento, evaporación y humedad relativa.

Tabla 1.6.6 Estaciones climatológicas del IDEAM con información actualizada

Código	Tipo	Nombre	Municipio	Elevación	Coordenadas	Registros
				MSNM	N - W	
2903004	PG	Arjona	Arjona	60	10°15 75°21	1958-2007
1401502	SP	Aeropuerto Rafael Núñez	Cartagena	2	10°27 75°31	1958-2007
1401003	PM	Bayunca	Cartagena	75	10°32 75°24	1974-2007
1401503	CP	Escuela Naval CIOH	Cartagena	1	10°23 75°32	1947-2007
2903037	PM	Santa Ana	Cartagena	1	10°14 75°33	1974-2007
2903032	PM	Rocha	Arjona	5	10°06 75°25	1974-2007

Fuente: IDEAM, 2008

Calidad del aire y Ruido

Calidad del aire

Las mediciones de calidad de aire, se desarrollaron durante el periodo comprendido entre el 31 de agosto al 11 de septiembre de 2011, siguiendo la metodología descrita en el Capítulo 1– Generalidades.

El monitoreo de calidad, se llevó a cabo en tres (3) puntos predeterminados, ubicados estratégicamente para obtener un resultado confiable, durante el 10 días consecutivos por 24 horas. En cada punto seleccio-

nado, se instaló una estación de monitoreo, consistente en un (1) equipo High – Vol. para partículas menores de 10 micras, un equipo High - Vol. Para PST, Equipo Rack para monitoreo de NO₂, SO₂ y equipo Multi-Rae para medición de CO y COV's.

Tabla 1.6.7.Ubicación exacta de los puntos monitoreados y parámetros evaluados

PUNTO	UBICACIÓN	MUESTREOS
Punto 1	Lote SPPB (Antiguo Tk Almacenamiento Combusti-	PM10, PST, NO ₂ , SO ₂ , CO, COV's
Punto 2	Estación de Policía Comunidad de Santa Ana.	
Punto 3	Ararca (Colegio)	

Fuente: DLG Ingenieros S.A.S, 2011

Legislación ambiental aplicada:

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en la Resolución No.601 del 4 de abril de 2006, Capítulo 2, Niveles Permisibles en el Aire, establece las Normas para Calidad del Aire, en lo referente a Partículas en Suspensión (PM10) En el Artículo 4º, se determinan los valores máximos permisibles por contaminantes de la siguiente manera: “Artículo 4º. Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes Criterio. Se establecen los niveles máximos permisibles en condiciones de referencia para contaminantes criterio, contemplados en la Tabla 2 de la presente Resolución, los cuales se calcularán con el promedio geométrico para TPS y aritmético para los demás contaminantes:

Tabla 1.6.8.Norma anual

Parámetro	Norma Local mg/m ³
Partículas Menores de 10 Micras(PM10)	50 Promedio Geométrico
Partículas Suspendidas Totales	100 Promedio Geométrico
NO ₂	100
SO ₂	80

Fuente: DLG Ingenieros S.A.S, 2011

Nota: mg/ m³ o Ug/ m³ a las condiciones de 298.15 OK y 101,325 K Pa. (25 OC y 760 mm Hg).

Tabla 1.6.9.Norma Local Promedio en 24 horas

Parámetro	Norma Local mg/m ³
Partículas Menores de 10 Micras(PM10)	150 Promedio Geométrico
Partículas Suspendidas Totales	300 Promedio Geométrico

Fuente: DLG Ingenieros S.A.S, 2011

Tabla 1.6.10.Norma 8 horas

Parámetro	Norma Local ppm
CO	8.8 ppm

Fuente: DLG Ingenieros S.A.S, 2011

Tabla 1.6.11.Norma 1 hora

Parámetro	Norma Local ppm
CO	35 ppm

Fuente: DLG Ingenieros S.A.S, 2011

Para Compuesto Orgánicos Volátiles no existe legislación nacional que reglamente los niveles máximos permisibles de exposición. Para efectos de este informe se ha tomado como referencia la norma internacional OSHA el cual establece un límite máximo permisible de 100 ppm para 8 horas de exposición. La resolución 610/2010, modificó los valores límites permisibles para PM10, haciendo este parámetro cada vez más restrictivo, por lo tanto en el año 2010 se encontraba la norma local para PM10 en $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con la entrada en vigor de la norma bajó a $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y actualmente (desde enero del 2011) se encuentra en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Metodología para Partículas Suspensas Totales (PST) y Partículas Menores de 10 Micras (PM10).

Después de haber calibrado los equipos, cada muestreador se ubicó en los puntos acordados, durante diez días continuos, cada 24 horas se retiró el filtro usado y se colocó uno nuevo, además de la respectiva revisión y ajuste de cada equipo.

Cada filtro después de haberlo mantenido adecuadamente almacenado se pesó en el laboratorio de gravimetría de la firma acreditada Control De Contaminación Ltda., previo equilibrio de la humedad durante 24 horas en desecador con Silica gel, utilizando una balanza analítica y por diferencia se determinó la cantidad de material particulado depositado sobre él. La manipulación de los filtros sucios y limpios, se hizo en empaques individuales de polietileno los cuales se transportaban hasta cada sitio debidamente protegido y almacenado.

Finalmente se determinó la calidad del aire, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, teniendo en cuenta el volumen de aire muestreado durante el período de tiempo dado por el contador horario del equipo.

Los muestreos determinan la concentración de partículas por método gravimétrico; mediante la captación del aire ambiente utilizando para ello equipos muestreadores de alto volumen. "Hig - Vol." para PM10, con filtros apropiados. Toda la metodología aplicada para este tipo de estudio es la establecida por la EPA, y aprobada por el Ministro del Medio Ambiente y Corporaciones Regionales.

Metodología para Gases NO_2 y SO_2 .

Los equipos Rack para la toma de muestras y posterior análisis de concentraciones de Dióxidos de Nitrógeno y Dióxidos de Azufre fueron instalados en los respectivos puntos de muestreo y calibrados inicialmente para dar inicio al proceso de monitoreo, una vez cumplida esta fase se procedió a la aplicación de 50 ml de reactivo (SO_2 , NO_2) para que a través del método de absorción de contaminantes por medio de soluciones que reaccionan con los gases establecidos se tomara la muestra en el tren de burbujeo.

El período de muestreo fue continuo durante 24 horas, tiempo en el cual se procedía al retiro de las muestras y depositadas en recipientes previamente rotulados y conservando la cadena de custodia y refrigeración hasta su traslado al laboratorio para el análisis pertinente.

Durante este proceso se tuvo en cuenta:

- Calibración diaria de los equipos de monitoreo (Rack).
- Condiciones Climatológicas.
- Temperatura interna del tren de burbujeo.
- Rotulación de los recipientes.
- Tiempo de Muestreo.
- Cadena de Custodia.
- Refrigeración de las muestras.

Finalmente se determino las concentraciones de NO₂ y SO₂ presentes en el área de estudio a través de las técnicas de Arsenito de Sodio y Pararosanilina teniendo en cuenta los volúmenes de las muestras y el periodo de tiempo muestreado.

Metodología para Gases CO y COV's.

El monitoreo para determinar las concentraciones de Hidrocarburos Totales expresados como metano, los Óxidos de Carbono y los Compuestos Orgánicos Volátiles se realizo a través de celdas electroquímicas a través de la utilización de un Equipo MultiRae el cual permite determinar dichas concentraciones a través de un muestreo InSitu el cual se realiza en un periodo de mínimo 30 minutos por punto de muestreo.

Ruido

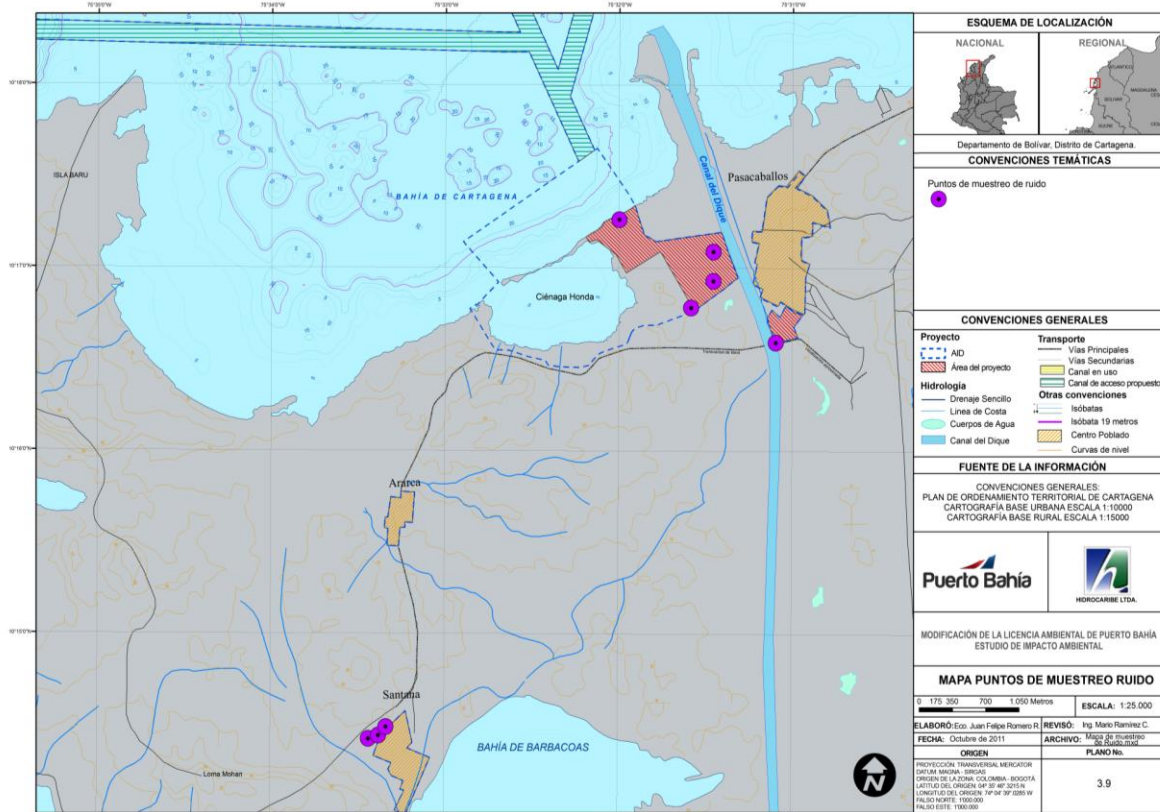
El monitoreo de ruido ambiental se desarrolló con base a la normatividad del MAVDT, expresada en la Resolución 0627 de abril 7 del 2006, para lo cual se realizó un barrido, con el sonómetro en ponderación rápida en las poblaciones de Santa Ana, Puerto Bahía, y Lote de Pasacaballos, durante los días 22,23 y 24 de junio de 2011, realizando recorridos diurnos y nocturnos; cuyos resultados y la ubicación de los puntos pueden apreciarse en la Tabla 1.6.12.

Tabla 1.6.12. Localización de los puntos de muestreo

Población de Santa Ana			
Punto No.	Georeferencia Norte	Georeferencia Este	Ubicación
1	10°14'25.4"N	75°33'25.9"O	Casa Señora Motorel
2	10°14'26.5"N	75°33'22.4"O	Esquina Colegio Santana
3	10°14'29.3"N	75°33'19.9"O	Casa Familia Rocha Salas
Puerto Bahía			
1	10°16'55.8"N	75°31'20.4"O	Entrada Principal
2	10°17'05.4"N	75°31'27.1"O	Lateral Hacia el Dique
3	10°17'15.9"N	75°31'59.7"O	Muelle
4	10°16'47.0"N	75°31'34.8"O	Entrada de Volteos
5	10°16'47.0"N	75°31'34.8"O	Salida
Lote Pasacaballos			
1	10°16'35.6"N	75°31'05.5"O	Entrada a Lote

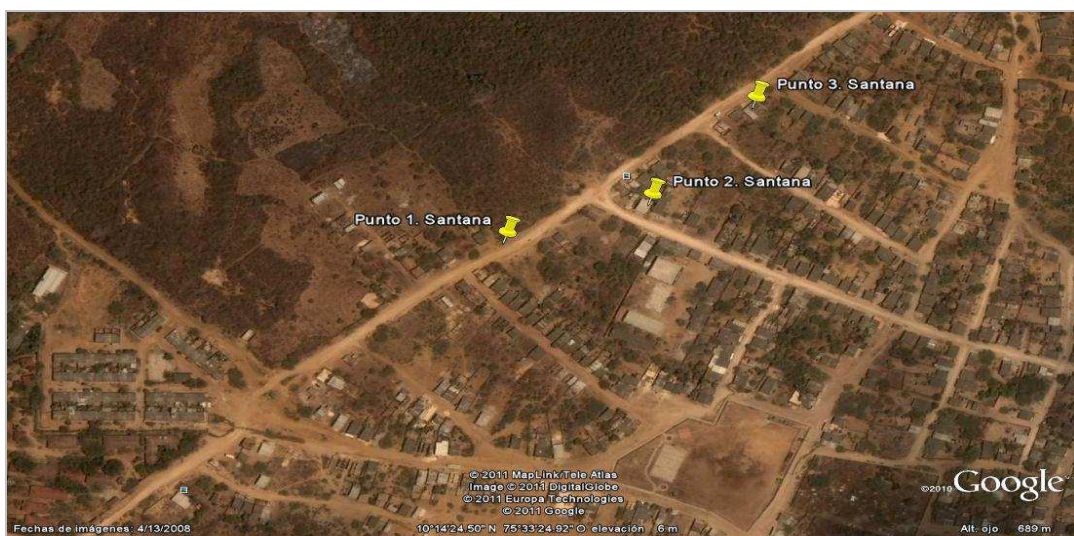
Fuente: HIDROCARIBE LTDA, 2011

Figura 1.6.3 Localización general de las estaciones de monitoreo



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Figura 1.6.4 Localización de las estaciones de monitoreo Santa Ana



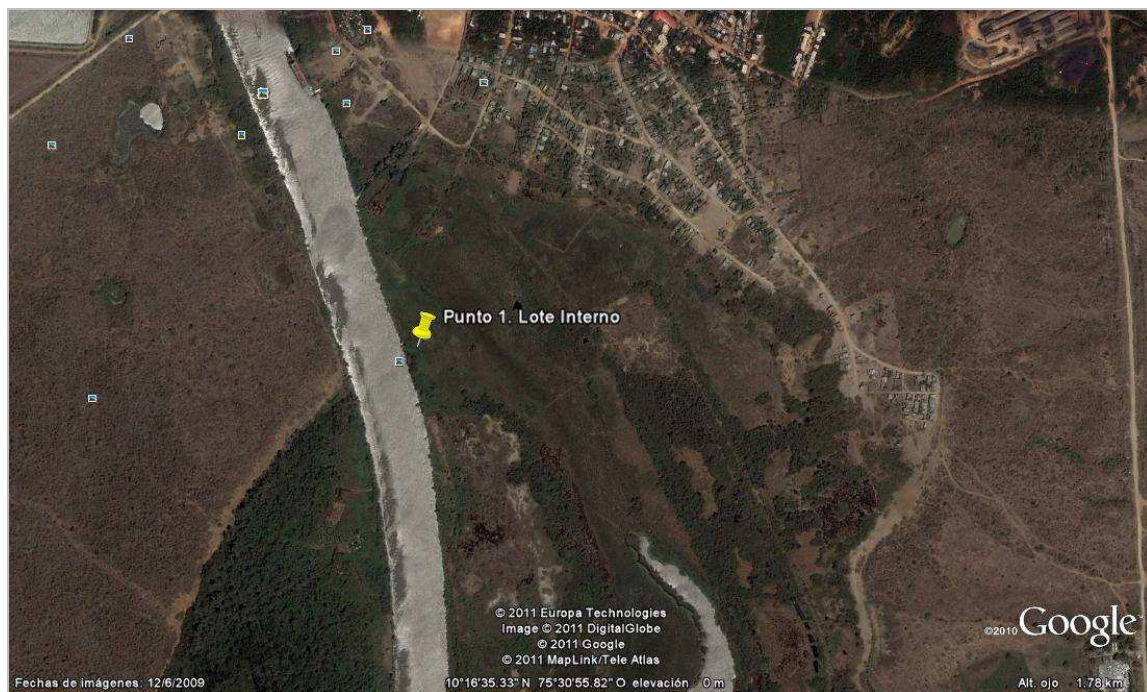
Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Figura 1.6.5 Localización de las estaciones de monitoreo Puerto Bahía



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Figura 1.6.6 Localización de las estaciones de monitoreo Pasacaballos



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011

Método y Ciclos de Muestreo

Para desarrollar el muestreo se empleó una estrategia de monitoreo continua (1 hora), durante 24 horas y se tomaron 1 réplica diurna y una (1) nocturna, por cada uno de los sitios muestreados. La tabla detallada de la información recopilada resume cada uno de los ciclos de muestreo.

El equipo se colocó sobre un trípode, protegido con un protector o pantalla contra el viento, los rayos del sol y la lluvia. El técnico de turno, ubicado en los puntos correspondientes, anotó en la planilla de campo, los eventos más sobresalientes durante el día o la noche dependiendo del caso.

Paisaje (INCOPLAN S.A., 2009 e Hidrocaribe, 2011)

La descripción y análisis de visibilidad y calidad paisajística del área influencia directa, se realizó a través del siguiente procedimiento, identificando en primer lugar los elementos estructurales y modeladores del paisaje y dándoles el valor escénico, tal y como se describe a continuación:

Elementos del Paisaje

- **Natural:** En este componente se incluyeron los sectores en los que el elemento modelador del paisaje es el predominio de la vegetación así como la presencia de cuerpos de agua naturales que marcan un carácter dominante, muy amplio.
- **Artificial:** En este componente se incluyeron las instalaciones de propiedad privada, urbanizaciones y construcciones en general como la actual vía, redes eléctricas parques comunitarios, entre otros, en las cuales la representación del medio natural se ve opacada por la intención de optimizar espacio para maximizar la producción o el objetivo de su existencia. En este caso se pudo hablar de un carácter comunicativo y ansioso del paisaje.
- **Cultural:** Este componente caracteriza el uso del suelo, integrando las actividades antrópicas que han modificado el paisaje, ajenos al medio natural como edificaciones, vías, amoblamientos urbanos, entre otros.

Calificación del Paisaje

A estas unidades de paisaje se les categorizará su valor escénico como ALTO, MEDIO Y BAJO basados en tres criterios que son:

- **Visibilidad:** se refiere a la claridad o grado de percepción óptica que un observador tiene dentro de cada unidad, siendo ALTA para una completa claridad visual (mayor a 100 m), MEDIA para una visibilidad entre 50 y 100 m y BAJA para una visibilidad menor a 50 m.
- **Grado de intervención humana o grado de modificación de cada unidad:** se categorizan como ALTA cuando las condiciones naturales han sido modificadas totalmente, MEDIA cuando a pesar de haber sido modificado el entorno se conservan o se han reemplazado algunos elementos naturales y BAJA cuando el grado de modificación no es perceptible.
- **Calidad Visual:** se refiere a la sensación de agrado o desagrado que el conjunto de elementos de cada unidad produce a la percepción visual, se categorizan de ALTA CALIDAD cuando existe armonía entre los

elementos de la unidad y el entorno siendo agradable a la contemplación de la misma, MEDIA CALIDAD cuando ha pesar de existir elementos naturales en la unidad no armonizan con el entorno o es monótona en su conjunto y BAJA CALIDAD cuando los elementos existentes tanto naturales como culturales no presentan armonía entre sí o con el entorno.

1.6.2 Medio Biótico

Ecosistemas Terrestres

Caracterización de Flora

Ecosistemas de manglar

Fase de campo

Se realizó el muestreo del área de manglar que se encuentra ubicado entre el canal del Dique y el predio de la estación de transferencia. Al ser una zona tan pequeña no se pudo implementar la metodología de 10 parcelas de 10 x 10 m (0,1 ha) solamente se logró realizar una parcela de 10 m x 10 m (0.01 ha) distribuida de modo que se tomara el sitio más representativo para los 136 m² de manglar presentes en la zona de estudio, cubriendo un área total de 100 m² (0.1 ha) (Figura 1.6.7).

Fase de gabinete

En cada una de las parcelas muestreadas se contaron, identificaron y midieron todos los árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 2,5 cm siguiendo la metodología propuesta por Cadavid et al., (2009) tomando los siguientes datos:

- a) categoría diamétrica
- b) número de individuos
- c) especie
- d) altura total
- e) altura de fuste
- f) circunferencia a la altura del pecho (CAP),
- g) diámetro mayor y menor de la copa (x, y).

En cuanto a la estimación de la regeneración natural, en cada una de las parcelas se contaron e identificaron los individuos con menos de 2,5 cm de diámetro, y se clasificaron en propágulos (sin hojas) y plántulas (con algunas hojas pero sin alcanzar dimensiones de brinzal).

Los cálculos se realizaron con la metodología descrita a continuación:

Fue calculado el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), a partir de la formula $DAP = CAP/\pi$ y a partir del valor de DAP se establecieron las categorías diamétricas de los individuos en fustales, latizales y brinzales. Para cada una de estas categorías se calculó el DAP Promedio, el DAP Máximo, altura promedio y altura máxima.

Se determinó la estructura de los manglares a partir de los cálculos de: densidad absoluta y relativa, frecuencia absoluta y relativa, área basal, dominancia relativa e índice de valor de importancia (IVI) por especie y categoría diamétrica, además del volumen de madera del área evaluada. (Cadavid et al., 2009).

Figura 1.6.7 Área de muestreo del manglar; longitud franja de manglar *Conocarpus erectus* (Línea amarilla); parcela de 10 m x 10 m (Cuadrado Verde) (Tomado y modificado de Google Earth 2011).



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011., Tomado y modificado de Google Earth, 2011.

1. **Densidad absoluta:** $d = (\sum \text{individuos especie } i / \text{área total muestreada}) * 100$
2. **Densidad Relativa categoría y/o especie:** $dr = (\sum \text{individuos especie } i / \sum \text{total de individuos}) * 100$
3. **Frecuencia Absoluta:** $F = (\sum \text{parcelas donde aparece la especie } i / \sum \text{parcelas}) * 100$
4. **Frecuencia relativa:** $Fr = (\text{Frecuencia de la especie } i / \sum \text{Frecuencia de todas las especies}) * 100$
5. **Área Basal:** $AB \text{ (m}^2\text{)} = DAP2 * 0,00007854$
6. **Área Basal total:** $ABt \text{ (m}^2\text{)} = \sum AB \text{ de la especie } i$
7. **Dominancia Relativa:** $Dr = (AB \text{ de la especie } i / \sum AB \text{ de todas las especies}) * 100$
8. **Índice de Valor de Importancia: IVI:** Densidad relativa (%) + Dominancia relativa (%) + Frecuencia relativa (%)

9. Volumen de madera (Vm):

$$Vm: \Sigma AB * HF * 0.7$$

Donde, AB: Área basal.

HF: altura del fuste.

0.7: factor de forma.

10. Cobertura: $\pi * D1 * D2$

Donde, π : 3,1416

D1: Diámetro mayor

D2: Diámetro menor

Figura 1.6.8 a. Y b. Delimitación parcela de 10 m x10 m; c.y d. toma de altura del mangle con clinómetro; e. toma de DAP.



a.



b.



c.



d.



e.

Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Composición florística

En la zona de la estación de transferencia, la composición florística se realizó mediante un inventario forestal. Debido a las características que presenta la zona por ser un terreno donde se encuentra una extensión considerable de ecosistema de pantano aproximadamente 80% de cobertura del predio donde predomina la Enea *Typha domingensis*, el helecho matatigre *Acrostichum aureum*, y el vijao *Thalia geniculata* y un pequeño ecosistema subxerofítico con un 20% de cobertura, representado principalmente por las especies *Conocarpus erectus*, *Erythrina fusca* y *Prosopis juliflora*.

Figura 1.6.9 Parcelas establecidas para realizar la caracterización de flora



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011

Fauna

Revisión de información secundaria

En cuanto a la fauna, se llevó a cabo en primera instancia, una revisión bibliográfica de estudios previos para la zona como los realizados por CARDIQUE, la Pontificia Universidad Javeriana, CORMAGDALENA, Universidad del Norte, UJTL, entre otros.

Mastofauna (mamíferos)

La detección de mamíferos en un área determinada puede ser muy compleja debido principalmente a dos factores:

Primero Los hábitos nocturnos o crepusculares de algunas especies y segundo la evasión de los mamíferos ante la presencia humana, gracias a que sus sentidos se encuentran bien desarrollados.

Para mamíferos: se empleó la metodología que se expone a continuación, desarrollada en la Propuesta metodológica para asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad – Instructivo de aplicación. Convenio de Asociación No.09 de 2008. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, The Nature Conservancy, World Wildlife Fund, Conservación Internacional. Colombia 2010.

Para caracterizar los mamíferos es necesario estudiar los mamíferos pequeños, grandes tanto terrestres como voladores. Se deben aplicar varias metodologías para obtener un listado completo de este grupo de vertebrados. Es importante tener en cuenta que en algunos casos se deben coleccionar especímenes en campo más que todo en grupos como los pequeños roedores y murciélagos, ya que su determinación taxonómica solo se puede hacer de acuerdo a algunas características de su morfología animal (Morales et al. 2004).

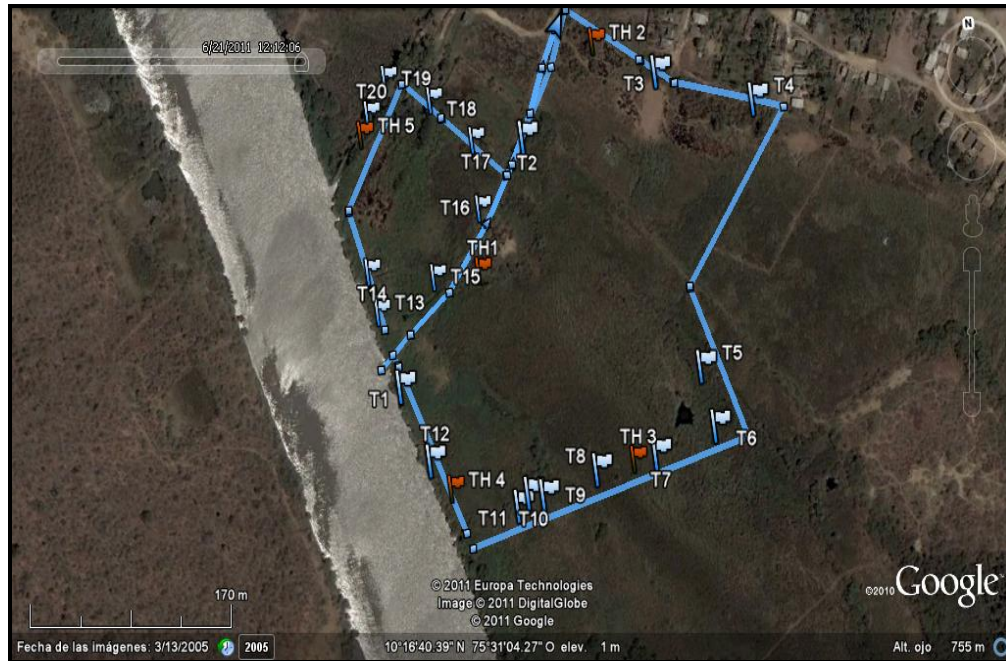
Muestreo mamíferos terrestres pequeños: debido a la poca extensión del área de estudio y a la baja diversidad de coberturas encontradas, se instalaron 20 trampas Sherman en los sitios donde se encontró cobertura vegetal de tipo arbórea o rastrojo en el suelo firme (debido a que gran parte del predio se encontraba dominada por la zona inundable) (Figura 1.6.10) los cuales se consideraron más adecuados para la captura de mamíferos pequeños.

Las trampas se instalaron durante el día (Figura 1.6.11 a), colocando dos clases de cebo (el primero fue una mezcla de avena en hojuelas, mantequilla de maní y esencia de vainilla y el segundo fueron frutas y carnes en descomposición) las trampas fueron colocadas durante tres noches, y se hicieron las revisiones periódicas durante las horas de la mañana.

Para los mamíferos terrestres medianos y grandes se realizó un recorrido por toda la periferia del predio y un transepto el cual lo atravesaba en su parte interior (en donde se encontró suelo firme y vegetación terrestre a la cual se pudieran asociar las especies) (Figura 1.6.11) b. Durante el recorrido se realizó observación directa de los mamíferos y se tomaron datos de cada especie, si se encontró solo o en grupo, la actividad que estaba realizando y la cobertura a la cual estaba asociado.

Aunque se tuvieron en cuenta datos de huellas, rastros y heces no se encontró evidencia de ninguna de las mencionadas lo cual pudo estar influenciado por lluvias que se presentaron durante el periodo del estudio. Para complementar la caracterización además de la metodología descrita anteriormente se colocaron 5 trampas tipo “Tomahawk” para la captura de este tipo de mamíferos.

Figura 1.6.10 Ubicación de las trampas para el muestreo de mamíferos T= trampas Sherman y TH = trampas “Tomahawk” (Tomado y modificado de Google Earth 2011).



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Mamíferos voladores: para muestrear estos mamíferos se instalaron redes de niebla, que se ubicaron en sitios estratégicos de paso de murciélagos (Figura 1.6.12). Las redes se abrían entre las 5:30 pm y 11:30 pm con revisiones cada media hora, tomando datos y registro fotográfico de las especies capturadas para su correcta identificación.

La identificación de los individuos se realizó directamente en campo, (cuando esto no fue posible se tomaron registros fotográficos que permitieran la identificación de los mismos con la literatura y claves especializadas), en los casos en que hubo captura se tomaron las medidas necesarias para manipular a los individuos sin hacerles daño alguno, tomando los datos correspondientes para cada especie y liberándolos posteriormente dentro del área en la cual fueron capturados.

Debido al bajo número de especies e individuos capturados y su oportuna identificación en campo no se realizó colecta para identificación en laboratorio.

Figura 1.6.11 a. Instalación de trampas: Sherman para la captura de mamíferos pequeños y b. trampas tipo “Tomahawk” para la captura de mamíferos medianos y grandes dentro del área de estudio.



a.



b.

Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Figura 1.6.12 Redes de niebla utilizadas en el área de estudio para capturar mamíferos voladores (murciélagos)



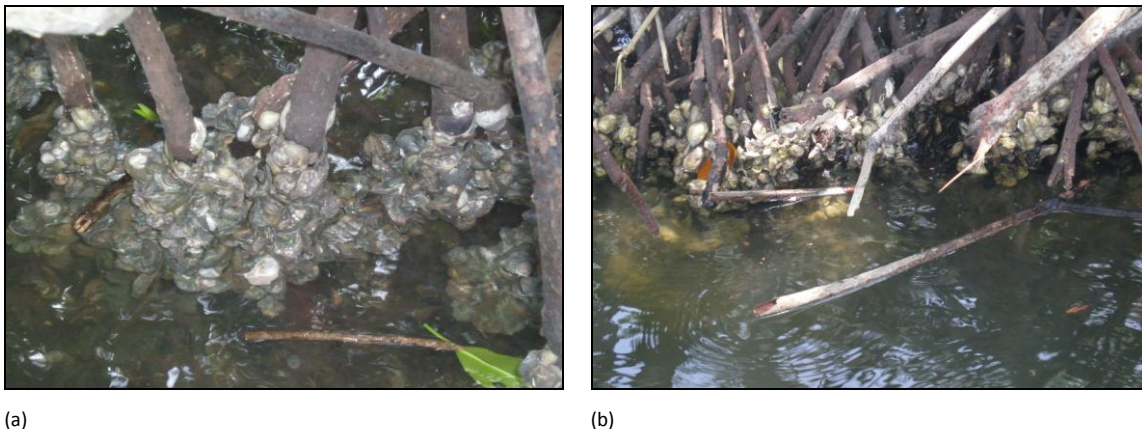
Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Fauna asociada a raíces de manglar

Fase de campo

La recolección de los organismos, se realizó en tres sectores de la bahía de Cartagena: cienaga Honda (10 16' 35.8" N y 75 32' 11.6" W), ciénaga Coquito (10 15' 53.4" N y 75 33' 45.0" W) y Caño de Loro (10 20' 39.9" N y 75 32' 27.1" W). En cada una de estas ciénagas se eligieron dos raíces con organismos asociados (Figura 1.6.13). Una vez elegida la raíz esta fue cortada y colocada inmediatamente en una bolsa de lona para evitar el escape de los organismos. Se dejó eliminar el exceso de agua en la bolsa, para luego rotularla y trasladarla al laboratorio. Finalmente, las estaciones fueron geoposicionadas utilizando un GPS Garmin Etrex con una precisión de ± 5 m.

Figura 1.6.13. Vista de los organismos asociados a las raíces de mangle de Caño del Oro (a) y ciénaga Honda (b).



(a)

(b)

Fuente: INCOPLAN S.A., 2009

Fase de laboratorio

En el laboratorio los macroinvertebrados adheridos a las raíces fueron separados con la ayuda de una espátula y se trató por separado como se indica a continuación:

(1) lavado sobre un tamiz de ojo de malla 200 μ m, (2) se extendieron sobre una bandeja plana en donde con ayuda de un estereoscopio se separaron manualmente los organismos de restos de madera y otros materiales sólidos, (3) los especímenes fueron separados en grupos mayores (Phyla) en frascos con alcohol al 75%, (4) identificación de todos los individuos hasta el nivel taxonómico más bajo posible, de modo que los morfotipos establecidos fuesen equiparables a especies, al efecto se emplearon trabajos taxonómicos especializados para cada Phylum o taxa mayor y (5) se realizó de los recuentos (número de individuos / especie o morfotipo asimilable a especie) por muestra.

Finalmente se realizó un registro fotográfico de ejemplares de cada una de las especies encontradas.

Fase de gabinete

A partir de la abundancia de la comunidad se procedió a determinar medidas de diversidad que permiten confluir un gran número de variables bióticas (especies) y datos en un solo valor característico para una comunidad (muestras o estaciones según el caso). Las medidas utilizadas fueron Diversidad de Shannon-Wiener, Riqueza de Margalef, Uniformidad de Pielou y Predominio de Simpson (Ludwig y Reynolds, 1988; Ramírez, 1999; Clarke y Warwick, 2001).

Con base en las abundancias se procedió a calcular las varianzas de las diversidades mediante la fórmula:

$$\sigma_{sw}^2 = \sum_{i=1}^M P_i (\ln p_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^M P_i \ln p_i \right)^2$$

Posteriormente se estimaron los límites del intervalo confianza de Hst:

$$(H_h^\phi(P) - Z_{\varepsilon/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, H_h^\phi(P) + Z_{\varepsilon/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}})$$

Para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas en las diversidades entre las estaciones se utilizó el estadístico Ji-cuadrado:

$$X^2 = \sum_{t=1}^s n_t \frac{(H_h^\phi(P_t) - \bar{D})^2}{\sigma_t^2}$$

Donde:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{t=1}^s n_t H_h^\phi(P_t)}{\sum_{t=1}^s \frac{n_t}{\sigma_t^2}}$$

El procedimiento anterior se realizó siguiendo a Pardo et al. (1992).

Con el fin de localizar asociaciones biológicas entre estaciones por sus características estructurales se llevó cabo el análisis de ordenación no métrico multidimensional (NMDS) mediante el índice de Bray Curtis y transformación de los datos con raíz cuadrada (que propiciaba la menor distorsión de los datos). Debido a que las técnicas de ordenación no trazan límites espaciales que separen los grupos, corresponde al investigador interpretar los resultados basados en la posición en que se disponen los grupos en el espacio (Crisci y López, 1983). Para facilitar la interpretación de los resultados y teniendo en cuenta que el estrés fue menor a 0.05 lo que según Clarke y Warwick (2001) "proporciona una excelente representación de los datos en la ordenación, sin ninguna perspectiva de mala interpretación", se eligieron dos ejes para la ordenación final.

Anfibios y reptiles

Encuentros visuales

Se utilizó el método de registros por encuentros visuales (VES por sus siglas en inglés: Visual Encounter Surveys) utilizando el mismo recorrido que el de los mamíferos (Figura 1.6.10): realizando un muestreo en la mañana y uno en la tarde, durante tres días.

En cada recorrido se observaron los individuos presentes sobre la vegetación y la hojarasca, hasta una altura máxima de 2.5 m. A cada individuo avistado se le registro: la hora de captura, la altura de la posición vertical (“percha”), la actividad (llamado, amplexo, reposo, etc.) y sustrato en el que se encontró (hojarasca, rama, tallo, hoja, helecho o bromelia, mangle).

Métodos de laboratorio

Por medio de los registros fotográficos y con ayuda de claves taxonómicas para anfibios se identificaron las diferentes especies colectadas.

Adicional al trabajo de campo directo en el área de estudio, se realizaron un total de 50 entrevistas a la comunidad de pasacaballos adyacentes al área de estudio, con el fin de obtener información sobre las especies que habitan en la zona, su interacción y uso por parte de la población. Para esto se contó con la participación de una persona de la comunidad la cual estuvo encargada de tomar la información, la cual tuvo previamente una capacitación por parte de los investigadores.

Caracterización de aves

Existen numerosas técnicas en el campo de la ornitología que permite conocer y estudiar detalladamente las comunidades de aves presentes en determinados ecosistemas o hábitats, las cuales proporcionan información importante en cuanto a las riquezas, diversidades, abundancias, dominancias, pero adicionalmente aportan información poblacional.

Para estudiar las aves en los hábitat previamente identificados, se realizaron recorridos extensivos a lo largo del día (6:00 am – 5:30 pm) para obtener registros visuales y auditivos de las aves (Ralph et al. 1996). Durante los recorridos se trató de censar en todos los hábitat identificados, donde se registró: cada individuo, tipo de hábitat asociado, tipo de observación (e.g. canto) y algunas características ecológicas (e.g.. construcción nidos, forrajeo). Esta metodología se complementó con el uso de redes de niebla, entre 8- 10 redes (Figura 1.6.14), abiertas entre 6:00 am – 5:30 pm, que permitieron examinar señas de reproducción y tomar mediciones morfológicas (Stiles y Bohórquez, 2000).

Figura 1.6.14 a y b. Instalación de las redes de niebla para la captura de aves, dentro del área de estudio.



a.



b.

Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

El tiempo limitado de trabajo en campo no permitió la obtención de datos cuantitativos sobre la abundancia de las especies. Por esto, determinamos las abundancias relativas, basados en la frecuencia de observación de cada especie, obtenidas durante el total de los recorridos extensivos de cada una de las localidades. Así que empleamos una clasificación semicuantitativa, organizando categorías de abundancia relativa así: (Stiles y Bohórquez, 2000) A: Abundantes, más de 10 registros acumulados; C: Común, entre 5 y 9 registros acumulados; E: escasa, entre 3 y 4 registros acumulados y R: rara, entre 1 y 2 registros acumulados.

A partir de la información presentada por Stotz et al. (1996) se consideró la prioridad en conservación de las especies de aves a escala neotropical. Según estos autores, la prioridad en conservación se basa en el estado de la población, su vulnerabilidad a amenazas y/o el estado de su hábitat, presentando cuatro categorías de prioridad: 1- Urgente, 2- Alta, 3-media, 4- baja.

También a partir del listado de Stotz et al. (1996) se revisó la prioridad de investigación para cada especie, en la cual se categoriza la necesidad y urgencia de investigaciones en cuanto a cada especie en lo referente a historia natural y ecología, presentando una escala de investigación: 1- Urgente, 2- Alta, 3-media, 4- baja.

Otro criterio tenido en cuenta, fue el ver si las especie cumplían con los criterios AICAS (Áreas de importancia para la conservación de las aves) (Roselli 2003). Dentro de estos criterios, algunas especies cumplían con los siguientes: Ig- interés genético, especies por las cuales existe interés de investigación a nivel molecular. Co- Especies congregatorias, especies que tienen comportamiento gregario, especialmente en época reproductiva o de migración. Rr- Especies con rango restringido, son especies que están restringidas a un área biogeográfica específica. Ce- Especies casi endémicas; especies que poseen un rango de distribución menor a 50.000 kilómetros cuadrados. Vu- Especies Vulnerables. Especies que están consideradas como amenazadas a nivel global (BirdLife, 2000).

A cada individuo capturado se le tomó registro fotográfico y las medidas correspondientes que permitieron su identificación.

Índices y análisis estadísticos

Para el análisis de la información colectada se utilizó el software Microsoft Excel 2010, StimateS 6, Past 3, entre otros. Se calcularon los índices de Riqueza, Abundancia y Diversidad, para los grupos, mamíferos, aves, anfibios y reptiles los cuales se referencian a continuación:

Riqueza

La riqueza está dada por el número total de especies obtenido a partir de los censos realizados a cada zona de estudio (Ramírez, 1999a), sin tomar en cuenta su valor de importancia (Moreno, 2001) dentro de la comunidad. La Riqueza es entendida como la variedad de las especies dentro de la comunidad de cada una de las zonas de estudio preestablecidas.

Abundancia

La Abundancia en este caso se refiere al número de individuos por unidad de tiempo (Smith & Smith, 2000). La Abundancia relativa o porcentual de una especie corresponde a su porcentaje de representatividad respecto al total de especies indicando su contribución a la comunidad (Franco. *et al.*, 1989, Ramírez, 1999b).

Diversidad

Los valores de diversidad fueron determinados realizando un análisis del sentido estructural de la comunidad, basados en la abundancia proporcionada, es decir, describiendo la relación gráfica entre el valor de importancia de las especies en función de un arreglo secuencial por intervalos de la más a la menos importante (Krebs 1989, Magurran 1988 en: Moreno 2001) evaluando tanto la dominancia como la equidad de la comunidad.

La diversidad es la medición de la variedad de las especies dentro de la comunidad, y la abundancia de los individuos que componen dichas especies en cada zona de estudio.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener

La diversidad de cada zona de estudio se calculo mediante el índice de Shannon-Wiener ya que este se encuentra descrito para comunidades indefinidamente grandes que no se pueden estudiar en su totalidad por infraestructura, costos, tiempo, personal o imposibilidad misma y, por tal razón su valor debe estimarse a partir de una muestra, a pesar de que su cálculo arroje un estimador sesgado, por cuanto se desconoce el verdadero valor del número de especies del taxa bajo estudio (Pielou 1975 en: Ramírez 1999a).

$$H = -\sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

El índice de Diversidad de Shannon – Wiener se estima de la siguiente manera:

Donde H es la diversidad de especies, a el número de especies y p_i es la proporción de individuos en el total de la muestra que pertenecen a la especie (Smith & Smith 2000).

Índice de diversidad de Simpson

Este índice es conocido como una medida de concentración y se refiere a la probabilidad de extraer dos individuos de una misma especie. Su aplicación recae tanto en el conocimiento total de un taxa como en muestras.

Este índice ha sido visto como una medida de dominancia debido a su marcada dependencia de las especies más abundantes (Moreno, 2001, Franco et al 1989, Ramírez 1999b).

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Su determinación se realiza mediante la fórmula:

Donde p_i es la abundancia proporcional de la especie i (Moreno, 2001) es decir, corresponde a la proporción de individuos de la especie respecto al total de especies indicando su contribución a la comunidad.

El inverso de este índice, es decir, el que representa diversidad es:

$$\lambda = 1 - \sum p_i^2$$

Y representa la equidad de una comunidad (Magurran 1988 en: Moreno, 2001), por lo tanto, si el índice resulta en un valor cercano a uno, se asume que la comunidad en estudio posee una baja dominancia y una alta diversidad.

Ecosistemas Acuícolas

Flora y vegetación acuática

En primera instancia se llevó a cabo una revisión bibliográfica para los reportes en el área de estudio, con trabajos como los realizados por la Universidad del Norte y CORMAGDALENA, la UJTL y OCEANOS. A fin de generar información puntual para el área de influencia directa, durante el mes de diciembre de 2008, se llevó a cabo una caracterización del fitoplancton en el canal del Dique, en las coordenadas 10°17'11,2N''; 75°31'23,6W'', estación denominada E5. La metodología puntual se presenta en el numeral respectivo para Ecosistemas marinos.

Fauna

En cuanto a la fauna presente en el Canal, se llevó a cabo una revisión bibliográfica que permitió identificar las principales especies presentes en el mismo. A fin de generar información puntual para el área de influencia directa, durante el mes de diciembre de 2008, se llevó a cabo una caracterización del zooplancton y el macrozoobentos en el canal del Dique, en la estación E5. La metodología puntual se presenta en el numeral respectivo para Ecosistemas marinos.

Ecosistemas Marinos

Flora

Praderas de fanerógamas

Revisión de información secundaria

En primera instancia se llevó a cabo una revisión bibliográfica para los reportes en el área de estudio, con trabajos como los realizados por INVEMAR, CARDIQUE, entre otros.

Fase de campo

En el área de influencia directa biótica, se llevó a cabo una verificación en campo de la ausencia de praderas de fanerógamas, según lo determinado por la bibliografía, razón por la cual, no se realizaron muestreos de las mismas.

Fitoplancton

Se establecieron siete estaciones para la recolecta de las muestras fitoplanctónicas, dos de ellas ubicadas dentro de la Ciénaga Honda, tres adyacentes a la Ciénaga Honda y las dos restantes en el Canal del Dique (Figura 1.6.15). En cada estación, se recolectaron muestras de agua (original y réplica) en tres (3) puntos al azar, unificándolos y colectando un volumen final de 18 L, mediante una botella oceanográfica Niskin de cierre automático por mensajero atada a un cabo medido. Una vez realizado cada lance, el contenido fue vaciado en un balde y lentamente a través de un tamiz de 25 µm de diámetro de poro se filtro la muestra y se concentró en menos de 50 mL de agua, evitando que se rebozara y perdiera parte de la muestra.

La muestra filtrada se pasó a frascos de boca ancha y se lavó muy bien el filtro con agua destilada. Posteriormente se adicionó formalina al 4% v/v neutralizado con glicerina y borato sódico para preservar la muestra, en una cantidad de al menos ¾ del volumen de agua utilizada para lavar el filtro y que se depositó en el frasco.

Tabla 1.6.13. Ubicación de las estaciones en donde se recolectaron las muestras de fitoplancton.

Sector	Estación	Latitud	Longitud
Ciénaga Honda	CH1	10°16'52,23"N	75°32'42,69"O
	CH2	10°16'39,25"N	75°32'42,69"O
Exterior Honda	BC2	10°17' 09,50"N	75°32'29,90"O
	BC3	10°17' 03,20"N	75°32'50,50"O
	BC4	10°17'24,30"N	75°31'59,70"O
Canal del Dique	CD1	10°17'12,00"N	75°31'23,22"O
	CD2	10°16'35,03"N	75°31 0'7,17"O

Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Para la identificación y conteo de los organismos fitoplanctónicos en laboratorio se utilizó un microscopio óptico de cuatro objetivos, empleando el de 40 X y en casos específicos el de 100 X. Sobre éste se montaron alícuotas de las muestras en portaobjetos de vidrio planos. En la identificación de los organismos se siguieron los trabajos de Tomas y Hasle (1997) y Vidal (2010) y la verificación de la sistemática utilizada se hizo con Sistema de Información Taxonómica Integrada –ITIS- (www.itis.gov) y con algaeBASE (www.algaebase.org).

Figura 1.6.15. Estaciones de muestreos de fitoplancton



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Análisis de la Información

Las abundancias de las especies fitoplanctónicas se estandarizaron a células/litro. A partir de la abundancia de las especies constituyentes de la comunidad fitoplanctónica se procedió a determinar las medidas de diversidad que permiten confluir un gran número de variables bióticas (especies) y datos en un solo valor característico para una comunidad (Magurran, 1988; Moreno, 2001). Los índices utilizados fueron:

Diversidad de Shannon-Wiener

Esta es una de las medidas de diversidad más populares porque incorpora riqueza de especies y equitabilidad de manera más o menos proporcional, por lo cual ha sido usado en una variedad de estudios tanto terrestres como acuáticos (Ramírez, 1999).

Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988). Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de la cantidad de especies constituyentes, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988; Ramírez, 1999; Moreno, 2001).

$$H' = -\sum \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

Donde n_i es la cantidad de individuos de la especie i y N es el número total de individuos.

Uniformidad de Pielou

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor oscila entre 0 y 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988; Ramírez 1999).

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

donde $H'_{\max}$ (diversidad máxima) = $\ln(S)$.

Predominio de Simpson

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Moreno, 2001).

$$\lambda = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Donde n_i es la cantidad de individuos de la especie i y N es el número total de individuos.

Fauna

Zooplankton

Se establecieron siete (7) estaciones en el área de estudio (Figura 1.6.16, Tabla 1.6.14), en cada una de las cuales se recolectó dos muestras de agua (original y réplica).

Las muestras fueron recolectadas mediante arrastres superficiales de 3 min usando una red de zooplankton de 150 μ m de diámetro de poro, 1 m de largo y con un diámetro de boca de 30 cm, a la cual se le instaló un flujómetro de rotor mecánico previamente calibrado, para determinar el volumen del agua filtrada. Con el fin de evitar el registro de valores inferiores a los reales por las velocidades que se pueden presentar en los diferentes puntos de unión, este se ubicó en la mitad de la distancia entre el centro de la boca y la periferia (Boltovskoy, 1981). La estimación del volumen de agua filtrado se efectuó por medio de un flujómetro marca Hydro-Bios Kiel modelo 56949.

Una vez izada la red a la embarcación se enjuagó con agua de mar, se removió el colector y se vertió su contenido en un recipiente plástico de boca ancha. Los organismos recolectados fueron narcotizados mediante la adición de agua carbonatada (soda) y posteriormente se fijaron con una solución de formol diluido en agua de mar al 10% v/v neutralizado con glicerina y borato sódico. Los frascos herméticamente cerrados y debidamente etiquetados fueron refrigerados y transportados al laboratorio (Boltovskoy, 1981).

Figura 1.6.16. Estaciones de muestreos de zooplankton en Ciénaga Honda



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Tabla 1.6.14. Ubicación de las estaciones en donde se recolectaron las muestras de zooplancton.

Sector	Estación	Latitud	Longitud
Ciénaga Honda	CH1	10°16'52,23"N	75°32'42,69"O
	CH2	10°16'39,25"N	75°32'42,69"O
Exterior Honda	BC2	10°17' 09,50"N	75°32'29,90"O
	BC3	10°17' 03,20"N	75°32'50,50"O
	BC4	10°17'24,30"N	75°31'59,70"O
Canal del Dique	CD1	10°17'12,00"N	75°31'23,22"O
	CD2	10°16'35,03"N	75°31'07,17"O

Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

La cuantificación de los taxa en laboratorio se llevó a cabo empleando placas Bogorov mediante observaciones al estereoscopio. Para la identificación se siguieron las claves taxonómicas de Trégouboff y Rose (1957), Owre y Foyo (1967), Deboyd y Smith (1977), Boltovskoy (1981), Campos y Suárez-Morales (1994). En este proceso, después de estudiar los individuos en un microscopio de luz, se realizaron disecciones con agujas entomológicas, para observar con más detalle las ornamentaciones claves para identificar hasta el nivel taxonómico más bajo posible, especialmente con una de los grupos más abundantes del zooplancton, la subclase Copepoda. Para la nomenclatura se revisó el Sistema Integrado de Información Taxonómica –ITIS- (www.itis.gov).

Análisis de la Información

Para determinar la abundancia de los individuos primero fue calculado volumen de agua por medio de la fórmula propuesta por Boltovskoy (1981).

$$V = \pi * r^2 * h$$

$$\pi = 3,1416.$$

r = radio de la boca de la red (cm).

h = distancia recorrida por la red (m) determinada a partir de la correspondiente curva de calibración del flujómetro.

A partir de la abundancia de organismos (ind/m³) constituyentes de la comunidad se procedió a determinar medidas de diversidad que permiten confluir un gran número de variables bióticas (especies) y datos en un solo valor característico para una comunidad (Magurran, 1988; Moreno, 2001). Los índices utilizados fueron:

Diversidad de Shannon-Wiener

Esta es una de las medidas de diversidad más populares porque incorpora riqueza de especies y equitabilidad de manera más o menos proporcional, por lo cual ha sido usado en una variedad de estudios tanto terrestres como acuáticos (Ramírez, 1999).

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988). Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de

S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988; Ramírez, 1999; Moreno, 2001).

$$H' = -\sum \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

Donde n_i es la cantidad de individuos de la especie i y N es el número total de individuos.

Uniformidad de Pielou

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988; Ramírez 1999).

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

donde $H'_{\max}$ (diversidad máxima) = $\ln(S)$.

Predominio de Simpson

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Moreno, 2001).

$$\lambda = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Donde n_i es la cantidad de individuos de la especie i y N es el número total de individuos.

Bentos

Se establecieron seis (7) estaciones en el área de influencia del proyecto, incluyendo dos estaciones en el interior de Ciénaga Honda, tres en Ciénaga Honda y dos dentro del Canal del Dique (Figura 1.6.17, Tabla 1.6.15) En cada una se recolectó una muestra de sedimentos de 0,1 m² realizando dos lances de una draga de tijeras tipo Van Veen. Esta área es la sugerida como la adecuada por la literatura para el análisis de comunidades macrobentónicas (Eleftheriou y Moore, 2005).

Tras cada lance el contenido del artefacto muestreador se recibió en una bandeja plástica, de donde se vertió paulatinamente sobre un tamiz de ojo de malla de 0,5 mm y se lavó con agua de mar. El material retenido por el tamiz, sedimentos más gruesos y organismos de la macrofauna (McIntyre *et al.*, 1984) se extendieron sobre una bandeja a la que se agregó cloruro de magnesio al 15% disuelto en agua como agente narcotizante, el cual se dejó actuar durante 20 min a fin de obtener la relajación de los organismos. Luego, todo el material se guardó en una bolsa plástica debidamente rotulada y se fijó con una solución de formaldehído diluido en agua de mar-formalina al 8%- (Gastón *et al.*, 1996) a la que se había adicionado el colorante rosa de bengala con el fin de teñir los organismos y facilitar su posterior separación (López Jamar y Majuto, 1985). Las muestras se guardaron en bolsas plásticas, se rotularon y almacenaron para su posterior procesamiento.

Figura 1.6.17. Estaciones de muestreo del macrobentos de fondos blandos en Ciénaga Honda.



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Tabla 1.6.15. Ubicación de las estaciones en donde se recolectaron las muestras de fitoplancton.

Sector	Estación	Latitud	Longitud	Profundidad (m)
Ciénaga Honda	CH1	10° 16' 52,23" N	75° 32' 42,69" O	1,18
	CH2	10° 16' 39,25" N	75° 32' 31,74" O	6,11
Exterior Honda	BC2	10° 17' 16,78" N	75° 32' 32,37" O	9,53
	BC3	10° 17' 8,73" N	75° 32' 53,06" O	17,00
	BC4	10° 17' 39,45" N	75° 32' 07,40" O	4,35
Canal del Dique	CD1	10° 17' 12,00" N	75° 31' 23,22" O	3,00
	CD2	10° 16' 35,03" N	75° 31' 07,17" O	3,00

Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

En el laboratorio, cada una de las muestras biológicas se trató por separado como se indica a continuación: (1) lavado sobre un tamiz de ojo de malla menor al empleado en campo a fin de eliminar el exceso de for-
mol y de los sedimentos más finos, (2) extendido sobre una bandeja plana en donde, con ayuda de un este-
reoscopio, se separaron manualmente los organismos de los sedimentos más gruesos, (3) reunión de los
especímenes separados en grupos mayores (Phyla) en frascos que contenían agente preservante (alcohol al
75%), (4) identificación de todos los individuos hasta el nivel taxonómico más bajo posible, de modo que los
morfortipos establecidos fuesen equiparables a especies, al efecto se emplearon trabajos taxonómicos espe-
cializados para cada Phylum o taxa mayor de la siguiente manera: Anélidos poliquetos (Fauchald, 1977; Sa-
lazar Vallejo, 1989), moluscos (Díaz y Puyana, 1994) crustáceos decápodos (Williams, 1984; Rodríguez,
1980), sipuncúlidos (Saiz Salinas, 1986), (5) resolución de dudas en las determinaciones con la asesoría de

taxónomos calificados en cada grupo y (6) realización de los recuentos (número de individuos/familia) por muestra.

Análisis de la Información

A partir de la abundancia de las familias y morfotipos constituyentes de la comunidad bentónica se procedió a determinar las medidas de diversidad que permiten confluir un gran número de variables bióticas (especies) y datos en un solo valor característico para una comunidad (Magurran, 1998; Moreno, 2001). Los índices utilizados fueron:

Diversidad de Shannon-Wiener

Esta es una de las medidas de diversidad más populares porque incorpora riqueza de especies y equitabilidad de manera más o menos proporcional, por lo cual ha sido usado en una variedad de estudios tanto terrestres como acuáticos (Ramírez, 1999).

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988). Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988; Ramírez, 1999; Moreno, 2001).

$$H' = -\sum \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

Donde n_i es la cantidad de individuos de la especie i y N es el número total de individuos.

Uniformidad de Pielou

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988; Ramírez 1999).

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

donde $H'_{\max}$ (diversidad máxima) = $\ln(S)$.

Predominio de Simpson

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Moreno, 2001).

$$\lambda = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Donde n_i es la cantidad de individuos de la especie i y N es el número total de individuos.

1.6.3 Medio Socioeconómico

1.6.3.1 Lineamientos participación

Los lineamientos de participación se desarrollaron en dos niveles:

a) En el área de influencia indirecta (AII) la labor se adelantó directamente por parte del cuerpo directivo de SPPB, quienes comunicaron a las autoridades distritales y a los medios de prensa los propósitos y características del proyecto portuario y,

b) en el área de influencia directa (AID), en donde SPPB manejó dos escenarios:

- El primer escenario, con los ciudadanos y comunidades organizadas, para lo cual el equipo de la Fundación Puerto Bahía hizo un amplio despliegue del proyecto en las 5 poblaciones del AID: Ararca, Santa Ana, Caño del Oro, Bocachica y Pasacaballos. Los resultados de todo este trabajo se presentan en el Volumen IV.
- El segundo escenario, con las comunidades étnicas, que adelantó directamente la Fundación Puerto Bahía en el proceso de consulta previadesarrollado con la comunidad negra y los representantes legales de los Consejos Comunitarios de Comunidades Negras de las poblaciones de Ararca, Santa Ana, Caño del Oro, Bocachica y Pasacaballos. Las actas, listas de asistencias, fotos, videos y demás documentos probatorios se presentan en el Volumen IV.

La Consulta Previa se llevó a cabo bajo un proceso de construcción colectiva, en donde las comunidades y la SPPB, bajo la vigilancia de los diferentes organismos de control, dialogaron sobre los aspectos positivos y negativos del proyecto, evaluando de esta manera las ventajas y desventajas del mismo, a través del siguiente proceso metodológico.

Reunión de Pre consulta.

Se realizó el día 19 de julio de 2011, previa citación expedida por la Dra. Paola Bernal Valencia, Coordinadora del Grupo de Consulta Previa del Ministerio del Interior, dicha reunión estuvo a cargo de las representantes del Grupo de Consulta Previa del Ministerio del Interior asignadas para el proceso, con participación de representantes de SPPB, de la Defensoría del Pueblo, alcaldía de Cartagena y de las comunidades en compañía de sus representantes de los Consejos Comunitarios antes mencionados. Las representantes del Grupo de Consulta Previa del Ministerio del Interior expusieron los detalles y la metodología del Proceso de Consulta Previa y destacaron su papel de garantes del Ministerio del Interior en este proceso.

Taller sobre el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y su Plan de Manejo Ambiental (PMA).

Este taller se realizó el día 23 de agosto de 2011, previa citación expedida por la Dra. Paola Bernal Valencia, Coordinadora del Grupo de Consulta Previa del Ministerio del Interior. En esta fase se construyó de manera participativa y bajo un proceso de concertación con las comunidades, la matriz de Identificación de Impactos, Medidas de Manejo, Mitigación, corrección y/o compensación bajo tres escenarios: sin proyecto, durante la construcción del proyecto y en la etapa de funcionamiento del proyecto. Se recogieron todas las inquietudes y observaciones por parte de la comunidad y de los representantes de los Consejos Comunitarios.

rios para la construcción del PMA y el EIA. Esta reunión se desarrolló en presencia del grupo de consulta previa del Ministerio del Interior, Personería Municipal de Cartagena y la Oficina de Asuntos Étnicos de la Alcaldía de Cartagena.

Reunión de Preacuerdos.

Esta reunión se realizó el día 24 de agosto de 2011, previa citación expedida por la Dra. Paola Bernal Valencia, Coordinadora del Grupo de Consulta Previa del Ministerio del Interior y tuvo por objeto hacer claridad sobre las observaciones planteadas por la comunidad y se establecieron preacuerdos entre los representantes de la comunidad y de los Consejos Comunitarios antes citados y los representantes de SPPB. Esta reunión se desarrolló en presencia del grupo de consulta previa del Ministerio del Interior, de la Defensoría del Pueblo, la Oficina de Asuntos Étnicos Alcaldía de Cartagena y de representantes de la Personería Municipal de Cartagena.

1.6.2.2 Medio Socioeconómico Área de Influencia Indirecta (AII)

Dimensión demográfica

Se revisó información del DANE (2005) y el informe Perspectiva del medio ambiente urbano (GeoCartagena, 2007).

Dimensión espacial

Para los servicios públicos se revisó información del Proyecto Cartagena Cómo Vamos, la Universidad de Cartagena (2007) y el Banco de La República (2006).

Para los servicios sociales, se revisó información del DADIS en el tema de salud. En el tema de vivienda, se tomó DANE (2005), Proyecto Cartagena Cómo Vamos y Alcaldía de Cartagena (2008). Con relación al tema de Recreación y deporte, se empleó información emitida por la Alcaldía de Cartagena de Indias en 2001 y Secretaría Distrital de Planeación – IDER – EPA. Respecto a los Medios de comunicación, se realizó una revisión de presencia de Prensa, Revistas, Radio y Televisión.

Con relación a la Infraestructura vial y transporte, se revisó información generada en el Proyecto Cartagena Cómo Vamos, Banco de la República – DANE en 2006 y 2007, determinando aspectos como Malla vial, Movilidad vial, Parque automotor, Sistema Integrado de Transporte Masivo de Cartagena - TRANSCARIBE, Transporte Aéreo y Transporte Fluvial.

Dimensión económica

En este componente, se definieron la Estructura de la tenencia de la tierra, Procesos productivos y tecnológicos, Caracterización del mercado laboral y Polos de desarrollo económico. Para llevar a cabo ésta definición, se revisaron los siguientes estudios, entre otros:

Instituto de Estudios Hidráulicos y Ambientales, 2001; CARDIQUE - CRA et al, 2006; Banco de la República - DANE, 2007; Galvis - Aguilera, 1999; Alcaldía de Cartagena de Indias - Cámara de Comercio, 2006; Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER); Informe de Coyuntura Económica Regional Departamento de Bolívar; Plan de Desarrollo Económico, Social y de Obras Públicas del Distrito 2008-2011 e informes de las fundaciones Mamonal y Puerto Bahía 2009.

Dimensión cultural

Se lleva a cabo una revisión de información secundaria para generar la Caracterización cultural comunidades no étnicas y étnicas, mediante informes como el de Elles en 2007, Alcaldía de Cartagena en 2001, CARDIQUE – CIOH en 1998, Universidad Externado en 2006, PNUMA et al 2009, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) 2011, entre otros.

Dimensión político-organizativa

Dentro de este componente se definen Aspectos políticos y la Presencia institucional, como la de la Dirección General Marítima (DIMAR), Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), Corporación Autónoma Regional del canal del Dique (CARDIQUE), Establecimiento Público Ambiental (EPA), Parque Nacional Natural Los Corales del Rosario y de San Bernardo, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER) y Organizaciones no Gubernamentales (ONG's).

Tendencias de desarrollo

En este aparte se establecen los proyectos estratégicos de acuerdo con el POT de Cartagena, 2001, así como los principales proyectos de desarrollo que tiene el Distrito de Cartagena según GEO Cartagena (2007).

1.6.2.3 Medio Socioeconómico Área de Influencia Directa (AID)

Siguiendo el mismo esquema del área de influencia indirecta, se realiza una descripción general de los corregimientos que conforman el área de influencia directa, los cuales corresponden a Pasacaballos, Caño del Oro, Santa Ana y Bocachica. Para cada uno de éstos, se determinan características como: Dimensión demográfica, Dimensión espacial, Dimensión económica, Dimensión económica, Aspectos arqueológicos, Dimensión político-organizativa, Tendencias de desarrollo, según datos del Censo General 2005, Secretaría de Educación 2007, IDEAE *et al*, 1993, Alcaldía de Cartagena, 2001, CARDIQUE, Departamento Nacional de Planeación, 2005 y verificación en campo.

Aspectos arqueológicos

De acuerdo con la Ley 163 de 1959, el Decreto 264 de 1963 y el Decreto Ley 833 del 2002, se hizo el 13 de septiembre de 2011 la solicitud al ICANH para obtener la autorización de intervención arqueológica en la zona de transferencia. En Septiembre 28/2011 el ICANH bajo radicado 3295 ICANH-130 No. 3676 expidió la autorización de intervención arqueológica No. 2309 a los arqueólogos Diana Cristina Villada y Oscar Javier Olave Muñoz, para llevar a cabo trabajos de prospección en la zona del proyecto. El informe final y el plan de manejo arqueológico resultado de la prospección mencionada fue entregado y radicado al ICANH en Octubre 06/2011 mediante radicado ICANH 4163. (Ver anexo 1.1).

- **Estación de Transferencia**

Además de la consulta de las fuentes documentales relacionadas al área específica, la investigación arqueológica se adelantará mediante una estratégica sistemática de prospección. En este caso el área cuenta con fronteras recientes como lo son la urbana, la vía en construcción y el Canal del Dique por lo cual y dado el caso de la aparición de algún sitio arqueológico, los yacimientos incluidos en él y su distribución van a estar

interrumpidas por estos límites artificiales. No obstante el objeto de una arqueología del paisaje, estudio del conjunto de rasgos del mundo real (natural, semi-natural o completamente artificial) que dan carácter y diversidad a la superficie terrestre sobre la que viven las comunidades humanas (Ruiz y Burillo, 1988), es relevante para comprender el papel que cada uno de estos rasgos puede informar respecto de la composición del sitio. Entendiendo también que un cauce como el del Canal del Dique o los recebos utilizados en la vía pueden conformar procesos deposicionales que afectan el sitio como tal (Renfrew y Bahn, 1998) es relevante el utilizar la prospección sistemática como base de estudio. Para este motivo se utilizarán los métodos de recolección de superficie y sondeo vertical. En el primer caso estableciendo las líneas o transectos en dirección SE-NW (elaborando la perimetral SE en primera medida para delimitar las distancias) cada quince (15) metros y observando mediante la inspección si existe material una vez se haya hecho el descapotaje del terreno, asociándolo a las formas de paisaje representativas del área en general. A continuación se generarán pruebas de pala (pozos de sondeo) de 40x40x40 cm. a través de los transectos formados y separados uno de otros cada quince 15 metros, para registrar la distribución del material que aparezca relacionándolo de acuerdo a su estratigrafía, situación y asociación respecto de otro tipo de artefactos y determinar cuántos yacimientos se pueden encontrar sobre el sitio.

El carácter de las asociaciones entre los restos del yacimiento es importante en la medida en que es el contexto de los artefactos el que va a definir los tipos de cambio representados en su distribución sobre el tiempo y uso en el sitio, de acuerdo a las actividades que los grupos humanos establecieron y para entender si el registro material representa una secuencia continua o por el contrario existen transgresiones o modificaciones en las formas de subsistencia o representación a través del registro material.

Para esto, se define entonces el sitio como la unidad de análisis, es decir, el área general de la estación de transferencia mientras que el yacimiento será definido como los lugares de concentración de materiales arqueológicos o de la actividad humana del pasado. Cada pozo de sondeo contará con registro fotográfico y georeferencia relacionada con el sistema de coordenadas WGS 84 con origen Bogotá. Los materiales recolectados serán ubicados en bolsas marcadas con el número del sondeo, línea de transecto y georeferencia. Posteriormente el material será clasificado y analizado de acuerdo a las tipologías, características formales, estilísticas o industrias de procesamiento establecidas para la zona. Es relevante afirmar que solo después de realizar el trabajo de campo se logrará establecer una Zonificación de Potencial Arqueológico preciso en el área. Dado el caso que se encuentre algún tipo de evidencia de conchero u otro tipo de contexto, se informará inmediatamente al ICANH para consensuar si debe excavar de manera inmediata o si debe incluirse su rescate en el Plan de Manejo Arqueológico presentado, utilizando la información obtenida del análisis inicial resultante del ejercicio de prospección preliminar.

Fase de campo y laboratorio

Planteada la metodología en la propuesta de un diseño ortogonal tomando puntos perimetrales en dirección SE-NW cada quince metros generando transectos a partir de esos puntos para cubrir gran parte del lote que tiene una forma rectangular mientras que hacia el noreste se bifurca en diversos picos producto de unas probables adiciones al mismo. A la llegada del canal por la nueva carretera en construcción se observó que se encontraba cubierto por enneas, paraguitos, cantagalllos, zarzas, palitos de agua, matatigre y zaragozas, entre otras plantas, y típicas de ambientes de los bajos inundables cercanos a los litorales.

Figura 1.6.18. Lote de la estación de tranferencia observado desde la carretera nueva a Barú



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

La carretera en construcción había depositado sobre el borde del lote una gran cantidad de gravas que daban estabilidad al terreno, mientras el lote se encontraba a más baja altura que la primera mencionada, a la vez que se reacomodaba el gran talud a partir del paso continuo de maquinaria pesada hacia un ferri que los transportaba hacia la isla. Continuando con la inspección inicial proseguimos por el borde sur del lote que colinda con el canal del dique. Siguiendo por un camino anegado en su totalidad, observamos que a mitad del recorrido salía un caño de aguas dulces y negras que se anegaban en contra del cauce del canal que discurre a mayor volumen y velocidad. Unos de los pocos sitios secos lo constituye un camino construido desde el borde del canal hacia la zona urbana de Pasacaballos y que según relato de un poblador fue generado hace diez años y con materiales de relleno de roca de lecho marino y de tierra.

Figura 1.6.19. Vista de canal del dique desde el borde sur



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

La frontera norte del lote la constituye la vía y la zona aledaña que se mantiene inundada y en la cual se estaba recolectado y sembrando arroz. Al mismo tiempo la parte derecha del camino desde el canal y

parte del lote permanece cubierto de la vegetación mencionada, sumada a que continuamente se han generado depósitos de basuras de toda clase, y dispersos por la única zona que se mantiene seca. Un poblador también comenta que hacia la mitad de la carretera y en dirección hacia el corregimiento pasaba antiguamente un caño y que permitía el acceso a la zona del lote, desde la cual se podían elaborar anteriormente cultivo de arroz y yuca sumados a una generosa pesca y caza de reptiles. Se suma el hecho que el poblador comenta que anteriormente la zona a prospectar era el antiguo canal del dique y que producto de la corrección del cauce había sido desviado al sur —en donde se encuentra actualmente.

Figura 1.6.20. Aspecto norte del lote, sitio sobre el que se distribuye una zona de cultivo de arroz



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Figura 1.6.21. Lecho de basuras en un costado del lote



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

El área noreste no es ajena a la circunstancia de la intervención. Aledaño el lote al corregimiento recibe todo tipo de escombros y de aguas negras que corren en dirección hacia el lote, en tanto que en algunos

casos las partes secas son producto de rellenos de materiales revueltos con coberturas vegetales de zonas inundables.

Figura 1.6.22. Lecho de basuras en un costado del lote



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Tratar de rodear el lote por el bore norte noroeste no fue posible porque el nivel del agua a 10 metros ya era de 80 Cm y estaba cubierto por zarzas y eneas.

Figura 1.6.23. Zona inundable sobre el borde noroeste



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Con esta inspección inicial procedimos a elaborarla primera perimetral sureste, consistente en el despeje del área y la medición de los sitios en donde se generaron las pruebas de pala. Sobre esta línea se generaron 17 marcas sobre las cuales se generaron 11 pozos de sondeo (WP 1-18).

Figura 1.6.24. Generación de perimetral SE-NW. Perimetral hacia el norte para la primera línea de transecto. Solo se avanzaron unos metros porque el terreno se inundaba



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

La mayoría de los pozos de sondeo presentaban suelos oscuros con inclusiones grisáceas y amarillas de arcillas, que se mezclaban con la grava de la carretera.

Figura 1.6.25. Componente estratigráfico de los suelos encontrados



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

En otros casos no fue posible avanzar en la realización de los muestreos ya que inmediatamente se generaron los pozos de sondeo se fueron anegando. En la medida en que dejábamos los pozos abiertos se fueron inundando.

Figura 1.6.26. Anegamiento de los pozos de sondeo



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Entretanto a las dificultades de anegamiento se sumaron aquellos productos de la redepositación de balastro sobre la perimetral, observando en algunos pozos de sondeo el mismo material que el depositado sobre el talud para la carretera.

Figura 1.6.27. Pozos de sondeo con materiales de obra sobre la perimetral



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Una vez finalizada esta inspección y establecimiento de la línea perimetral, procedimos a despejar el terreno desde cada marca y hacia el norte con el fin de generar las líneas de transecto. Sin embargo el nivel de las aguas luego de siete metros de despeje de área ya iban sobre los 50 Cm de profundidad sobre todos los intentos.

Figura 1.6.28. Líneas de transecto inundadas



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Por consiguiente no fue posible generar líneas de transecto desde la perimetral suroeste-noreste debido a la completa inundación del terreno. Los sitios más secos pertenecían a sustratos ajenos al suelo original y fueron producto de los depósitos adyacentes a la vía en construcción. Lo mismo sucedió con el intento de generar algún transecto desde la orilla aleadaña al canal del dique en el momento en que se elaboró la perimetral (WP 20-23). Las orillas secas del sector en su mayoría eran las partes cubiertas por arenas aluviales que cubren los pilotes de concreto que bordean el canal. Hacia el WP 22 se encuentra la salida del caño sobre una vegetación en su mayoría de eneas.

Figura 1.6.29. Zona aleadaña al canal del dique inundada



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

La parte más seca la constituyo el área noroeste del lote. Y sobre la cual también se generó una perimetral en la cual se observaron dos áreas inundadas, la inferior (suroeste) y la superior, (noroeste) y una zona seca producto de los depósitos de tierras del lecho marino, depósitos de tierras de construcción, acumulación de basuras y en algunos casos presencia de lechos cubiertos por desechos de moluscos (WP 24-38).

Figura 1.6.30. Generación de la perimetral norte y acumulación de tierras con desechos de construcción y basuras



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Respecto de la parte seca se realizaron tres pozos de sondeo sobre la perimetral y un pozo de sondeo hacia el interior del lote y que es la parte más seca de todo el terreno. No obstante el pozo de sondeo arroja que la mayoría de los sustratos contenían basura de todo tipo revueltas con una capa de baldosa molida sin ninguna asociación de material cultural. La posibilidad de generar líneas de transectos a partir de esta perimetral también se vio imposibilitada ya que los niveles de intervención eran grandes sumados a que los suelos no son los originales. Solo esta parte media rellena de basuras permanecía seca 20 metros hacia el interior del lote, en donde una frontera de enneas daba cuenta del inicio de la zona inundada.

Figura 1.6.31. Pozo de sondeo No 12 sobre basurero en zona seca del lote



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Como se mencionó anteriormente se encontraron unas líneas de arrastre anteriores, al parecer de cultivos de arroz, compuestas por moluscos muertos a orillas de innumerables basuras, sin evidencia de asociación de materiales culturales a ellas.

Figura 1.6.32. Restos de moluscos junto al basurero actual



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Los pozos sobre las perimetrales mostraban también aparte de las intervenciones por los desechos, unas capas grisáceas y muy plásticas que se inundaban a medida que se generaban los pozos de sondeo.

Figura 1.6.33. Depósitos de basuras sobre un pozo de sondeo en la perimetral norte



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Figura 1.6.34. Composición arcillosa de pozos de sondeo de la perimetral norte



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Figura 1.6.35. Panorámica de la Perimetral noroeste-noreste



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

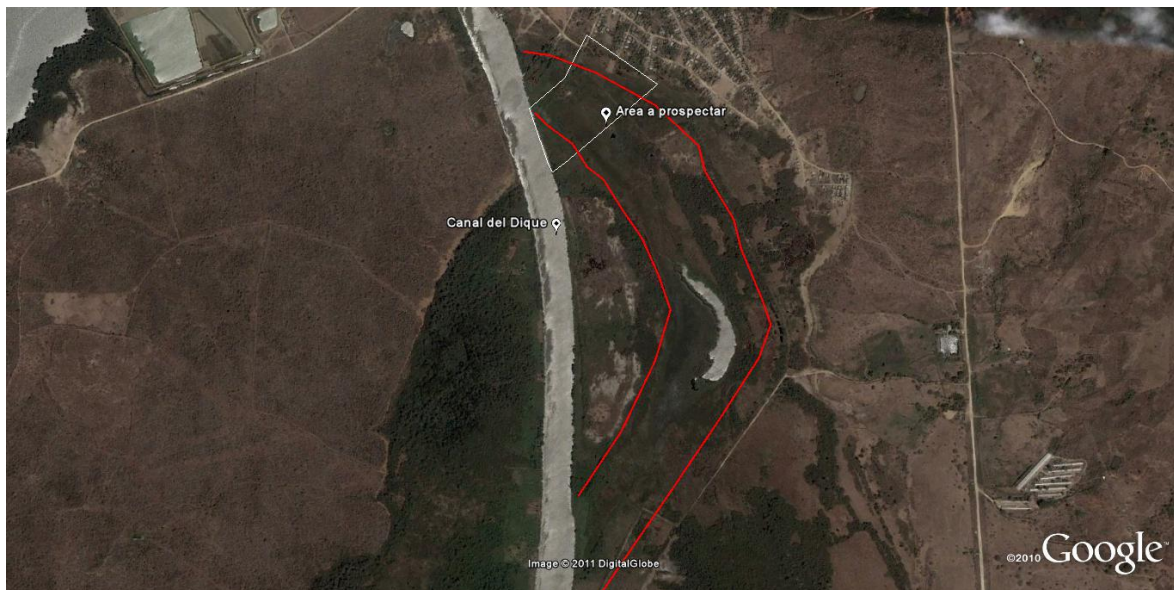
La elaboración de la perimetral noroeste noreste que se encontraba aledaña a la zona poblada presentó igual comportamiento ya que se encontraba también inundada (WP 39 a 47) no obstante estaba cubierta en su mayoría por coberturas vegetales. Los intentos por establecer transectos no fueron posibles debido al alto volumen de zonas inundadas.

Preguntando por la historia de las modificaciones generadas sobre esta superficie encontramos entonces los relatos de los pobladores sustentando el acercamiento del corregimiento de Pasacaballos al canal producto de la readecuación del pequeño carretable, y anteriormente la corrección del canal que seguramente sucedió a manos de la compañía Layne Dredging y Sanz & Cobe Ltda entre 1981 y 1984. Anteriormente a

esta fecha las correcciones más relevantes fueron las de la Frederick Snare Co. Que realizó el corte Paruica conectando el caño del estero con la ciénaga de Matunilla, y de la Standard dredging Co., que redujo el número de curvas del canal y que obligo debido a la continua y más elevada cantidad de sedimentos a realizar el caño de Lequerica para 1961 (Aguilera, 1961).

Producto de estas correcciones se generó la sucedánea al corregimiento de pasacaballos. En comunicación personal con el ingeniero M. Ramírez se comprobó sobre el análisis de la imagen del satélite la antigua línea del canal del dique que presentaba una curva a la altura del corregimiento y la posterior modificación que la eliminó. De esta manera el dragado distribuyó los residuos aluviales desde el nuevo canal hacia la parte antigua, no obstante sobre la misma quedaron relictos de caños y esteros y el área permanece inundada también debido a los constantes flujos y sedimentación del canal producto de las fluctuaciones del río Magdalena.

Figura 1.6.36. Antigua línea del canal del dique señalada y nuevo cauce producido por las correcciones. Se observa que el área del lote prospectado se encuentra sobre la antigua línea del canal.



Fuente: Hidrocaribe Ltda, 2011.

Se tiene entonces una idea general del estado del lote de Pasacaballos en el que no se recolecto evidencia de materiales prehispánicos siendo el área prospectada un relleno de material de río proveniente de la corrección del canal del dique y en la actualidad un lote en el que constantemente llegan flujos de escombros, basuras y aguas negras combinándose con los caños de aguas dulces propios de estas zonas estuarinas.

1.6.4 Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales

Emisiones atmosféricas

- **Modelo de dispersión gaussiano**

El Modelo gaussiano de difusión para penachos de chimeneas (emisión fija continua): es la técnica más ampliamente usada para contaminantes no reactivos. Proporciona una excelente aproximación matemática a la dispersión de contaminantes. Estos modelos han sido usados satisfactoriamente para simular la distribución de concentraciones de contaminantes sobre áreas urbanas e industriales con una escala típica de uno a menos de 50 kilómetros. En la actualidad la mayoría de las teorías tienden a llegar a la misma función de distribución para la concentración del contaminante y en general, estas ecuaciones de dispersión tomarán el formato de una doble distribución gaussiano distribución normal estadística) en dos direcciones y y z. Estos modelos se basan en la difusión de la masa del contaminante en estas direcciones (y,z), según elementos fluidos es arrastrado por el viento; incluyen procesos en estado estacionario y asume que el material proveniente de un fuente, es transportado continuamente en dirección de la velocidad del viento, estando las concentraciones mas altas en el centro del penacho y las mas bajas en los extremos (Wark y Warner 1996).

Los desarrollos generados en estos modelos han sido del tipo matemático incluyendo métodos que contribuyen a involucrar una mayor cantidad de fuentes de emisión y al cálculo de la concentración de un contaminante específico en un lugar determinado involucrando el aporte de cada fuente. Cabe mencionar que la mayoría de los modelos de calidad del aire recomendados por la Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA) son gaussianos.

- Variables a considerar para la aplicación de modelos de dispersión.

Las variables claves que conforman la base de datos de entrada para aplicar un modelo de dispersión y hacerlo consistente son (Benavides, 2002):

Cantidad y tipo de emisiones generadas por las actividades existentes: Estas emisiones se pueden determinar por medición directa, balance de masa o usando ecuaciones empíricas que permitan calcular la emisión por medio de factores definidos para cada tecnología, proceso o equipo y para cada combustible o materia prima usada en estos procesos.

Por otra parte, es necesario conocer la ubicación física de las fuentes de emisión y las especificaciones geométricas de los dispositivos utilizados para su liberación a la atmósfera.

La meteorología: Es el factor principal que determina el efecto de dispersión de la sustancia emitida a la atmósfera y de cómo es transportada en la dirección del viento. Los principales factores que determinan los procesos de dispersión son: la dirección y velocidad del viento, la turbulencia en la atmósfera y la altura a la cual es emitida la sustancia. Los dos primeros factores son meteorológicos y el tercero, la altura de la pluma, puede ser influenciado por la meteorología. La dirección del viento es crucial para determinar hacia donde se dije un contaminante emitido. La velocidad del viento es importante, ya que, la dispersión en la atmósfera generalmente es mayor con más altas velocidades de los vientos. Finalmente, la atmósfera generalmente es turbulenta, debido a los efectos del viento (el cual causa turbulencia mecánica) y los efectos del calor (el

cual causa turbulencia térmica) afectando los procesos de dilución y de mezcla de los contaminantes en la atmósfera.

La estabilidad atmosférica: Esta se relaciona con el perfil de temperatura, con la altura y además con la nubosidad, velocidad y dirección del viento e insolación. Condiciones de alta estabilidad están asociadas a condiciones de baja dispersión atmosférica y por consiguiente, de ventilación precaria y aumento de concentración. Igualmente, la inestabilidad alta es asociada a bajas concentraciones de contaminantes. En estricto rigor, es necesario conocer con detalle cómo se comporta la temperatura con la altura que por lo general es muy complejo e implica altos costos para su determinación.

Para determinar el tipo de estabilidad atmosférica se han diseñado diferentes tablas de clasificación, tales como las cartas elaboradas por Pasquill y Gifford y por Cramer que permiten definirla a partir de datos de la velocidad del viento en superficie (a 10 metros), la insolación diaria y la nubosidad en la noche.

Rugosidad del terreno: Esta variable da cuenta de las irregularidades topográficas que afectan el comportamiento de los contaminantes generando mayor turbulencia y dispersión de los mismos. Es definida como la altura para la cual se anula a velocidad del viento en las cercanías del suelo. Es posible asociarla a un valor paramétrico relacionado con el tipo de terreno.

Selección del modelo: En el contexto internacional el modelo más usado para la modelación de calidad del aire es el ISCST3, propuesto como regulatorio por la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) (Motallebi, et al., 2003). El modelo de dispersión Complejo de Fuente Industrial (ISC) se ha usado ampliamente en el último año en Italia para la dirección de calidad aérea local y para el análisis de impacto medioambiental, En la Habana Cuba Leonor Turtos aplico este modelo para simular la dispersión local de las emisiones de SOX de la Central Termoeléctrica de Santa Cruz en un proyecto denominado "Modelación de la dispersión local de contaminantes atmosféricos en terrenos complejos", En Colombia este modelo también ha sido utilizado para diversos estudios relacionados con calidad del aire, en el año 2003 Henry Benavides lo manejo para pronosticar la concentración de material particulado por chimeneas en Bogotá. Por estas razones, en la presente análisis se ha escogido este modelo, debido a que la localización de los receptores puede ser especificada como una cuadrícula o ubicarse como receptores discretos en coordenadas cartesianas, además debido a que usa datos meteorológicos en tiempo real para explicar las condiciones atmosféricas que afectan la dispersión de contaminantes en el área de modelamiento.

- Información Meteorológica

La información meteorológica seleccionado para cargar en el modelo la cual fue suministrada por IDEAM consiste en mediciones horarias de vientos, temperaturas, radiación solar y nubosidad a nivel del suelo de los años 2009 y 2010 arrojados por la estación ubicada en del aeropuerto Rafael Nuñez de la ciudad de Cartagena. Con esta información preliminar se alimentó el modelo matemático a fin de interpretar las condiciones climatológicas históricas en el área de influencia de los incineradores y tanques de almacenamiento, para luego calcular las concentraciones proyectadas.

- Simulación de fuentes y receptores

Para simular con la ayuda del modelo ISCST se requieren conocer ciertos parámetros relacionados con la fuente de emisión, así mismo se hace necesario alimentar el modelo con datos meteorológicos horarios para todo el periodo de muestreo entre los que se destacan la dirección y velocidad del viento, precipita-

ción, nubosidad, radiación solar, altura de mezcla, entre otros. A continuación se presenta la metodología de cálculo utilizada:

Fuentes Fijas. Para efectos de la simulación con el software ISCST se evaluó la influencia de (3) tres incineradores como estaba contemplado en su inicio el proyecto, que por ajuste de diseño se redujeron a (2) y diez Tanques de almacenamiento, sobre la calidad del aire en el área de influencia del proyecto.

- Cálculo de emisiones

Con el tipo de flare que se va a manejar no se generan ningún tipo de residuo sólido (combustión completa, eficiencia de +98%), solo se producen emisiones de gases debido a la combustión de hidrocarburos entre los cuales se tienen SO₂, NO_x, CO, NMVOC, CH₄ y CO₂. De los cuales son significativos el NO_x y CO, presentando emisiones de 49,5 lb/h y 99,01 lb/h respectivamente.

Para calcular las emisiones de COV's para los tanques de almacenamiento, se utilizó el Software de la EPA Tanks, ya que constituyen los mejores ejemplos de modelos mecánicos

Ecuaciones del Modelo de Emisiones - Las emisiones totales de los tanques de techo flotante son la suma de las pérdidas al extraer material y las pérdidas en el almacenamiento en reposo. Las pérdidas por extracción ocurren cuando baja el nivel del líquido y, por lo tanto, baja el nivel del techo flotante. Algo del líquido queda adherido a la superficie del tanque y es expuesto a la atmósfera. Existen pérdidas evaporativas hasta que el tanque esté lleno y la superficie expuesta quede cubierta nuevamente con el líquido. En los tanques de techo flotante interno, con techos fijos soportados por columnas, algún líquido también se cuelga de éstas. Las pérdidas en el almacenamiento en reposo de estos tanques incluyen las pérdidas en la orilla del sello y las del ajuste del techo. Todas éstas pueden presentarse a través de muchos mecanismos complejos tales como la pérdida inducida por el viento; la pérdida por respiración debida a cambios de temperatura y presión; la pérdida por la permeación del material del sello; o la pérdida por el efecto de capilaridad del líquido. Para los tanques de techo flotante interno, las pérdidas en reposo también pueden incluir aquellas ocasionadas por las juntas en la plataforma, al grado en que éstas no sean completamente herméticas.

A continuación se resumen las ecuaciones del modelo de emisiones. Las ecuaciones detalladas, las tablas de datos de apoyo y las figuras pueden encontrarse en el AP-42, Sección 7.1 (U.S. EPA, Febrero 1996). Los datos de los parámetros requeridos y los valores por omisión para los EU se presentan en la Tabla 1.6.16. Las pérdidas totales por emisión de los tanques con techo flotante se definen como:

$$L_T = L_R + L_{WD} + L_F + L_D$$

donde:

L_T = pérdidas totales, lb/año;

L_R = pérdidas en la orilla del sello, lb/año;

L_{WD} = pérdidas al extraer material del tanque, lb/año; L_F = pérdidas en el ajuste de la plataforma, lb/año

Pérdidas en la orilla del sello (L_R):

$$L_r = (K_{Ra} + K_{Rb} \times v^n) \times \frac{P_{va}/14.7}{[1 + (1 - P_{va}/14.7)^{0.5,2}]} \times D \times M_v \times K_c$$

Pérdidas al extraer material del tanque (L_{WD}):

$$L_{WD} = \frac{0.943 \times Q \times C \times W_L}{D} \times \frac{N_C \times F_C}{D}$$

Pérdida en el ajuste de la plataforma (L_F):

$$L_F = F_F \times \frac{P_{VA}/14.7}{[1 + (1 - P_{VA}/14.7)^{0.5}]^2} \times M_V \times K_C$$

Pérdida en la junta de la plataforma (L_n):

$$L_n = (K_n + S_n \times D^2) \times \frac{P_{VA}/14.7}{[1 + (1 - P_{VA}/14.7)^{0.5}]^2} \times M_V \times K_C$$

Donde:

K_{Ra} = factor de pérdida en la orilla del sello a velocidad del viento igual a cero, lb-mol/pieⁿaño

n

K_{Ra} = factor de pérdida en la orilla del sello dependiente de la velocidad del viento, lb-mol/(mph) pieⁿaño

v = velocidad promedio del viento en el sitio del tanque, mph;

n = exponente de la velocidad del viento relacionado con el sello

P_{VA} = presión de vapor verdadera a la temperatura diaria promedio de la superficie, psia

D = diámetro del tanque, ft

M_V = peso molecular del vapor del líquido, lb/lb-mol

K_C = factor del producto (0.4 para aceites crudos, 1.0 para todos los demás líquidos orgánicos)

Q = producción, bbl/año;

C = factor de adherencia, bbl/1000 ft²;

W_L = densidad del líquido, lb/gal;

N_C = número de columnas

F_C = diámetro efectivo de la columna, ft

F_F = factor de pérdida del ajuste entre el techo y la plataforma, lb-mol/año

K_D = factor de pérdida en la junta de la plataforma por unidad de longitud de la junta, lb-mol/ft año
(0.34 para junta atornillada, 0.0 para junta soldada)

S_D = factor de longitud de la junta de la plataforma, ft/ft.

Tabla 1.6.16 Parámetros requeridos y Valores por Omisión para los EU

Descripción del Parámetro	Variable	Valor Estadounidense por Omisión
Diámetro del tanque	D	
Número de columnas del tanque	NC	Ver tabla basada en el diáme-
Diámetro efectivo de la columna del tanque	FC	1.0 pie
Condición de la envolvente del tanque	Se usa para determinar C (herrumbre ligera, herrumbre densa, recubrimiento de mortero lanzado)	
Factor de adherencia del tanque	C	

Descripción del Parámetro	Variable	Valor Estadounidense por Omisión
Velocidad del viento el lugar donde se halla el tanque	v (también se usa para determinar Ff)	Se dan valores para varios lugares de EU
Construcción del tanque (soldado o remachado)	Se usa para determinar KR _a , KR _b , y n	
Construcción de la plataforma del tanque	Utilizado para determinar KD (soldado o atornillado) y SD (tamaño de las láminas o paneles)	
Factor de pérdida en el ajuste de la plataforma del tanque	Ff	Se puede calcular contando el número de uniones de la plataforma de un tanque específico
Sistema de sellado del tanque (tipos de sellos primarios o secundarios)	Se usan para determinar KR _a , KR _b , y n	
Factores del sello del tanque (y exponente de velocidad del viento relacionado con el sello)	KR _a , KR _b , n	Para los techos externos, usar valores para soldado, ajuste promedio, sello primario del pilote. Para internos, usar valores para ajuste promedio y sellos primarios montados en vapor, sola-
Factor de longitud de la unión de la plataforma del tanque	SD	Sd=0.2 para plataformas remachadas, 0.0 para plataformas soldadas
Producción de material	Q	
Peso molecular del vapor del material	MV	Se dan valores del peso molecular para productos petroquímicos selectos
Presión de vapor del material a la temperatura promedio de la superficie del líquido	PVA a TLA	Se dan valores de la presión de vapor para productos petroquímicos selectos. Las correlaciones de la presión de vapor están basadas en
Densidad del líquido del material	WL	Se dan valores para productos petroquímicos selectos

El programa TANKS está diseñado para estimar las emisiones de COVs de tanques de almacenamiento. El usuario da la información específica sobre el tanque y su contenido, y el programa estima las emisiones anuales o estacionales y genera un reporte. Las emisiones se pueden dividir en pérdidas de respiración y pérdidas por operación (U.S. EPA, 1996).

El programa TANKS tiene una base de datos sobre productos químicos para más de 100 líquidos orgánicos, y datos meteorológicos de más de 250 ciudades en EU. El usuario puede añadir nuevas sustancias y ciudades (con datos meteorológicos) a su propia versión de la base de datos. Los estilos de tanque presentados en el programa incluyen tanques de techo fijo, tanto verticales como horizontales, y tanques de techo flotante tanto interno como externo. El tanque puede contener uno o múltiples componentes líquidos.

Las ecuaciones para estimar emisiones que forman la base del software fueron desarrolladas por el American Petroleum Institute (API) (Instituto Americano del Petróleo). El API conserva el derecho de autor de estas ecuaciones, pero dio el permiso para la distribución no exclusiva y no comercial de este material para las agencias gubernamentales y regulatorias.

El cálculo de las emisiones en los tanques de almacenamiento a ubicar en la Sociedad Portuaria de Puerto Bahía se realizó en conjunto con la empresa Oiltanking Colombia la cual está encargada de la instalación de los Tanques. En la Tabla 1.6.17 se muestran los resultados de la simulación con el Software Tanks.

Tabla 1.6.17 Emisiones de COV's para los tanques de Almacenamiento de la sociedad Portuaria de Puerto Bahía.

Tank Identification				Losses		
				[lbs]	[lb/month]	[kg/month]
TA-5300-5	Oiltanking Colombia	Internal Floating Roof Tank	Cartagena, Bolivar	1.647,73	137,311	62,414
TA-5300-1	Oiltanking Colombia	Internal Floating Roof Tank	Cartagena, Bolivar	3.478,13	289,844	131,747
TA-5300-2	Oiltanking Colombia	Internal Floating Roof Tank	Cartagena, Bolivar	3.478,13	289,844	131,747
TA-5300-3	Oiltanking Colombia	Internal Floating Roof Tank	Cartagena, Bolivar	3.478,13	289,844	131,747
TA-5300-4	Oiltanking Colombia	Internal Floating Roof Tank	Cartagena, Bolivar	3.478,13	289,844	131,747
Total Emissions for all Tanks:				15.560	1.297	589,4

- Datos meteorológicos

Estabilidad atmosférica. La estabilidad atmosférica se determinó teniendo en cuenta los datos horarios de velocidad del viento y la radiación solar, que varía entre 220 a 225 W/m² en la ciudad de Cartagena, según lo mostrado en la Tabla 1.6.18.

Tabla 1.6.18 Estabilidad atmosférica basada en la velocidad del Viento y Radiación global

Velocidad Viento (m/s)	Radiación Solar Global (W/m ²)					
	>700	700-540	540-400	400-270	270-140	<140
<2	A	A	B	B	C	D
2-3	A	B	B	B	C	D
3-4	B	B	B	C	C	D
4-5	B	B	C	C	D	D
5-6	C	C	C	C	D	D
>700	C	C	D	D	D	D

Fuente: Benavides, 2002

- Metodología de cálculo de la altura de mezcla.

La altura de mezcla es uno de los parámetros meteorológicos más importantes que deben ser introducidos al modelo ISCST. Si bien las alturas de mezcla no se miden directamente, es posible obtener cálculos aproximados a partir de las mediciones meteorológicas rutinarias (Benavides, 2002). Para calcular la altura de mezcla se debe conocer los promedios horarios de las variables meteorológicas medias tales como la velocidad del viento, la temperatura del aire, la radiación solar y la estimación a partir de ellas de los parámetros turbulentos como el flujo de calor sensible y la velocidad de fricción (Benavides, 2002). Para el caso estudio se utilizaron los datos meteorológicos de los años 2009 y 2010 tomados de la Estación del IDEAM Ubicada en el Aeropuerto Rafael Nuñez de la Ciudad de Cartagena.

El cálculo de los parámetros turbulentos se muestra a continuación:

Flujo de calor sensible: caracteriza el nivel de conectividad propia de las inmediatas vecindades del suelo y se relaciona a la turbulencia térmica:

$$H_0 = 0.3 R_g + A$$

Donde:

A: 2.4 N – 25.5 y el valor de H_0 debe ser mayor de cero en horas diurnas

R_g : Radiación solar global

N: Nubosidad en octas

Velocidad de fricción: es la que caracteriza el nivel de turbulencia mecánica generado por la cortante del viento (León, 2002). Este parámetro se calcula a través del conocimiento del parámetro H_0 y de la relación de similitud que describe el perfil de velocidad del viento en la capa superficial:

$$U_z = U_0 [1 + \alpha \ln(1 + bQ_0/Q_z)]$$

Donde:

$$U_0 = \frac{KU}{\ln(Z_m/Z_0)}; \quad y \quad Z_m = Z_r - 4Z_0$$

$$Q_0 = H_0 / \rho C_p \quad y \quad Q_z = (T U_z^3) / (K g / Z_m)$$

$$\alpha = \begin{cases} 0.128 + 0.005 \ln(Z_0 / Z_m) & \text{si } Z_0 / Z_m \leq 0.01 \\ 0.107 & \text{si } Z_0 / Z_m > 0.01 \end{cases}$$

$$b = 1.95 + 32.6 (Z_0 / Z_m)$$

En las anteriores relaciones, K es la constante de Von Harman (0.41), g es la gravedad (9.8 m/s), Z es la altura del anemómetro donde se hace la medición del viento, Z_0 es la rugosidad superficial (para este caso se toma el valor de 1 que es el asignado para el tipo de suelo urbano), ρ es la densidad del aire (para Cartagena el valor promedio es de 1.2018) y C_p es el calor específico a presión constante.

Para el cálculo de la densidad y el calor específico se utiliza la siguiente expresión:

$$\rho C_p = 350.175 * P/T$$

Donde P es la presión atmosférica en milibares (para este caso se tomará el valor promedio para Cartagena 1010).

Finalmente la altura de mezcla se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$H_{mezcla} = 1330 U^*$$

- Descripción del modelo iscst

El modelo ISCST (Industrial Source Complex Short Term) es un modelo de pluma Gaussiano desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental EPA, que pueden usarse para evaluar las concentraciones de una gran variedad de contaminantes asociadas a fuentes de complejo industrial de tipo puntuales, de área, línea y volumen, evaluando la dispersión de éstas hasta 50 Km alrededor de la fuente. Opera en los modos a largo plazo y a corto plazo.

El modelo ISCST trabaja con las siguientes opciones predefinidas por la EPA, como son la caída de flujo de cima de chimenea, uso de dispersión por flotación inducida, ascenso gradual de la pluma (excepto para caída de flujo por edificios), rutinas de procesamiento de calmas, estimaciones de concentración de límite superior para fuentes afectadas por la caída de flujos por edificios muy bajos y extendidos, exponentes de perfil del viento y gradientes térmicos potenciales. El usuario puede fácilmente asegurarse que se están usando estas opciones incluyendo palabras claves secundarias.

Selección de opciones de modelado - ruta CO. El usuario puede seleccionar ya sea parámetros de dispersión rural o urbana, dependiendo de las características de la ubicación de la fuente, además tiene la posibilidad de escoger entre cinco diferentes tipos de contaminantes diferentes a modelar tales como NOx, SOx, PTS, PM10 y otros. El usuario tiene también la opción de calcular los valores de concentración o los valores de deposición para una ejecución en particular, se puede también seleccionar más de un tipo de información de salida (concentración y/o deposición) en una sola ejecución, dependiendo de los valores dados a uno de los límites de arreglo de almacenamiento. El usuario puede especificar que se calculen varios promedios de corto plazo en una sola ejecución del modelo ISCST, así como solicitar promedios de período completo (v.gr, anual).

Especificación de los datos de entrada de fuente – ruta SO. El modelo maneja cuatro tipos de fuente separados, identificados como fuentes de punto, volumétricas, de área o de fosa abierta. Ciertos tipos de fuentes en línea pueden manejarse en ISC usando ya sea una hilera de fuentes volumétricas o como fuentes de área muy alargadas. Los parámetros de entrada pueden variar dependiendo del tipo de fuente. Pueden especificarse varios tipos de fuente en una sola ejecución, con las contribuciones combinadas de cada fuente para cada grupo. También se incluye la especificación de factores de tasa de emisión variable cuyas emisiones varían como función del mes, temporada, hora del día, clase de estabilidad, y categoría de velocidad del viento, o temporada y hora del día.

Especificación de una red receptora - ruta RE. El modelo ISCST es muy flexible a la hora de especificar la ubicación de los receptores porque permite al usuario definir redes de receptores cartesianas y/o polares, con cuadrículado de espaciamiento uniforme o no uniforme, así como ubicaciones del receptor discretas con referencia en un sistema cartesiano y polar en una misma ejecución.

Si el usuario desea modelar impactos en ubicaciones específicas de interés, es posible especificar receptores de punto discretos que pueden escribirse como puntos cartesianos (X, Y) o como coordenadas de distancia y dirección polar.

Especificación de los datos de entrada meteorológicos - ruta ME. El usuario tiene flexibilidad para utilizar archivos con formato ASCII que contengan registros secuenciales por hora de variables meteorológicas. Para estos archivos ASCII, el usuario puede usar un formato ASCII predefinido, puede especificar el formato de lectura ASCII, o puede especificar lecturas libres de formato como datos meteorológicos. Un programa de utilidad llamado BINTOASC se incluye con el modelo ISC para convertir archivos de datos meteorológicos de varios tipos, sin formato, al formato ASCII predefinido que se usa en ISCST. El modelo procesa todos los datos meteorológicos disponibles en el archivo de entrada por omisión, pero el usuario puede fácilmente especificar una selección de días o rango de días para procesar.

El modelo ISCST incluye un algoritmo de deposición seca y uno de deposición húmeda. El algoritmo de deposición seca necesita variables meteorológicas adicionales, tales como la longitud de Monin-Obukhov y velocidad de fricción superficial, las que proporciona el preprocesador PCRAMMET. El algoritmo de deposi-

ción húmeda en el modelo de corto plazo también necesita datos de precipitación, los cuales se encuentran como una opción en los datos preprocesados en PCRAMMET. Cuando se utilicen los algoritmos de deposición seca o húmeda en ISCST, los datos meteorológicos deben encontrarse en un archivo con formato ASCII.

Selección de opciones de información de salida - ruta OU. Los tipos básicos de información de salida disponibles en el modelo de corto plazo son: Resúmenes de valores altos (el más alto, el segundo más alto, etc.) por receptor para cada período de promediación y combinación de grupos de fuente; resúmenes del total de valores máximos (e.j., los 50 máximos) para cada período de promediación y combinación de grupo de fuente; y tablas de valores actuales resumidas por receptor para cada período de promediación y combinación de grupo de fuente para cada día de datos procesados. Otra opción es generar un archivo de coordenadas (X,Y) y diseñar valores (los segundos valores más altos en cada receptor para un período de promediación en particular y combinación de grupo de fuentes) que puedan fácilmente importarse a varios paquetes de graficación para generar mapas de contorno de los valores de concentración y/o deposición. Se pueden especificar archivos separados para cada período de promediación y combinación de grupos de fuentes de interés para el usuario.

1.6.5 Zonificación Ambiental

Para la determinación de la importancia ambiental de la zona, se emplearon las coberturas de geomorfología, uso actual del suelo, unidades de paisaje, vegetal y el mapa social. A cada una de las unidades que conforman dichas coberturas, se les determinó una calificación según su importancia o susceptibilidad.

Posterior a dicha calificación, se llevó a cabo la sumatoria de los diferentes valores, para determinar así las áreas a las cuales corresponden las zonas al interior del área de influencia directa.

1.6.6 Equipo de trabajo

En la Tabla 1.6.19 se presenta el equipo técnico que desplegó HIDROCARIBE, para realizar la modificación a la licencia ambiental y desarrollar todo el contexto posterior del estudio conforme a los términos de referencia del MAVDT. De igual forma, se presentan los nombres de otras personas que participaron en la realización del EIA.

Tabla 1.6.19. Equipo de trabajo para modificación del estudio de impacto ambiental, 2011

NOMBRE	PERFIL PROFESIONAL	FUNCION
MARIO RAMIREZ CERQUERA	<i>Ingeniero Geógrafo. Esp Hidrólogo. Esp. Adm. Ambiental de zonas costeras</i>	Coordinación y dirección del Estudio de Impacto Ambiental.
ERNESTO MELENDRO GALVIS	<i>Biologo marino. Experto en Hidrocarburos</i>	Asesor en temas ambientales e hidrocarburos
CAROL SIERRA	<i>Ingeniera Civil. Esp. Adm. Ambiental de zonas costeras</i>	Línea base ambiental, componente biótico y social. Identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales. Programas y Planes. Revisión y actualización del documento.
JUAN CARLOS PINO	<i>Biólogo Marino. Esp. Adm. Ambiental de zonas costeras</i>	
ADOLFO SANJUAN	<i>Biólogo Marino (Msc) Gestión Ambiental en zonas costeras</i>	
CLAUDIA AGUDELO	<i>Bióloga Marina</i>	

NOMBRE	PERFIL PROFESIONAL	FUNCION
GIOVANNI GONZÁLEZ	<i>Biólogo. (Msc) Gestión Ambiental</i>	
DANIEL PÉREZ	<i>Biólogo Marino</i>	
JUAN FELIPE ROMERO	<i>Ecólogo. Esp. Adm. Ambiental de zonas costeras</i>	
ANGELINA GUEVARA	<i>Trabajadora Social</i>	
DIANA VILLADA	<i>Arqueóloga, (Msc) Museo y Gestión del patrimonio</i>	
GAMALIEL MEJIA	<i>Ingeniero Químico</i>	
LUIS OTERO DÍAZ	<i>Oceanografía física. (Msc) Ciencias y tecnologías para la Gestión de la costa. (PHD) en Ciencias y Tecnologías Marinas</i>	
ABRAHAM CRUZ	<i>Ingeniero Geógrafo. (Msc) Adm. Empresas</i>	Coordinador Plan de contingencia
Eduin Leguizamón	<i>Ingeniero Ambiental.</i>	Análisis de Riesgos.
Geraldine Quintero Cadena	<i>Ecóloga.</i>	Estrategias de Atención de Manejo.
Nestor Galindo	<i>Ingeniero Geógrafo y Ambiental.</i>	Plan Estratégico y Operativo.
Raúl Herrera	<i>Biólogo y Esp. OFDA en Sistemas de Comando de Incidentes.</i>	Sistema Comando de Incidentes y Organización de Respuesta a Emergencias.

A continuación en la Tabla 1.6.20 se menciona el grupo de directivos y asesores de la Sociedad Portuaria Puerto Bahía que hacen parte del desarrollo integral del proyecto:

Tabla 1.6.20. Asesores de Puerto Bahía

NOMBRE	PERFIL PROFESIONAL	FUNCION
MARIA PAULA MURRA FALLA	<i>Especialista en Responsabilidad Social Empresarial</i>	Gerente General Puerto Bahía
SATURNINO GONZALEZ	<i>MBA Administracion</i>	Director de proyecto
TULIO MOLERO	<i>(Msc) Ingenieria de Gas</i>	Gerente EPC
MANUEL BUENDIA	<i>Ingeniero Civil</i>	Director de ingeniería
OSCAR GOMEZ PARGA	<i>Especialista en Gerencia Ambiental –(Msc) Gestion Ambiental</i>	Director ambiental
SILVANA JESSURUM	<i>Finanzas y Negocios Internacionales</i>	Directora Fundacion Puerto Bahía
ROGER PORTELES	<i>Ingeniero</i>	Ing de proyectos jefe - Oil-tanking
JOSE WAYNE SOTELO	<i>Ingeniero en Transporte-</i>	Asesor tecnico en infraestructura portuaria
CESAR LORDUY	<i>Abogado - Esp. en Derecho de Sociedades, Ambiental y Laboral</i>	Consultor y asesor en derecho portuario y ambiental
ALVARO COVO – AICO LTDA	<i>Ingeniero Civil, (PHD) Geotecnia</i>	Estudio de suelos del aid

1.6.7 Organización del Informe

Teniendo en cuenta los requerimientos definidos por los términos de referencia expedidos por el MAVDT, la presentación de este informe se organizó siguiendo las pautas consignadas y organizadas de la siguiente forma:

- **CAPÍTULO 1. GENERALIDADES**

Muestra la razón de ser del terminal proyectado por la SPPB y la justificación del proyecto. Igualmente, los fundamentos y objetivos que se contemplaron para elaborar el presente estudio, los antecedentes, así como la metodología aplicada en el desarrollo del estudio. Igualmente incluye un breve resumen de los aspectos más importantes desarrollados en cada capítulo.

- **CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Se presenta una clara descripción técnica del proyecto de construcción y operación del Terminal de la SPPB, ubicándolo geográficamente e identificando las diferentes zonas que conforman las concesiones portuarias solicitadas. Se continúa con la descripción de la infraestructura y el proceso de construcción y operación del Terminal. En el capítulo se plantean también las obras y acciones complementarias que el proyecto ejecutará para darle un manejo adecuado a los aspectos ambientales identificados con el propósito de minimizar los impactos ambientales negativos o potencializar los positivos.

- **CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL TERMINAL**

Presenta las particularidades ambientales del entorno del Terminal, identificando sus áreas de influencia directa, indirecta y/o socioeconómica, describiendo su dimensión física, biótica y social.

- **CAPÍTULO 4. USO Y MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES**

En este capítulo se cuantifican los recursos naturales que serán usados para la construcción y operación del Terminal así como se modelan las potenciales afectaciones que se pueden generar al interactuar las actividades del proyecto con el medio ambiente.

- **CAPÍTULO 5. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES**

Conociendo el proyecto de construcción y operación de Puerto Bahía y la caracterización de su área de influencia, se presentan los resultados del ejercicio de interacción proyecto v/s ambiente con el propósito de identificar las actividades del proceso que interactúan con el medio ambiente y los posibles impactos generados que requieren plantear acciones de control y mitigación a posibles afectaciones.

- **CAPÍTULO 6. ZONIFICACIÓN DE MANEJO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA**

Con base en la Zonificación Ambiental, la Legislación vigente y la Evaluación de Impactos, se desarrolló un mapa con las áreas definidas como de alta y moderada restricción, así como de intervención para el área de influencia directa del Proyecto.

- **CAPÍTULO 7. PROGRAMAS DEL PMA**

Con base en la identificación y evaluación de los aspectos e impactos ambientales se establecieron los programas de manejo para prevenir, controlar y mitigar los mismos con base en la definición de objetivos, metas, impactos a los que responde, ejecutor y revisor así como actividades, cronograma, costos e indicadores para el seguimiento ambiental.

- **CAPÍTULO 8. SEGUIMIENTO Y MONITOREO**

Incorpora los instrumentos requeridos para la verificación de los estándares adoptados con el fin de controlar la efectividad real de las medidas implementadas como parte el PMA.

- **CAPÍTULO 9. PLAN DE CONTINGENCIA**

Se presenta la identificación y evaluación de los riesgos o eventualidades de emergencia que se pueden presentar durante la construcción y operación del Terminal así como las acciones de respuestas específicas y detalladas para incidentes tales como: lesiones personales, incendios, contaminación por derrame de combustibles e incidentes que involucren a un buque o una barcaza en el área portuaria.

- **CAPÍTULO 10. ABANDONO Y RESTAURACIÓN FINAL**

En este capítulo se incluyen las pautas a seguir para el desmantelamiento de la infraestructura temporal empleada durante la fase de construcción y la descripción de la adecuación de la zona una vez finalizada la concesión.

- **CAPÍTULO 11. PLAN DE INVERSIÓN DEL 1%**

No Aplica

Anexo 1.1 Correspondencia trámite arqueológico – Estación de Transferencia