

CONTENIDO

1	GENERALIDADES	1
1.1	INTRODUCCIÓN	1
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo general.....	14
1.2.2	Objetivos específicos	14
1.3	ANTECEDENTES	14
1.3.1	Infraestructura petrolera existente	14
1.3.2	Estrategias de desarrollo	15
1.3.3	Permisos, licencias y autorizaciones otorgadas en el área	16
1.3.4	Estudios ambientales realizados en el área	21
1.3.5	Marco normativo	22
1.3.5.1	Constitución política de Colombia	22
1.3.5.2	Leyes.....	22
1.3.5.3	Decretos.....	24
1.3.5.4	Resoluciones.....	26
1.3.5.5	Directivas ministeriales	29
1.3.5.6	Normas técnicas colombianas	29
1.3.5.7	Normatividad internacional	29
1.4	ALCANCES	29
1.5	METODOLOGÍA	30
1.5.1	Generalidades.....	30
1.5.2	Metodología temática.....	37
1.5.2.1	Componente SIG	37
1.5.2.2	Componente abiótico	39
1.5.2.3	Componente biótico	66
1.5.2.4	Componente socioeconómico.....	105
1.5.2.5	Paisaje	112
1.5.3	Cobertura vegetal e inventario forestal.....	117
1.5.3.1	Análisis de los efectos de la fragmentación.....	117
1.5.3.2	Otras metodologías.....	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Coordenadas Bloque Cubarral – Campos Castilla y Chichimene.....	1
Tabla 1-2	Anexos presentados en el PMA	6
Tabla 1-3	Estrategias y actividades propuestas para los Campos Castilla y Chichimene	15
Tabla 1-4	Actos administrativos	17
Tabla 1-5	Estudios ambientales realizados en el área	21
Tabla 1-6	Leyes.....	23
Tabla 1-7	Decretos reglamentarios.....	24
Tabla 1-8	Resoluciones	26
Tabla 1-9	Cronograma PMA Bloque Cubarral, campos Castilla y Chichimene	31
Tabla 1-10	Equipo de trabajo PMA Bloque Cubarral, campos Castilla y Chichimene	33
Tabla 1-11	Fuentes de información oficial	37
Tabla 1-12	Formatos de almacenamiento	38

Tabla 1-13	Listado de mapas.....	39
Tabla 1-14	Curva de escorrentía para los complejos suelo cobertura (CN)	45
Tabla 1-15	Tipos de suelo en el modelo TR-55.....	46
Tabla 1-16	Relación de resultados de los caudales medios multianuales con el modelo TR-55 y el estudio nacional de aguas del DNP.....	47
Tabla 1-17	Tabla para definir el caudal ecológico y disponible	57
Tabla 1-18	Parámetros básicos del modelo climático de Caldas	58
Tabla 1-19	Clase de clima según Lang	58
Tabla 1-20	Tipos de clima según el modelo de Caldas - Lang.....	59
Tabla 1-21	Equivalencias climáticas – modelos Caldas Lang y Holdridge.....	59
Tabla 1-22	Parámetros climáticos requeridos para estimar la ETP	60
Tabla 1-23	Coeficientes de rugosidad usados en lechos naturales	62
Tabla 1-24	VARIABLES dasométricas medidas en el inventario de fustales.....	67
Tabla 1-25	Ubicación puntos de captura con redes de niebla.....	79
Tabla 1-26	Ubicación de puntos de conteo extensivos	80
Tabla 1-27	Esfuerzo de muestreo.....	84
Tabla 1-28	Ubicación y georreferenciación de los puntos de muestreo herpetofauna	90
Tabla 1-29	Coordenadas sitios de muestreo de mamíferos.....	95
Tabla 1-30	Categorías de nivel trófico utilizados	98
Tabla 1-31	Categorías de hábitos de vida	98
Tabla 1-32	Índices ecológicos calculados	98
Tabla 1-33	Esfuerzo de muestreo obtenido con trampas Sherman	99
Tabla 1-34	Esfuerzo de muestreo obtenido trampas Tomahawk	100
Tabla 1-35	Recorridos para búsqueda de indicios y huellas de mamíferos Bloque Cubarral.....	101
Tabla 1-36	Esfuerzo de muestreo obtenido mediante el uso de redes de niebla	102
Tabla 1-37	Municipios y veredas de interés	106
Tabla 1-38	Matriz componente abiótico	108
Tabla 1-39	Matriz componente Biótico	109
Tabla 1-40	Elementos del paisaje.....	113
Tabla 1-41	Criterios de valoración de la calidad de las unidades de paisaje.....	114
Tabla 1-42	Valoración de la clase visual de las unidades de paisaje.....	114
Tabla 1-43	Criterios de valoración de la fragilidad de las unidades de paisaje.....	115
Tabla 1-44	Criterios calificación paisaje visual	115
Tabla 1-45	Unidad de paisaje visual resultante	116
Tabla 1-46	Categorías de fragmentación de bosque.....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Localización Bloque Cubarral	1
Figura 1-2	Alcance de los impactos directos por las actividades de explotación de hidrocarburos.	2
Figura 1-3	Área de influencia directa fisicobiótica	3
Figura 1-4	Unidades Fisiográficas escala 1:25.000	4
Figura 1-5	Unidades ecosistémicas escala 1:25.000	4
Figura 1-6	Área de influencia indirecta escala 1:25.000	5
Figura 1-7	Isorrendimientos medios multianuales - plano No. 15-16.....	48
Figura 1-8	Diagrama cobertura, textura del suelo y pendiente para hallar el Coeficiente de Escorrentía	51

Figura 1-9	Diseño de parcelas de bosque.....	67
Figura 1-10	Diseño de Parcelas de Vegetación Secundaria o en Transición	68
Figura 1-11	Formato de campo para registro de información de coberturas boscosas.....	69
Figura 1-12	Formato de campo para registro de información de coberturas de vegetación secundaria.....	69
Figura 1-13	Ubicación redes de niebla	80
Figura 1-14	Ubicación de puntos de conteo extensivos	83
Figura 1-15	Representación gráfica de recorridos	83
Figura 1-16	Puntos de monitoreo de fauna	96
Figura 1-17	Transectos de observación para búsqueda de indicios de mamíferos.....	97
Figura 1-18	Procedimiento para la obtención de unidades ecosistémicas	119
Figura 1-19	Procedimiento para la realización del análisis multitemporal	120
Figura 1-20	Método Riitters 2000	124
Figura 1-21	Método Riitters 2002	125

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1-1	Marcación de árbol inventariado	69
Fotografía 1-2	Árbol marcado	69
Fotografía 1-3	Medición de DAP	70
Fotografía 1-4	Medición de DAP	70
Fotografía 1-5	Cálculo de altura	70
Fotografía 1-6	Copas de los arboles	70
Fotografía 1-7	Muestreo herpetofauna hábitats con vegetación	85
Fotografía 1-8	Muestreo herpetofauna (curso de agua aledaño a finca La Reforma)	85
Fotografía 1-9	Muestreo herpetofauna cuerpos de agua charcas	86
Fotografía 1-10	Muestreo herpetofauna cuerpos de agua (laguna San Cayetano)	86
Fotografía 1-11	Muestreo herpetofauna cuerpos de agua (Río Acacias)	86
Fotografía 1-12	Muestreo herpetofauna trochas y caminos	86
Fotografía 1-13	Muestreo herpetofauna (revisión bajo troncos y piedras)	86
Fotografía 1-14	Muestreo herpetofauna (revisión bajo troncos y piedras)	86
Fotografía 1-15	Muestreo herpetofauna (encuestas sobre presencia de fauna hacia la comunidad - Finca La Reforma)	87
Fotografía 1-16	Trampa Sherman	99
Fotografía 1-17	Trampa Sherman	99
Fotografía 1-18	Trampas Tomahawk	100
Fotografía 1-19	Trampas Tomahawk	100
Fotografía 1-20	Huellas de mamíferos	100
Fotografía 1-21	Indicios de la presencia de mamíferos	100
Fotografía 1-22	Cámara de fotomapeo	101
Fotografía 1-23	Cámara de fotomapeo	101
Fotografía 1-24	Redes de niebla	102
Fotografía 1-25	Redes de niebla	102

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Los campos de producción petrolera Castilla y Chichimene conforman el Bloque Cubarral, el cual tiene un área de 23.423,65 ha, se localiza a 95 Km en dirección sureste de Bogotá y se encuentra en jurisdicción de los municipios de Guamal, Acacias y Castilla La Nueva (a 5 Km al noreste del casco urbano de este municipio), en el departamento del Meta. Las coordenadas expresadas en la **Tabla 1-1**, delimitan dicho Bloque y en la **Figura 1-1** también se puede observar su ubicación geográfica.

Tabla 1-1 Coordenadas Bloque Cubarral – Campos Castilla y Chichimene

VÉRTICE	DATUM BOGOTÁ		DATUM MAGNA SIRGAS	
	Este	Norte	Este	Norte
A	1.055.635	920.371	1.055.633,98	920.370,67
B	1.046.131	911.782	1.046.130,05	911.781,83
C	1.043.893	912.753	1.043.891,91	912.752,85
D	1.040.323	917.261	1.040.321,93	917.261,24
E	1.035.074	923.588	1.035.073,14	923.588,23
F	1.042.800	930.000	1.042.799,17	929.999,85
G	1.047.958	933.500	1.047.957,19	933.499,73
H	1.050.230	929.016	1.050.229,31	929.015,30

Fuente: Ecopetrol, S.A. 2011.

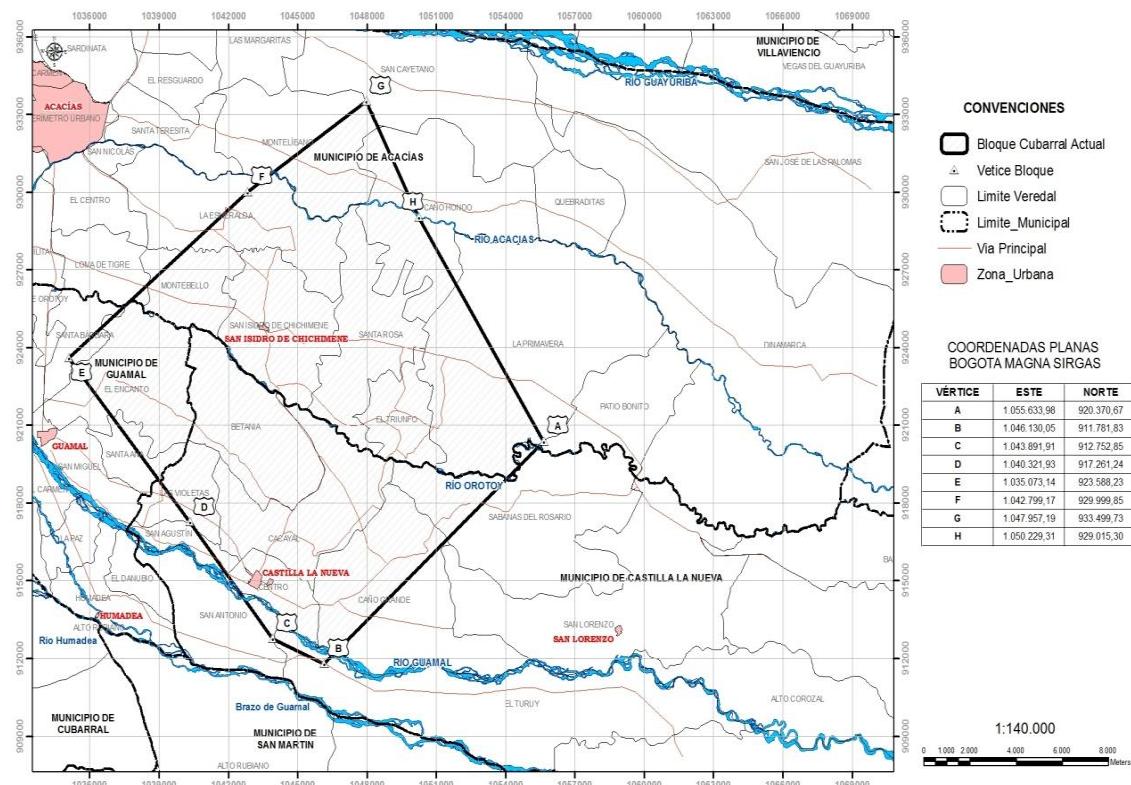


Figura 1-1 Localización Bloque Cubarral

➤ Área de Influencia Directa (AID) fisicobiótico

El área de influencia directa del bloque Cubarral, campos Castilla Chichimene, fue determinada conforme a las directrices establecidas en la norma HI-TER-1-03. Esta define el AID como: "aquella área donde se manifiestan los impactos y/o efectos directos generados por el proyecto, obra o actividad sobre los medios abiótico y biótico". Conforme a lo anterior, los límites establecidos para el bloque Cubarral, campos Castilla Chichimene integran los alcances de los impactos directos de las actividades de uso, explotación y aprovechamiento, de los recursos naturales existentes. Se definieron e integraron los alcances de los impactos para actividades como vertimientos, infraestructura principal y de apoyo, emisiones atmosféricas, captaciones etc., con ayuda de profesionales expertos en cada uno de los temas (Ver **Figura 1-2**).

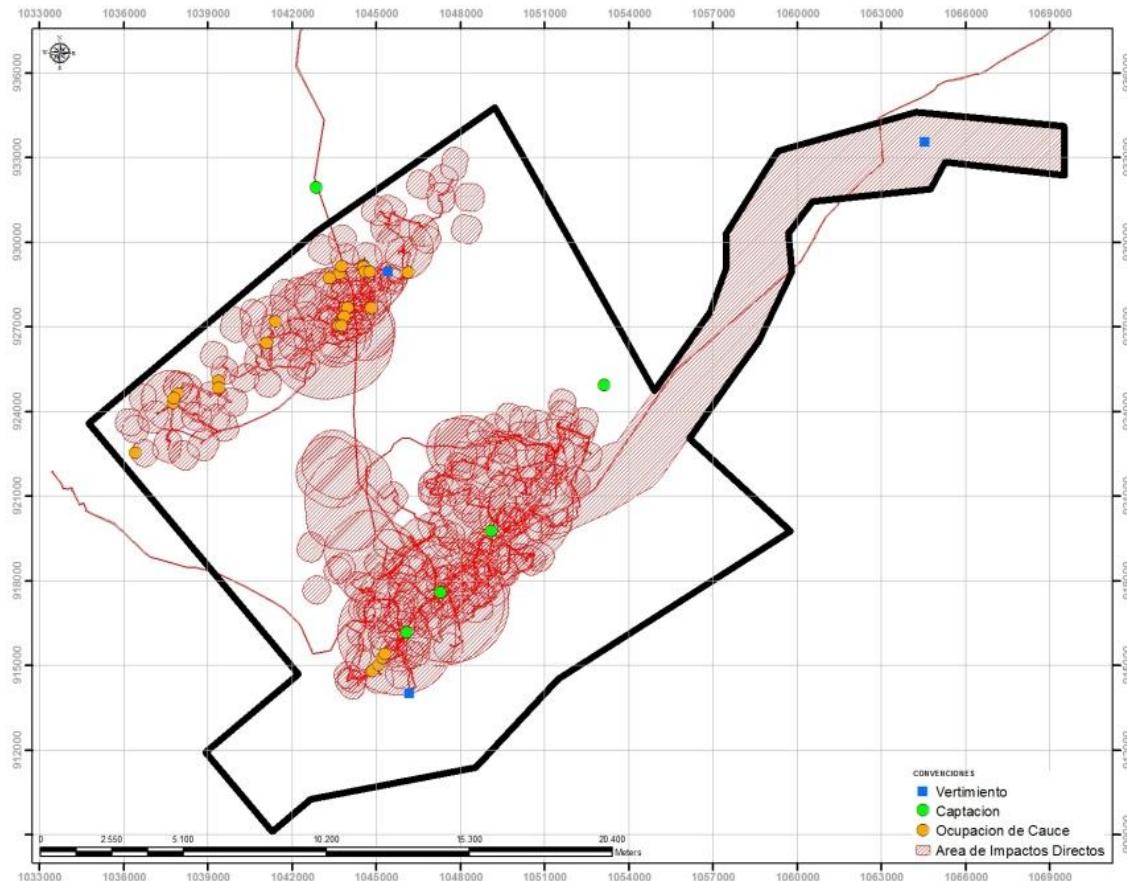


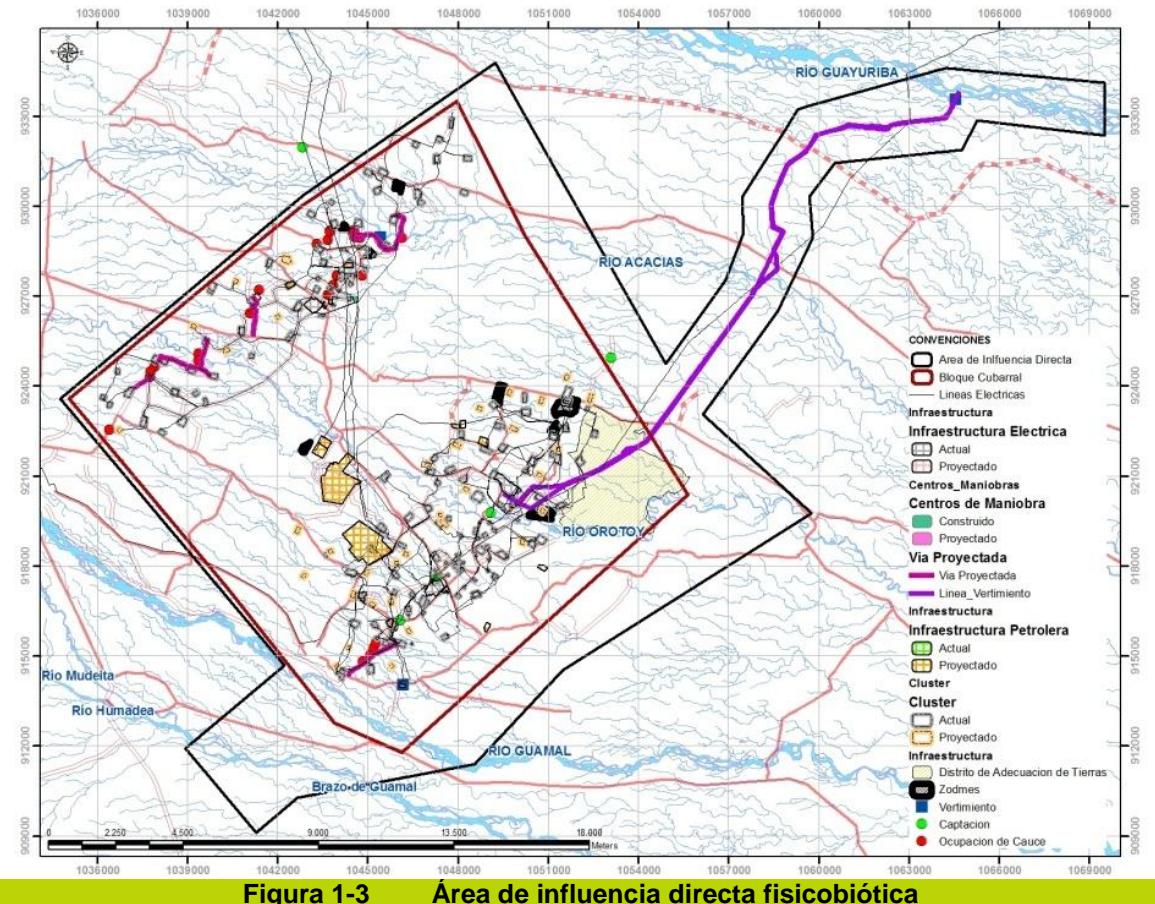
Figura 1-2 Alcance de los impactos directos por las actividades de explotación de hidrocarburos.

Por otro lado, con el fin de dar cumplimiento a lo requerido por la Autoridad Ambiental en el Auto 2315 del 21 de julio de 2011 en donde se solicita: "redefinir el área de influencia directa, para lo cual deberá considerar los sitios de uso y aprovechamiento de los recursos naturales, captaciones y vertimientos, accesos construidos y por construir, y los sitios de obras propuestas que no estén al interior del campo". El área fue redefinida como se muestra en la Figura 1-2., obteniendo un área final ampliada, la cual integra la infraestructura proyectada y los alcances de sus impactos.

Con respecto a las unidades fisiográficas y ecosistémicas, las cuales "se tendrán en cuenta para la definición de las áreas de influencia" estas, fueron articuladas a través de la caracterización y descripción de cada uno de los componentes (flora, fauna, ecosistemas, fragmentación,

infraestructura, proyectos, etc.) los cuales se desarrollan en un contexto paisajístico y ecosistémico sobre los cuales generan impactos y encuentran limitaciones.

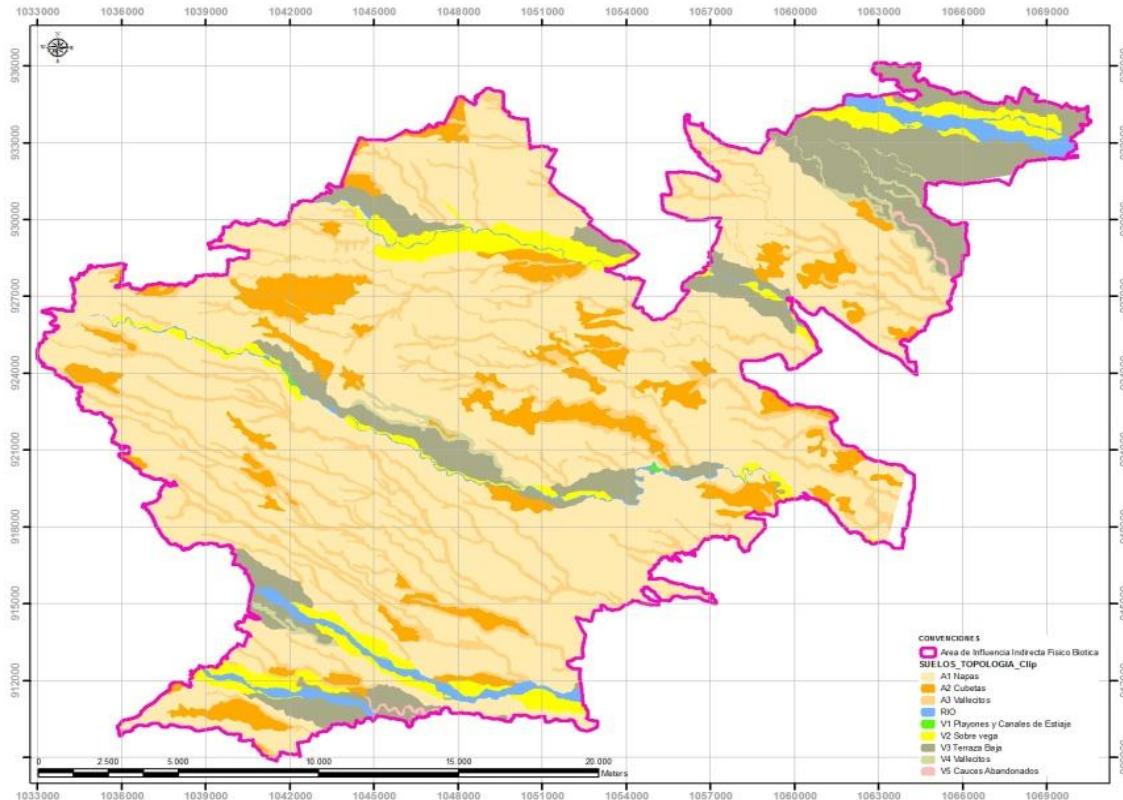
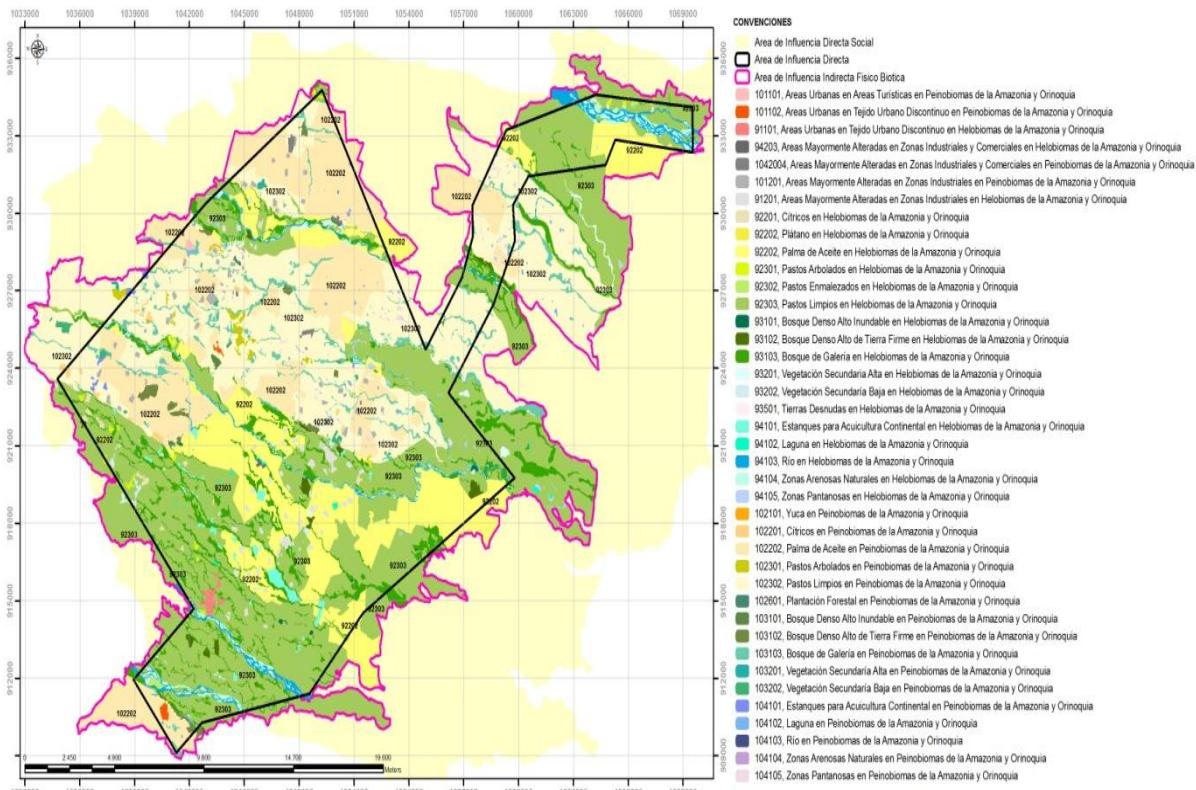
El resultado del área de influencia directa se encuentra en el mapa a continuación detallado a escala 1:25000. (Ver **Figura 1-3**).



➤ ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA (AI) FISICOBIÓTICO

El área de influencia indirecta del proyecto de acuerdo a la norma HI-TER-1-03, es "aquella donde se producen alteraciones a los medios abiótico, biótico, socioeconómico y cultural; desencadenadas por los impactos indirectos, producidos por el proyecto, obra o actividad, en sus diferentes etapas". Esta área, como bien se menciona está definida mediante el alcance de los impactos indirectos los cuales presentan una dificultad para su definición ya que permean las complejas dinámicas ecológicas y pueden superar la escala temporal del presente estudio.

Por lo anterior para la definición del área de influencia indirecta del proyecto fueron determinantes las unidades fisiográficas y ecosistémicas. Estas fueron detalladas a escala 1:25.000, como se muestra en los mapas a continuación.


Figura 1-4 Unidades fisiográficas escala 1:25.000

Figura 1-5 Unidades ecosistémicas escala 1:25.000

Como resultado de la integración de las unidades fisiográficas y ecosistémicas se obtuvo el área de influencia indirecta como se muestra en la **Figura 1-6**.

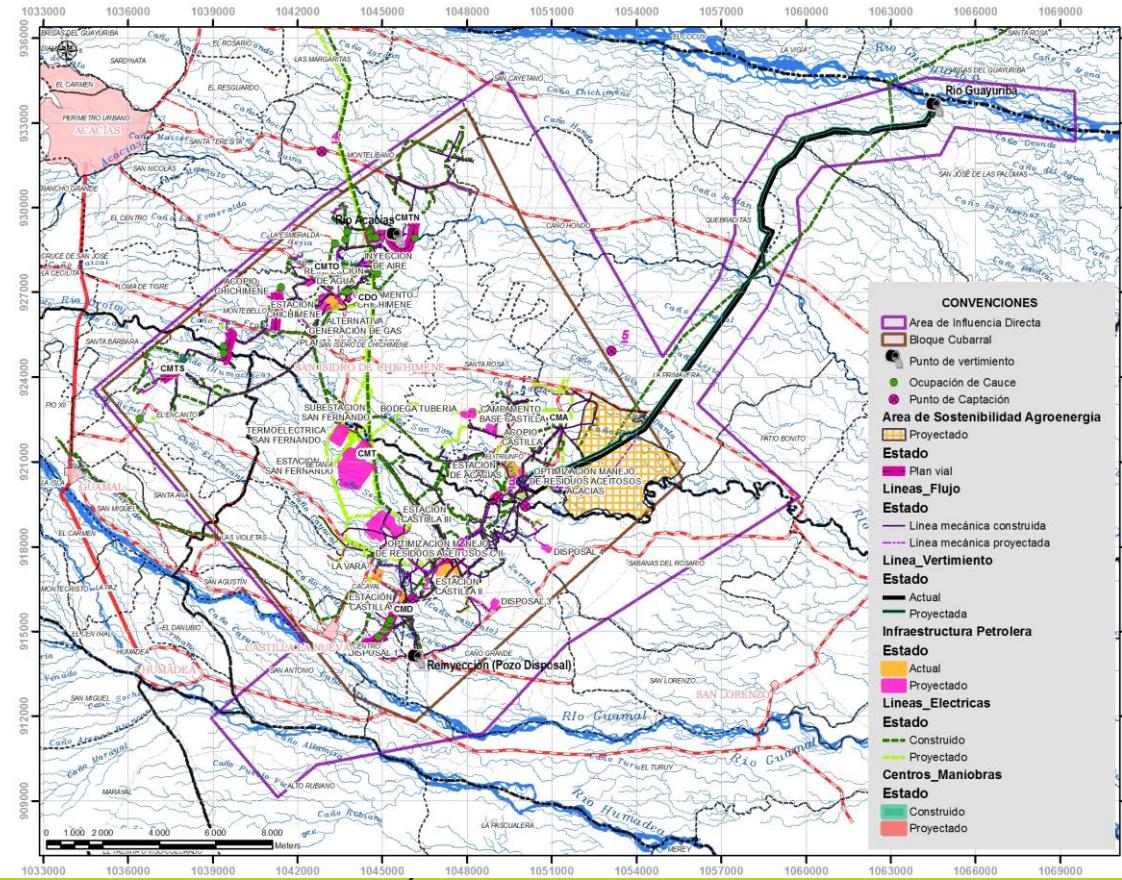


Figura 1-6 ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA ESCALA 1:25.000

Buscando el desarrollo de los campos Castilla y Chichimene, Ecopetrol S.A. estableció el proyecto denominado CASTILLA 170K, cuyo objetivo es lograr el desarrollo de 405MBLS de petróleo al año 2025, mediante la realización de actividades de perforación, Workover y la construcción y puesta en marcha de facilidades que permitan recolectar, tratar y transportar hasta 170 KBPD de crudo producido de las formación K1 y K2.

Por su parte, para el Campo Chichimene, se tiene contemplada la ampliación de la Estación Chichimene, dentro de un proyecto llamado Chichimene 100K, con el cual se busca ampliar en 55.000 BOPD aproximadamente, la capacidad de tratamiento de la Estación Chichimene, permitiendo llegar a manejar hasta 100.000 BOPD de crudo pesado y extra pesado, proveniente de la formación T2, para poder cumplir con la meta de producción del Campo al año 2013.

Las actividades contempladas en el proyecto incluyen la instalación de nuevas facilidades para el tratamiento de los crudos pesados producidos en el campo Chichimene, provenientes de la formación T2, tales como tanques para almacenamiento de crudo, tanques para almacenamiento de nafta, separadores bifásicos, tratadores electrostáticos, calentadores de crudo, bombas nafta, bombas para despacho, bombas de trasiego, etc. Adicional, se requiere ampliar y adecuar el sistema para manejo del agua asociada al crudo de producción, el sistema para manejo del gas asociado al crudo de producción, los sistemas industriales, auxiliares y contra incendio asociados a la nueva infraestructura, la construcción de un nuevo centro de control de motores (CCM) y la adecuación de las facilidades eléctricas tanto de alta como de baja.

Las actividades y/o subproyectos específicos que competen a la actualización de este Plan de Manejo Ambiental (PMA), se describen en detalle en el **Capítulo 2**.

La realización del presente documento contempló recopilación y análisis de información primaria y secundaria, relacionada con:

- ✓ Descripción de las actividades y procesos que se llevan a cabo actualmente dentro de los Campos Castilla y Chichimene;
- ✓ Descripción y diseños de las estrategias de desarrollo proyectadas y sus actividades anexas;
- ✓ Estado actual del medio biótico, abiótico y socio-económico del área de influencia de los campos Castilla y Chichimene.

La información primaria para cada uno de los componentes fue tomada directamente en campo, mediante visitas técnicas, inventarios, socializaciones, toma de muestras, entre otros, efectuadas desde octubre de 2011 hasta enero de 2012, siendo esta información procesada y analizada de acuerdo con las metodologías que se adoptaron para caracterizar cada aspecto y que se amplían en el numeral 1.5 del presente capítulo.

La información secundaria, que complementa aquella obtenida en el trabajo de campo, hace referencia a estudios realizados previamente en los Campos Castilla y Chichimene, los cuales se detallan en el numeral 1.3.4 del presente capítulo.

Este PMA sigue los lineamientos establecidos en los términos de referencia del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) HI-TER 1-03 (*Estudio de Impacto Ambiental Proyectos de Explotación de Hidrocarburos*) y HI-TER 310 (*Plan de Manejo Ambiental para la perforación de pozos de desarrollo o producción y sus líneas de flujo*). El documento se ha estructurado en dos partes: la Parte I se compone de diez (10) capítulos así:

- ✓ Capítulo 1: Generalidades.
- ✓ Capítulo 2: Descripción del proyecto
- ✓ Capítulo 3: Caracterización del área de influencia del proyecto
- ✓ Capítulo 4: Evaluación ambiental
- ✓ Capítulo 5: Zonificación de manejo ambiental del proyecto
- ✓ Capítulo 6: Plan de manejo ambiental
- ✓ Capítulo 7: Programa de seguimiento y monitoreo del proyecto
- ✓ Capítulo 8: Plan de contingencia
- ✓ Capítulo 9: Plan de abandono y restauración final

Además contiene los siguientes Anexos:

Tabla 1-2 Anexos presentados en el PMA

ANEXO	ASPECTO	NOMBRE		NOMBRE
1	OFICIOS Y ASPECTOS LEGALES	1	Alcaldía	
		2	Cormacarena (solicitud-respuesta)	
		3	INCODER (solicitud-respuesta)	
		4	MADS (solicitud-respuesta)	
		5	Mininterior (solicitud-respuesta)	
		6	Parques Nacionales (solicitud-respuesta)	
		7	Convenio de explotación de hidrocarburos ANH-ECOPETROL Área de exploración directa Cubarral	

ANEXO	ASPECTO	NOMBRE	NOMBRE
		8 Objetivos Calidad de Agua (2.6.08-1200 Guayuriba y 2.6.08-1208 Acacias)	
2	INFRAESTRUCTURA (CIVIL Y PETROLERA)	1 Ingeniería Básica Plan Vial del Campo Castilla.	
		2 Dossier ing Básica y de detalle Plan Vial del Campo Chichimene.	
		3 Dossier ing Básica y de detalle para el Campamento Base de perforación del Campo Castilla	
		4 Dossier ing Básica y de detalle para el Campamento Base de perforación del Campo Chichimene.	
		5 Dossier ing Básica y de detalle Centro de Acopio para lodos y cortes del Campo Chichimene.	
		6 Ingeniería conceptual Centro de Acopio para lodos y cortes del Campo Castilla	
		7 Planos de distribución de las áreas existentes y proyectadas campos Castilla y Chichimene	
		8 Inventario de Pozos y Clusters	
		9 Instructivo ECOPETROL S.A., para cementación forzada	
		10 Instructivo ECOPETROL S.A. para colocar tapón Balanceado	
		11 Anexos Pozo Inyector (Disposal)	1 Concepto Ministerio de Minas
			2 Resolución 2346 Cormacarena
			3 Prediseños Pozo Inyector (Disposal)
			4 Prueba de Inyectividad
			5 Análisis físico químico de Agua
			6 Estado mecánico de Pozos Inyectores (Disposal)
			7 Prediseños Líneas
			8 Forma 20 - informe inyección de agua y producción
		12 Datos Recolectados en Estación Castilla 1	
		13 Datos Recolectados en Estación Castilla 2	
		14 Datos Recolectados en Estación Acacias	
		15 Datos Recolectados en Estación Chichimene	
		16 AREA DE SOSTENIBILIDAD EN AGROENERGIA	1 Pronunciamiento CORPOICA
			2 Resultados investigación CORPOICA
			3 Memoria técnica ASA.
			4 Memoria Construcción de piezómetros ASA
			5 Resultados suelos piezómetros
			6 Suelos Antek ASA actual
			7 Reportes de Laboratorio Eurofins analytic
			8 Análisis hidrogeoquímico
			9 Modelación hidrogeología ASA
			10 Informe análisis Rbca

ANEXO	ASPECTO	NOMBRE	NOMBRE	
			11	Piezómetros propuestos ASA
			12	Informe caracterización aguas subterráneas piezómetros 1 a 4
			13	Comparación Aguas de Formación y Subterráneas
			17	Ingeniería Detallada
			18	Procedimientos pruebas de producción
3	GEOSFÉRICO	Hidrogeología	1	Formato de inventario
			2	Resultados SEV
			3	Pruebas de bombeo
			4	Pruebas de infiltración
			5	Prueba Slug
			6	Resultados de laboratorio y diagramas PIE y PIPER
			7	Red de Piezómetros Bloque Cubarral
			1	Aforos
			2	Monitoreos
			3	IDEAM Caudales
4	AMBIENTAL		4	Climatología IDEAM
			5	Acreditación Laboratorio
			6	Licencias y autorizaciones ambientales
			1	Auto 1541 de 25 OCT 10 Concesión Cl-CII
			2	Resolución 1008 de 05 JUL 10 Permiso de exploración de Aguas subterráneas Estación Chichimene
			3	Resolución 1185 de 2010 Prorroga Concesión Orotøy

ANEXO	ASPECTO	NOMBRE	NOMBRE
			4 Resolución 1010 de 06 JUL 10 Prorroga Concesión Pozo ECH
			5 Resolución 1311 de 21 MAY 09 Concesión Caño Los Chochos
			6 Resolución 1527 de 08 SEP 10 Aprovechamiento Forestal
			7 Resolución 2155 2010 Ocupación temporal de cauce y Aprovechamiento Forestal - Construcción Línea flujo de 16" Estación Castilla II a Estación Acacias
			8 Resolución 1413 de 20 AGO 10 Ocupación de cauce - Construcción Línea Eléctrica y de Flujo de Castilla Norte 44 a Cluster 04 en campo Castilla SCC
			9 Resolución 1697 de 30 SEP 10 Ocupación de Cauce - Construcción Obra Mecánica y eléctrica de Cluster 17 hacia Castilla 56 SOC
			10 Resolución 0825 Ocupación cauce Línea Eléctrica Cluster 27 a Estación Acacias
			11 Resolución 1144 de 19 JUL 10 Ocupación de cauce Caño Seco y Esmeralda
			12 Resolución 0944 Ocupación de cauce pozo CH35 a Pozo CH04
			13 Resolución 1524 de 08 SEP 10 Aprovechamiento forestal - Construcción vía acceso a cluster 133 de la SOC
			14 Resolución 1526 de 08 SEP 10 Aprovechamiento forestal - obras civiles, mecánicas y eléctricas pozos SW6 y SW7 Hacia cluster SW3 de la SCC
			15 Resolución 2310 de 15 DEC 10 Aprovechamiento Forestal Ampliación Estación Chichimene
			16 Resolución 0306 de 26 FEB 10 Aprovechamiento Forestal Obras Civiles Cluster 27 campo Castilla
			17 Resolución 1009 de 06 JUL 10 Ocupación de cauce caño Seco construcción línea de flujo de cluster 15 a cluster 22 SOC
			18 Resolución 1411 de 20 AGO 10 Ocupación de cauce construcción línea eléctrica y de flujo Cluster 19 a Cluster 27
			19 Resolución 1412 de 20 AGO 10 Ocupación de cauce obra mecánica cluster 23 a cluster 24

ANEXO	ASPECTO	NOMBRE	NOMBRE
			20 Resolución 1414 de 20 AGO 10 Aprovechamiento forestal locación pozo SW1 SOC
			21 Resolución 1701 de 20 SEP 10 Ocupación de Cauce Caño Los Chochos y NN1, construcción líneas de flujo de pozo CH 18 a Múltiple CH 26
			22 Resolución 1698 de 30 SEP 10 Ocupación de Cauce Caño Siete Vueltas, NN2 y Laureles para construcción de líneas de flujo que van al pozo CH 30
			23 Resolución 1700 de 30 SEP 10 Ocupación de Cauce Caño Lejía, Construcción línea de flujo del pozo CH44 a CH 4 y del pozo CH2 a CH 27 Campo Castilla
			24 Resolución 2346 de 21 DIC 10 Permiso de vertimiento de aguas industriales al subsuelo.
			25 Resolución 0025 de 19 ENE 10 Ocupación de cauce y aprovechamiento forestal construcción líneas de flujo y líneas eléctricas a pozo de reinyección disposal
			26 Resolución 0063 de 28 ENE 10 Aprovechamiento forestal Instalación línea eléctrica desde pozo CH35 a intercepción línea eléctrica pozo CH27 e instalación línea eléctrica desde CH27 a CH4
			27 Resolución 0125 de 19 FEB 10 Ocupación Cauce Caño Danta, Alfíje, Seco, Hondo, NN, Blanco y cachire y Aprovechamiento forestal para instalación Líneas de Flujo correspondiente a pozos castilla Prueba CPT2-1, CPT2- 2, CPT2-3, CPT2-4 y CPT2-5 en una longitud de 24 a 36 metros.
			28 Resolución 0934 de 21 JUN 10 Aprovechamiento forestal construcción línea eléctrica Cluster 31 a Estación Castilla y Cluster 17 a Cluster 32
			29 Resolución 1009 Ocupación de cauce caño NN y San Jose, Aprovechamiento Forestal instalación líneas de flujo y línea eléctrica pozos castilla Norte 46 y Castilla Norte 47
			30 Resolución 1312 de 21 MAY 09 Ocupación Cauce Caño Grande y Tres Ranchos y Aprovechamiento forestal para instalación corredor líneas de flujo para disposición subterránea de Aguas industriales

ANEXO	ASPECTO	NOMBRE	NOMBRE
			Resolución 2639 de 06 OCT 09 Ocupación Caño Chochos y NN y Aprovechamiento forestal de arboles aislados para instalación de tres líneas de flujo que van desde pozo CH28, CH34 y CH 33 a pozo CH 26
			Resolución 1745 instalación línea vertimiento sobre Río Guayuriba y modifica tubería que une Estación Castilla 2 con Estación Acacias
			Resolución 0905 de 05 DIC 06 Prorroga emisiones atmosféricas chichmene
			Resolución 734 de 2005 concesión de agua Caño Grande y Cacayal Estación Castilla I y II
			Resolución 0904 de 2007 Permiso de vertimiento Estación Acacias a Rio Guayuriba
			Resolución 0420 de 14 JUN 2006 Permiso de vertimiento Estación Chichimene - Rio Acacias
			Resolución 0754 de 2000 Permiso de emisiones estación Chichimene
			Resolución 0769 de 2000 Concesión pozo de agua Castilla I
			Resolucion 877 de 2000 Cesión derechos y obligaciones de Chevron a Ecopetrol
			Resolución 2471 de 2010 Vertimientos Estación Acacias Rio Guayuriba
			Resolución 1311 de 2009 Concesión de Agua Caño Los chochos
			Resolución 0450 de 2010 Prorroga concesión agua subterránea Estación Acacias
			Resolución 1026 Permiso de emisiones Castilla II
	7	Modelación de vertimiento	
	8	Modelos Duracau y TR-55	
	9	Modelo Dispersión de aire	
5	FLORA	1 Formatos Flora	
		2 Glosario	
6	FAUNA	1 Encuestas Fauna	
		2 Glosario	
7	PAISAJE Y FRAGMENTACIÓN	1 Cálculos Fragmentación	
		2 Figura análisis de fragmentación	
		3 Formatos	

ANEXO	ASPECTO	NOMBRE	NOMBRE	
		4 Glosario 5 Encuestas Paisaje 6 Cálculos de calidad y fragilidad paisajística 7 Memoria Técnica Diseños paisajísticos y manual de repoblación vegetal para la infraestructura proyectada y existente 8 Planos diseños paisajísticos		
		1 Actas de reunión 2 Fichas Veredales	1 Actas de las reuniones de información con las alcaldías municipales. 2 Actas de las reuniones de información con la población. 3 Actas de los talleres de impactos y enunciado de medidas con la población.	
		3 Oficios	1 A los alcaldes: invitación para informarles sobre los proyectos y Talleres de impacto. 2 A las oficinas de planeación municipal: constancia de la pertenencia de las veredas del AID a cada municipio y solicitud de información 3 A la oficina del SISBEN de cada municipio del AlI: solicitud de información. 4 Invitación a las reuniones de información sobre las nuevas estrategias de desarrollo.(JAC) 5 Soporte convocatoria predio a predio a reuniones informativas 6 A los presidentes de JAC: invitación a los talleres para la identificación de impactos y enunciado de medidas. 7 Soporte convocatoria talleres de impacto	
		4 Directorio	1 Presidentes de las JAC del AID. 2 Alcaldes de los municipios	
		5 Listados de Asistencia	1 Lista de asistencia a las reuniones de información con la población. 2 Lista de asistencia a los talleres de impactos y enunciado de medidas con la población.	
		7 Presentaciones	1 - Presentación utilizada para las reuniones informativas con la población, alcaldes y otros funcionarios del Despacho. 2 - Presentación utilizada para los talleres de impactos con la población, alcaldes y otros funcionarios del Despacho.	
		8 Registro fílmico		
8	SOCIAL	9 ARQUEOLOGIA	1 Informe final ICANH	

ANEXO	ASPECTO	NOMBRE		NOMBRE
		2	Radicado ICANH	
		3	Respuesta ICAHN	
10	ELECTRICO	1	Cromatografía Gas TEO	
		2	Análisis del Sistema Eléctrico (GERS)	
		3	RCM SOA-TERMOSURIA	
		4	Administración de mantenimiento Centrales Térmicas	
		5	Instructivo mantenimiento subestaciones	
11	ELVALUACION DE IMPACTOS	1	Matriz evaluación impactos	
		2	Impactos identificados por la comunidad en talleres de impacto y medidas de manejo	
12	CARTOGRAFICO	1	Localización General	
		2	Vías e Infraestructura	1 MAPA2A_INFRAESTRUCTURA_ELECTRICA_PMAI_SCC
				2 MAPA2B_INFRAESTRUCTURA_PETROLERA_PMAI_SCC
				3 MAPA2C_INFRAESTRUCTURA_CIVIL_PMAI_SCC
		3	Áreas de Influencia	
		4	Geología	
		5	Geomorfología	
		6	Geotecnia	
		7	Pendientes	
		8	Suelos	
		9	Conflictos de Uso	
		10	Hidrología	
		11	Hidrogeología	1 Perfiles hidrogeológicos
				2 Perfiles hidrogeológicos
				3 Niveles de profundidad - Profundidad niveles freáticos
				4 Mapa de direcciones de flujo y gradiente hidráulico
				5 Hidrogeología por el método Drastic
				6 Hidrogeología por el método GOD
		12	Cobertura y Uso del Suelo	
		13	Ecosistemas Terrestres	
		14	Socioeconómico	
		15	Zonificación Arqueológica	
		16	Ecología del Paisaje	
		17	Zonificación Ambiental	
		18	Zonificación de Manejo	
		19	Amenazas	
		20	Uso y Aprovechamiento de Recursos Naturales	
13	FOTOGRÁFICO			
14	BIBLIOGRAFIA	1		

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Actualizar el Plan de Manejo Ambiental para los campos de producción Castilla y Chichimene, pertenecientes al Bloque Cubarral, con el fin de identificar y caracterizar tanto las condiciones actuales del área de influencia de los campos en mención, como los impactos socio-ambientales que se deriven o puedan generarse del desarrollo de las actividades petroleras para establecer medidas de manejo ambiental que permitan prevenir, controlar, mitigar, corregir y compensar dichos impactos socio-ambientales.

1.2.2 Objetivos específicos

- ✓ Describir y caracterizar la infraestructura existente y las estrategias de desarrollo proyectadas, en los campos Castilla y Chichimene.
- ✓ Caracterizar el área de influencia de los campos Castilla y Chichimene, a partir de la descripción de las condiciones actuales del medio abiótico, biótico y socioeconómico.
- ✓ Determinar la zonificación de manejo ambiental para las diferentes actividades del proyecto, especificando las áreas de exclusión, áreas de intervención con restricciones y áreas de intervención.
- ✓ Identificar y evaluar los impactos ambientales generados con el desarrollo de las actividades de los campos Castilla y Chichimene.
- ✓ Plantear medidas de manejo a partir de programas, proyectos y actividades, necesarios para prevenir, controlar, corregir, mitigar y compensar los impactos generados por el proyecto durante las diferentes etapas.
- ✓ Diseñar un programa de seguimiento y monitoreo para las medidas de manejo propuestas.
- ✓ Analizar los posibles riesgos que se pueden presentar en el desarrollo de las actividades de los campos petroleros y estructurar un plan de contingencia para los mismos.
- ✓ Determinar medidas para el abandono y restauración final de las áreas intervenidas por la infraestructura y actividades de los campos Castilla y Chichimene.
- ✓ Caracterizar los recursos naturales que demandarán los campos Castilla y Chichimene y que serán utilizados, aprovechados o afectados durante las diferentes etapas de los mismos.

1.3 ANTECEDENTES

1.3.1 Infraestructura petrolera existente

A continuación se presenta la metodología utilizada para la elaboración del **Capítulo 2** del Plan de Manejo Ambiental para el Bloque Cubarral, teniendo en cuenta los diferentes procedimientos y métodos de recolección, procesamiento y análisis de la información.

El **Capítulo 2** se ha estructurado en seis (6) partes, una de las cuales corresponde a las generalidades del Bloque y del proyecto y dos competen a la descripción de infraestructura petrolera existente y proyectada en el Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene, para el desarrollo de los campos Castilla y Chichimene.

Como primera etapa del estudio se realizó la revisión y asimilación de información suministrada por Ecopetrol S.A., tal como el Plan de Manejo Ambiental Integral presentado en el año 2010, el Auto 2315 del 21 de julio de 2011, donde el Ministerio del Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial se pronuncia sobre el mencionado PMAI, y hace algunos requerimientos específicos que serán respondidos en este Estudio. También se revisaron y organizaron los proyectos existentes y las estrategias de desarrollo proyectadas.

Con el propósito de verificar y ajustar la información de infraestructura petrolera recibida de Ecopetrol S.A., se han realizado labores de campo encaminadas a inventariar los pozos en ubicaciones independientes y clústeres, líneas de flujo y troncales, así como describir las diferentes estaciones de recolección, tratamiento y bombeo de crudo.

El trabajo de campo se realizó con dos frentes de trabajo, cada uno liderado por un Ingeniero de Petróleos, un frente dedicado al levantamiento de infraestructura dispersa como pozos y líneas de flujo, y otro para el reconocimiento de las estaciones.

Una vez estudiada y organizada la información secundaria y aquella recolectada en campo, se procedió a realizar los ajustes del documento del Capítulo 2 “Descripción Técnica del Proyecto”, haciendo la presentación organizada de toda la infraestructura petrolera presente en el área de estudio, y entregando además anexos como los planos de distribución de áreas de las diferentes estaciones actualizados a la fecha y los formatos de recolección de información en campo. Un importante valor agregado, ha sido la generación de diagramas de flujo de proceso para cada estación, donde se incluyen todos los equipos para recibimiento, conducción, tratamiento y despacho de crudo, así como los Sistemas de Tratamiento de Agua de Producción, STAP. Además, se generó un diagrama de flujo que muestra la interconexión de las diferentes estaciones y la Planta Castilla, especificando líneas de crudo, agua y nafta, así como capacidades, diámetros y longitudes de cada línea, como también los movimientos de fluidos por carro tanques.

1.3.2 Estrategias de desarrollo

Para el caso de la infraestructura proyectada, se ha interactuado con personal de Operaciones de Ecopetrol S.A. y se ha organizado de manera estructurada, definiendo un contenido similar para los diferentes proyectos, basado en los términos de referencia HI-TER-1-03 y organizado en grupos y estaciones, según lo solicitado en el Auto 2315 de 2011 correspondientes a proyectos piloto, facilidades de producción, optimización de procesos, líneas de flujo y/o proceso, pozos y vertimientos, en busca de cubrir todas las necesidades de información para dar la mayor claridad posible a los proyectos y de este modo viabilizar su aval por parte del Ministerio. Los subproyectos asociados a cada una de estas estrategias se resumen en la **Tabla 1-3**.

Tabla 1-3 Estrategias y actividades propuestas para los Campos Castilla y Chichimene

Nº	ESTRATEGIAS	SUBPROYECTOS ASOCIADOS
1	Desarrollo de la Infraestructura Petrolera	Campaña de perforación de pozos en los Campos Castilla y Chichimene
		Ampliación Sistema Hidráulico de Recolección del Bloque Cubarral (Campo Castilla – Chichimene)
		Aprovechamiento de Gas para Generación de Energía Eléctrica - Campo Chichimene
		Construcción y Operación Estación Castilla – 3 y sus Líneas Accesorias
		Estación de Bombeo y Almacenamiento San Fernando y Líneas de Transferencia Asociadas
		Ampliación de la Estación Chichimene 100K
		Ampliación de Módulos para Tratamiento del Agua de Producción hasta 4320000BWPD Estación Acacias y Castilla 3

Nº	ESTRATEGIAS	SUBPROYECTOS ASOCIADOS	
		Construcción de Campamentos Generales de Perforación	
2	Disposición del agua de producción	Área de sostenibilidad en agroenergía (ASA) Nueva Línea de Vertimiento al Río Guayuriba Pozos inyectores de agua	
3	Gestión de residuos sólidos	Construcción y/o adecuación de ZODMES Adicionar un contratista para el tratamiento de lodos a cargo de terceros. La Planta LMP-TCC de Halliburton en Yopal. Separación sólido-líquido en Estaciones: Implementación del proceso de centrifugado en cada estación Montaje de nueva planta de tratamiento de lodos aceitosos: En sitio nuevo o existente al interior de la GEC.	
4	Suministro Energético	Diseño, construcción y puesta en funcionamiento de la nueva central de generación Termoeléctrica San Fernando Diseño construcción y puesta en funcionamiento de la nueva subestación eléctrica San Fernando Diseño, construcción y puesta en funcionamiento de la línea eléctrica 230 KV La Reforma - San Fernando Diseño, construcción, ampliación y puesta en funcionamiento de los centros de maniobra, transferencia y distribución de energía eléctrica Diseño, construcción y puesta en servicio de líneas de transmisión a 115 KV, troncales a 34,5 KV y distribución a 34,5 KV	
5	Proyectos Piloto (Aumento Factor de recobro)	Inyección de Aire Campo Chichimene (Aumento Factor de Recobro) Reinyección de Agua para Recobro (Aumento Factor de Recobro) Planta Piloto de Desasfaltado (Optimización del Proceso)	
6	Gestión Social SCC	Programa de educación y capacitación al personal vinculado al proyecto. Programa de información y participación comunitaria. Programa de reasentamiento de la población afectada Programa de apoyo a la capacidad de gestión institucional. Programa de capacitación, educación y concientización a la comunidad aledaña al proyecto. Programa de contratación de mano de obra local. Programa de arqueología preventiva	
Actividades			
Optimización de Procesos		Sistema de recolección bloque Cubarral Aprovechamiento de Gas para la Recuperación de Condensados en la Estación Castilla 2	Desarrollo infraestructura vial (Vías de Acceso a Localizaciones, Clúster, campos Castilla y Chichimene)

1.3.3 Permisos, licencias y autorizaciones otorgadas en el área

Los diferentes actos administrativos bajo los cuales se viabiliza la operación de los campos Castilla y Chichimene, al igual que las autoridades competentes que han requerido acciones específicas relacionadas con el manejo ambiental, se relacionan en la **Tabla 1-4**.

Tabla 1-4 Actos administrativos

ACTO ADMINISTRATIVO	NUMERO	FECHA DE EXPEDICIÓN	AUTORIDAD	RECURSOS	PROYECTO / OBRA-DESCRIPCIÓN
Resolución	1042	31 de Agosto de 1993	Corporinoquia	Aguas	Otorga concesión de aguas subterráneas 4 lps, pozo estación Chichimene
Resolución	329	30 de Mayo de 2000	Corporinoquia	Aqua	Ocupación de cauce Caño Cacayal y Grande para equipos de bombeo del SCI.
Resolución	332	30 de Mayo de 2000	Corporinoquia	Aire	Permiso de emisiones atmosféricas estación Castilla 2 (calentadores e incinerador de residuos)
Resolución	877	7 de Septiembre de 2000	MAVDT	Licencia	Cesión de PMA y Licencia Ambiental de Chevron.
Resolución	1080-264	13 de Septiembre de 2000	Minercol	Material de arrastre	Licencia Especial de explotación N° BH4-081 en el Río Orotay.
Resolución	1080-266	14 de Septiembre de 2000	Minercol	Material de arrastre	Licencia Especial de explotación N° BH9-141 en el Río Orotay
Resolución	754	20 de Diciembre de 2000	Corporinoquia	Aire	Permiso de emisiones atmosféricas Campo Chichimene
Resolución	769	28 de Diciembre de 2000	Corporinoquia	Aqua	Concesión de agua subterráneas Estación Castilla 1.
Resolución	770	28 de Diciembre de 2000	Corporinoquia	Aqua	Vertimiento de aguas Campo Chichimene
Resolución	771	28 de Diciembre de 2000	Corporinoquia	Aqua	Vertimiento de aguas Estación Castilla 1 y Castilla 2
Resolución	200.15.0516	11 de Septiembre de 2002	Corporinoquia	Aqua	Ampliación Estación Castilla 2 - exigencia vertimientos.
Resolución	200.15.0879	30 de Diciembre de 2002	Corporinoquia	Licencia	Licencia Ambiental para obras eléctricas requeridas para explotación adicional del Campo Castilla
Resolución	130.15.03.150	24 de Junio de 2003	Corporinoquia	Aqua	Concesión de agua superficial de Caño Grande y Cacayal
Resolución	122	31 de Julio de 2003	Cormacarena	Material de arrastre, Ocupación de cauce y aprovechamiento forestal	Licencia Ambiental MA y permisos Línea de transferencia Castilla - Chichimene
Resolución	139	21 de Agosto de 2003	Corporinoquia	Aqua	Prórroga de concesión de aguas subterráneas Estación Chichimene

ACTO ADMINISTRATIVO	NUMERO	FECHA DE EXPEDICIÓN	AUTORIDAD	RECURSOS	PROYECTO / OBRA-DESCRIPCIÓN
Resolución	224	15 de Octubre de 2003	Cormacarena	Licencia	Modifica la Licencia Ambiental obras eléctricas requeridas para la explotación adicional del Campo Castilla
Resolución	284	25 de Noviembre de 2003	Cormacarena	Aqua	Concesión de agua superficial de Caño Grande y Cacayal
Auto	489	26 de Mayo de 2004	MAVDT	Licencia	Hace requerimientos Campo Chichimene
Auto	710	30 de Julio de 2004	MAVDT	Licencia	Hace requerimientos Campo Castilla
Auto	V-204-1997	9 de Diciembre de 2004	Cormacarena	Aqua	Hace requerimientos calidad de vertimientos.
Resolución	2.6.05-043	17 de Enero de 2005	Cormacarena	Aqua	Ocupación de cauce Río Orotay
Resolución	2.6.05-219	3 de Marzo de 2005	Cormacarena	Aqua	Concesión de agua en el Río Orotay
Resolución	2.6.05-697	9 de Agosto de 2005	Cormacarena	Aqua	Ampliación caudal de vertimiento sobre Río Orotay
Resolución	2.6.05-734	22 de Agosto de 2005	Cormacarena	Aqua	Prorroga concesión de aguas y amplía caudal en Caño Grande y Cacayal
Auto	205-0967	5 de Diciembre de 2005	Cormacarena	Aire	Hace requerimientos prórroga emisiones Chichimene
Auto	205-0945	5 de Diciembre de 2005	Cormacarena	Aire	Hace requerimientos prórroga emisiones Castilla
Auto	2224	7 de Diciembre de 2005	MAVDT	Licencia	Hace requerimientos
Auto	205-0188	30 de Marzo de 2006	Cormacarena	Aire	Hace requerimientos prórroga emisiones Castilla.
Resolución	2.6.06.0420	14 de Junio de 2006	Cormacarena	Aqua	Permiso de ocupación de cauce y vertimiento de Estación Chichimene
Resolución	2.6.06.0572	10 de Agosto de 2006	Cormacarena	Aqua	Prorroga permiso de vertimiento de las aguas residuales industriales tratadas al Caño Laureles por el término de 6 meses
Auto	1780	11 de Septiembre de 2006	MAVDT	Licencia	Hace requerimientos Campos Castilla y Chichimene
Resolución	2.6.06.0905	5 de Diciembre de 2006	Cormacarena	Aire	Prorroga Permiso de emisiones atmosféricas Campo Chichimene
Auto	V-207.0009	23 de Enero de 2007	Cormacarena	Aqua	Hace requerimientos STAP Campo Castilla
Auto	V-207.0007	23 de Enero de 2007	Cormacarena	Aqua	Hace requerimientos STAP Campo Chichimene

ACTO ADMINISTRATIVO	NUMERO	FECHA DE EXPEDICIÓN	AUTORIDAD	RECURSOS	PROYECTO / OBRA-DESCRIPCIÓN
Resolución	2.6.07.0904	3 de Diciembre de 2007	Cormacarena	Aguas	Autorizan permiso de vertimientos de la Estación Acacias (Campo Castilla).
Auto	41	11 de Enero de 2008	MAVDT	Requerimiento	Hace Requerimiento Campo Castilla
Resolución	2.6.08.0010	16 de Enero de 2008	Cormacarena	Aire	Hace Requerimientos Emisiones atmosféricas Campo Castilla
Auto	2.080.296	16 de Mayo de 2008	Cormacarena	Aqua	Hace requerimientos al vertimiento del Campo Castilla
Resolución	2.6.08.569	8 de Agosto de 2008	Cormacarena	Aqua	Se otorga prorroga del permiso de vertimiento del Río Orotoy
Resolución	2.6.08-0475	1 de Octubre de 2008	Cormacarena	Aqua	Otorga permiso de exploración y perforación de aguas subterráneas en los pozos Castilla 1 y Castilla 2.
Auto	3152	22 de Octubre de 2008	MAVDT	Licencia	Hace requerimientos al Campo Castilla y Chichimene
Resolución	2.6.08-0980	7 de Noviembre de 2008	Cormacarena	Aqua	Prórroga de permiso de vertimiento sobre Río Orotoy
Resolución	2.6.08-1026	20 de Noviembre de 2008	Cormacarena	Aire	Permiso de emisiones atmosféricas Campo Castilla
Resolución	2.6.09.0163	3 de Marzo de 2009	Cormacarena	Aguas	Por medio de la cual se autoriza una prórroga del permiso de vertimiento de aguas residuales industriales proveniente del Campo Castilla, a ser vertidas en el Río Orotoy, el cual fuera prorrogado mediante resolución 2.6.08.0980
Resolución	PM-GJ-1.2.6.09.1 311	21 de Mayo de 2009	Cormacarena	Aqua	Por medio del cual se otorga una concesión de aguas superficiales a ser captada del Caño los Chochos.
Auto	2779	29 de Septiembre de 2009	MAVDT	Licencia	Hace requerimientos al Campo Castilla y Chichimene
Auto	1272	6 de Mayo de 2009	MAVDT	Licencia	Hace requerimientos al Campo Castilla y Chichimene
Resolución	PM-GJ.1.2.6. 10.0450	18 de Marzo de 2010	Cormacarena	Aqua	Otorga concesión de aguas subterráneas para la estación de Acacias

ACTO ADMINISTRATIVO	NUMERO	FECHA DE EXPEDICIÓN	AUTORIDAD	RECURSOS	PROYECTO / OBRA-DESCRIPCIÓN
Resolución	PM-GJ-1.2.6.10.1 010	2010	Cormacarena	Aqua	Por medio del cual se otorga concesión del pozo de agua de la Estación Chichimene
Resolución	PM-GJ-1.2.6.10.1 185	2010	Cormacarena	Aqua	Por medio del cual se otorga concesión de agua del Río Orotay
Resolución	PM-GJ-1.2.6.10.1 186	2010	Cormacarena	Aqua	Por medio del cual se otorga concesión de agua de la Quebrada la Blanca
Radicado	4120-E1-122301	24 de Septiembre de 2010	Ecopetrol	Modificación	Solicitud modificación de la Resolución 877 del 7 de septiembre de 2000, presentación del complemento del Plan de Manejo Ambiental
Radicado	4120-E1-123967	28 de Septiembre de 2010	Ecopetrol	Radicación	Se presentó copia de la radicación del Plan de Manejo Ambiental ante Cormacarena
Auto	3880	27 de Octubre de 2010	MAVDT	Trámite	Se inició trámite administrativo para la modificación de la Resolución 877 del 7 de septiembre de 2000, en el sentido de autorizar el desarrollo de nuevas actividades en los Campos Castilla y Chichimene y, como consecuencia de ello, la modificación del Plan de Manejo Ambiental
Resolución	2.6.010.2 346	21 de Diciembre	Cormacarena	Aqua	Otorga permiso de vertimiento de aguas residuales industriales al sub-suelo por reinyección al campo Castilla por medio del Disposal I. (Pozo inyector de Agua)
Auto	2315	21 de Julio de 2011	MAVDT	Requerimiento	Hace requerimiento información adicional dentro del trámite de establecimiento del Plan de Manejo Ambiental de los Campos Castilla y Chichimene
Recurso Reposición	4120-E1-95911	2 de Agosto de 2011	Vicepresidencia Jurídica Ecopetrol	Reposición	Hace recurso de reposición del Auto 2315 de 21 de Julio de 2011, por medio del cual se requiere una información adicional. Expediente No. 227.

ACTO ADMINISTRATIVO	NUMERO	FECHA DE EXPEDICIÓN	AUTORIDAD	RECURSOS	PROYECTO / OBRA-DESCRIPCIÓN
Auto	3181	7 de Octubre de 2011	MAVDT	Acto administrativo	Por el cual se resuelve el recurso de reposición 4120-E1-95911. Contra el Auto 3181 no procede ningún recurso y se entiende agotada la vía gubernativa.
Resolución	2.6.07.0513	6 de Agosto de 2007	Cormacarena	POMCH	Por medio del cual se aprueba y adopta el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Acacitas, localizada en comprensión territorio del Municipio Acacias, Departamento del Meta.
Resolución	2431	29 DE Noviembre de 2005	Cormacarena	POMCH	Por la cual se declara Ordenación de la cuenca Hidrográfica del Río Blanco.
Resolución	1633	22 de Septiembre de 2010	Cormacarena	POMCH	Por medio de la cual se declara en ordenación la cuenca hidrográfica del Río Acacitas.

Fuente: Ecopetrol, 2011.

1.3.4 Estudios ambientales realizados en el área

En el área de influencia del proyecto se han ejecutado estudios ambientales concernientes a la planificación óptima de las actividades a ejecutar, con el fin de minimizar los posibles impactos dentro del área. En la **Tabla 1-5** se mencionan los estudios ambientales más relevantes con que cuenta la Superintendencia Castilla – Chichimene.

Tabla 1-5 Estudios ambientales realizados en el área

ESTUDIOS ESPECÍFICOS	AÑO
Estudio de Impacto Ambiental de la Línea de Transmisión Eléctrica Apiay – Castilla 2	2003
Estudio de Impacto Ambiental del Oleoducto Castilla 2 – Apiay	2004
Actualización del Plan de Manejo Integral del Campo Castilla y Chichimene (C&MA)	2005
Plan de Manejo Ambiental Para la Construcción de Línea de Flujo de Vertimiento de Aguas Asociadas de la Estación Acacias al Río Guayuriba (Ecopetrol)	2007
Actualización Plan de Manejo Integral Bloque Castilla (CORPOAMBIENTE)	2007
Estudio de Impacto Ambiental del Oleoducto Castilla 2 – Apiay Para la Modificación de la Licencia del Oleoducto Castilla 2 – Apiay	2010
Actualización del Plan de Manejo Ambiental del Campo Castilla de la Superintendencia de Operaciones Castilla – Chichimene SCC (ECOFOREST)	2010
Estudio de Socavación del Cruce Subfluvial del Río Chichimene en el Sector de Quebraditas	2010
Estudio de Socavación del Cruce Subfluvial del Río Acacias en el Sector de Dinamarca	2010
Estudio Morfodinámico en el Sector de Descarga de la Línea de Vertimiento Sobre el Río Guayuriba	2010
Plan de Manejo Integral Construcción y Operación de las Estaciones Castilla 3, sus Líneas Accesorias y la Línea de Vertimiento de la Estación Acacias – Río Guayuriba (C&MA)	2010
Solicitud de Ampliación del Permiso de Vertimiento de la Estación Acacias 2 de Ecopetrol S.A. para un Caudal de 2 MBAPD en el Río Guayuriba (SERINGCO)	2011

1.3.5 Marco normativo

Para la elaboración del marco jurídico de referencia para el PMA Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene, se tuvieron en cuenta algunas de las normas constitucionales, legales y reglamentarias más relevantes en materia de recursos naturales renovables y medio ambiente.

1.3.5.1 Constitución política de Colombia

- ✓ Artículo 1. De los principios fundamentales, donde se señala que Colombia es un Estado Social de derecho, organizado en forma de República unitaria, descentralizada, con autonomía de sus entidades territoriales, democrática, participativa y pluralista, fundada en el respeto de la dignidad humana, en el trabajo y la solidaridad de las personas que la integran.
- ✓ Artículo 2. Establece los fines esenciales del estado y participación comunitaria.
- ✓ Los artículos 8, 79 y 80 de la Constitución Política señalan que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica, fomentar la educación para el logro de estos fines, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Que así mismo, el artículo 8 y el numeral 8 del artículo 95 de la Constitución Política disponen que sea obligación de los particulares proteger los recursos naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.
- ✓ Artículo 20. Establece que se garantiza a toda persona la libertad de expresar y difundir su pensamiento y opiniones, la de informar y recibir información veraz e imparcial y la de fundar medios masivos de comunicación.
- ✓ Artículo 40. Establece que todo ciudadano tiene derecho a participar en la conformación, ejercicio y control del poder político.
- ✓ Artículo 84. Señala que cuando una actividad haya sido reglamentada de manera general, las autoridades públicas no podrán establecer ni exigir permisos, licencias o requisitos adicionales para su ejercicio.
- ✓ Artículo 95. Numeral 8 establece como deberes y derechos de las personas y los ciudadanos proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.
- ✓ Artículo 209. Sobre la función administrativa expresa que debe desarrollarse con fundamento en los principios de eficiencia y economía, entre otros.
- ✓ Artículo 270. El cual establece que la Ley organizará las formas y los sistemas de participación ciudadana que permitan vigilar la gestión pública que se cumpla en los diversos niveles administrativos y sus resultados.

1.3.5.2 Leyes

En la **Tabla 1-6** se nombran las leyes ambientales que aplican y sirven de marco jurídico al elaborar un estudio ambiental.

Tabla 1-6 Leyes

LEY	TÍTULO
Decreto Ley 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y no renovables. Protección al Medio Ambiente.
Ley 09 de 1979	Por la cual se dictan Medidas Sanitarias.
Ley 56 de 1981	Sobre obras públicas de generación eléctrica y regulación de expropiaciones y servidumbres de los bienes afectados por tales obras.
Decreto 2580 de 1985	Reglamenta los procesos judiciales necesarios para imponer servidumbre pública.
Ley 21 de 1991	Por medio de la cual se aprueba el Convenio número 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes, adoptado por la 76a. reunión de la Conferencia General de la OIT, Ginebra.
Ley 21 de 1991	Por medio de la cual se aprueba el Convenio número 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes, adoptado por la 76a. reunión de la Conferencia General de la O.I.T., Ginebra 1989
Ley 52 de 1993	Por medio de cual se aprueba el convenio 167 y la recomendación No. 175 sobre seguridad y salud en la construcción; adoptados por la 75 ^a reunión de la conferencia general de la OIT, Ginebra de 1988.
Ley 55 de 1993	Por medio de la cual se aprueba el "Convenio No. 170 y la Recomendación número 177 sobre la Seguridad en la Utilización de los Productos Químicos en el trabajo", adoptados por la 77a. Reunión de la Conferencia General de la O.I.T., Ginebra, 1990.
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.
Ley 70 de 1993	Por la cual se desarrolla el artículo transitorio 55 de la Constitución Política. ART. 10. La presente ley tiene por objeto reconocer a las comunidades negras que han venido ocupando tierras baldías en las zonas rurales ribereñas de los ríos de la Cuenca del Pacífico, de acuerdo con sus prácticas tradicionales de producción, el derecho a la propiedad colectiva, de conformidad con lo dispuesto en los artículos siguientes. Así mismo tiene como propósito establecer mecanismos para la protección de la identidad cultural y de los derechos de las comunidades negras de Colombia como grupo étnico, y el fomento de su desarrollo económico y social, con el fin de garantizar que estas comunidades obtengan condiciones reales de igualdad de oportunidades frente al resto de la sociedad colombiana. De acuerdo con lo previsto en el parágrafo 1o. del artículo transitorio 55 de la Constitución Política, esta ley se aplicará también en las zonas baldías, rurales y ribereñas que han venido siendo ocupadas por comunidades negras que tengan prácticas tradicionales de producción en otras zonas del país y cumplan con los requisitos establecidos en esta ley.
Ley 134 de 1994	Por la cual se dictan normas sobre mecanismos de participación ciudadana.
Ley 165 de 1994	Por la cual se aprobó el convenio sobre diversidad biológica.
Ley 142 de 1994	Por la cual se establece el régimen de Servicios Públicos Domiciliarios y se dictan otras disposiciones.
Ley 143 de 1994	Ley Eléctrica: Establece el régimen de actividades de generación, interconexión, transmisión y comercialización de energía. Exige además la incorporación de la variable ambiental en las decisiones que se adopten en materia energética.
Ley 253 de 1996	Se aprueba el Convenio de Basilea (1989) sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.
Ley 299 de 1996	Por el cual se protege la flora colombiana, se reglamentan los jardines botánicos y se dictan otras disposiciones.
Ley 373 de 1997	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
Ley 388 de 1997	Por la cual se modifica la Ley 9 ^a de 1989, y la Ley 3 ^a de 1991 y se dictan otras disposiciones.
Ley 430 de 1998	Formas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos.

LEY	TÍTULO
Ley 472 de 1998	Por la cual se desarrolla el artículo 88 de la Constitución Política de Colombia en relación con el ejercicio de las acciones populares y de grupo y se dictan otras disposiciones.
Ley 489 de 1998	Art. 32: Establece que todas las entidades y organismos de la administración pública tienen la obligación de desarrollar su gestión acorde con los principios de democracia participativa y democratización de la gestión pública. Para ello, podrán realizar todas las acciones necesarias con el objeto de involucrar a los ciudadanos y organizaciones de la sociedad civil en la formulación, ejecución, control y evaluación de la gestión pública. Art. 34: Sobre el ejercicio del control social de la administración. Cuando los ciudadanos decidan constituir mecanismos de control social de la administración, en particular mediante la creación de veedurías ciudadanas, la administración estará obligada a brindar todo el apoyo requerido para el ejercicio de dicho control. Art. 35: Sobre el ejercicio de la Veeduría ciudadana.
Ley 685 del 2001	Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones.
Ley 769 de 2002	Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones.
Ley 850 de 2003	Por medio de la cual se reglamentan las veedurías ciudadanas
Política Ambiental para la gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos (16 de Dic. 2005):	Presenta los principios, objetivos, estrategias en el marco de la gestión integrada en el ciclo de vida del RESPEL. Igualmente establece en materia de residuos y desechos peligrosos competencias para las Autoridades Ambientales y para la Autoridad Sanitaria.
Ley 1185 del 12 de Marzo de 2008	Modifica la Ley 397 sobre integración del patrimonio arqueológico y cultural.
Ley 1252 de 2008 (27 de Noviembre):	Deroga parcialmente la Ley 430 de 1998. Regula dentro del marco de la gestión integral aspectos relacionados con la importación y exportación de residuos peligrosos en el territorio nacional, según lo establecido en el Convenio de Basilea.
Ley 1259 del 19 Diciembre de 2008	Establece el Comparendo Ambiental.

Fuente: Ecopetrol, 2011

1.3.5.3 Decretos

Los decretos ambientales que aplican y sirven de marco jurídico en la elaboración de un estudio ambiental se nombran en la **Tabla 1-7**.

Tabla 1-7 Decretos reglamentarios

DECRETO	TITULO
Decreto 877 de 1976	Se señalan prioridades referentes a los diversos usos del recurso forestal, a su aprovechamiento y al otorgamiento de permisos y concesiones.
Decreto 1449 de 1977	Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley No. 2811 de 1974.
Decreto 1608 de 1978	Por el cual se reglamenta el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y la Ley 23 de 1973 en materia de fauna silvestre.
Decreto 1541 de 1978	Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973.
Decreto 1715 de 1978	Por el cual se reglamenta parcialmente el Decreto - Ley 2811 de 1974, la Ley 23 de 1973 y el Decreto - Ley 154 de 1976, en cuanto a protección del paisaje.
Decreto 02 de 1982	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas.

DECRETO	TITULO
Decreto 2104 de 1983	Por el cual se reglamenta el título III de la parte IV del libro I del Decreto-Ley 2811 de 1974 y los títulos I y XI de la Ley 9 de 1979 en cuanto al manejo y disposición de residuos sólidos.
Decreto 1594 de 1984	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
Decreto 2309 de 1986 Min Salud	Para Manejo de Residuos Especiales.
Decreto 948 de 1995.	Por el cual se reglamentan, parcialmente la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto-ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 ^a de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.
Decreto 2107 de 1995	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire.
Decreto 605 de 1996	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994 en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo. Vigente solo el capítulo sancionatorio.
Decreto 1791 de 1996 MMA	Establece el régimen de aprovechamiento forestal.
Decreto 1697 de 1997	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995, que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire.
Decreto 321 de 1999	Relacionado con el Plan Nacional de Contingencias contra derrames accidentales de hidrocarburos o cualquier otra sustancia nociva para la salud, en el sentido de que en cada actividad a realizar se debe realizar una evaluación de las posibles contingencias que puedan presentarse y tomar las acciones correctivas o preventivas según sea del caso.
Decreto 1996 de 1999 MMA	Se reglamentan los artículos 109 y 110 de la Ley 99/93. Art. 3: Usos y actividades de las reservas. Art. 4: Zonificación de las Reservas Naturales.
Decreto 1552 de 2000	Mediante el cual se modifica el art. 38 del Decreto 948 de 1995, modificado por el artículo 3 del Decreto 2107 de 1995, relacionado con las emisiones de vehículos Diesel.
Decreto 309 del 25 de Febrero de 2000	Por el cual se reglamenta la investigación científica sobre diversidad biológica. Aplicará a todas las investigaciones científicas sobre diversidad biológica que se realicen en el territorio nacional; en este caso aplica para los componentes de ecosistemas terrestres (flora y fauna) y ecosistemas acuáticos.
Decreto 173 de 2001 del Ministerio de Transporte.	Las personas naturales o jurídicas que pretendan adelantar un proyecto de investigación científica en diversidad biológica que involucre alguna o todas las actividades de colecta, recolecta, captura, caza, pesca, manipulación del recurso biológico y su movilización en el territorio nacional, deberán obtener el permiso de estudio el cual incluirá todas las actividades solicitadas.
Decreto 2763 de 2001 (20 de Diciembre):	Modifica parcialmente el Decreto 2676 de 2000. Mantiene la estructura de las competencias establecidas para las autoridades Ambientales y Sanitarias.
Decreto 1530 de 2002	Por el cual se modifica el artículo 40 del Decreto 948 de 1995, modificado por el artículo 2º del Decreto 1697 de 1997 y por el Decreto 2622 de 2000, respecto del contenido de plomo en los combustibles.
Decreto 1713 de 2002	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.
Decreto 1609 de 2002 del Ministerio de Transporte	Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera
Decreto 1140 de 2003 MAVDT	Modifica parcialmente el Decreto 1713/02. Características de las unidades de almacenamiento y otras disposiciones.
Decreto 3100 de 2003 MAVDT	Reglamenta tasas retributivas por utilización directa o indirecta del agua como receptor de vertimientos puntuales y establece las tarifas de éstas.
Decreto 3100 de 2003	Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.

DECRETO	TITULO
Decreto 155 de 2004	Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones
Decreto 3440 de 2004	Modifica parcialmente el Decreto 3100 de 2003.
Decreto 838 de 2005	Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones
Decreto 4741 de 2005	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
Decreto 4126 de 2005 (17 de Noviembre)	Modifica parcialmente en el alcance y definiciones el Decreto 2676 de 2000, modificado por el Decreto 2763 de 2001 y el Decreto 1669 de 2002.
Decreto 4742 de 2005	Por el cual se modifica el artículo 12 del decreto 155 de 2004 y se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de agua
Decreto 4126 de 2005 (17 de Noviembre):	Modifica parcialmente en el alcance y definiciones el Decreto 2676 de 2000, modificado por el Decreto 2763 de 2001 y el Decreto 1669 de 2002.
Decreto 979 de 2006	Por el cual se modifican los artículos 7, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995
Decreto 1900 del 25 de Septiembre de 2006	Por el cual se reglamenta el párrafo del artículo 43 (el propietario del proyecto deberá invertir este 1% en las obras y acciones de recuperación, preservación y conservación de la cuenca que se determinen en la licencia ambiental del proyecto), de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones.
Decreto 330 de 2007	Por el cual se reglamentan las audiencias públicas ambientales y se deroga el Decreto 2762 de 2005.
Decreto 1575 de 2007	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano
Decreto 2820 de 2010	El cual reglamenta el título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales y que deroga a los Decretos 1220 de 2005 y 500 de 2006.
Decreto 3930 de 2010	Por lo cual se reglamenta parcialmente el Título I de la ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI-Parte III-Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos.

Fuente: Ecopetrol, 2011

1.3.5.4 Resoluciones

En la **Tabla 1-8** se nombran las resoluciones ambientales que aplican y sirven de marco jurídico en la elaboración de un estudio ambiental.

Tabla 1-8 Resoluciones

RESOLUCIONES	TÍTULO
Resolución 1083 de 1994 Ministerio del Medio Ambiente.	Por el cual se regula la utilización de fibra natural en obras y actividades.
Resolución 541 de 1994 Ministerio del Medio Ambiente.	Por medio del cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos de construcción de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
Resolución 18 0398 de 2004	Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, que fija las condiciones técnicas que garanticen la seguridad en los procesos de Generación, Transmisión, Transformación, Distribución y Utilización de la energía eléctrica en la República de Colombia y se dictan otras disposiciones.
Resolución 898 de 1995 Ministerio del Medio Ambiente.	Por la cual se regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de automotores.
Resolución CREG 25 de 1995	Establece los anchos de servidumbre

RESOLUCIONES	TÍTULO
Resolución 005 de 1996 Ministerio del Medio Ambiente.	Por la cual se reglamenta los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles terrestres a gasolina o diesel y se definen los equipos y procedimientos de medición de dichas emisiones.
Resolución 909 de 1996 Ministerio del Medio Ambiente	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 005 de 1996 que reglamenta los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles terrestres a gasolina o diesel, y se definen los equipos y procedimientos de medición de dichas emisiones y se adoptan otras disposiciones
Resolución 273 de 1997 Ministerio del Medio Ambiente	Por la cual se establecen las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros, demandas bioquímicas de oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos totales (SST).
Resolución 372 de 1998 Ministerio del Medio Ambiente.	Por la cual se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos y se dictan disposiciones.
Resolución 415 de 1998 Ministerio del Medio Ambiente	Por la cual se prohíbe la quema de llantas, baterías, plásticos y otros materiales que puedan generar emisiones tóxicas al aire. Se establecen los casos en los cuales se permite la combustión de aceite de desecho. Art. 6: Toda persona que genere aceite usado o los maneje, estará obligado a conocer la destinación última se le esté dando a los volúmenes generados.
Resolución 0584 del 26 Junio de 2002 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio Nacional.
Resolución 1218 de 2003 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se reglamenta la conformación y el funcionamiento del Comité Coordinador de Categorización de las Especies Silvestres Amenazadas en el territorio nacional.
Resolución 1045 de 2003 MAVDT	Se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
Resolución 1172 de 2004 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Estableció el Sistema Nacional de Identificación y Registro de los Especímenes de Fauna Silvestre en condiciones Ex Situ
Resolución 240 de 2004 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Define las bases para el cálculo de la depreciación y se establece la tarifa mínima de la tasa por utilización de aguas.
Resolución 1110 de 2004 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se fijan las tarifas para el cobro de los servicios de evaluación y seguimiento de licencias, autorizaciones y demás instrumentos de control y manejo ambiental, y se dictan otras disposiciones.
Resolución 886 de 2004 MAVDT	Normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios.
Resolución 1565 de 2004. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se modifica parcialmente la resolución 898 de 1995, que regulan los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de vehículos automotores.
Resolución 1023 de 2005. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se adoptan las guías ambientales como instrumento de autocontrol y autorregulación.
Resolución 0572 del 4 Mayo de 2005. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se modifica la Resolución 0584 del 26 Junio de 2002 y se adoptan otras determinaciones. ART. 1:- Modificar el artículo 3 de la Resolución No. 0584 del 26 de junio de 2002, "Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se adoptan otras disposiciones", en el sentido de adicionar al listado de especies silvestres allí señalados, los que se anexan a la presente resolución y que hacen parte integral de ella.
Resolución 221 de 2005 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se modifican los artículos 3 y 6 de la resolución 1172 de octubre 7 de 2004."

RESOLUCIONES	TÍTULO
Resolución 2202 de 2005. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se adoptan los Formularios Únicos Nacionales.
Resolución 3800 de 2005 del Ministerio de Transporte	Por la cual se fijan los requisitos y procedimientos para conceder los permisos para el transporte de cargas indivisibles, extrapesadas, extradimensionadas, y las especificaciones de los vehículos destinados a esta clase de transporte.
Resolución 1446 de 2005 MAVDT	Modifica parcialmente la Resolución 415 del 13 de marzo de 1998, que establece los casos en los cuales se permite la combustión de aceites de desecho o usados y las condiciones técnicas para realizar las mismas.
Resolución 1402 de 2006. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se desarrolla parcialmente el decreto 4711 del 30 de Diciembre de 2005, en materia de residuos o desechos peligrosos.
Resolución 349 de 2006 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establece el porcentaje de gastos de administración que cobrarán las autoridades ambientales en relación con los servicios de evaluación y seguimiento ambiental.
Resolución 627 de 2006 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.
Resolución 653 de 2006 MAVDT	Se adopta el procedimiento para la expedición de la certificación en materia de revisión de gases, a que hace referencia el literal e) del artículo 6 de la Resolución 3500 de 2005.
Resolución 872 de 2006 MAVDT	Se establece la metodología para el cálculo del índice de escasez para agua subterránea.
Resolución 0062 de 2007 (30 de Marzo).MAVDT.	Establece el Protocolo para el muestreo y análisis de características de peligrosidad de los residuos o desechos peligrosos.
Resolución 1362 de 2007 (2 de Agosto).MAVDT	Establece los requisitos y procedimientos para el Registro de Generadores de RESPEL.
Resolución 2115 de 2007. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano
Resolución 910 de 2008 (5 de Junio).MAVDT	Reglamenta los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995.
Resolución 371 DE 2009 MAVDT	Por la cual se establecen los elementos que deben ser considerados en los Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Fármacos o Medicamentos Vencidos.
Resolución 372 de 2009 MAVDT	Por la cual se establecen los elementos que deben contener los Planes de Gestión de Devolución de Productos Post consumo de Baterías Usadas Plomo Acido, y se adoptan otras disposiciones.
Resolución 383 del 23 de Febrero de 2010	Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se toman otras determinaciones.
Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010	Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006. - Por la cual se establece la norma de calidad de aire o nivel de inmisión para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.
Resolución 650 del 29 de Marzo de 2010	Por la cual se adopta el "Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire".
Resolución 1309 del 13 de Julio de 2010	"Por la cual se modifica la Resolución 909 del 5 de junio de 2008" - Emisión por fuentes fijas.
Resolución 1543 del 5 de Agosto del 2010	Por lo cual se acogen los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para los proyectos de explotación de Hidrocarburos y se toman otras determinaciones
Resolución 1503 del 4 de Agosto de 2010	Por lo cual se adopta la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales y se toman otras determinaciones

RESOLUCIONES	TÍTULO
Resolución 1544 del 6 de Agosto de 2010	En el aparte 3.1.4.2 se plantea que “durante el proceso de elaboración de los PMA específicos se informará y comunicará directamente a las comunidades potencialmente impactadas.”

Fuente: Ecopetrol, 2011

1.3.5.5 Directivas ministeriales

1000-2-112922 de 2008 (30 de Septiembre): Establece las acciones de control y vigilancia ambiental frente a la gestión y manejo de residuos o desechos peligrosos, así como la competencia de las Corporaciones Autónomas Regionales, Corporaciones para el Desarrollo Sostenible, Autoridades de grandes Centros Urbanos (creadas mediante Ley 768 de 2002 e IDEAM).

1.3.5.6 Normas técnicas colombianas

- ✓ NTC 4702-6: Embalajes y envases para transporte de mercancías peligrosas tóxicas e infecciosas.
- ✓ NTC 3969: Identificación y acondicionamiento para transporte de materiales tóxicos e infecciosos.
- ✓ NTC 1692: Rotulado y etiquetado de materiales peligrosos.
- ✓ NTC 4435: Hojas de seguridad.
- ✓ NTC 4532: Tarjetas de emergencia.

1.3.5.7 Normatividad internacional

NTC-ISO 14001:2004: Es una iniciativa pionera en la normalización internacional permite unificar la terminología en el sector de la gestión ambiental en la lengua española, especifica los requisitos que le permitan a una organización desarrollar e implementar una política y unos objetivos que tengan en cuenta los requisitos legales y la información sobre los aspectos ambientales significativos. El objetivo global de esta norma es apoyar la protección ambiental y la prevención de la contaminación en equilibrio con las necesidades socioeconómicas.

1.4 ALCANCES

Los principales alcances de la elaboración del presente PMA, consisten en:

- ✓ Establecer medidas socio-ambientales que permitan prevenir, controlar, mitigar y compensar los efectos negativos del proyecto y sus actividades anexas, contempladas dentro de la ejecución del proyecto Ecopetrol Castilla 170K, sobre el medio ambiente y/o las comunidades.
- ✓ Dar una respuesta concreta al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible acerca de los aspectos solicitados en el Auto 2315 de 2011, “por el cual se requiere una información adicional”.

Otros alcances considerados en el presente documento, son los siguientes:

- ✓ Definir las Áreas de Influencia Directa e Indirecta de los campos Castilla y Chichimene.

- ✓ Describir y caracterizar socio-ambientalmente los campos Castilla y Chichimene, teniendo en cuenta las áreas de influencia definidas para el proyecto.
- ✓ Establecer la Zonificación de manejo ambiental, con el fin de evidenciar las áreas susceptibles de intervención del proyecto con un manejo ambiental adecuado.
- ✓ Contemplar la participación activa de las comunidades del área de influencia directa, mediante procesos de información de los impactos generados por el proyecto y medidas a implementar.
- ✓ Dimensionar y evaluar claramente los impactos ambientales producidos por las actividades, existentes o proyectadas, en los campos Castilla y Chichimene, estableciendo medidas de manejo ambiental tendientes a reducir los grados de afectación y vulnerabilidad, dentro del contexto natural y social.
- ✓ Proponer soluciones para todos y cada uno de los impactos identificados, estableciendo estrategias, planes y programas en el Plan de Manejo Ambiental.

1.5 METODOLOGÍA

1.5.1 Generalidades

Para la elaboración del PMA se tuvieron en cuenta los lineamientos establecidos en los términos de referencia HI-TER 1-03 y HI-TER 310, así como la “Metodología general para la presentación de estudios ambientales, 2010”, expedidos por el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

El cronograma que se siguió para dicha elaboración, está expresado en la **Tabla 1-9**.

Tabla 1-9 Cronograma PMA Bloque Cubarral, campos Castilla y Chichimene

CAPÍTULOS	ENERO					FEBRERO					MARZO				
	SEM. 1	SEM. 2	SEM. 3	SEM. 4	SEM. 5	SEM. 1	SEM. 2	SEM. 3	SEM. 4	SEM. 5	SEM. 1	SEM. 2	SEM. 3	SEM. 4	SEM. 5
CAP. I. GENERALIDADES			20-ene												
aseguramiento y Validación Ecopetrol Cap. I				24-ene											
CAP. II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO (no incluye anexo de Modelaciones del ASA, Línea Vertimiento Guayuriba y Pozos inyectores de Agua)					30-ene									23-mar Entrega final	
Aseguramiento y Validación Ecopetrol Cap. II							06-feb								
CAP. III. CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE INFLUENCIA DE PROYECTO (No incluye monitoreos de calidad de agua, aire)				26-ene									09-mar Entrega final con monitoreos		
Aseguramiento y Validación Ecopetrol Cap III					31-ene										
CAP. IV. EVALUACIÓN AMBIENTAL							17-feb								
Aseguramiento Cap. IV								21-feb							
CAP. V. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL Y DE MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO									24-feb						
Aseguramiento Cap. V									27-feb						
CAP. VI. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL														23-mar	
Aseguramiento Cap. VI															27-mar
CAP. VII. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL PROYECTO														23-mar	

CAPÍTULOS	ENERO					FEBRERO					MARZO				
	SEM. 1	SEM. 2	SEM. 3	SEM. 4	SEM. 5	SEM. 1	SEM. 2	SEM. 3	SEM. 4	SEM. 5	SEM. 1	SEM. 2	SEM. 3	SEM. 4	SEM. 5
Aseguramiento Cap. VII															27-mar
CAP. VIII. PLAN DE CONTINGENCIA														20-mar	
Aseguramiento Cap. VIII														23-mar	
CAP. IX PLAN DE ABANDONO Y RESTAURACIÓN FINAL													26-mar		
Aseguramiento Cap. IX													20-mar		

El recurso humano de SGI Ltda. que conformó el equipo de trabajo del PMA Bloque Cubarral, campos Castilla y Chichimene, se relaciona en la **Tabla 1-10**.

Tabla 1-10 Equipo de trabajo PMA Bloque Cubarral, campos Castilla y Chichimene

NOMBRE	PROFESIÓN - CARGO	FUNCIONES
María Cristina Ramírez	Geóloga – Coordinadora General	Direccionamiento general del proyecto y de las actividades del grupo y subgrupos de trabajo, aseguramiento de la calidad integral del PMAI-SCC y de la respuesta al auto 2315 de 2011, establecimiento de las estrategias de revisión de los documentos, gestión y conducto de información del grupo de trabajo, representación del grupo a nivel interno y externo.
Oscar Meneses	Geólogo – Especialista en Hidrogeología	Direccionamiento componente Hidrogeológico
Arturo Camacho	Ingeniero Ambiental - Coordinador	Direccionamiento de las actividades del grupo y subgrupos de trabajo relacionados con la caracterización del área de influencia del proyecto, evaluación ambiental y liderazgo del subproyecto Área de sostenibilidad en agroenergía ASA, aseguramiento de la calidad integral del PMAI-SCC y de la respuesta al auto 2315 de 2011, establecimiento de las estrategias de revisión de los documentos, gestión y conducto de información del grupo de trabajo, representación del grupo a nivel interno y externo.
Saulo Uribe	Geólogo - Coordinador	Direccionamiento de las actividades del grupo y subgrupos de trabajo relacionados con la descripción del proyecto y las estrategias de desarrollo, aseguramiento de la calidad integral del PMAI-SCC y de la respuesta al auto 2315 de 2011, establecimiento de las estrategias de revisión de los documentos, gestión y conducto de información del grupo de trabajo, representación del grupo a nivel interno y externo.
Sonia Sánchez	Socióloga - Coordinadora Social	Coordinar el equipo de gestión social. Realizar labores de planeación y coordinación social, definición áreas de influencia, diseño y elaboración de los instrumentos a aplicar. Coordinar la ejecución de actividades de gestión institucional y convocatorias a reuniones con la comunidad.
Carmina Imbachí Cerón	Abogada	Realizar un diagnóstico y análisis jurídico y normativo de la situación actual y proyectada de todas las actividades relacionadas con el desarrollo del campo Cubarral.
Ricardo Maldonado	Ingeniero Químico	Elaboración del Plan de Contingencia, modelación de Aire
Ximena Cuervo	Antropóloga – Profesional Social	Realizar las actividades de gestión social bajo los lineamientos de la líder de grupo y de Ecopetrol. Participar en todos los aspectos de gestión social que requiere el PMAI Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene.
Diana Melissa Jiménez	Antropóloga – Profesional Social	Realizar las actividades de gestión social bajo los lineamientos de la líder de grupo y de Ecopetrol. Participar en todos los aspectos de gestión social que requiere el PMAI Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene.
Ángela María Velásquez	Arqueóloga	Participar en la elaboración de todo el componente arqueológico del PMAI Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene.
Luis Eduardo Nieto	Arqueólogo	Participar en la elaboración de todo el componente arqueológico del PMAI Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene.
Francisco García Castillo	Biólogo	Caracterización biótica del área de influencia (mamíferos).
Marco Gregorio Caraballo	Biólogo	Elaborar el plan de monitoreo de aguas. Verificar la toma de muestras para monitoreos hidrobiológicos, elaborar la línea base ambiental para los ecosistemas acuáticos.
Marcia Yadira Rodríguez	Bióloga	Realizar gestión documental en CORMACARENA. Dar apoyo técnico al grupo de gestión social durante las reuniones de socialización que se realicen con las comunidades del Bloque Cubarral. Apoyar el trabajo de campo del equipo de biólogos.

NOMBRE	PROFESIÓN - CARGO	FUNCIONES
Dayana Gutiérrez	Bióloga	Caracterización biótica del área de influencia (aves), evaluación de impactos con y sin proyecto, fichas de manejo, zonificación ambiental y de manejo, oferta ambiental
David Cortés	Biólogo – Botánico	Caracterización de epifitas no vasculares del área de influencia
Juan Diego García	Biólogo – Botánico	Caracterización de epifitas no vasculares del área de influencia
José Andrés Duarte	Biólogo	Caracterización biótica del área de influencia (herpetología).
Ximena Andrea Álvarez	Ecóloga	Identificar y analizar los aspectos paisajísticos presentes en el bloque Cubarral
Fabio Castellanos	Geólogo	Geología, geomorfología, geotecnia, suelos, fichas de manejo, evaluación de pruebas de infiltración, evaluación de impactos con y sin proyecto, análisis de riesgos, fichas de manejo zonificación ambiental y de manejo.
Diego Álvarez	Ingeniero Ambiental	Descripción del proyecto, Inventarios de cuerpos de agua, caracterización ambiental en aspectos climáticos e hidrológicos del AID, usos y usuarios del agua, definición de sitios de captación y vertimiento, Aseguramiento de Monitoreos de Agua, Aire y Ruido, Descripción de las Fuentes de Emisión. Programas de Uso y Ahorro Eficiente del Agua.
Diana Carolina Callejas	Ingeniera Ambiental	Descripción del proyecto, Inventarios de cuerpos de agua, caracterización ambiental en aspectos climáticos e hidrológicos del AID, usos y usuarios del agua, definición de sitios de captación y vertimiento, Aseguramiento de Monitoreos de Agua, Aire y Ruido, Descripción de las Fuentes de Emisión. Programas de Uso y Ahorro Eficiente del Agua, Evaluación de impactos con y sin proyecto, Fichas de Manejo ambiental y seguimiento y monitoreo, participación en PDC, zonificación ambiental y de manejo
Edwin Augusto Arismendi	Ingeniero Ambiental	Descripción del proyecto, Inventarios de cuerpos de agua, caracterización ambiental en aspectos climáticos e hidrológicos del AID, usos y usuarios del agua, definición de sitios de captación y vertimiento, Aseguramiento de Monitoreos de Agua, Aire y Ruido, Descripción de las Fuentes de Emisión. Programas de Uso y Ahorro Eficiente del Agua, Evaluación de impactos con y sin proyecto, Fichas de Manejo ambiental y seguimiento y monitoreo, participación en PDC, zonificación ambiental y de manejo.
Luisa Fernanda Cusguen	Ingeniera Ambiental	Revisión, organización y clasificación de información secundaria general Revisión detallada. Ordenar y clasificar la información secundaria de subproyectos y componentes ambientales Hidrología y Climatología Determinación información a adquirir IDEAM - CORPOICA - CORMACARENA Definición de información faltante y solicitarla a la dependencia correspondiente. Levantamiento de información de usos y usuarios de los siguientes cuerpos de agua: Caño Danta, Río Orotov, Río Acacias, Río Guayuriba (punto de vertimiento). Apoyo y complemento componente hidrológico, a partir de trabajo en campo e información entregada por Doctor Abraham para modelación hidrológica.
Diana Faribe Taborda	Ingeniera Ambiental	Revisión, organización y clasificación de información secundaria general Revisión detallada. Ordenar y clasificar la información secundaria de subproyectos y componentes ambientales Hidrología y Climatología Determinación información a adquirir IDEAM - CORPOICA - CORMACARENA Definición de información faltante y solicitarla a la dependencia correspondiente. Levantamiento de información de usos y usuarios de los siguientes cuerpos de agua: Caño Danta, Río Orotov, Río Acacias, Río Guayuriba (punto de vertimiento). Apoyo y complemento componente hidrológico, a partir de trabajo en campo e información entregada por Doctor Abraham para modelación hidrológica.
Sindy Romero Mora	Ingeniera Ambiental	Revisión, organización y clasificación de información secundaria general Revisión detallada. Ordenar y clasificar la información secundaria de subproyectos y componentes ambientales Hidrología y Climatología Determinación información a adquirir IDEAM - CORPOICA - CORMACARENA Definición de información faltante y solicitarla a la dependencia correspondiente. Levantamiento de información de usos y usuarios de los siguientes cuerpos de agua: Caño Danta, Río Orotov, Río Acacias, Río Guayuriba (punto de vertimiento). Apoyo y complemento componente hidrológico, a partir de trabajo en

NOMBRE	PROFESIÓN - CARGO	FUNCIONES
		campo e información entregada por Doctor Abraham para modelación hidrológica.
María Carolina Angarita	Ingeniera Ambiental	Apoyo en la elaboración y estructuración del componente ambiental del proyecto.
Diana Tovar	Ingeniera Ambiental	Revisión, organización y clasificación de información secundaria general Revisión detallada. Ordenar y clasificar la información secundaria de subproyectos y componentes ambientales Hidrología y Climatología Determinación información a adquirir IDEAM - CORPOICA - CORMACARENA Definición de información faltante y solicitarla a la dependencia correspondiente. Levantamiento de información de usos y usuarios de los siguientes cuerpos de agua: Caño Danta, Río Orotay, Río Acacias, Río Guayuriba (punto de vertimiento). Apoyo y complemento componente hidrológico, a partir de trabajo en campo e información entregada por Doctor Abraham para modelación hidrológica.
Diana Carolina Rodríguez	Ingeniera Ambiental	Revisión, organización y clasificación de información secundaria general Revisión detallada. Ordenar y clasificar la información secundaria de subproyectos y componentes ambientales Hidrología y Climatología Determinación información a adquirir IDEAM - CORPOICA - CORMACARENA Definición de información faltante y solicitarla a la dependencia correspondiente. Levantamiento de información de usos y usuarios de los siguientes cuerpos de agua: Caño Danta, Río Orotay, Río Acacias, Río Guayuriba (punto de vertimiento). Apoyo y complemento componente hidrológico, a partir de trabajo en campo e información entregada por Doctor Abraham para modelación hidrológica.
Carlos Mario Martínez	Ingeniero Civil	Modelación hidráulica e hidrogeológica. Seguimiento y control de las actividades ejecutadas en el proyecto
Jorge Enrique Amaya	Ingeniero Civil	Descripción civil y de la infraestructura asociada del proyecto. Diseño y especificaciones técnicas de las obras civiles para vías de acceso y construcción de la Infraestructura. Evaluación de impactos con y sin proyecto, fichas de manejo, uso y aprovechamiento de recursos.
Juan Carlos Domínguez	Ingeniero Civil	Descripción civil y de la infraestructura asociada del proyecto. Diseño y especificaciones técnicas de las obras civiles para vías de acceso y construcción de la Infraestructura. Evaluación de impactos con y sin proyecto, fichas de manejo, uso y aprovechamiento de recursos.
Jenny Reyes	Ingeniero Civil	Descripción civil y de la infraestructura asociada del proyecto. Diseño y especificaciones técnicas de las obras civiles para vías de acceso y construcción de la Infraestructura. Evaluación de impactos con y sin proyecto, fichas de manejo, uso y aprovechamiento de recursos.
Ramiro Plata	Ingeniero Civil	Participar en la descripción del proyecto para la parte civil del tema eléctrico del Bloque Cubarral
Danilo Alberto Gutiérrez	Ingeniero de Petróleos	Revisión de información secundaria, identificación de información faltante para dar cumplimiento con el Auto 2315 de septiembre 30. Reconocimiento y levantamiento detallado de estaciones de recolección y tratamiento. Estación Castilla 1, Estación Castilla 2, Estación Acacias y Estación Chichimene, así como la "Planta Castilla"
Frank Mayor	Ingeniero Electricista	Participar en la descripción del proyecto para el tema eléctrico del Bloque Cubarral
Nelson Bautista	Ingeniero Forestal	Coordinar los equipos de trabajo durante la fase de campo y participar en el levantamiento uso y usuarios y en la caracterización florística del área.
Gabriel Serna Chaparro	Ingeniero Forestal	Participar en la elaboración de la línea base ambiental del componente flora, evaluación de impactos con y sin proyecto, fichas de manejo, zonificación ambiental y de manejo, oferta ambiental
Daniel Alejandro Camargo	Ingeniero Forestal	Participar en la elaboración de la línea base ambiental del componente flora.
Paola Silvana Cómita	Ingeniero Forestal	Participar en la elaboración de la línea base ambiental del componente flora.
Mario Jiménez	Ingeniero Forestal	Participar en la elaboración de la línea base ambiental del componente flora.

NOMBRE	PROFESIÓN - CARGO	FUNCIONES
Gregorio Rodríguez	Ingeniero Químico	Elaborar el plan de monitoreo de aire y ruido ambiental. Apoyar la evaluación de la eficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales y domésticas.
Felipe Vargas	Profesional SIG	Participar en la elaboración de todo el componente de cartografía en la fase de campo y de oficina del PMAI Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene.
Norman Guerrero	Ingeniero Sanitario y Ambiental	Liderar la gestión documental del proyecto, de tal manera que se garantice su trazabilidad. Apoyar labores logísticas antes, durante y después de las salidas de campo de los profesionales.
Juan Alejandro Garzón	Profesional SIG	Participar en la elaboración de todo el componente de cartografía en la fase de campo y de oficina del PMAI Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene.
Pamela Camargo Orozco	Profesional SIG	Participar en la elaboración de todo el componente de cartografía en la fase de campo y de oficina del PMAI Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene.
Ramiro García Salazar	Profesional SIG	Participar en la elaboración de todo el componente de cartografía en la fase de campo y de oficina del PMAI Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene.
Jhoner Correa	Profesional SIG	Participar en la elaboración de todo el componente de cartografía en la fase de campo y de oficina del PMAI Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene.
Diana Alexandra Martínez	Ingeniera de Petróleos	Revisión de información secundaria, identificación de información faltante para dar cumplimiento con el Auto 2315 de septiembre 30. Reconocimiento y levantamiento detallado de estaciones de recolección y tratamiento. Estación Castilla 1, Estación Castilla 2, Estación Acacias y Estación Chichimene, así como la "Planta Castilla"
Doris Elizabeth Cárdenas	Ingeniera de Petróleos	Revisión de información secundaria, identificación de información faltante para dar cumplimiento con el Auto 2315 de septiembre 30. Reconocimiento y levantamiento detallado de estaciones de recolección y tratamiento. Estación Castilla 1, Estación Castilla 2, Estación Acacias y Estación Chichimene, así como la "Planta Castilla"
Ricardo Nieto	Ingeniero de Petróleos	Acompañamiento y soporte técnico al grupo social en lo referente a la infraestructura petrolera y procesos actuales y futuros en los campos Castilla y Chichimene. Ordenamiento y sistematización primaria de la Información recolectada por el grupo de ingenieros de petróleos mediante los formatos de campo.
María Fernanda Álvarez	Microbióloga	Procesamiento y análisis de la información contemplada en los ICA (Informes de Cumplimiento Ambiental) relacionados con el desarrollo de las actividades del bloque Cubarral
Diana Dussán	Trabajadora Social	Realizar las actividades de gestión social bajo los lineamientos de la líder de grupo y de Ecopetrol. Participar en todos los aspectos de gestión social que requiere el PMAI Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene.
Jenny Chávez	Trabajadora Social	Realizar las actividades de gestión social bajo los lineamientos de la líder de grupo y de Ecopetrol. Participar en todos los aspectos de gestión social que requiere el PMAI Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene.
Karen Johanna Ballén	Trabajadora Social	Realizar las actividades de gestión social bajo los lineamientos de la líder de grupo y de Ecopetrol. Participar en todos los aspectos de gestión social que requiere el PMAI Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene.
Laura López	Trabajadora Social	Realizar las actividades de gestión social bajo los lineamientos de la líder de grupo y de Ecopetrol. Participar en todos los aspectos de gestión social que requiere el PMAI Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene.
Abraham Salazar	Hidrólogo	Elaboración del componente de Hidrología
Wilson Casas	Ingeniero Civil especialización en Ambiental	Realizar modelaciones de calidad de agua y soporte técnico en los lineamientos para el manejo de residuos líquidos y sólidos.

1.5.2 Metodología temática

A continuación se describen los procedimientos de recolección, procesamiento y análisis de la información, discriminado por cada uno de los componentes del PMA.

1.5.2.1 Componente SIG

La información cartográfica constituye una herramienta base para la representación de los diagnósticos y análisis desarrollados en los estudios ambientales, como resultado se elaboran documentos geográficos o mapas que resumen las temáticas físicas, bióticas, sociales y ambientales, entregando información georeferenciada, precisa, actualizada, y confiable; fundamental del área de estudio.

Este apartado está dedicado a presentar la metodología para la elaboración del anexo cartográfico, a escalas 1:100.000 y 1:25.000, en el marco de los lineamientos específicos para la presentación de estudios ambientales y estándares para la generación y publicación cartográfica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible específicamente la Metodología para la Presentación de Estudios Ambientales, apartado especificaciones para la elaboración de la cartografía.

Los procedimientos realizados se dividen en las siguientes etapas:

➤ Definición de las ventanas cartográficas

Consiste en la delimitación de un área geográfica a cartografiar de acuerdo a la escala de salida del mapa, la cual contiene las áreas temáticas de interés en un contexto. Para la ventana 100.000 se tuvo en cuenta la localización del área y la conexión con los cascos urbanos de Villavicencio, Acacias, Guamal, y Castilla la Nueva, San Isidro de Chichimene, la accesibilidad desde la ruta Nacional No. 65 y las vías departamentales y municipales, por considerarse centralidades de importancia.

Para la salida grafica escala 1:25.000 el criterio consistió en centrar las diferentes temáticas dentro de la ventana en el contexto de las principales microcuencas y veredas del bloque, y el área de influencia. De esta forma el estudio cuenta con dos ventanas cartográficas para el montaje de la base y sus temáticas.

✓ Consulta y recopilación de información oficial

Las fuentes de información oficial utilizadas para la elaboración de las diferentes temáticas se obtuvieron de las entidades encargadas en la producción de cartografía como IGAC e INGEOMINAS. Como se relaciona en la tabla a continuación.

Tabla 1-11 Fuentes de información oficial

COMPONENTE	FUENTE	NOMBRE
BASE CARTOGRÁFICA	IGAC 25.000	266-IV-A, 266-IV-B, 266-IV-C, 266-IV-D, 267-III-A, 267-III-C, 285-II-A, 285-II-B, 286-I-A del año 1993.
	IGAC 100.000	PL 266, 267, 285, 286
GEOLOGÍA	INGEOMINAS 1:300.000 Planchas 266 y 267	INGEOMINAS
ECOSISTEMAS CONTINENTALES COSTEROS Y MARINOS MAPA DE ECOSISTEMAS DE LA CUENCA DEL ORINOCO	IGAC 500.000	Plancha 25
	HUMBOLDT 1:1.000.000	Plancha 1

COMPONENTE	FUENTE	NOMBRE
COLOMBIANO AÑO 2008		
ESTUDIO GENERAL DE SUELOS Y ZONIFICACIÓN DE TIERRAS DEPARTAMENTO DEL META	IGAC 100.000	Plancha 1

➤ **Generación del modelo de datos**

Corresponde al modelo de almacenamiento de la información geográfica digital organizado en las diferentes entidades geográficas, capas o niveles de información como feature data sets y feature class con sus respectivos campos, definición de variables y almacenamiento en geodatabase. Procedimiento realizado para la base cartográfica y temática.

El modelo adoptado, está elaborado con base en los requerimientos de la base de datos geográfica corporativa del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (GDB – MAVDT). Cumpliendo con la estructura definida por cada componente. La información digital se encuentra en Geodatabase.

➤ **Digitalización, estructuración, y almacenamiento en geodatabase**

La base cartográfica del área de estudio es el producto de la digitalización de las planchas análogas IGAC, georefenciadas con error medio cuadrático RMS inferior a 2 pixeles (3m), cumpliendo con el máximo permitido para la captura de vías, red hídrica, construcciones, curvas de nivel y sitios de interés. La información está representada en el Marco de referencia MAGNA – SIRGAS, asociado al elipsoide GRS80 (Global Reference System 1980), Coordenadas planas Gauss Krüger Proyección Transversa de Mercator, Falso este 1.000.000, Falso norte 1.000.000 meridiano central -74,077508 Origen Bogotá, latitud de origen 4,596200 y unidades metros.

Cada nivel de información geográfica es capturado y migrado respectivamente al modelo de datos digital, compuesto por la geodatabase. Con control de calidad digital topológico y consistencia temática en los atributos. Los formatos de almacenamiento utilizados son:

Tabla 1-12 Formatos de almacenamiento

ALMACENAMIENTO	
Nombre	Formato
Formato	Imágenes Planchas IGAC 25.000, 100.000, Archivos Geo TIFF
	Feature Class Geodatabase GDB
	Mapas Archivo PDF
	Metadato Archivo XLS
Versión	Proyectos Versión 9.3 MXD, y Geodatabase GDB

➤ **Generación de temáticas y salidas graficas**

A continuación se relacionan los mapas generados que componen el anexo cartográfico. Cabe resaltar que la simbología adoptada corresponde al catálogo de objetos CO-25 IGAC. Versión 2. Así como la definida por INGEOMINAS.

Tabla 1-13 Listado de mapas

MAPA No.	NOMBRE	NOMBRE DOCUMENTO	ESCALA
1	Localización General	MAPA1_LOCALIZACION_GEN_PMAI_SCC	1:100000
2	Vías e Infraestructura	MAPA2A_INFRAESTRUCTURA_ELECTRICA_PMAI_SCC MAPA2B_INFRAESTRUCTURA_PETROLERA_PMAI_SCC MAPA2C_INFRAESTRUCTURA_CIVIL_PMAI_SCC	1:25.000
3	Áreas de Influencia	MAPA3_AREA_INFLUENCIA_PMAI_SCC	1:100000
4	Geología	MAPA4_GEOLOGIA_PMAI_SCC	1:25.000
5	Geomorfología	MAPA5_GEOMORFOLOGÍA_PMAI_SCC	1:25.000
6	Geotecnia	MAPA6_GEOTECNIA_PMAI_SCC	1:25.000
7	Pendientes	MAPA7_PENDIENTE_PMAI_SCC	1:25.000
8	Suelos	MAPA8_SUELOS_PMAI_SCC	1:25.000
9	Hidrología	MAPA10_HIDROLOGÍA_PMAI_SCC	1:25.000
10	Hidrogeología	MAPA11_HIDROGEOLOGÍA_PMAI_SCC	1:25.000
11	Cobertura y Uso del Suelo	MAPA12_COBERTURA_USO_PMAI_SCC	1:25.000
12	Ecosistemas	MAPA12_ECOSISTEMAS_PMAI_SCC	1:25.000
13	Socioeconómico	MAPA14_SOCIAL_PMAI_SCC	1:25.000
14	Zonificación Arqueológica	MAPA15_ARQUEOLÓGICO_PMAI_SCC	1:25.000
15	Conflictos de Uso	MAPA9_CONFLICTO_USO_PMAI_SCC	1:25.000
16	Ecología del Paisaje	MAPA16_PAISAJE_PMAI_SCC	1:25.000
17	Zonificación Ambiental	MAPA17_ZON_AMBIENTAL_PMAI_SCC	1:25.000
18	Zonificación de Manejo	MAPA18_ZON_MANEJO_PMAI_SCC	1:25.000
19	Amenazas	MAPA19_AMENAZAS_PMAI_SCC	1:25.000
20	Uso y Aprovechamiento de Recursos Naturales	MAPA20_USO_APROVECHAMIENTO_PMAI_SCC	1:25.000

➤ **Creación de metadatos**

Con el objetivo de documentar la información cartográfica desarrollada, se realizó un metadato detallado de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC-4611, por cada documento o mapa. Exportado para su lectura en formato XLS. Los 18 metadatos permiten que la información tenga trazabilidad y trasparencia en la producción y salida cartográfica, con lo cual se facilita la interoperabilidad entre los datos que vienen de diferentes fuentes, De modo que cualquier usuario conozca los datos de los datos.

1.5.2.2 Componente abiótico

➤ **Geología, geomorfología y geotecnia**

- ✓ Fase precampo o inicial

En la fase de precampo o inicial se hace énfasis en la geología y geomorfología donde se desarrollan las siguientes actividades:

Consecución y análisis de información secundaria del área de estudio (geología)

Con la información suministrada por Ecopetrol de estudios anteriores, la información de entidades pertinentes como el Servicio Geológico Colombiano, IGAC, entre otras entidades y pesquisas en

internet tanto literaria como cartográfica y de sensores remotos, se procede a integrar esta información para generar un mapa preliminar de campo y a compilar el informe también preliminarmente.

Consecución y análisis de información de sensores remotos (geomorfología)

En este tema se hace más énfasis en la consecución de información de sensores remotos (imágenes de satélite, DEM'S, imágenes de radar y fotografías aéreas), además de la información literaria pertinente.

Interpretación de sensores remotos: Mediante el uso de herramientas informáticas como Arc GIS y el ERDAS se procede a realizar la información haciendo los diferentes cruces de información para su interpretación.

Generación de mapa geomorfológico preliminar: Con base en la geología e interpretación de imágenes se procede a realizar el mapa geomorfológico preliminar en formato digital y análogo como insumo para la realización de campo.

✓ Fase de campo

La fase de campo para el proyecto en mención se realizó a partir del 17 de noviembre hasta el 27 del mismo, para la caracterización geológica, geomorfológica y geotécnica del área de estudio.

Elementos utilizados:

- GPS
- Cámara fotográfica
- Brújula
- Martillo geológico
- Computador portátil
- Camioneta

Actividades de campo:

- Realización de transeptas

Aprovechando la buena cobertura vial que tiene bloque Castilla Chichimene se realizó estos transeptos en la camioneta, en el caso de sectores donde no habían vías se procedió a hacer caminatas.

- Georeferenciación de sitios

Con el uso del GPS se georreferenciaron todos los sitios claves para la caracterización física, como contactos de unidades geológicas, geomorfológicas y sitios de inestabilidades geotécnicas.

- Registro fotográfico

Se realizó registro fotográfico de todos los sitios de interés como unidades geológicas, geomorfológicas, geotécnicas, manantiales, ríos, caños, quebradas.

- Descripción en campo

En los diferentes transeptos se procedió a realizar caracterización o descripción en geología como levantamientos de columnas estratigráficas, toma de datos estructurales de los cuerpos

estratificados, caracterización macroscópica mineralógica de las diferentes unidades geológicas. Para las unidades geomorfológicas se describieron los aspectos como pendientes, longitudes de pendiente, procesos morfodinámicos y los procesos de inestabilidad presentes.

- Resultados:

1. Se hizo un reconocimiento físico de todo el bloque Castilla Chichimene
2. Se georreferenciaron 93 sitios o puntos de importancia geosférica.
3. Se caracterizaron y delimitaron todas las unidades geológicas superficiales del bloque, encontrándose un terciario que no había sido determinado en estudios anteriores.
4. Se caracterizaron y delimitaron las unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio.
5. Se determinaron sitios inestables en el bloque.

- ✓ Fase de postcampo

Ajustes, correcciones y/o modificaciones

Con base en la información obtenida en campo se realizan los ajustes o modificaciones tanto en el documento escrito como en la cartografía geológica y geomorfológica del área de estudio para edición final.

Realización de amenazas naturales

Con base en información secundaria y observaciones de campo se procede a generar el documento escrito y cartografía temática de amenazas naturales como sísmica, erosión, deslizamientos

Realización de geotecnia

Con base en las coberturas de geología, geomorfología, pendientes suelos, hidrología, cobertura, amenazas naturales, se integra esta información mediante herramientas SIG para obtener el mapa de estabilidad geotécnica final y la respectiva memoria.

➤ **Suelos**

El desarrollo de este componente incluye actividades tales como:

- ✓ Revisión de información secundaria

En esta actividad se analiza la información existente en cuanto a suelos, Fisiografía y Clima del área de estudio, para determinar la confiabilidad y calidad de esta, y al mismo tiempo definir los vacíos de información dentro del área del proyecto.

La revisión de estos documentos suministra una visión general de los temas de interés para el proyecto como es el caso de los componentes: suelos, fisiografía, aptitud, uso y manejo de los suelos. Esta información permite optimizar el trabajo de campo para no repetir información, sitios de muestreo y entender los procesos y factores que inciden en el comportamiento de los suelos y de los demás componentes.

- ✓ Información necesaria para el trabajo de campo

Seguido de la revisión de información secundaria es necesario en algunos temas generar información que apoye el trabajo de campo como es el caso del mapa de fisiografía el cual se realizará a partir de la interpretación de las imágenes de satélite actuales de alta resolución, mapa

Base (Vías, Toponimia, Hidrografía, Curvas de Nivel) y los respectivos formatos de recolección de información primaria.

✓ Trabajo de campo

En esta actividad busca obtener información primaria confiable del componente Suelos, desarrollando un muestreo detallado de las unidades geomorfológicas, para determinar el contenido de suelos por medio de cajuelas, barrenadas y calicatas que permiten tomar decisiones acertadas en la planificación del territorio.

✓ Toma de muestras

De acuerdo con la distribución y homogeneidad de los suelos se tomaran las muestras que sean necesarias para enviar a laboratorio y realizar una caracterización física y química que permita determinar el estado actual de los suelos de las unidades geomorfológicas.

✓ Sistematización de la Información

La información colectada en campo requiere de organización e identificación para luego llevarla a formato digital de manera que su consulta sea fácil y permita realizar los respectivos análisis de dicha información.

✓ Informe y cartografía final

El informe final es el reflejo de los procesos y actividades desarrolladas para cumplir con los objetivos planteados. Generando una descripción de los suelos encontrados en cada uno de las Geoformas, como un interpretación de los resultados de laboratorio, descripción morfológica de los suelos, taxonomía, clases agrologicas, capacidad de uso, aptitud de uso y manejo de los suelos. La cual se debe espacializar en el mapa de suelos del área.

➤ **Hidrología y climatología**

A continuación se presenta la metodología usada para desarrollar el estudio hidrológico e hidráulico en el Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene ajustado a los nuevos Términos del MAVDT de junio de 2010. La metodología se divide en los procesos técnicos usados en cuencas pequeñas-medianas y en cuencas grandes, sobre la base de la existencia o ausencia de información de caudales en cada punto identificado como de muestreo, captación o vertimiento de aguas.

✓ Estimación de caudales medios y mínimos en pequeñas y medianas cuencas, sin información hidrológica.

Son muy pocos los modelos hidrológicos del tipo lluvia-caudal, que permiten estimar caudales medios diarios en pequeñas y medianas cuencas a partir de la precipitación diaria y otros factores reguladores de la escorrentía. El modelo que a continuación se presenta fue desarrollado como software en la década de los 80 en Colombia y probado en más de 1000 cuencas hidrográficas a lo largo y ancho del territorio y bajo diferentes condiciones climáticas y topográficas, para el desarrollo del programa de “Pequeños Distritos de Riego o de Irrigación”, mediante un trabajo de campo muy amplio, en cuanto a la realización de aforos y tomas de información con baquianos o moradores que brindaron datos importantes para calibrar el modelo.

Hoy en día el Modelo TR-55 o del SCS (SOIL), es recomendado no solamente por la OMM, sino por el IDEAM, entidad de apoyo técnico del MAVDT, en el “Estudio Nacional de Aguas – Componente del Índice de Escasez”, donde se presenta la formulación del modelo como mecanismo para evaluar la escorrentía en oferta para las cuencas sin información hidrológica histórica.

Fue al final de la segunda mitad de la década del 80, cuando en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras – HIMAT (hoy IDEAM), se modificó el modelo del “Number Curve - CN”, para generar la escorrentía diaria a partir de la precipitación diaria, es decir, se generan caudales diarios a partir de la lluvia diaria. Al modelo se le denominó por esa época como “Modelo SOIL”, término en inglés que identifica en parte al “Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos”, pero que últimamente se ha denominado “Modelo TR-55”.

El método se ha probado en muchas pequeñas cuencas de nuestro país, y aunque no se ha calibrado debido a la precaria investigación que se lleva a cabo en hidrología, se ha podido demostrar una gran similitud con los registros obtenidos en estaciones hidrológicas instaladas en las quebradas de los cerros orientales de Bogotá. Por otra parte, al comparar los caudales obtenidos a partir de los planos de Isorrendimientos del “Estudio Nacional de Aguas”, elaborado por Planeación Nacional, se obtienen caudales medios multianuales muy similares a los generados con ayuda del modelo SOIL o TR-55. Esto ha llevado a su uso cada vez más amplio y recomendado por el IDEAM para estimar los caudales en la metodología definida para estimar el Índice de Escasez en cuencas sin información hidrológica, debidamente expuestas las formulaciones en el “Estudio Nacional de Aguas”.

✓ Fundamento matemático del modelo número Curva o TR-55

La gran mayoría de cuencas medianas y pequeñas en nuestro país no tienen estaciones hidrológicas que permitan conocer su régimen de caudales, por lo tanto se debe recurrir a métodos indirectos donde se involucre como elemento fundamental la precipitación y los parámetros fisiográficos y morfométricos del área de drenaje, tal y como se desarrolla con la mayoría de modelos hidrológicos existentes. Uno de los modelos más completos es el desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (SCS) y denominado en su forma inicial “Modelo del Número Curva”, el cual estima un Hidrograma de creciente a partir de una condición hidrológica y humedad antecedente, en una cuenca pequeña donde se ha definido un “CN” o Number Curve, condicionado por el tipo de suelo y las características de la cobertura vegetal.

Es de anotar que el método del Número Curva – SCS o TR-55, es empírico, deducido para generar un gasto o escorrentía correspondiente a un tiempo de concentración de hasta 24 horas, ya que el método del SOIL para la estimación de la escorrentía máxima Q, no tiene limitaciones de tiempo, pero en el modelo desarrollado en el HIMAT, se establece un límite de un día.

La ecuación principal del método se resume a continuación:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Donde,

Q: Escorrentía Total Acumulada y dada para un evento diario

P: Precipitación Total del evento diario

S: Infiltración Potencial Máxima

El modelo fue desarrollado para una condición de humedad antecedente promedio: CHA II, y para una relación $la = 0.2 S$. donde la son las sustracciones iniciales y definido como la precipitación acumulada hasta el inicio de la escorrentía y es una función de la intercepción, almacenamiento en depresiones e infiltración antes del comienzo de la escorrentía.

- Información de entrada al Modelo TR-55

- La Precipitación total diaria: tomada de la estación meteorológica seleccionada como representativa para la cuenca. Para desarrollar este ítem, se debe elaborar un plano de isoyetas medias anuales de la zona donde se encuentre la cuenca en estudio, ya que en la mayoría de los casos la cuenca por su tamaño, no cuenta con una estación de lluvias que caracterice la precipitación media de la misma. Una vez elaborado el plano de isoyetas, se selecciona la estación más cercana que registre una lluvia promedio similar a la precipitación media de la cuenca. La precipitación media de la cuenca, se puede calcular de la siguiente manera:

$$P_{med} = \frac{(\frac{P_1 + P_2}{2}) * a_1 + (\frac{P_2 + P_3}{2}) * a_2 + \dots + (\frac{P_{n-1} + P_n}{2}) * a_n}{A}$$

Donde,

Pmed Precipitación media de la cuenca

P1, P2, ..., Pn Valor de cada una de las isoyetas existentes dentro de la cuenca

a1, a2, ..., an Áreas parciales entre isoyetas

- El área de la cuenca: Calculada con cartografía detallada reciente a escala 1:10.000 o 1:25.000, en Km². La cartografía permite calcular parámetros morfométricos y fisiográficos de la cuenca, como la longitud de la corriente, el perímetro, el factor de forma de la cuenca, la pendiente media, etc.
- Tipo de cobertura vegetal: Este ítem, se desarrolla sobre la base de las imágenes de satélite o planos levantados de cobertura vegetal, a escala similar a la usada para calcular los parámetros morfométricos y fisiográficos. Es necesario definir tres aspectos:
 - Tipo de cultivo o de uso del suelo.
 - La práctica agrícola que se desarrolla dentro del cultivo.
 - Porcentaje de cubrimiento del cultivo definido, respecto al área de la cuenca.
- El tipo de suelo. Hace referencia a un tipo de suelo hidrológico, definido por el modelo y característico de cada cobertura vegetal. Es una clasificación dada para el modelo tal y como se desarrolló en las 2500 cuencas pequeñas y medianas por el Servicio de Conservación de Suelos de los estados Unidos. Esta no es una clasificación de entidades como Ingeominas o Igac, en sus estudios detallados o semidetallados.
- La Condición de Humedad Antecedente: Se fundamenta en la suma de la lluvia de los cinco días precedentes al evento que se desea estimar y referencia la cantidad de agua que se acumula en el suelo. Sirve para reclasificar el número de curva (CN) definido con la tabla de cobertura y tipo de suelo, ya que el modelo se desarrolló para una condición de humedad antecedente intermedia y se debe hacer conversión del CN para condiciones extremas de humedad: suelo muy seco o muy húmedo.
- El flujo base: o caudal de verano o temporada seca y hace referencia al aporte de las aguas subterráneas y que afloran como escorrentía superficial y que caracteriza al caudal de verano. El flujo base se determina mediante la realización de aforos en los días más secos del verano. Sin embargo, este elemento de entrada al modelo es fundamental para calcular los caudales mínimos en el modelo y no siempre se hace el aforo en la temporada recomendada o es difícil por tiempo en la realización de los estudios, esperar varios meses

para ejecutar tal actividad. Por lo tanto, se recomienda realizar el aforo cualquier época del año, pero durante la temporada de lluvias, hacerlo en días poco lluviosos y en compañía de habitantes locales, preguntando a varios de ellos sobre la reducción o disminución del caudal respecto al aforado durante la visita de campo (porcentaje de reducción respecto al caudal que se obtiene durante el aforo). Si la fuente hídrica se seca en el verano, el flujo base es cero lts/seg. Aquí es bueno entender la clasificación dada de corrientes permanentes e intermitentes; y dentro de las intermitentes las que se secan en los días o años más calurosos (más secos) o aquellas que llevan agua únicamente cuando llueve.

- Cálculo del número curva dentro del modelo TR-55

El Número Curva “CN” se halla mediante el uso de una tabla, sin embargo requiere de ciertos elementos adicionales al tipo de suelo, como el uso del suelo o la tierra, la práctica agrícola, la condición hidrológica y la condición de humedad antecedente. En la **Tabla 1-14**, se presentan los valores de CN definido en el modelo TR-55.

Tabla 1-14 Curva de escorrentía para los complejos suelo cobertura (CN)

USO DE LA TIERRA	TRATAMIENTO	CONDICIÓN	PENDIENTE (%)	GRUPO DE SUELOS			
				A	B	C	D
	NUMERO DE CURVA						
1.- Rastrojos, descuidado en descanso y/o sin cultivos	Hileras o Surcos Rectos	-----	-----	77	86	91	94
2.- Cultivos en Hileras	Hileras Rectas	Mala	> 1	71	81	88	91
	Hileras Rectas	Buena	> 1	67	78	85	89
	Curvas de Nivel	Mala	> 1	70	79	84	88
	Curvas de Nivel	Buena	< 1	65	75	82	86
	Curvas de Nivel y Terrazas	Mala	> 1	66	74	80	82
	Curvas de Nivel y Terrazas	Buena	< 1	62	71	78	81
3.- Cultivos en Hileras Estrechas o Pequeños Granos	Hileras Rectas	Mala	> 1	65	76	84	86
	Hileras Rectas	Buena	< 1	63	75	83	87
	Curvas de Nivel	Mala	> 1	63	74	82	85
	Curvas de Nivel	Buena	< 1	61	73	81	84
	Curvas de Nivel y Terrazas	Mala	> 1	61	72	79	82
	Curvas de Nivel y Terrazas	Buena	> 1	59	70	78	81
4.- Leguminosas en Hileras Estrechas	Hileras Rectas	Mala	> 1	66	77	85	89
o Forraje en Rotación1/- Sombríos Cerrados	Hileras Rectas	Buena	< 1	58	72	81	85
	Curvas de Nivel	Mala	> 1	64	75	83	85
	Curvas de Nivel	Buena	< 1	55	69	78	83
	Curvas de Nivel y Terrazas	Mala	> 1	63	73	80	83
	Curvas de Nivel y Terrazas	Buena	< 1	51	67	76	80
5.- Pastos de Pastoreo o similares		Mala	> 1	68	79	86	89

USO DE LA TIERRA	TRATAMIENTO	CONDICIÓN	PENDIENTE (%)	GRUPO DE SUELOS			
				A	B	C	D
	PRACTICA AGRÍCOLA	HIDROLÓGICA		NUMERO DE CURVA			
		Regular	< 1	49	69	79	84
		Buena	< 1	39	61	74	80
	Curvas de Nivel	Mala	> 1	47	87	81	88
	Curvas de Nivel	Regular	> 1	25	59	75	83
	Curvas de Nivel	Buena	< 1	6	35	70	79
6.- Pastos de Corte o Praderas		Buena	< 1	30	58	71	78
6. Bosque		Mala	-----	45	66	77	83
		Regular	-----	36	60	73	79
		Buena	-----	25	55	70	77
8. Patios			-----	59	74	82	86
9. Caminos de Tierra, Incluyendo derechos de vía	Cieno		-----	72	82	87	89
10. Pavimentos	Superficie Firme	-----	-----	74	84	90	92

1/ Siembra Tupida o al Voleo

2/ Incluyendo Derecho de Vía

El CN está dado en la tabla para una condición de humedad antecedente.

Para evitar complicaciones y confusiones en la definición del tipo de suelo, algunos autores han simplificado la clasificación tal y como aparece en la **Tabla 1-15**:

Tabla 1-15 Tipos de suelo en el modelo TR-55

TIPO DE SUELO	TEXTURA DEL SUELO
A	Arenas con poco limo y arcilla; suelos muy permeables
B	Arenas finas y limos
C	Arenas muy finas, limos, suelos con alto contenido de arcillas
D	Arcillas en grandes cantidades; suelos poco profundos con sub-horizontes de roca sana; suelos muy impermeables

Para un uso adecuado de las dos tablas anteriores y definir un CN acertado, se requiere de otros componentes de la escorrentía, los cuales se explican a continuación:

- Ajuste y comprobación de los resultados del modelo

En el año de 1983, el Departamento Nacional de Planeación, desarrollo el “Estudio Nacional de Aguas”, para generar un plano de isorrendimientos hídricos de Colombia. En el estudio se obtienen 18 planchas a escala 1: 40.000, de la mayor parte del territorio, cuya información parte de la regionalización de las isoyetas medias anuales y el balance hídrico a esta misma escala temporal.

El rendimiento medio anual de cada una de la cuenca hidrográfica, se estima con ayuda de la siguiente expresión matemática:

$$R_{med-Anual} = \frac{(R_1 + R_2/2)*a_1 + (R_2 + R_3/2)*a_2 + \dots + (R_{n-1} + R_n/2)*a_n}{A}$$

Donde,

- Rmed–Anual Rendimiento medio Anual (multianual) de la cuenca hidrográfica, dado en lts/seg*Km².
- R1, R2,...., Rn – Rendimiento de cada isolínea que intercepta la cuenca.
- a1, a2,....., an – Áreas parciales entre isorrendimientos en Km².

Una vez calculado el rendimiento medio anual de la cuenca hidrográfica con ayuda del plano de isorrendimientos, (cuenca a la cual se le estimó el caudal medio anual con el modelo TR-55), se procede a determinar la escorrentía a partir de la siguiente expresión:

$$R_{med} = \frac{Q_{med}}{A} * 1000$$

Donde,

Rmed – Rendimiento medio en lts/seg*Km²

Qmed – Caudal medio en m³/seg

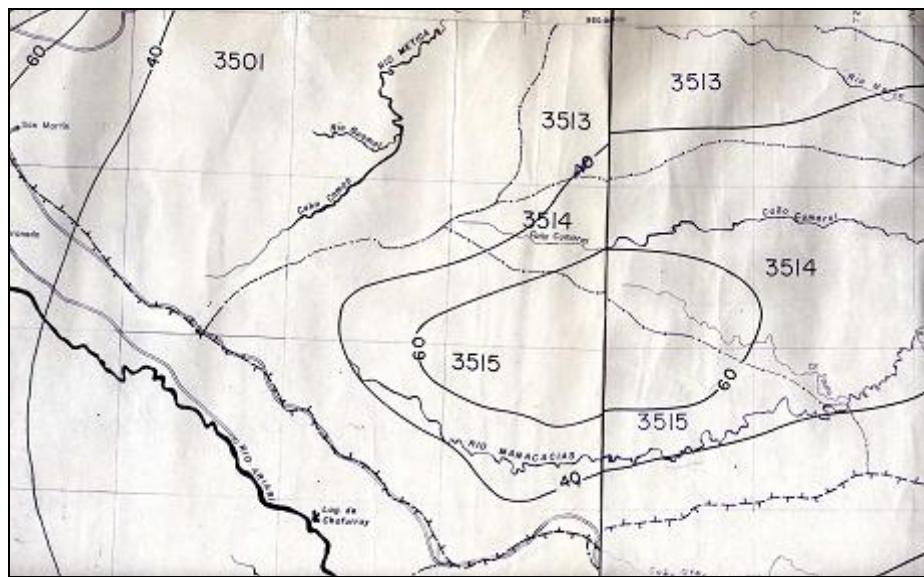
A – Área de la cuenca en Km²

Al usar el modelo con extrema precaución, en cuanto a la elección de los parámetros: tipo de suelo y cobertura vegetal, se pudo establecer que un elemento muy sensible dentro del modelo es el valor del flujo base, lo que generaba un pequeño alejamiento entre los dos valores obtenidos: modelo TR-55 y plano de isorrendimientos. En la **Tabla 1-16**, se muestra un ejemplo de la forma como se hace la comprobación del Modelo Hidrológico TR-55.

Tabla 1-16 Relación de resultados de los caudales medios multianuales con el modelo TR-55 y el estudio nacional de aguas del DNP

FUENTE HÍDRICA – PUNTO REFERENCIA	Área (Km ²)	Q-Annual (lts/seg) TR-55	Q-Annual (lts/seg) Plano DNP	% ($\pm\sigma$)	Diferencia (lts/seg)
Caño NN1 – C02	17.33	1025.90	1039.8	1.33	13.88
Caño El Congo – C03	201.14	11720.0	12068.4	2.89	348.4
Río El Congo – C04	282.80	16790.0	16968.0	1.05	178.0
Caño Araracuara – C05	28.30	1635.5	1698.0	3.68	62.51
Caño Araracuara – C06	61.23	3449.4	3490.11	1.17	40.67

La dispersión no debe ser superior al 5 %, entendido este valor como el error máximo admisible para calcular el caudal medios obtenido en una estación hidrológica, a partir de la curva de gastos y los aforos realizados y norma establecida por el IDEAM y la OMM (Organización Meteorológica Mundial). Estos valores bajos de error o dispersión es una garantía en la escorrentía a tomar como referencia en cada una de las cuencas para el período generado de caudales en las cuencas sin información hidrológicas y la toma posterior de decisiones ya sea para captación o para vertimiento. En la siguiente imagen se muestra uno de los planos utilizados.



**Figura 1-7 Isorrendimientos medios multianuales - plano No. 15-16
Departamento Nacional de Planeación – Estudio Nacional de Agua**

- Estimación de caudales máximos en pequeñas y medianas cuencas, sin información hidrológica

Para estimar las crecientes en cada una de las cuencas pequeñas y medianas, se requiere aparte de las características morfométricas y fisiográficas de las cuencas, la elaboración de las curvas de Intensidad, Frecuencia y Duración – IDF, como también el tipo de suelos y de cobertura vegetal típica en cada una de ellas.

- ✓ Aguacero de diseño para generar caudales máximos

Debido a la ausencia de curvas de IDF dentro del Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene, se debe proceder a generarlas a través de un método indirecto, para tal caso se recomienda usar el Método de Regionalización de Lluvias, elaborado por la Universidad de Los Andes y el método de Bell, cuyas metodologías, son similares.

El método de Bell (1969) propone una fórmula basada en información de Estados Unidos, Hawái, Alaska, Puerto Rico, Australia, Sudáfrica, Rusia. Shaw (1978) lo hace para Sri Lanka. Chen (1983) establece una relación general para estimar la intensidad de la lluvia en los Estados Unidos. Kothyari y Garde (1992) derivan una ecuación para la India.

La fórmula de Bell representa una ecuación generalizada de IDF en la medida en que utiliza información de muchas partes del planeta y tiene una estructura que permite su aplicación a otros lugares, siempre y cuando se disponga de alguna información base. De hecho, esta fórmula ha sido comprobada con información de sitios diferentes a los utilizados en su derivación, como por ejemplo en Italia (Ferreri y Ferro, 1990).

La ecuación de Bell es la siguiente:

$$P_{T,t} = (0.21 \ln T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50)P_{10,60}$$

Para T entre 2 y 100 años y t entre 5 y 120 minutos, donde, PT, t es la profundidad de precipitación para una duración de t minutos y un período de retorno de T años.

Para el presente estudio se siguió la metodología de transformar la lluvia máxima en 24 horas en lluvias de 1 (una) hora, de acuerdo con la ecuación:

$$P_{horaria} = CP(P_{24\text{horas}})$$

En donde,

$P_{horaria}$ - es la precipitación en 1 hora, en mm.

$P_{24\text{horas}}$ - es la precipitación en 24 horas, en mm.

CP - es una constante adimensional, que relaciona la lluvia en 1 hora con la lluvia en 24 horas.

Numerosos estudios en Colombia, según referencias bibliográficas, han demostrado que para eventos de precipitación de alta intensidad, estos valores son relativamente constantes. Para la lluvia en 1 hora, el valor de Cp es en promedio igual a 0.45. Este valor se ha definido para la zona del proyecto.

Por otro lado,

$$i = \frac{C_R}{(t + b)^n}$$

En donde,

- i- es la intensidad promedio del aguacero para un período de retorno T específico, en mm/hr.
 - CR- es un coeficiente que se deduce de la ecuación anterior y se halla, para cada período de retorno, de las lluvias máximas en una hora, dado que se puede conocer la intensidad en tal duración, como el resultado de dividir la lluvia respectiva, en mm, por el tiempo, en una hora.
 - t- es el tiempo de duración de la lluvia, en minutos.
 - b- es una constante, que para estudios en Colombia, según referencias bibliográficas, se ha definido igual a 10 en minutos.
 - n- es una constante, que para estudios en Colombia, según referencias bibliográficas, se ha definido igual a 0.51, valor adimensional.
- ✓ Formula racional e hidrogramas unitarios

La fórmula racional es posiblemente el modelo más antiguo de la relación lluvia - caudal o lluvia - escurreimiento para determinar crecientes. Su origen se remonta a 1851 ó 1859, de acuerdo con diversos autores. Este modelo toma en cuenta, además del área de drenaje hasta el sumidero, la altura o intensidad de la precipitación o de la lluvia y un coeficiente adimensional que involucra la pendiente del terreno y tipo de suelo que expresa la cantidad de agua que escurre hasta un punto definido descontando la totalidad d pérdidas.

El caudal es creciente con el tiempo pero llegará un momento en que se alcanza un equilibrio entre lo que entra al área de drenaje como lluvia y lo que sale como caudal o escorrentía a través del

sumidero, momento que se denomina de “Equilibrio”. El tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del gasto de equilibrio se denomina “Tiempo de Concentración” y se representa como T_c o t_c . En un área de drenaje específica y no impermeable, solo una parte de la lluvia con intensidad “I” escurre directamente hasta la salida. Si se acepta que durante la lluvia, o al menos una vez que se ha establecido el gasto de equilibrio, no cambia la capacidad de infiltración, se puede tomar la ecuación de la siguiente manera:

$$Q_{\max \%} = C * I_{\max \%} * A$$

Donde,

C – Coeficiente de escorrentía sin unidades

A – Área de la cuenca en Km^2

$I_{\max \%}$ – intensidad máxima de la lluvia en mm/h , dado para un período de retorno determinado (%).

Si las unidades utilizadas para el área de drenaje son Km^2 , la intensidad de la lluvia en mm por hora, para obtener directamente el caudal máximo en m^3/seg , la fórmula racional queda de la siguiente forma,

$$Q_{\max \%} = 0.278 * (C * I_{\max \%} * A)$$

El coeficiente 0.278 corresponde a una constante para obtener directamente la creciente en m^3/seg , cuando se usa mm/h en la intensidad máxima y Km^2 en el área de drenaje. La intensidad máxima de la lluvia se toma de las curvas generadas de IDF de las estaciones.

El coeficiente de escorrentía “C” representa el porcentaje de agua que sale directamente de la cuenca respecto al volumen de agua precipitada. El valor del coeficiente varía entre 0 y 1 y está afectado por el tipo de suelo, la cobertura vegetal y la pendiente media de la cuenca. Para la zona de interés corresponde a un área urbanizada, donde la capa superficial se encuentra recubierta por una capa asfáltica o en concreto. Hay gráficas que permiten determinar el coeficiente de escorrentía como la gráfica anexa, con base en los siguientes aspectos:

Tipo de cobertura vegetal predominante en la cuenca y su grado de cubrimiento

Tipo de suelo

Pendiente media de la cuenca

Las curvas pre-establecidas para definir el coeficiente de escorrentía se anexan al informe, estas fueron elaboradas dentro de una selección y cruce de situaciones entre el tipo de suelo, la cobertura vegetal y densidad de cubrimiento, en función de la pendiente del terreno en m/m . De igual forma se utiliza como método comparativo el modelo del histograma, Unitario Triangular, para estimar los caudales máximos en las cuencas objeto del estudio. En la **Figura 1-8**, se presenta las curvas usadas para determinar el coeficiente de escorrentía, con base en el tipo de suelo y su grado de infiltración, el tipo de cobertura vegetal y la pendiente de la corriente.

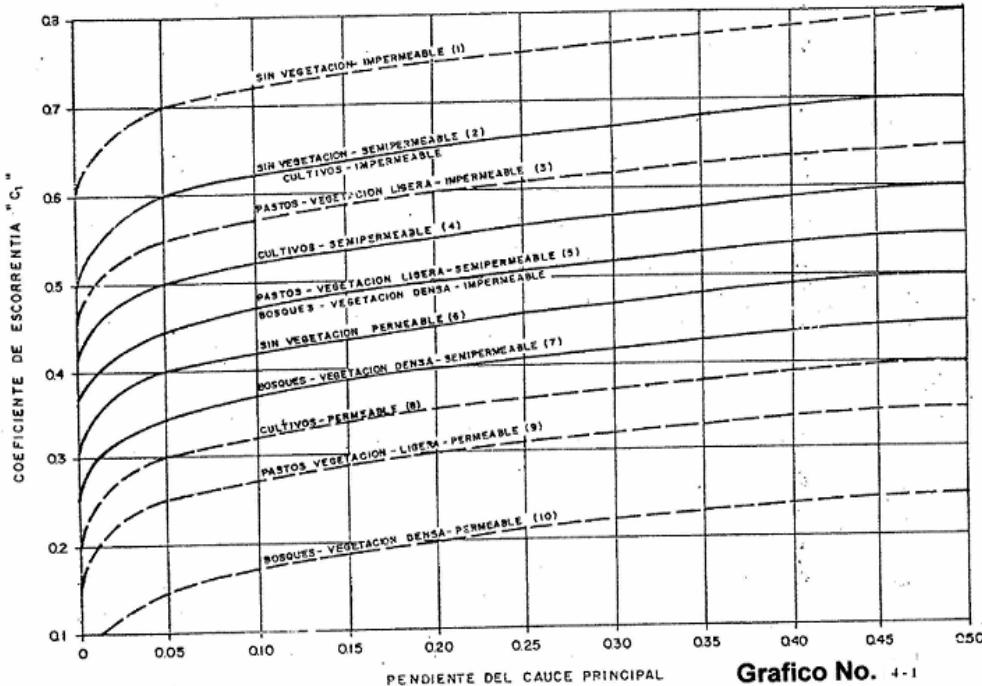
CARRETERA GUADALONES - GALAPAGOS
 COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN FUNCION DE
 LA PENDIENTE, COBERTURA VEGETAL Y TIPO DE SUELO


Grafico No. 4-1

Figura 1-8 Diagrama cobertura, textura del suelo y pendiente para hallar el Coeficiente de Escorrentía

$$Q = \frac{P * A}{5.4 * T_c}$$

Donde, Q es el caudal de creciente de diseño en m³/s, P es el volumen de la lluvia en milímetros, A es el área de la cuenca de drenaje y T_c es el tiempo de concentración en horas. El volumen de la lluvia (P), está dada por la ecuación:

$$P = I * T_c * C$$

Donde,

- I - es la intensidad de la lluvia en mm/hora
- C - es el coeficiente de reducción que depende de la magnitud de la cuenca al igual que la pendiente media.

En cuencas de pendiente muy fuerte y de área menor a 25 Km², el coeficiente C es próximo a 1.0; en cambio, en cuencas planas de gran área, es del orden de 0.15. Para nuestro caso, se considera una cuenca pequeña y de baja pendiente, se toma un valor promedio de 0.50.

Remplazando el valor de P en la ecuación y simplificando se obtiene:

$$Q = \frac{I * C * A}{5.4}$$

Estos dos métodos se utilizan para generar los caudales máximos en las cuencas del Bloque Antares. Inicialmente se debe calcular el tiempo de concentración.

- Formulación del tiempo de concentración (Tc)

Es el tiempo desde el inicio del aguacero hasta el momento en llegar al sitio de interés. Otra definición hace referencia al tiempo requerido para el viaje de agua desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio objeto del diseño o de interés. Una de las más conocidas para hallar el tiempo de concentración, es la ecuación de Kirpich - Handbook of Applied Hidrology. VT. Chow, 1964:

$$T_c = 0.000325 * \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Tc = Tiempo de concentración en horas

L = longitud del cauce principal en metros

S = pendiente media del cauce principal en m/m

Fórmula del Bureau of Reclamation (EEUU) (I):

$$T_c = 0.355 * \left(\frac{A}{\sqrt{S}} \right)^{0.595}$$

Tc = Tiempo de concentración en horas

L = longitud del cauce principal en kilómetros

S = pendiente media del cauce principal en m/Km

A = Área de la cuenca en Km²

Fórmula del Bureau of Reclamation (EEUU) (II)

$$T_c = \left(0.886 * \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Tc = Tiempo de concentración en horas

L = longitud del cauce principal en metros

H = Diferencia de cotas en metros

Fórmula de Temez - 1978:

$$T_c = 0.3 * \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.75}$$

Tc = Tiempo de concentración en horas

L = longitud del cauce principal en kilómetros

S = pendiente media del cauce principal en m/Km

Fórmula de Giandiotti – 1990:

$$T_c = \frac{(4 * \sqrt{A} + 1.5 * L)}{(0.8 * \sqrt{H})}$$

Tc = Tiempo de concentración en horas

I = longitud del cauce principal en metros

A = Área de la cuenca en Km²

H = Diferencia de cotas en metros

- ✓ Metodología para estimar caudales en cuencas grandes

Es común la existencia de estaciones hidrológicas en las grandes cuencas, lo que permite definir con facilidad la escorrentía, sin embargo, no siempre el sitio de muestreo, vertimiento o captación, coincide con la ubicación de la estación, por lo que se debe proceder a transponer o llevar la información histórica de la estación al sitio de interés. La transposición de información de un sitio a otro dentro de una misma cuenca hidrográfica, es decir, de un sitio aguas arriba u otro aguas abajo; o de una cuenca a otra vecina, es un proceso hidrológico válido cuando se cumplen requisitos mínimos y es ampliamente usada en hidrología para generar información.

- Transposición de información de un sitio a otro

Para desarrollar esta metodología deben tenerse en cuenta las siguientes condiciones técnicas:

- Las dos cuencas o porciones de cuenca hidrográfica (el sitio de arriba respecto al de abajo) en cuanto a su tamaño, es recomendable que no exista una diferencia considerable.
- Es recomendable que la estación hidrológica debe contar con un registro de caudales lo suficientemente largo y confiable a fin de transponer información para un período representativo.
- Por otra parte es recomendable que las dos cuencas o porciones de la cuenca, se encuentren en la misma zona donde se presentan altas precipitaciones o aguaceros, especialmente en la región montañosa, debido a la influencia de la pendiente y la infiltración lenta.
- Para transponer información dentro de una misma cuenca, se recomienda que la porción de la cuenca donde se encuentra la estación hidrológica, es recomendable que se encuentre aguas abajo del sitio a trasponer información, ya que los caudales registrados en la estación ya han recibido la influencia de la mayor parte de la cuenca y en especial de la parte alta donde se forma la escorrentía o no estén muy distantes los dos puntos cuando la estación hidrológica se halla aguas arriba del sitio a trasponer aguas abajo. .
- Las unidades consideradas para la transposición de la información deben ser vecinas, para que no exista diferencia considerable en los valores de precipitación, cobertura vegetal y tipo de suelos.
- Se recomienda trazar las isoyetas y determinar el valor promedio para cada porción de cuenca y de esta manera establecer el factor de peso por lluvia.
- Las cuencas deben ser muy semejantes en cuanto a características morfométricas y fisiográficas.

Los dos coeficientes de peso más comunes para transponer información de una cuenca grande a otra son: por área de drenaje y por precipitaciones medias de las cuencas consideradas; además se puede llegar a considerar otros adicionales como un factor por de grado de cobertura vegetal, cubrimiento de láminas de agua, isorrendimiento, isomáximas etc.

Con el propósito de estimar la escorrentía en las cuencas sin información con ayuda del método de transposición de información, se utilizó la siguiente expresión:

$$\frac{Q_{Sin Información}}{Q_{Con Información}} = \frac{A_{Sin Información}}{A_{Con Información}} * \frac{P_{Sin Información}}{P_{Con Información}}$$

Donde,

$Q_{Sin Información}, Q_{Con Información}$ - Caudales de los ríos con y sin información hidrológica

$A_{Sin Información}, A_{Con Información}$ - Área de drenaje de las cuencas con y sin información hidrológica

$P_{Sin Información}, P_{Con Información}$ - Precipitación media multianual para las cuencas con y sin información hidrológica

La expresión dada para estimar los coeficientes de peso por área y por precipitación se pueden remplazar:

$$K_a = \frac{A_{Sin Información}}{A_{Con Información}}$$

$$K_{mp} = \frac{P_{Sin Información}}{P_{Con Información}}$$

Remplazando en la fórmula los coeficientes de peso, nos queda:

$$Q_{Sin Información} = Q_{Con Información} * K_a * P_{mp}$$

Donde K_a y K_{mp} son los coeficientes de peso entre las unidades hidrográficas relacionadas de las cuencas.

La precipitación media de cada una de las porciones de cuenca se estimó con ayuda de la siguiente expresión matemática:

$$P_{med} = \frac{(P_1 + P_2/2) * a_1 + (P_2 + P_3/2) * a_2 + \dots + (P_{n-1} + P_n/2) * a_n}{A}$$

Donde,

P_{med} – Precipitación media de las cuencas con y sin información.

P_1, P_2, \dots, P_n – Valor de cada una de las isoyetas existentes dentro de las cuencas con y sin información.

a1, a2,....., an – Áreas parciales entre isoyetas.

- Cuencas con información en el sitio de vertimiento o captación – Análisis de Frecuencia de los Valores Extremos

Se toma la información entregada por el IDEAM y se revisa, para evitar la toma de datos errados, que afectan las estadísticas de las series. Se toma el caudal medio y se corrobora su valor medio con el plano de isorrendimientos a fin de establecer la veracidad de su escorrentía reportada por el Ideam, es decir, se hace una comprobación de los caudales suministrados por el Ideam con los valores estimados en el plano de isorrendimientos en los planos del Estudio Nacional de Aguas, tal y como se procedió con la comprobación dado para las cuencas pequeñas.

Luego se procede al análisis de frecuencia de valores extremos: caudales máximos y caudales mínimos, llámeselos caudales o precipitación máxima en 24 horas, se desarrolla con el objeto de obtener valores para diferentes períodos de retorno, con base en la serie histórica existente en las estaciones hidrológicas y meteorológicas.

El análisis de frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas o de los caudales mínimos y máximos, se desarrolla con ayuda del modelo HYFA (hydrological Frequency Analysis), el cual permite escoger el ajuste entre 7 distribuciones o modelos matemáticos de mayor uso en la ingeniería hidrológica: Gumbell o de valores extremos tipo I, de Valores Extremos, Log-Normal de dos y de tres parámetros, Normal, Pearson Tipo I y tipo III. Además, le permite decidir entre cuatro formulaciones de probabilidad, entre ellas la de Chegodaev, californiana y Weibull. El ajuste se desarrolla por el método de los momentos o el de máxima verosimilitud, para un grado de confianza de acuerdo a un porcentaje que se elija entre el 1 o 5, 10 %, según los requerimientos de exactitud o proyecto. Las pruebas de bondad de ajuste en los extremos se desarrollan con la prueba del Chi – Cuadrado La Curva de Duración

Para la predicción de la disponibilidad de agua, la hidrología hace uso de técnicas estadísticas. La curva de duración de caudales mensuales o diarios, es un importante instrumento en la estimación de un caudal ya sea para el diseño de bocatomas o embalses de almacenamiento de agua, usada tanto en la producción de energía eléctrica o de un caudal mínimo para cubrir una necesidad específica, y utilizado para consumo doméstico, industrial o comercial, en la regulación del agua en la irrigación de las tierras, etc. Los valores de caudal en aguas altas (escorrentía de verano), aguas medias y aguas altas (escorrentía de invierno), permiten cuantificar la capacidad de recepción de sustancias vertidas en la fuente.

Una curva de duración de caudales, indica el porcentaje de tiempo (es una curva de frecuencias acumuladas descendentes), durante el cual un determinado valor de caudal fue igualado o excedido en el período de registro cuyos datos fueron utilizados. Si éstos son caudales diarios, indicará entonces el porcentaje de los días o meses durante los cuales ese valor de caudal medio diario fue igualado o excedido; si son caudales mensuales o anuales los valores utilizados, indicará el porcentaje de meses o de años excedidos, refiriéndose a un determinado valor de caudal mensual o anual, respectivamente.

El período de registro que se utilice, tiene una gran importancia en cuanto a la interpretación de la curva. La curva de duración refleja el régimen del río durante el período de registro, y si éste es lo suficientemente extenso, puede considerarse como una **curva típica**. En cálculos hidrológicos se acostumbra tomar como período normal de registros una serie de 20 a 30 años de información, ya que puede encerrar por lo menos un ciclo de caudales (una fase húmeda y seca).

Caudales Característicos de la curva de duración de los caudales medios: Son puntos esenciales de la curva de duración que definen los caudales típicos de un curso de agua. Uno de los criterios utilizados en las curvas que se construyen con los caudales diarios se puede definir así:

- **Caudal característico máximo:** es el caudal igualado o excedido durante 10 días del año, o sea el 2.74 % del tiempo en la curva de duración de caudales diarios.
- **Caudal característico medio:** es el caudal igualado o excedido durante 180 días (6 meses) al año, o sea el 50 % del tiempo en la curva de duración de caudales diarios.
- **Caudal característico de estiaje (mínimo):** es el caudal igualado o excedido durante 355 días del año, o sea el 97.3 % del tiempo en la curva de duración de caudales diarios.

Los datos hidrológicos, resumidos en una curva de duración pueden utilizarse para variados propósitos. Es decir, que una curva de duración es una forma de presentar éstos datos para poder interpretarlos mejor. Si estos datos son caudales diarios, mensuales o anuales, el uso de una curva de duración permite:

- Interpretar las características de un régimen de un río en general y su comportamiento en cuanto a sus crecidas y caudales bajos.
- Comparar las características del régimen de dos o más cuencas en una región con el objeto de transponer datos hidrológicos obtenidos en uno o varios de ellos a otra cuenca.
- Obtener valores o caudales de una corriente, tales como el caudal promedio, y los caudales característicos.
- Para cálculos preliminares, obtener el volumen necesario para embalsar, con el fin de asegurar un determinado flujo o el volumen que se puede derivar de una corriente un determinado número de días o meses del año.
- Obtener los valores de caudal que se puede esperar que se sucedan por lo menos durante un porcentaje dado de tiempo.

El principal defecto de la curva de duración como auxiliar de diseño, es que no se presentan los datos en sucesión natural (ya que fueron estadísticamente ordenados de mayor a menor), por lo que no es posible saber si los caudales mínimos o máximos ocurren en períodos consecutivos o distribuidos en todo el período de registro. De aquí que la curva de duración deba usarse en diseño, solamente en las etapas preliminares de diseño de un embalse específicamente.

✓ Caudal ecológico

Existen dos tipos de fuentes hídricas en función del régimen hidrológico: permanentes e intermitentes. A los ríos y quebradas permanentes son las únicas fuentes hídricas que se les puede estimar el caudal ecológico, a diferencia de las corrientes intermitentes, a los cuales no es factible estimarlo, debido fundamentalmente a que no cuentan con un caudal en el lecho durante los meses de baja pluviosidad o de verano.

El caudal ecológico se estima mediante el siguiente procedimiento metodológico:

$$\text{Caudal disponible} = \text{Caudal Total} - (\text{Caudal ecológico} + \text{Caudal estiaje} + \text{Caudal otorgado})$$

Caudal Total - Caudal medio multianual

Meses de Estiaje o Verano en la zona: meses definidos en el componente climático como de verano o con lluvia porcentual inferior a un 5 %

Caudal de Estiaje (lts/seg): (30%) * Qmed-verano

Mes más seco o caudal más bajo: Mes con la lluvia porcentual más baja

Caudal Ecológico: (30%) * Qmed-Mes Más Seco

Caudal Otorgado en Concesiones: es la sumatoria del caudal 0 entregado mediante Licencias de Concesión una Corporación Autónoma.

Finalmente se presenta la siguiente tabla, se resumen los caudales calculados:

Tabla 1-17 Tabla para definir el caudal ecológico y disponible

Q CARACTERÍSTICOS	VALOR (LTS/SEG)
Qtotal	---
Qecológico	----
Qestiaje	----
Qotorgado	----
Qdisponible	----

- ✓ Dinámica fluvial y zonas inundables

La dinámica fluvial hace referencia a los cambios morfológicos que presentan el cauce y lecho de la corriente, al paso de las crecientes extraordinarias o al trabajo paulatino que se presentan con el paso del tiempo por parte de los caudales ordinarios.

La cuantificación de los cambios en la morfología se define sobre la base varios aspectos:

- Visita de campo. Este aspecto es fundamental para establecer visualmente el grado de socavación lateral y la formación de barras o islas dentro del lecho.
- Tipo de material en los taludes y sus características de textura y grado de cubrimiento en cobertura vegetal.
- Se parte de la identificación en cartografía Igac, de los modelados en el lecho, como trenzado, meándrico y de montaña.
- Análisis e interpretación multitemporal de las fotos aéreas con el objeto de identificar modelados y nivel de migración del lecho. Se determina la dirección y se establece una tendencia en el tiempo inmediato. La migración y el tipo de cobertura vegetal en el cauce, se puede complementar con imágenes de satélite o en un último recurso con Google.
- Si existe un levantamiento topográfico, se pueden identificar las barras o mal llamadas islas en el lecho del río o quebrada y la tendencia de migración.
- Otro aspecto de gran importancia es la determinación de la tendencia de inundación o desborde de las aguas altas o crecientes extraordinarias.

- ✓ Metodología en el componente climático

Este componente hace referencia al balance hídrico para determinar la capacidad de humedad o agua en el suelo. Se estima la evapotranspiración potencial y de desarrolla un balance hídrico decadal. Luego se establece una zonificación climática de la zona donde se encuentran las cuencas identificadas en el estudio.

- Zonificación climática y balance hídrico

El estudio prevé desarrollar la zonificación climática según el método de Caldas – Lang, la cual proporciona un elemento de apoyo para la interpretación y delimitación de las unidades de paisaje. El sistema de clasificación climática de Caldas – Lang utilizado para el presente trabajo, esencialmente se fundamenta en dos modelos, cuyo marco teórico se expone a continuación.

- Modelo climático de Caldas

Se basa principalmente en las observaciones y conclusiones del Sabio Francisco José de Caldas, consistentes en la recopilación de una extensa serie de información relativa a la altura sobre el nivel del mar (altitud) y su influencia en la variación de las temperaturas, primera clasificación de Pisos Térmicos desarrollada para la Región Andina. A través de estas investigaciones y posteriores comprobaciones de esta teoría se confirmó la existencia de un gradiente de la temperatura con la altitud. Los límites expuestos por Caldas, corresponden a los siguientes pisos térmicos (Ver **Tabla 1-18**):

- Piso Térmico Cálido: Localizado entre los 0 m. y 1000 m., con valores superiores a 24º C, con un margen de altitud en el límite superior de 400 m.
- Piso Térmico Templado: Localizado entre los 1000 m y 2000 m, con temperaturas mayores o iguales a 17,5º C y con un margen de amplitud en sus límites superior e inferior de 500 m.
- Piso Térmico Frío: Localizado entre los 2000 m y 3000 m de altitud con temperaturas no inferiores a 12º C y un margen en sus límites latitudinales superior e inferior de 400 m.
- Piso Térmico Muy Frío o Páramo Bajo: Localizado entre los 3000 m y los 3700 m, se caracteriza por tener un intervalo de temperatura entre 7 ºC y 12 ºC
- Piso Térmico Páramo Alto: Localizado entre los 3700 m y los 4200 m., aproximadamente con una temperatura inferior a los 7 ºC.

Tabla 1-18 Parámetros básicos del modelo climático de Caldas

PISO TÉRMICO	ALTITUD (m)	TEMPERATURA (ºC)
CÁLIDO	0 – 1000	Mayor a 24,0
TEMPLADO	1001 – 2000	17,5 a 24,0
FRÍO	2001 – 3000	12,0 a 17,5
PÁRAMO BAJO	3001 – 3700	7,0 a 12,0
PÁRAMO ALTO	3701 – 4200	Menor de 7,0

- Modelo climático de Lang

Richard Lang estableció una clasificación climática, basada en el valor obtenido para cada lugar al dividir la precipitación total anual en milímetros, por la temperatura media anual en grados centígrados. Este cociente se conoce con el nombre de índice de efectividad de la precipitación o factor de lluvia de Lang. En la **Tabla 1-19**, se presentan los rangos de esta clasificación.

Tabla 1-19 Clase de clima según Lang

COCIENTE (P/T)	CLASE DE CLIMA
0,0 a 20,0	DESÉRTICO
20,1 a 40,0	ÁRIDO
40,1 a 60,0	SEMIÁRIDO
60,1 a 100,0	SEMIHÚMEDO
100,1 a 160,0	HÚMEDO
Mayor a 160,0	SUPERHÚMEDO

- Modelos climáticos de Caldas – Lang y Holdrige

Con base en la combinación de los modelos propuestos por Caldas y Lang se obtiene la metodología a que hace referencia el presente trabajo, la cual hace referencia a 25 tipos climáticos, matemáticamente definidos y que se relacionan en la **Tabla 1-20**.

Tabla 1-20 Tipos de clima según el modelo de Caldas - Lang

TIPO DE CLIMA	SÍMBOLO (1)
Cálido Superhúmedo	Cu
Cálido Húmedo	Ch
Cálido Semihúmedo	Ci
Cálido Semiárido	Cs
Cálido Árido	Ca
Cálido Desértico	Cd
Templado Superhúmedo	Tu
Templado Húmedo	Th
Templado Semihúmedo	Ti
Templado Semiárido	Ts
Templado Arido	Ta
Templado Desértico	Td
Frío Superhúmedo	Fu
Frío Húmedo	Fh
Frío Semihúmedo	Fi
Frío Semiárido	Fs
Frío Arido	Fa
Frío Desértico	Fd
Páramo Bajo Superhúmedo	Pu
Páramo Bajo Húmedo	Ph
Páramo Bajo Semihúmedo	Pi
Páramo Bajo Semiárido	Ps
Páramo Alto Superhúmedo	Eu
Páramo Alto Húmedo	Eh
Nieves Perpetuas	Np

Se establece la relación entre la zonificación climática de Caldas – Lang y las zonas de vida definida por Holdrige, con base en las características climáticas de las estaciones meteorológicas (precipitación y temperatura), la altura sobre el nivel del mar y la evapotranspiración potencial. En la **Tabla 1-21**, se presentan las equivalencias entre los dos tipos de clasificación, de acuerdo a las unidades climáticas encontradas dentro de la zona de estudio. Las cinco unidades climáticas según Caldas – Lang corresponden a cuatro zonas de vida según Holdrige.

Tabla 1-21 Equivalencias climáticas – modelos Caldas Lang y Holdrige

TIPO DE CLIMA CALDAS - LANG	PRECIPITACIÓN - TEMPERATURA	ZONA DE VIDA HOLDRIGE	SÍMBOLO HOLDRIGE
Cálido Arido	T >24 °C P <1000 mm	Bosque muy Seco Tropical	bms-T

TIPO DE CLIMA CALDAS - LANG	PRECIPITACIÓN - TEMPERATURA	ZONA DE VIDA HOLDRIGE	SÍMBOLO HOLDRIGE
Cálido Semiárido	T>24 °C P:1000 - 2000 mm	Bosque Seco Tropical	bs-T
Cálido Semihúmedo Cálido Húmedo	T>24 °C P:2000 - 4000 mm	Bosque Húmedo Tropical	bh-T
Templado Semiárido Templado Semihúmedo	T: 17-24 °C P >1000 mm	Bosque Húmedo Premontano	bh-PM

Las anteriores unidades climáticas permiten establecer la relación entre la clasificación netamente climática establecida por Calda – Lang y las unidades climáticas definidas por zonas de vida definidas por Holdridge.

- ✓ Balance hídrico

Para estimar la Evapotranspiración Potencial ETP decadal, para tal efecto se usa el Modelo Climático MACRA, el cual fue desarrollado por el Himat (hoy Ideam) y mediante el cual elaboró el estudio de Caracterización Climática de Colombia. Este modelo permite estimar la ETP por seis (6) de las formulaciones matemáticas diferentes y más usadas en el mundo: Penman, Garcia-Lopéz, Turc, Hargreaves, Thornthwaite y Christianssen. El modelo climático de Penman es la formulación que requiere de un buen número de parámetros climáticos dentro de su proceso de cálculo y sus resultados fueron los más ajustables a las condiciones climáticas de nuestro territorio, motivo por el cual se tomó como modelo para ser aplicado a Colombia. En la **Tabla 1-22** se muestra los requerimientos de información climática de cada modelo:

Tabla 1-22 Parámetros climáticos requeridos para estimar la ETP

FORMULACIÓN	PARÁMETROS CLIMÁTICOS REQUERIDOS
Penman	Temperatura, Tensión de Vapor, Brillo Solar, Velocidad del viento
Cristianssen	Temperatura, Humedad Relativa, Brillo Solar, Velocidad del viento
Thornthwaite	Temperatura
Garcia-Lopéz	Temperatura y Humedad Relativa
Hargreaves	Temperatura y humedad relativa
Turc	Temperatura, Brillo Solar y humedad relativa

El Balance Hídrico se elaboró con ayuda del Modelo Climático MACRA para la estación climatológica más cercana, con base en la metodología propuesta por Palmer para una probabilidad de precipitación promedio del 50% (Probabilidad de que ocurran valores iguales o superiores a los obtenidos, en 2 de cada 4 años) y con la información climatológica de la estación del aeropuerto de Yopal. El balance hídrico con probabilidad del 25 % se utiliza con fines de drenaje (Probabilidad de que ocurran valores iguales o superiores a los obtenidos, en uno de cada 4 años); el balance hídrico con probabilidad del 75 % se utiliza con fines de riego (Probabilidad de que ocurran valores iguales o superiores a los obtenidos, en 3 de cada 4 años).

El balance hídrico consiste en un diagrama en donde se compara la evapotranspiración potencial estimada, con respecto a la precipitación registrada en la estación a nivel decadal. Para estimar la evapotranspiración potencial (mm/mes), el cálculo se basa en los datos de temperatura, tensión de vapor, humedad relativa, brillo solar, velocidad del viento y la precipitación decadal (promedio de 10 días consecutivos).

El balance establece los períodos y cantidades de agua en déficit o en exceso y las décadas cuando se presenta un equilibrio, es decir, cuando no hay ni déficit, ni exceso de agua en el suelo.

✓ Metodología del componente hidráulico

Para el desarrollo del componente hidráulico, y definir las características hidrológicas e hidráulicas del sitio de vertimiento y de captación en los puntos y fuentes definidas, se realiza una topografía en las corrientes, tomando tres (3) secciones transversales, representativas del tramo y el cálculo de los parámetros hidráulicos, la estimación del tiempo de viaje de la masa de agua, bajo tres escenarios hidrológicos: aguas bajas (temporada de verano), medias (condiciones normales de escorrentía) y las aguas altas (temporada de invierno).

Para caracterizar hidráulicamente la fuente hídrica, se procede a usar un modelo hidráulico denominado HYMO-10, el cual permite generar en las curvas hidráulicas en las tres (3) secciones transversales: la curva de gastos o de calibración ($Q = f(H)$), la curva nivel del agua respecto al área hidráulica ($A = f(H)$), y la curva principal entre el nivel del agua y la velocidad del flujo ($V = f(H)$). Como información básica en el modelo se parte de la topografía de las secciones transversales, el ancho de la sección, las cotas mínima, media y máxima, la cobertura vegetal de los taludes, la granulometría del fondo, como también la pendiente del tramo, definida entre las tres secciones y la distancia existente entre ellas.

A fin de calibrar la curva de gastos en cada una de las secciones transversales respecto a los resultados del modelo HYMO-10, se utilizó el método de calibración de propuesta por Thorne y Zevenbergen, desarrollada especialmente para ríos de montaña con cauce aluvial, quienes utilizan las ecuaciones de Darcy-Weisbach, permitiendo calcular la velocidad media en un río de alta pendiente y cauce aluvial. Adicionalmente se calculó el número de Mannig como medio de control de la calibración. Las principales ecuaciones utilizadas en la calibración se presentan a continuación:

$$\frac{U}{\sqrt{g * R * S}} = 5,62 * \text{Log} \left[\frac{a' * R}{3,5 * D84} \right] = \sqrt{\frac{8}{f}}$$

$$a' = 11,1 * \left[\frac{R}{d_o} \right]^{-0,314}$$

Donde:

- U: Velocidad media en la sección transversal en m/s
- g: Aceleración debida a la gravedad en m/s^2
- R: Radio hidráulico de la sección
- S: Pendiente hidráulica del fondo del río
- a': Factor de cálculo de rugosidad de Thorne and Zevenbergen
- D84: Diámetro 84 del material del lecho en m
- f: Factor de fricción de Darcy-Weisbach
- do: Altura máxima de variación de niveles del río en m

Aleatoriamente se tomaron varias secciones transversales y se estimaron los caudales y la velocidad del flujo por el método de Thorne y Zevenbergen, donde se utilizó un D84% promedio. Los parámetros hidráulicos estimados son muy cercanos a los establecidos con el modelo HYMO-10, lo cual demuestra la validez de los coeficientes de rugosidad tomados para determinar las variables hidráulicas en cada sección Transversal.

En el modelo HYMO-10 se utilizaron los siguientes valores del coeficiente de rugosidad "n" recomendados para diseño y tomados de la Hidráulica de Canales Abiertos de Ven Te Chow-1994. Para corrientes naturales: Ríos con Planicies inundables. Se utilizan factores de rugosidad, entre los más comunes se presentan en la **Tabla 1-23**:

Tabla 1-23 Coeficientes de rugosidad usados en lechos naturales

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	CARACTERÍSTICA DEL CAUCE
0,030	Fondo: gravillas, material fino como arenas arcillas y limos. Taludes con pocos árboles y escasos matorrales, taludes destapados y con algo de pastos, o solo gravas.
0,050	Canal y pendientes irregulares, en arcilla, pastos en el talud, algunos matorrales, baja pendiente
0,060	Pocos matorrales y árboles grandes pastos en el talud, pocas gravas
0,070	Bolos, abundantes Gravas, arboles grandes en el talud, matorrales altos, troncos en el cauce, alta pendiente

Esta calibración, se desarrolla sobre la base de los aforos realizados, cuyas velocidades deben acercarse en valores a los estimados mediante el modelo hidráulico. Los parámetros hidráulicos para el modelo HYMO-10, en cada una de las secciones transversales, se estiman de la siguiente manera.

La pendiente entre las tres (3) secciones transversales, con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$s = \frac{(H_1 - H_2)}{L}$$

Donde:

S: La pendiente del tramo en m/m y entre secciones transversales

H1: Cota del fondo del cauce en la primera sección (aguas arriba)

H2: Cota del fondo del cauce en la tercera sección (aguas abajo)

L: Longitud del tramo entre las secciones primera y tercera

Velocidad del flujo:

La velocidad del agua en una corriente natural depende de varios factores, los cuales determinan el comportamiento hidráulico del flujo al paso por una sección transversal determinada. Entre los factores más importantes tenemos: la pendiente del tramo, la rugosidad del lecho, la morfometría de la sección y la cantidad de agua que pasa por la sección en un momento determinado. Aunque los tres primeros factores se pueden considerar relativamente constantes, el último depende de las condiciones climáticas regionales y del nivel del agua y la medición que se realice al paso de una creciente.

La velocidad del agua la fuente hídrica y para cada uno de los tres escenarios (aguas bajas, aguas medias y aguas altas), se halló realizando una topografía y mediante un modelo hidráulico, se recrean las condiciones de flujo para cada escenario y en cada uno de ellos se estima la velocidad del agua. La velocidad se halla con ayuda de la fórmula de Chezy, como se explica a continuación:

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) * (H_{med})^y * \sqrt{H_{med} * S}$$

Donde:

V Velocidad media estimada para la sección en m/s

N Coeficiente de rugosidad

Hmed La profundidad media de la sección considerada

S Pendiente estimada para el tramo

Y Exponente que está en función de la profundidad media

$$Si H_{med} > 1,0 \text{ y } y = 1,3 * \sqrt{n}$$

$$Si H_{med} < 1,0 \text{ y } y = 1,5 * \sqrt{n}$$

La profundidad media se calcula de la siguiente manera:

$$H_{med} = \frac{A}{B}$$

Donde:

- A Área hidráulica
- B Ancho de la sección considerada hasta esa misma cota

Una vez estimada la velocidad del agua y la distancia entre las secciones transversales, se procede a determinar el tiempo de recorrido de la masa de agua para cada escenario, usando la siguiente ecuación:

$$t = \frac{1}{60} * \frac{E}{V}$$

Donde:

- T Tiempo de recorrido de la masa de agua, min y/o horas.
- E Espacio considerado entre secciones transversales en m
- V Velocidad del flujo o del agua, m/s

➤ Calidad del agua

La metodología utilizada para la selección de los puntos de monitoreo de aguas superficiales se llevó a cabo siguiendo los siguientes pasos:

1. Se realizó inicialmente una georeferenciación de las facilidades de la infraestructura petrolera existente y la infraestructura proyectada sobre un mapa donde resaltaba la red hídrica de la zona.
2. Se definieron los cuerpos de agua que pudieran estar en riesgo de afectación ambiental por su cercanía a las facilidades de la infraestructura petrolera existente y la infraestructura proyectada. Esta posible afectación está dada por los diferentes riesgos asociados a las actividades que se realizan en estas facilidades y a los posibles derrames o contingencias que pueden ocurrir.
3. Se determinaron puntos de monitoreo aguas arriba y aguas abajo de la ubicación de estas infraestructuras existentes y proyectadas para lo cual se tuvieron en cuenta elementos y recomendaciones tomadas de protocolos internacionales¹. Estas son:
 - ✓ La muestra aguas arriba debe estar ubicada lo suficientemente lejos para asegurarse de que no exista influencia de la descarga o del tramo del cuerpo de agua más cercano al proyecto, pero aguas abajo de cualquier corriente tributaria que pudiera influir en las características de calidad del agua en el punto de descarga o en el tramo del cuerpo de agua más cercano al proyecto.
 - ✓ La muestra aguas abajo debe estar ubicada lo más alejada posible de la descarga o del tramo del cuerpo de agua más cercano al proyecto, pero no debe existir en el trayecto ninguna alteración de las características del agua, o sea, no debe haber la incorporación de alguna corriente tributaria o descargas provenientes de otras industrias o domésticas.

¹ Protocolo de monitoreo de calidad de aguas para la industria de hidrocarburos en Perú.

Por otro lado, el procedimiento de toma de muestras del laboratorio encargado (Antek S.A.) se detalla en los informes de laboratorio presentados en el **Anexo 4.5**.

➤ Usos del agua

El inventario de usos y usuarios fue realizado del 17 al 25 de noviembre de 2011, evaluando los ríos Guayuriba, Acacias, Orotay y los caños Bijao, Danta y NN (estos últimos son o serán influenciados por el Área de Sostenibilidad en Agroenergía – ASA –), en una amplitud aproximada de 1 Km, a partir de las márgenes derecha e izquierda de cada uno de los cuerpos de agua y en longitudes, así:

- ✓ Guayuriba: 2 Km aguas arriba y 6 Km aguas abajo del punto de vertimiento actual
- ✓ Acacias: 3 Km aguas arriba y 5 Km aguas abajo del punto de vertimiento actual
- ✓ Orotay: 10 Km aguas arriba y 5 Km aguas debajo de la desembocadura del Caño San Luis en el Orotay.
- ✓ Caños Bijao, Danta y NN: 1 Km aguas arriba y 1 Km aguas abajo del punto que potencialmente recibiera descole del ASA.

Previo a la salida de campo, se diseñó un formato para captura de la información correspondiente a usos y usuarios de los cuerpos de agua en mención, el cual permitió recopilar información, entre otros, acerca de:

- ✓ Captación (tipo y sistema)
- ✓ Uso del agua (doméstico, agrícola, pecuario, industrial, etc.)
- ✓ Vertimiento (tipo, caudal, fuente receptora)
- ✓ Afluentes
- ✓ Georreferenciación
- ✓ Registro fotográfico

Se conformaron tres (3) grupos para esta labor, cada uno de ellos compuesto por: un profesional SGI, un auxiliar de campo del SENA (gestión ambiental – seccional Acacias) y un baquiano. Los tres (3) grupos se distribuyeron por márgenes y longitudes, abarcando el mismo cuerpo de agua; se evaluó primero el Río Acacias, luego el Río Guayuriba, posteriormente el Río Orotay y finalmente los caños Bijao, Danta y NN.

➤ Hidrogeología

La evaluación hidrogeológica para el área fue realizada mediante la revisión de la información existente de la zona, con base en esto lograr una identificación de las unidades hidrogeológicas de acuerdo con los criterios establecidos por el INGEOMINAS en el área de los llanos orientales y de allí realizar la identificación de las unidades para el área específica del proyecto.

El trabajo parte de la identificación de las unidades hidrogeológicas en campo para definir su localización dentro del área del proyecto y con base en esto mostrar una distribución espacial de los acuíferos, identificando y determinando su comportamiento y sus interrelaciones con los sustratos con los que presenta contacto dentro del área estudiada.

Con esta información se determina la potencialidad de las unidades acuíferas identificadas y la vulnerabilidad hidrogeológica que pueden presentar, al desarrollo de actividades antrópicas realizadas por la posible actividad industrial y el uso del recurso por parte de las comunidades asentadas en el área de la zona evaluada.

Con la información obtenida y la integración de la información de estudios ejecutados en el área se logra una valoración real de las condiciones hidrogeológicas del área evaluada para la toma de decisiones en desarrollo de futuros proyectos.

➤ Calidad del aire y ruido

La metodología utilizada para la selección de los puntos de ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de aire se llevó a cabo siguiendo los siguientes pasos:

- ✓ Se realizó inicialmente una georeferenciación de las facilidades de la infraestructura petrolera existente y la infraestructura proyectada sobre un mapa donde resaltaban los asentamientos comunitarios tanto las unidades como los núcleos.
- ✓ Se definió la dirección de los vientos en la región conociendo la rosa de vientos reportada por la estación climática más cercana a la zona: Estación Unillanos.
- ✓ Se determinaron los probables puntos de ubicación de las estaciones de monitoreo teniendo en cuenta el protocolo para el monitoreo y seguimiento de calidad del aire adoptado mediante la Resolución No. 650 del 29 de marzo de 2010, modificada mediante Resolución No. 2154 de 2 de noviembre de 2010, también se incluyó en el análisis la dirección de los vientos y los asentamientos de las comunidades.
- ✓ Se realizó la confirmación de los puntos de ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de aire mediante visita a campo en la cual se verificó el cumplimiento de los requerimientos exigidos en el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, la cercanía a unidades o núcleos comunitarios que pudieran estar afectados por afectación de la atmósfera y la posibilidad de utilizar como fuente de energía la proveniente de una de estas viviendas estableciendo un trato favorable para el propietario.

La metodología utilizada para la selección de los puntos de monitoreo de ruido fue la siguiente:

- ✓ Se realizó inicialmente una georeferenciación de las facilidades de la infraestructura petrolera existente y la infraestructura proyectada sobre un mapa donde resaltaban los asentamientos comunitarios tanto las unidades como los núcleos.
- ✓ Se definió la dirección de los vientos en la región conociendo la rosa de vientos reportada por la estación climática más cercana a la zona: Estación Unillanos.
- ✓ Se realizó una compilación de las quejas presentadas por la comunidad en las reuniones de socialización realizadas en las diferentes veredas orientadas por el equipo social que participa en el estudio
- ✓ Se determinaron los probables puntos de monitoreo de ruido teniendo en cuenta los procedimientos establecidos en la Resolución No. 627 de 2006, también se incluyó en el análisis la dirección de los vientos, los asentamientos de las comunidades y las quejas que estas habían presentado con anterioridad.

Se realizó la confirmación de los puntos de monitoreo de ruido mediante visita a campo en la cual se verificó el cumplimiento de los procedimientos establecidos en la Resolución No. 627 de 2006, la cercanía a unidades o núcleos poblacionales que pudieran estar afectados por el ruido en el área.

1.5.2.3 Componente biótico

➤ Flora

- ✓ Caracterización florística estructural por cobertura

Para comprender que ocurre con la vegetación en la zona de estudio, es importante el conocimiento de algunos aspectos relevantes de su composición, estructura, funcionamiento y potencial, que conducirá a mejorar su manejo.

Con el fin de caracterizar florística y estructuralmente las coberturas vegetales naturales existentes en el área de influencia directa del Bloque Cubarral, campos de Castilla y Chichimene, se hicieron algunos inventarios florísticos con una probabilidad del 95% y error de muestreo no mayor del 15% en las coberturas naturales caracterizadas.

- ✓ Metodología

Para el proyecto se realizaron los levantamientos y análisis correspondientes, para lo cual se desarrollaron las siguientes fases:

- ✓ Fase de preparación

Revisión de información secundaria, consulta de aspectos bióticos, ecológicos y dendrológicos en los documentos entregados por Ecopetrol S.A. sobre estudios realizados en el área, así como los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) de los municipios donde se ubica el área de influencia del proyecto, documentos de los institutos de investigación (IAvH, IDEAM) o autoridades ambientales (CORMACARENA).

Actualización del mapa de cobertura de la tierra para el área del proyecto, utilizando la leyenda nacional de coberturas de la tierra, metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000.

Definición e identificación de los sitios susceptibles de muestreo y cantidad de parcelas por cobertura, después del análisis preliminar de la cobertura vegetal utilizando la imagen satelital SPOT 2009.

- ✓ Determinación del tamaño y número de parcelas

La caracterización de las diferentes unidades de vegetación presentes en el área de estudio se realizó siguiendo la metodología de elaboración de estudios ambientales propuesta en las guías técnicas del Ministerio del Medio Ambiente.

Parcelas de bosque: De acuerdo a las recomendaciones de Rangel & Velásquez (1997) para las unidades de cobertura vegetal arbórea (Bosque de galería y Bosque denso) se realizaron parcelas de 0,1 ha (100m*10m) las cuales se georeferenciaron y localizaron en el mapa de Cobertura vegetal. En estas se inventarió el 100% de los individuos de la categoría fustal, este inventario se realizó sobre subparcelas de 10 X 10 m, para un total de 10 subparcelas de 0.010 ha, identificadas con letras mayúsculas desde A hasta J. Para el inventario de latizales se realizaron 5 subparcelas de 5 X 5 m, por cada parcela de 0.1ha, para un área de muestreo de 0.025 ha. Ubicadas en las subparcelas A, C, E, G y J. Para los briznales se realizaron el mismo número de subparcelas de 2 X 2 m, por cada unidad de 0.1 ha., para un área de muestreo de 0.004 ha, ubicadas dentro de las subparcelas para inventario de latizales. (Ver **Figura 1-9**).

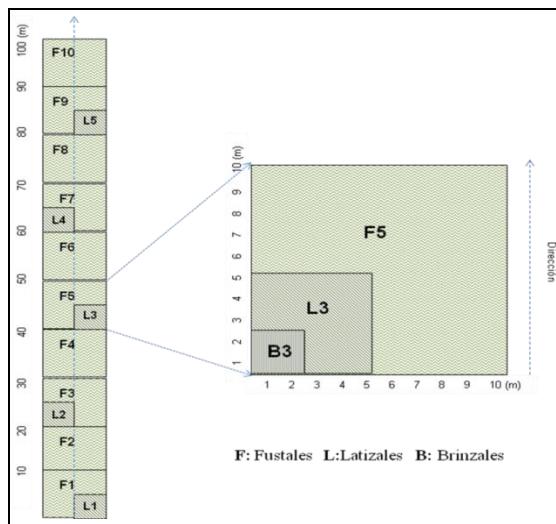


Figura 1-9 Diseño de parcelas de bosque

Las parcelas se establecieron en forma temporal y con la ayuda de personal de la región se identificaron las especies por nombre común. Los datos colectados se consignaron en un formulario diseñado de acuerdo a los requerimientos de la investigación, se marcaron los árboles de cada parcela con pintura roja, con números consecutivos iniciando desde uno y se les realizaron algunas medidas dasométricas que se indican a continuación. (Ver **Tabla 1-24**).

Tabla 1-24 Variables dasométricas medidas en el inventario de fustales

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	ÁREA DE LA PARCELA	INFORMACIÓN A CAPTURAR
Fustal	DAP ≥ 0.10 m	100 m x 10m	Nombre común CAP (cm) Altura total (m) Altura comercial (m) Usos regionales Estado fitosanitario No de la parcela Área de la parcela Georeferenciación Altura sobre nivel del mar Vereda
Latizal	Altura mayor a 150 cm. y diámetro menor a 10 cm.	5 m x 5 m	Nombre común Altura total (m) CAP (cm) No de la parcela Área de la parcela Georeferenciación Altura sobre nivel del mar Vereda
Brizal	Altura entre 31 y 150 cm.	2 m x 2 m	Nombre común

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	ÁREA DE LA PARCELA	INFORMACIÓN A CAPTURAR
			Cantidad
			No. de la parcela
			Área de la parcela
			Georeferenciación
			Altura sobre nivel del mar
			Vereda

Parcelas de vegetación secundaria o en transición: Para las coberturas más baja que correspondían a los estadios intermedios de la sucesión vegetal, se estableció que el tamaño de parcela para este tipo de unidad de cobertura debía ser de 0.01 ha, es decir, de 10 m x 10 m. En estas parcelas se midieron el 100% de los individuos presentes de las categorías fustal, latizal y briznal y se tomó una sola coordenada en el centro de la parcela (Ver **Figura 1-10**).

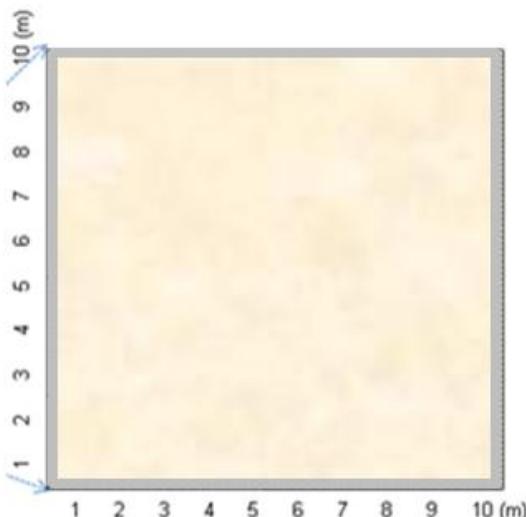


Figura 1-10 Diseño de parcelas de vegetación secundaria o en transición

- ✓ Fase de campo

Las parcelas se levantaron en forma temporal y con la ayuda de personal de la región la cual colaboró con el acompañamiento en campo y la identificación de las especies por nombre común. Los datos de vegetación se consignaron en una tableta electrónica (Samsung Galaxy Tab, y Toshiba Thrive), usando una hoja de cálculo (Software) en el cual se desarrolló un formulario diseñado de acuerdo a los requerimientos de la investigación. La evaluación cualitativa y cuantitativa se realizó a las unidades vegetales mencionadas anteriormente. (Ver **Figura 1-11** y **Figura 1-12**).

		INVENTARIO FORESTAL APROVECHAMIENTO FORESTAL O CARACTERIZACION (INDIVIDUOS CON DAP SUPERIOR A 10 cm)								
Código de calidad		Fecha de Elaboración:				HOJA N° _____				
PROYECTO N° _____	NOMBRE DEL PROYECTO _____				RESPONSABLE _____					
DEPARTAMENTO _____	MUNICIPIO _____		VEREDA _____		FECHA _____					
CUENCA _____	PARCELA _____		COORDENADAS PARCELA (Inicio) ESTE _____ NORTE _____		(Fin) ESTE _____ NORTE _____					
UNIDAD DE COBER: _____	NOMBRE PROPIETARIO _____									
PREDIO _____										
No	SUB PARCELA	NOMBRE COMUN	COORDENADAS		C.A.P (cm) 1	DIÁMETRO DE COPA		ALTURA		Observaciones
			X	Y		X	Y	Comercial	Total	

Figura 1-11 Formato de campo para registro de información de coberturas boscosas

		CARACTERIZACION DE LA COBERTURA VEGETAL REGENERACION NATURAL					
Fecha de elaboración:							
PROYECTO				COORDENADAS	INICIAL	N	E
PARCELA				FINAL	N	E	
FECHA	A.S.N.M.						
PREDIO	PROPIETARIO						
VEREDA	COBERTURA						
MUNICIPIO	RESPONSABLE						
DEPARTAMENTO	RECONOCEDOR						
SUBPARCELA	Nº	Nombre Común	BRINZALES	LATIZALES	Altura	DAP	Observaciones
			R	U2			

Figura 1-12 Formato de campo para registro de información de coberturas de vegetación secundaria

En cada área de muestreo el baquiano identificó el árbol por su nombre común y se realizaron las medidas dasométricas como, diámetro a la altura del pecho DAP, altura total, altura comercial, diámetro de copa y algunas observaciones como estado sanitario y físico. Cada uno de los individuos inventariados fue marcado con un número consecutivo dentro de cada parcela. (Ver **Fotografía 1-1** y **Fotografía 1-2**).



Fotografía 1-1 Marcación de árbol inventariado



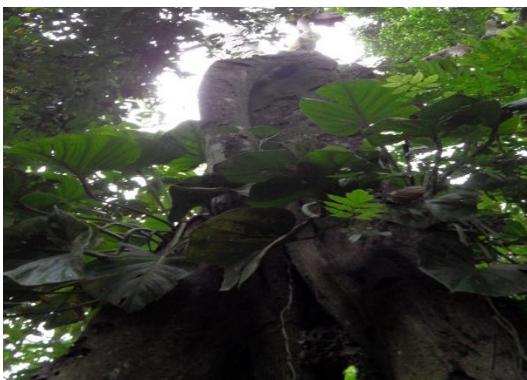
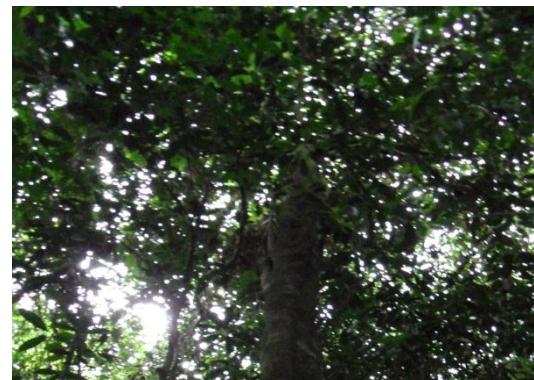
Fotografía 1-2 Árbol marcado

El DAP se midió a una altura de 1.30 m sobre el nivel del suelo, utilizando para ello cinta métrica. La medida la tomo el baquiano, sin usar decimales, por lo que aproximo al entero menor si la medida (línea 0 de inicio de la cinta diamétrica), queda entre las primeras cinco líneas del número y si la medida caía después de la mitad entre los dos números enteros, entonces tomo el número entero mayor. En caso de que el árbol se encontrara en una pendiente, se midió desde la parte más alta de la pendiente. (Ver **Fotografía 1-3** y **Fotografía 1-4**).


Fotografía 1-3 Medición de DAP

Fotografía 1-4 Medición de DAP

La altura total se medirá desde la base del fuste, hasta la punta de copa, donde llega la última hoja y la altura comercial del árbol se medirá desde la parte del fuste aprovechable comercialmente, desde el tocón (unos 30 cm sobre el suelo), hasta donde se inicia la copa o hasta donde se presente otra limitación como deformación del fuste. El diámetro de copa se realizará midiendo la proyección de la copa en el piso. (Ver **Fotografía 1-5** y **Fotografía 1-6**).


Fotografía 1-5 Cálculo de altura

Fotografía 1-6 Copas de los arboles

- ✓ Fase de procesamiento y análisis de la información

Para el procesamiento de la información se utilizaran hojas de cálculo electrónicas (Excel)

Análisis estructural de la vegetación

El análisis estructural de la vegetación se desarrolla con métodos cuantitativos que permiten la comparación de parámetros para analizar el comportamiento de la vegetación en cuanto a sus atributos fisonómicos, para establecer tendencias y variaciones entre las comunidades, mediante las relaciones entre los patrones de ordenamiento espacial, composición de la vegetación y los factores ambientales.

- Composición florística

La composición florística puede definirse de una manera sencilla como la variedad de especies vegetales que componen el bosque en un área determinada. La descripción de la composición florística implicó la elaboración de un listado de las especies registradas durante la fase de campo identificando número de especies, géneros y familias.

- Estructura horizontal

Consiste en determinar cuantitativamente el comportamiento de los individuos en la superficie del suelo, se analiza a partir de la frecuencia, área basal o dominancia, abundancia, índice de valor de importancia. (Becerra, 1971).

Abundancia: Es el número de árboles por especie, la abundancia relativa se expresa en porcentaje y se define como la relación entre el número de árboles de cada especie y el número total encontrado en el muestreo.

$$A = \frac{A}{N}$$

N = Número de individuos de una especie o familia.

A = Corresponde a un área determinada.

Abundancia relativa: Indica el porcentaje de participación de cada especie, referida al número de árboles totales encontrados.

$$AR = \left(\frac{Aa}{At} \right) * 100$$

Aa = número de individuos por especie en el área muestreada

At = número de individuos total en el área muestreada

Frecuencia: Es la existencia o falta de una determinada especie en una parcela de muestreo, la frecuencia absoluta se expresa en porcentaje (100%: existencia en todas las parcelas). La frecuencia relativa de una especie se calcula como la relación entre la frecuencia absoluta de la especie y la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies.

$$F = \frac{U}{T} * 100$$

U = número de unidades de muestreo en que ocurre una especie

T = número total de unidades de muestreo

Frecuencia relativa: Es el porcentaje de la frecuencia absoluta de una especie en relación con la suma de las frecuencias absolutas de las especies presentes.

$$FR = \frac{Fa}{Ft} * 100$$

Ft = Suma de las frecuencias absolutas

Dominancia: También denominada grado de cobertura de las especies, que es la expresión del espacio ocupado por ellas. Se define como la suma de las proyecciones horizontales de los árboles sobre el suelo. La suma de las proyecciones de las copas de los individuos de una especie determina su dominancia. Debido a la compleja estructura vertical de los bosques tropicales, en ocasiones resulta imposible su determinación, por tal razón, se emplean las áreas basales como

sustitutos de los verdaderos valores de dominancia. Este proceso es justificado debido a la alta correlación lineal entre el diámetro de copa y el diámetro de fuste para una especie en particular.

$$D = \Sigma \left[\left(\frac{\pi}{4} \right) * DAP^2 \right]$$

$\pi = 3.141598$

DAP = Diámetro a la altura del pecho

Dominancia relativa: Se calcula como la proporción de una especie en el área total evaluada, expresada en porcentaje.

$$DR = \left(\frac{DA}{At} \right) * 100$$

DA= dominancia absoluta de cada especie

At = área basal total en el área muestreada

Índice de valor de importancia (I.V.I.): El índice de valor de importancia (Mori & Boom, 1987) es una mezcla de expresiones de la diversidad y parámetros fisionómicos. El IVI es un valor en porcentaje que permite comparar el peso ecológico de cada especie dentro de la población. Los IVI más altos indican las especies o familias que predominan; se calcula para cada especie a partir de la suma de abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa.

$$I.V.I = AR + FR + DR$$

- Estructura vertical

La estructura vertical se realiza según la altura, diferenciando estratos, acorde con perfiles cualitativos o cuantitativos en relación a la altura total y altura del fuste de Ogawa citado por UNESCO, 1980.

Para analizar la estructura vertical, se definen los estratos arbóreos: superior (Es), medio (Em) e inferior (Ei), dependiendo de las alturas máxima y mínima.

Perfil de vegetación: Este se construye con base en un plano ordenado (longitud de eje en las abscisas y las alturas del árbol en las ordenadas), en donde a una escala adecuada, con el mismo valor para los ejes se ubican cada uno de los individuos teniendo en cuenta la arquitectura de la especie. La ubicación en el perfil de cada uno de los árboles registrados genera una reproducción del bosque (MELO et al, 1994)

Diagrama de Ogawa: Este es un método cuantitativo de descripción de la vegetación, usado para detectar la presencia de estratos, confeccionando una gráfica con las alturas totales en las ordenadas y las alturas a la base de la copa en las abscisas, la aparición de enjambres de puntos más o menos aislados, indica el virtual vacío de las copas en los niveles intermedios, sugiriendo un número de estratos diferenciales en el perfil del bosque; cuando se genera una sola nube de puntos alargada y con pendiente positiva, no se pueden diferenciar estratos, ya que existe una continuidad de puntos desde el sotobosque hasta el dosel.

Posición sociológica: Indica el valor de importancia de las especies por los diferentes estratos que componen el bosque, puede decirse entonces que una especie determinada tiene un lugar asegurado en la estructura y composición florística, cuando esté presente en todos los estratos (TROPEMBOS, 1991).

Siguiendo la metodología de Finol (1976), se asigna un valor fitosociológico a cada subestrato, dividiendo el número de individuos de cada subestrato por el número de individuos de todas las especies.

$$VF = \frac{n}{N}$$

VF= Valor Fitosociológico

n= Número de individuos del subestrato

N=Número total de individuos de todas las especies.

Para calcular el valor absoluto de la Posición Sociológica de una especie, se suman sus valores fitosociológicos en cada subestrato, efectuando el producto del Valor Fitosociológico del estrato considerado por el número de individuos de la especie en ese mismo estrato.

$$PSa = VF(i) * n(i) + VF(m) * n(m) + VF(s) * n(s)$$

PSa= Posición Sociológica Absoluta de la especie

VF= Valor fitosociológico del subestrato

n= N° de Individuos de cada especie

i: inferior; m: medio; s: superior

La PS% de cada especie, se expresa como porcentaje sobre la sumatoria total de los valores absolutos

$$PS\% = PSa / \Sigma PSa$$

Regeneración natural: La regeneración natural según Lamprecht (1990), implica el desarrollo de un estado más productivo del bosque; de esta manera un buen desarrollo de la regeneración determina que se presenten unas cantidades suficientes de semillas viables así como unas condiciones microclimáticas y edáficas adecuadas para su germinación y desarrollo. La definición de la regeneración natural siguió el mismo procedimiento metodológico descrito para la posición sociológica, pero cambiando los estratos por categorías de tamaño de la regeneración natural:

Ct1= < 0.3 m

Ct2= 0.3 – 1.5 m

Ct3= 1.5 – 5 m (DAP<10cm)

Las categorías de tamaño se determinaron en forma similar a la Posición sociológica.

$$RN\% = \frac{A\%RN + F\%RN + CT\%RN}{3}$$

RN%= Regeneración natural relativa.

A%RN= Abundancia relativa de la regeneración natural.

F%RN= Frecuencia relativa de la regeneración natural.

CT%RN= Categoría de tamaño relativa de la regeneración natural.

Índice de valor de importancia ampliado (I.V.I.A.): Este índice resalta el orden de importancia fitosociológico de cada una de las especies que componen el bosque, su valor expresa una síntesis general del comportamiento de las especies a través de la estructura horizontal, vertical y la regeneración natural (Tropembos, 1991).

$$IVIA = IVI + Ps \% + Rn \%$$

Calculo de área basal y volúmenes

Área Basal: Se define como la superficie de una sección transversal del tallo o tronco del individuo a determinada altura del suelo; se expresa en cm^2 o m^2 de material vegetal por unidad de superficie de terreno.

$$AB = \frac{\pi}{4} \times (\text{DAP})^2$$

Volumen: se obtiene a partir del producto de la altura comercia (HC) o altura total (HT), área basal (G) y FM (0.75), donde FM corresponde a un factor mórfico del árbol, que para el caso de bosque natural es igual a 0,75.

Distribuciones por intervalos de clase

De una manera general, una distribución diamétrica, altimétrica, de área basal y volumen es el resultado de agrupar los árboles de un bosque dentro de ciertas categorías de acuerdo con los valores máximos y mínimos de cada parámetro y con el número de individuos; los intervalos de clase o categorías, se establecen de la siguiente manera (Rangel & Velásquez 1997).

$$C = (X_{\max} - X_{\min})/m$$

$$M = 1 + 3.3 (\log n)$$

n: número total de individuos del grupo

M: número de intervalos

Diversidad

La diversidad biológica se refiere a la variedad y abundancia de especies, a su composición genética y a las comunidades, ecosistemas y paisajes en los cuales esta ocurre, igualmente se refiere a las estructuras ecológicas, funciones y procesos en todos estos niveles. La riqueza se define como el número de taxa que tipifican una localidad, región o parcela (Rangel & Velásquez 1997).

La información sobre el número de especies presentes se utilizó para determinar la riqueza de especies, por medio de la aplicación del índice de riqueza de especies de Margalef; y también se estimaron los índices estructurales de diversidad de Shannon-Wiener, el índice de equidad de Simpson y el coeficiente de mezcla (Cm). **Cociente de mezcla:** Mide la intensidad de la mezcla en bosques naturales. Con este fin se divide el número de especies encontradas entre el número total de árboles, obteniéndose una cifra que representa el promedio de individuos de cada especie dentro de la asociación.

$$CM = \left(\frac{Ns}{Na} \right) * 100$$

Ns= Número de especies

Na= Número de árboles

CM = 1, es el mayor valor de este coeficiente, lo que quiere decir que cada individuo nuevo es una especie nueva para el inventario, pero a su vez determina el grado de homogeneidad o heterogeneidad del bosque

Grado de agregación: El grado de agregación es una variable que indica cuantos tienden al agrupamiento los individuos que componen una determinada cobertura, su valor siempre se mueve en tres rangos. La interpretación del grado de agregación se hace teniendo en cuenta que si su

valor es menor a uno la especie se encuentra dispersa en la cobertura. Si, por el contrario se obtienen valores mayores o iguales a dos esto refleja una distribución agrupada, mientras que valores entre uno y dos indican una tendencia al agrupamiento de la especie. Estos parámetros se pueden resumir de la siguiente manera:

- GA ≥ a 1, indica tendencia al agrupamiento.
- GA ≥ a 2, Indica que la especie tiene una distribución agrupada.
- GA< a 1, Indica que la especie se encuentra dispersa.

Índice de diversidad de Shannon y Weaver: Para medir la riqueza o variedad de especies se utilizó el índice de Shannon &Weaver, expresión matemática que relaciona el número de especies con el número de individuos en una comunidad dada. Este índice también asume que todas las especies están representadas en la muestra y es igualmente una medida de la diversidad o riqueza en especies de una población determinada; en este caso, el máximo valor es igual a LN(S), donde S es el número total de individuos. El índice de diversidad de Shannon permite calcular la suma de probabilidades de las especies y la homogeneidad de la distribución para una cantidad de especies.

$$H = \sum (p_i \ln p_i)$$

- p_i** = Abundancia de cada una de las especies (n_i/N).
- n_i**= Número de individuos muestreados para la especie i.
- N** = Número total de individuos muestreados.
- ln** = Logaritmo neperiano.

El índice de Shannon-Weaner permite calcular la suma de probabilidades de las especies y la homogeneidad de la distribución para una cantidad de especies, varía entre 1.5 y 3.5, cuando el valor es máximo indica que todas las especies son igualmente abundantes.

Índice de diversidad de Margalef: Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos $S=k\sqrt{N}$ donde k es constante. Si esto no se mantiene, entonces el índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida. Usando $S-1$, en lugar de S, da DMg = 0 cuando hay una sola especie.

$$DMg = S - 1 / \ln N$$

- S** = número de especies
- N** = número total de individuos

El índice de Margalef es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad de una comunidad con base en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada. Los valores inferiores a 2,0 están relacionados con zonas de baja diversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad.

Índice 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. Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1 - \lambda$

$$\lambda = \Sigma p_i^2$$

p_i = abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

El índice de Simpson se refiere a la probabilidad de que dos individuos de una comunidad tomados al azar, pertenezcan a la misma especie, mide el grado de concentración y varía entre 0 y 1, cuando la diversidad es baja tiende a 1.

Índice de Berger-Parker: Es la relación entre número de individuos más abundante y el número de individuos, un incremento se traduce como la disminución de la equidad y un aumento en la dominancia

$$d = N_{\max}/N$$

N_{max} = Número de individuos en la especie más abundante.

Índice de Similaridad: Hace una proporción del número de especies presentes en dos comunidades con relación al número total de especies que están presentes en ambas

$$IS = \frac{c}{a + b + c} * 100$$

c = n° de especies comunes en las parcelas A y B

a = n° de especies propias de la parcela A

b = n° de especies propias de la parcela B

- ✓ Epífitas vasculares

Dentro del área de estudio se seleccionaron áreas boscosas que todavía presentaran rasgos característicos de los bosques (dominancia de árboles y arbolitos, dosel más o menos continuo, estratificación vertical) con el fin de caracterizar las diferentes coberturas presentes. También se seleccionaron áreas de plantaciones de palma de aceite (*Elaeis guineensis*), para observar como es el comportamiento de la comunidad de epífitas en este tipo de ecosistemas. Una vez elegida el área de muestreo se siguió de forma parcial el protocolo para la caracterización de la comunidad de epífitas vasculares publicado por Gradstein *et al.* (2003).

Este protocolo define que para caracterizar una hectárea de bosque se deben evaluar ocho forofitos (árbol hospedero donde se establece una comunidad de epífitas) que cumplan con las siguientes características: ser árboles del dosel, presentar por lo menos 20 cm de DAP y encontrarse separados por lo menos 25 metros entre ellos. Además es importante que los forofitos pertenezcan a diferentes especies para así de esta manera no dejar de censar alguna especie de epífita que no se establezca bajo ciertas condiciones físicas que presente algún forofito en particular. Es de resaltar que la ubicación del forofito a evaluar es un trabajo dispendioso ya que no todos los árboles de dosel con un DAP mayor a 20 cm que se encuentran en los bosques presentan una alta representatividad de epífitas y debido al alto grado de intervención que presentan algunos bosques, muchas veces es imposible que las ocho especies de forofitos sean diferentes.

Una vez ubicado el forofito, se georreferenció, se marcó con ayuda de pintura asfáltica amarilla y se identificó. Cuando no se pudo realizar la identificación en campo del forofito se colectaron muestras del mismo para su posterior identificación. Siguiendo las recomendaciones de Gradstein *et al.* (2003), se registraron todas las epífitas vasculares presentes en las zonas 1, 2(a y b) y 3 de Johansson (Gradstein *et al.* 2003). Se estimó la cobertura de cada especie, por abundancia relativa (para grupos como las Aráceas y Piperáceas) y por número de individuos (para grupos como las Bromelias y las Orquídeas). Para las zonas 2b y 3 se utilizaron binoculares para la estimación de la cobertura. La toma de datos se llevó a cabo con la ayuda de formatos realizados por el grupo de investigadores en epífitas de SGI.

Se colectaron todas las especies de epífitas que se encontraron fértiles, como también una muestra de los morfotipos de epífitas que durante todo el muestreo no se encontraron con flores o frutos. Para las zonas 2b y 3 se utilizó de la desjarretadera para la colecta de las especies allí presentes.

Siguiendo con lo estipulado en el protocolo, para el muestreo de las epífitas vasculares características del sotobosque (ya que existe diferencia en composición entre las epífitas que se establecen en árboles maduros a las que prefieren el sotobosque) se realizaron parcelas de 20 x 20 m, donde se cuantificó la ausencia/presencia de las epífitas en todos los árboles y arbolitos, desde la parte más basal del tronco hasta los 10 metros.

Además toda epífitácea fértil que fue vista en algún árbol dentro de los bosques estudiados, pero no en los forofitos evaluados, también fue colectada y georreferenciada. Con el fin de que la caracterización de la flora de epífitas fuese lo más completa posible.

El material colectado fue prensado y procesado según las prácticas botánicas tradicionales. Para esta manera poder realizar la identificación de las especies colectadas y proseguir con la incorporación de este material al Herbario Nacional Colombiano. De esta manera incrementar en número y calidad las colecciones de epífitas para el país y en especial para el departamento del Meta.

✓ Epífitas no vasculares

Área de estudio

Se efectuaron muestreos procurando representar la heterogeneidad ecosistémica existente en la zona de influencia del Bloque Cubarral, Campos Castilla y Chichimene. De esta forma se escogieron dos fragmentos de bosque denso alto de tierra firme representativos en superficie y en condición serial. Dos bosques de galería que presentan una superficie representativa. Un bosque denso alto inundable correspondiente a un morichal (comunidad de palmas silvestres en la que el elemento dominante es *Mauritia flexuosa*). Todos los ecosistemas muestreados fueron elegidos atendiendo a la heterogeneidad física (geología, clima y suelos), su superficie y la ubicación de las infraestructuras actuales y proyectadas para la explotación de hidrocarburos.

Muestreo

Para lograr una caracterización rápida y al mismo tiempo representativa de los epífitos (no vasculares y vasculares) se siguió de forma parcial el protocolo propuesto por Gradstein et al. (2003).

En cada uno de los ecosistemas seleccionados se delimitó una parcela de aproximadamente 0,1 Ha., ubicada en el interior de fragmentos de bosque para eliminar o al menos minimizar el efecto de borde. Para el muestreo de briófitos y líquenes en cada parcela se escogieron al azar cinco (5) árboles del dosel superior con DAP >20 cm, de corteza rugosa, de tallo recto y pertenecientes a diferentes especies siempre que fuese posible. Los árboles elegidos están separados entre sí aproximadamente 25 metros de acuerdo a la recomendación de Gradstein et al. (2003).

Los levantamientos de briófitos y líquenes epífitos se realizaron en la zona 1 de Johansson (1974) (base del tallo, 0-2 metros de altura) por medio de plantillas elaboradas con acetatos de 20 cm x 20 cm, ubicadas al azar en cada una de las cuatro direcciones cardinales para un total de cuatro levantamientos en cada árbol seleccionado (Gradstein et al. 2003). La cobertura se estimó en forma porcentual teniendo en cuenta el área de la plantilla que cubren los grupos en mención. Las muestras se extrajeron con la ayuda de una navaja, se guardaron en bolsas de papel rotuladas para luego ser transportadas al laboratorio para su identificación taxonómica. En total se realizaron cinco transectos y 100 levantamientos de 400 cm².

Identificación y montaje del material vegetal

El material vegetal colectado se ha identificado con la ayuda de bibliografía especializada, claves taxonómicas y por comparación con colecciones del herbario COL. Se siguió la nomenclatura disponible en W3 Trópicos del Jardín Botánico de Missouri, esta base de datos provee información actualizada y válida sobre la nomenclatura y además está asociada a archivos de autoridad taxonómica. Los exsicados de las muestras de briófitos y líquenes se dispusieron en sobres etiquetados bajo la numeración de Cortés y se depositarán en el Herbario Nacional Colombiano (COL).

Resultados

Se presentan resultados preliminares correspondientes a la revisión e identificación del material recolectado en dos bosques, uno de galería y un bosque de tierra firme. Se presenta un catálogo comentado de las especies, organizado alfabéticamente por familias, en el que se incluye la forma de vida (briófitos) o hábito (líquenes), categoría de amenaza, en caso de presentarla, de acuerdo a Linares y Uribe (2002), ecosistema en el que se encontró el espécimen. El análisis de la abundancia se presentará cuando se haya revisado e identificado la totalidad de las muestras.

➤ Fauna

✓ Aves

Las aves constituyen el grupo de vertebrados con mayor diversidad a nivel mundial. Se han adaptado de acuerdo a la disponibilidad de hábitats, pues existen algunas especies que pueden establecerse únicamente dentro de cierto tipo de condiciones que resultan adversas para otras. Cumplen un papel fundamental en el desarrollo y composición florística de un territorio, al actuar como dispersoras de semillas favoreciendo la dinámica y la regeneración de la cobertura vegetal (Salaman *et al.* 2001).

Información secundaria

Se realizó consulta y análisis de información secundaria a partir de estudios, informes e investigaciones realizadas en la regiones el piedemonte llanero y bosque de galería en especial para la zona del Meta, se consultó documentación científica relevante (guías de campo, artículos, textos científicos y bibliografía en general de la avifauna de Colombia). Entre los textos de referencia utilizados para la identificación en campo y su posterior análisis, están: Birds of Colombia (McMullan *et al.* 2010), Guía de aves de Colombia (Hilty & Brown 1986), Birds of the Northern of South America (Restall *et al.* 2006), Las aves de los Llanos de la Orinoquia (McNish 2007), y el informe técnico sobre el componente biótico del plan de ordenación y manejo de la cuenca del Río Guayuriba, en el Meta (Álvarez *et al.* 2009) el cual es un cuerpo de agua cercano al AID. Bases de datos como E-bird y la red nacional de observadores de aves (RNOA) también fueron consultadas.

Métodos de colecta y observación

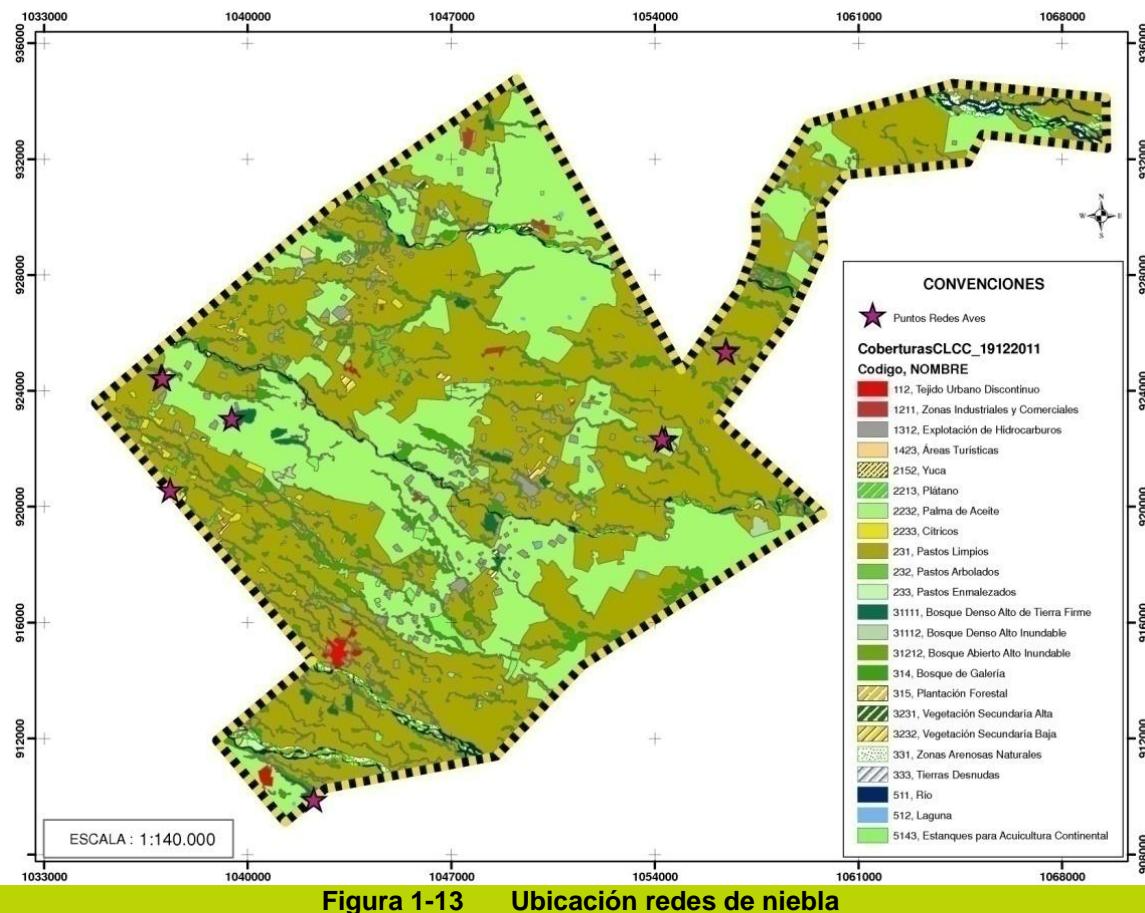
- Redes de Niebla:

La captura de individuos se llevó a cabo con 16 redes de niebla de 12 metros de largo y 2.5 metros de ancho para un total de 192 metros longitudinales por 2.5 metros de alto de redes estas se abrieron en líneas continuas donde las condiciones topográficas y la vegetación lo permitía o distribuidas por la cobertura trabajada con distancias no mayores a 20 m (Ver **Tabla 1-25**). Las redes se abrieron en promedio desde la 5:30 a.m. y se cerraron en promedio a las 12:00 m. y de 2:30 p.m. a 6:00 p.m.; se revisaron a intervalos máximos de 30 minutos. Las aves capturadas fueron identificadas, medidas (culmen total, altura y ancho del pico, tarso y ala plana), pesadas,

fotografiadas y liberadas posteriormente y los estos datos se registraron en un formato de campo. Las redes se ubicaron buscando el límite entre dos tipos de hábitat (Bosque de Galería / Pastos o cultivo de palma, Moriche / Pastos o cultivo de palma y Rastrojo alto / Pastos o cultivo de palma) siempre buscando cercanía a fuentes permanentes de agua (Ver Figura 1-13).

Tabla 1-25 Ubicación puntos de captura con redes de niebla.

DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE
Instalación de redes	1042268,435	909905,131
	1054352,052	922332,561
	1054241,748	922356,162
	1039447,178	923062,902
	1054712,779	922181,161
	1054731,011	922153,305
	1054736,708	922098,016
	1054720,920	922124,879
	1054684,499	922109,597
	1056435,378	925415,432
	1056441,818	925398,793
	1056439,246	925390,918
	1056428,191	925380,549
	1056427,988	925367,091
	1056425,470	925361,240
	1037071,478	924460,839
	1037009,014	924467,283
	1037322,636	920591,202
	1037021,943	924462,147
	1037031,183	924464,395
	1037034,803	924465,679
	1037040,124	924462,198
	1037055,441	924460,744


Figura 1-13 Ubicación redes de niebla

- Censos desde puntos de conteo extensivo y recorridos:

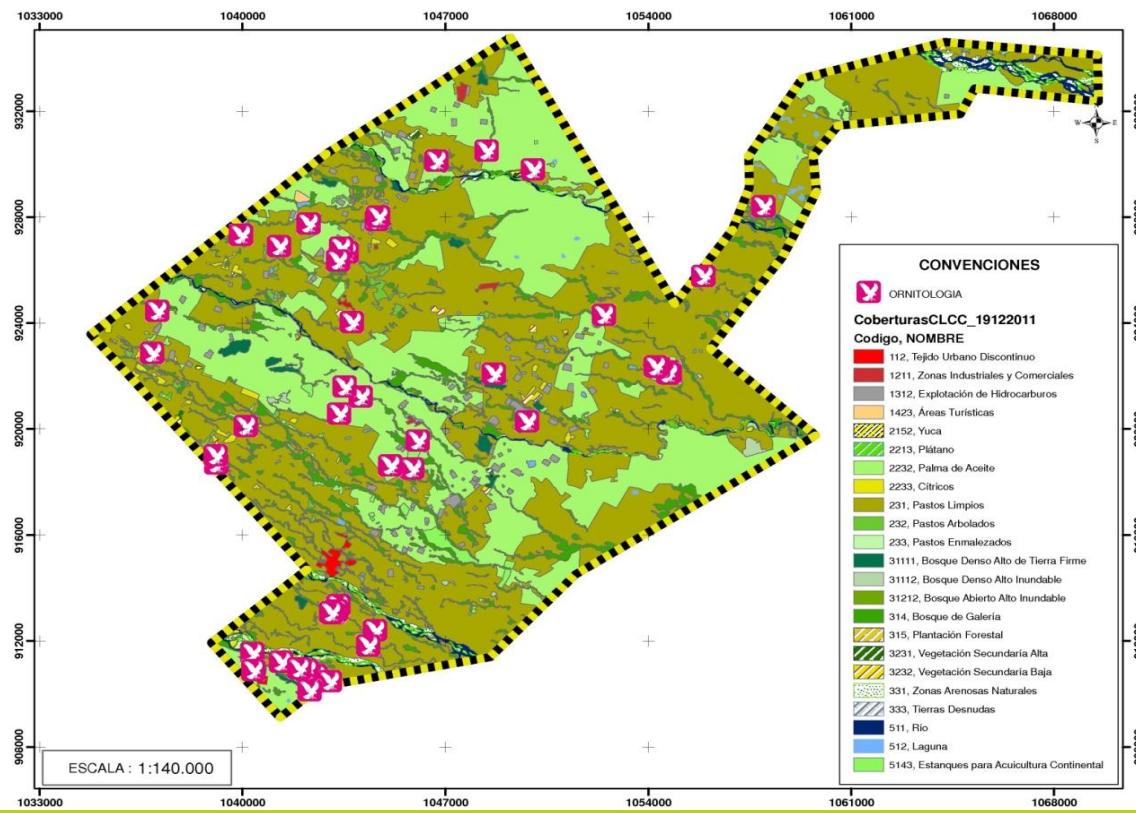
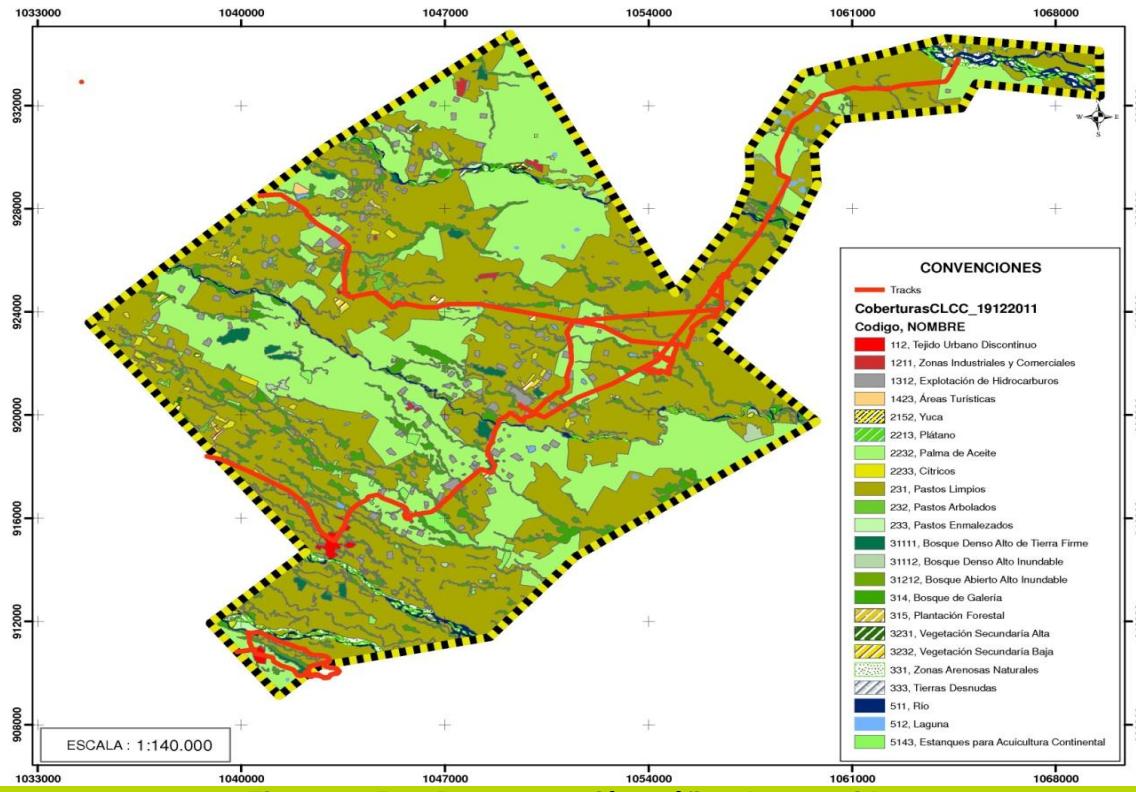
Se realizaron recorridos (Ver **Figura 1-15**) y estimaciones visuales por medio de la selección de puntos de conteo extensivos donde se cubrieron los hábitats principales: Bosque de Galería, Moriche y Rastrojo Alto y estrategias de desarrollo del PMA Bloque Cubarral – campos Castilla y Chichimene, los puntos de conteo se ubicaron cada 250 m (ver **Tabla 1-26** y **Figura 1-14**). Durante los censos desde puntos fijos se tomaron datos relacionados con especie, tipo de hábitat y estrato de ubicación del individuo los cuales se registraron en formatos de campo.

Tabla 1-26 Ubicación de puntos de conteo extensivos

DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE
Instalación de redes	1037079,253	924487,216
	1040182,043	910866,408
	1041582,825	910203,514
	1043242,811	926973,322
	1054669,891	922207,676
	1054681,004	922198,173
	1056733,280	925390,400
	1064584,559	933570,537
	1049371,998	923783,969

DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE
	1048112,017	924313,223
	1050788,064	919932,019
	1051590,071	923229,045
	1050685,387	920228,325
	1043595,313	921759,765
	1042275,440	927762,266
	1042275,440	927762,321
	1045845,702	918514,475
	1045845,680	918514,475
	1043760,971	924038,263
	1043760,960	924038,274
	1046044,959	919574,281
	1043587,507	926675,952
	1040111,229	920121,714
	1046044,981	919574,281
	1043587,463	926675,907
	1040111,274	920121,714
	1043322,224	920593,773
	1043322,180	920593,773
	1042516,396	910699,072
	1042516,352	910699,105
	1041333,246	911219,617
	1041333,235	911219,650
	1040369,440	910905,035
	1044571,481	912409,144
	1044571,436	912409,188
	1037051,085	924465,232
	1042999,035	910488,020
	1042999,090	910487,998
	1052469,415	924308,086
	1052469,448	924308,052
	1039946,372	927334,905
	1039946,361	927334,883
	1044337,039	911831,024
	1044336,994	911831,068
	1055896,044	925789,023
	1055896,055	925788,990
	1043178,024	913121,526
	1044629,380	927893,482
	1046696,503	930134,264
	1046696,558	930134,230

DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE
	1039087,670	918707,102
	1039062,919	919014,298
	1043391,056	926852,957
	1050014,462	929813,016
	1049810,998	920290,803
	1044629,413	927893,471
	1049811,009	920290,780
	1036874,508	922883,374
	1048414,092	930515,854
	1057972,104	928423,037
	1057972,093	928423,048
	1048666,309	922094,835
	1048666,276	922094,780
	1045089,979	918637,676
	1045090,001	918637,631
	1041250,381	926905,767
	1041250,403	926905,734
	1044072,053	921229,072
	1043514,393	921607,865
	1043292,664	926359,670
	1043295,735	913363,333
	1040327,658	911553,168
	1044674,564	928020,342
	1043218,539	913160,138
	1042308,812	910137,459
	1043115,900	913043,981
	1042202,418	910898,047
	1041960,509	910973,458
	1043065,031	913082,020
	1043051,082	913077,723
	1040369,418	910905,079
	1037051,052	924465,199
	1036874,530	922883,374


Figura 1-14 Ubicación de puntos de conteo extensivos

Figura 1-15 Representación gráfica de recorridos

Cronología y esfuerzo de muestreo

En la **Tabla 1-27** se muestra la intensidad del muestreo para la avifauna, la metodología, el esfuerzo de captura y el número de especies registradas en el área de influencia del PMA Bloque Cubarral – campos Castilla y Chichimene.

Tabla 1-27 Esfuerzo de muestreo

Aves	Registro Visual	3 hora/diaria	42 horas/hombre	164
	Recorridos	8 horas/diarias	56 horas/hombre	
	10 Redes de niebla	11 horas/diarias	66 horas/red	

Índices

Para el cálculo de los índices de diversidad se utilizó el programa Biodiversity Pro y teniendo en cuenta las necesidades del proyecto se analizaron los datos obtenidos en cada punto de muestreo que corresponden ecosistemas estratégicos y once estrategias de desarrollo (ASA, Línea de vertimiento Pozo de Reinyección, Acopio Chichimene, San Fernando, Pozos inyectores de Agua, Área de vuelta, Castilla 2 y Castilla 3). Los índices aplicados fueron: Para diversidad alfa Shannon, Simpson y Margalef y para diversidad Beta Chao 2 y de Similaridad Bray Curtis, adicionalmente se presenta una curva de acumulación de especies.

- ✓ Herpetofauna

Recopilación de información secundaria

Se registraron e identificaron las especies de reptiles y anfibios potencialmente presentes dentro del Área de Influencia Indirecta (AI), la cual fue establecida con anterioridad para el presente PMA, teniendo en cuenta datos zoogeográficos de las especies como, la distribución regional y altitudinal para lo cual en este estudio se determinó un rango de 0 msnm a 1000 msnm.

Para el desarrollo de la búsqueda de la información secundaria se tuvo en cuenta los estudios y trabajos realizados anteriormente en la zona de proyecto, a nivel Nacional como: Listado Nacional de Anfibios de Colombia (Acosta 2000), A nivel regional en la Orinoquia los estudios: Biodiversidad de la cuenca del Orinoco (Carlos A et al. 2010); Biodiversidad del departamento del Casanare (Usma Oviedo & Trujillo Gonzales 2011); Establecimiento de la composición biológica y estructura ecológica de la Laguna que conforma el humedal “Laguna de Tinije” (Gobernación del Casanare-2009); Anuros del Piedemonte llanero (Juan Pablo Rozo Cerón 2007); Base de datos de colecciones en línea y directamente en la colección de referencia de Anfibios y Reptiles del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional; A nivel local: La Fauna Anfibia de la región de Villavicencio (Lynch-2006), estudios previos aledaños a la zona de proyecto “AMPLIACIÓN AL ALCANCE DE LA SOLICITUD DE MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL OLEODUCTO CASTILLA – APIAY II”, Fuente Ecopetrol; “ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA LLANOS 37”, Fuente Ecopetrol; ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA LLANOS 37.

La actualización taxonómica y nomenclatural de las especies registradas se realizó según (Frost et al 2006) para Anfibios, y para Reptiles se siguió la propuesta de distribución de (Hernández Sánchez et, al 1998) y para nomenclatura y actualización taxonómica (Zug et al 2001). Se tomaron como referencia bases de datos en línea como: Evaluación Global de Anfibios (www.globalamphibians.org), Anfibia Web (www.amphibiaweb.org), (<http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/>) Unión Mundial para la conservación de la Naturaleza (www.iucn.org), Base de datos de Reptiles EMBL (www.reptile-database.org) y Catálogo anual de especies de fauna silvestre (www.catalogueoflife.org/search.php).

Cada una de las especies de Anfibios y Reptiles registradas dentro del área de influencia del estudio realizado, contiene información adicional de relevancia ecológica (Tabla 3-1 y 3-2 del capítulos 3 Medio Biótico, Fauna – Herpetofauna), como: Clasificación taxonómica a nivel de especie, toponomía vernacular, distribución altitudinal, cobertura vegetal, hábitos de vida, periodo de actividad y nicho trófico, grado de amenaza a nivel global y nacional y riesgo de tráfico internacional de especies CITES. Previo a la recopilación de información secundaria se llevó a cabo una revisión detallada y característica sobre el área de estudio.

Definición de protocolos y sitios de monitoreo

Se definieron previamente los 10 lugares y sitios de muestreo y búsqueda de especies metodología (VES) tanto de reptiles como de anfibios teniendo en cuenta la dinámica espacio-temporal de estos organismos e identificando las áreas de interés para llevar a cabo los inventarios, siguiendo la metodología pre-establecida y cumpliendo con las exigencias metodológicas para el presente estudio.

Metodología utilizada:

Visual Encounter Survey (VES; Inspección por Encuentro Visual Crump & Scott, 1994; Angulo *et al.*, 2006). Tanto para anfibios como reptiles se llevaron a cabo los registros en el área de estudio teniendo en cuenta esta metodología, la cual está estandarizada y es mucho más efectiva para el muestreo de los dos grupos de organismos, principalmente la metodología consistió en realizar recorridos por un área en busca de individuos que se encontraron asociados a la vegetación (**Fotografía 1-7**), cuerpos de agua (**Fotografía 1-8**), borde de las charcas (**Fotografía 1-9**), lagunas (**Fotografía 1-10**), playas y riveras de ríos (**Fotografía 1-11**), caminos y trochas (**Fotografía 1-12**) o bajo piedras y troncos (**Fotografía 1-13** y **Fotografía 1-14**) y por un tiempo restringido (Heyer, 1994).

Los muestreos VES se desarrollaron durante diferentes horas en la mañana, la tarde y la noche. Esta técnica, por sus especificaciones pretende abarcar la mayor cantidad de micro hábitats disponibles tanto para anfibios, como para reptiles dentro de cada sitio y cobertura vegetal evaluada, llevando a cabo un esfuerzo de ocho horas diarias/hombre. Dado que la técnica VES permite la realización de recorridos aleatorios para representar la heterogeneidad de la cobertura, no fue requerida la aleatorización espacial, aun así, cada vez que se realizó una búsqueda por encuentro visual se aleatorizó su lugar de partida al no llevarse a cabo en un mismo lugar.



Fotografía 1-7 Muestreo herpetofauna
hábitats con vegetación



Fotografía 1-8 Muestreo herpetofauna
(curso de agua aledaño a finca La
Reforma)



Fotografía 1-9 Muestreo herpetofauna cuerpos de agua charcas



Fotografía 1-10 Muestreo herpetofauna cuerpos de agua (laguna San Cayetano)



Fotografía 1-11 Muestreo herpetofauna cuerpos de agua (Río Acacias)



Fotografía 1-12 Muestreo herpetofauna trochas y caminos



Fotografía 1-13 Muestreo herpetofauna (revisión bajo troncos y piedras)



Fotografía 1-14 Muestreo herpetofauna (revisión bajo troncos y piedras)

Las ventajas del empleo de la técnica de inspección por encuentro visual consisten en que tanto las especies como los individuos de cada especie, tanto de anfibios como reptiles, tienen la misma probabilidad de ser observados durante la inspección ya que es aleatoria y dinámica. Sin embargo, las principales restricciones obedecen a que no todos los hábitats y micro hábitats dentro de una unidad pueden ser muestreados con igual éxito y que las abundancias relativas solo pueden ser comparadas entre sitios equivalentes.

Los muestreos se llevaron a cabo en tres intervalos de tiempo al día, el primero a las 9:00 am con el fin de observar y registrar especies con hábitos matutinos, en su mayoría anfibios del orden

anura y reptiles al final del intervalo, el segundo intervalo de muestreo se realizó de 11:00 am a 2:00 pm para muestrear especies de reptiles y anfibios con actividad diurna dentro del bosque y en áreas abiertas, un tercer intervalo se llevó a cabo 3:00 pm a 6:00 pm con el fin de muestrear reptiles con actividad crepuscular y anfibios con actividad temprana nocturna. Un último y cuarto intervalo se llevó a cabo de 7:00 pm a 10:00 pm con el propósito de registrar reptiles y especialmente anfibios de actividad nocturna que en su mayoría fueron rastreados por su canto y actividad reproductiva. Para el muestreo de estadios larvales en cuerpos de agua, se utilizaron la técnica de barrido con nasas, en cuerpos de agua como charcos estacionales, pequeñas quebradas o acumulaciones de masas de agua dentro del bosque y también en áreas abiertas como potreros y áreas de pastizales o áreas ganaderas. Para manipulación y muestreo de ofidios venenosos encontrados en el área de muestreo se utilizaron pinzas Herpetológicas (Ver **Fotografía 1-14**).

Encuestas de fauna. Se determinó la presencia de especies de anfibios y reptiles dentro del área de influencia de proyecto, mediante encuestas dirigidas a las personas que habitan la región, estas encuestas fueron previamente estructuradas tomando en cuenta aspectos tales como: Proyecto, Responsable, Localización y descripción del área de proyecto, datos del encuestado, descripción del animal (Nombre vulgar), tipo de ecosistema donde ha sido avistado, usos y aprovechamiento como: alimento, mascota, tradición y otras.



**Fotografía 1-15 Muestreo herpetofauna
(encuestas sobre presencia de fauna hacia
la comunidad - Finca La Reforma)**

Curva de acumulación de especies. Para medir y cuantificar el esfuerzo de muestreo se relacionaron los datos y las frecuencias de encuentro de las diferentes especies con respecto al tiempo, los resultados de este análisis fueron obtenidos con el programa EstimateS (Colwell 2000) de esta manera se estandariza las estimas de riqueza obtenidas y se podrá comparar con otros trabajos, en donde generalmente la frecuencia de encontrar una especie nueva para el muestreo o no avistada previamente decrece con el tiempo). Es por esto que una evaluación exhaustiva de las curvas de acumulación no solo sirve para una caracterización previa de la comunidad en estudio, sino para la formulación de los planes de manejo y monitoreo de aquellas especies que pueden aparecer al final del muestreo y pueden ser consideradas como raras.

Especies endémicas y amenazadas. Para realizar una completa revisión sobre las especies de anfibios y reptiles que tienen algún grado de amenaza o restricción en el “PLAN DE MANEJO AMBIENTAL BLOQUE CUBARRAL CAMPOS CASTILLA Y CHICHIMENE”, y basados un listado de especies potencialmente presentes en el área de proyecto se tomaron en cuenta los siguientes documentos: Resolución 0383 del 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MADVT), Libro Rojo de los Anfibios de Colombia (Rueda-Almoacid *et al.*), Libro rojo de los Reptiles de Colombia (Castaño, 2002; Rueda *et al.* 2007) y UICN RED LIST

<http://www.iucnredlist.org/>. Para determinar las especies de interés comercial se revisó la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre para Colombia CITES, <http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml>.

Toma de datos, preparación y preservación de ejemplares capturados.

Se tuvo en cuenta los protocolos y parámetros estandarizados mediante según los lineamientos de “Técnicas de Inventario y Monitoreo para los Anfibios de la Región Tropical Andina” (Ariadne Angulo *et al.*, 2006).

- Toma de datos e información de campo

Se relacionaron y tomaron los datos de relevancia de cada individuo colectado en campo. Se registran datos tales como: Grupo faunístico, Responsable, localidad de muestreo, fecha, hora, georreferenciación, clasificación taxonómica de la especie, sexo (si se puede determinar), datos ecológicos del individuo, tipo de registro (Visual, fotográfico, auditivo o rastros huellas e indicios como larvas, posturas, restos etc). La información fotográfica, fue tomada con ayuda en un equipo fotográfico Nikon D 5100 con un lente 18-55 mm y filtros de acercamiento (+1+2+3) para fotografía macro, este método fotográfico se utilizó para los individuos avistados, pero debemos tener en cuenta que únicamente la confirmación taxonómica de las especies se lleva a cabo a partir de los organismos físicos ya sea por su examinación en campo o en el laboratorio.

- Preparación y preservación de ejemplares

Teniendo en cuenta los métodos estándar para sacrificio de anfibios y reptiles se aplicaron los procedimientos técnicos más apropiados y que ocasionan menor sufrimiento los ejemplares. Este procedimiento de sacrificio debe permitir que los ejemplares queden totalmente relajados y flácidos para que puedan ser acomodados de la manera más indicada, y que permita la realización de estudios posteriores (Duellman 1962, McDiarmind 1994b). Para el sacrificio de anfibios adultos se sumergió el individuo en una solución de clorobutanol hidratado, también conocido como cloretón, cloretona, clorotone y cloreto. En el caso de los reptiles se sacrificaron con una inyección de lidocaína directamente al corazón. En cuanto a la preparación y fijación de los ejemplares con el fin de prevenir la descomposición y degradación de los tejidos, producida por autolisis (Simmons y Muñoz-Saba 2005) se adoptó el siguiente método dividido en dos pasos:

1) Fijación. Ya habiendo llevado a cabo el proceso de sacrificio mencionado anteriormente, utilizamos el fijador más común para anfibios y reptiles, que es una solución de formalina 10% (Una parte de formol se diluye en nueve partes para hacer una solución al 10%). Esta solución es estándar para la fijación de ejemplares en el campo y el laboratorio (McDiarmind 1994, Simmons& Muñoz-Saba 2005), para ejemplares de anfibios y reptiles de gran tamaño se inyectó el fijador en la cavidad del cuerpo, por la cloaca y en las extremidades. Posteriormente se colocaron los ejemplares en un recipiente plástico con tapa hermética (cámara de fijado), cada espécimen se posicionó dentro del recipiente de tal manera que se facilitaron las mediciones y examen de características distintivas posteriormente en el laboratorio.

2) Preservación. Despues del proceso de fijado, se sumergieron totalmente los ejemplares en un recipiente hermético con alcohol etílico al 70% no medicinal o industrial, para posteriormente ser llevados al laboratorio y depositados en la colección científica correspondiente.

Áreas y recorridos y puntos de observación

Los muestreos y recorridos para el avistamiento y obtención de información primaria sobre la presencia de anfibios y reptiles dentro del área de influencia del proyecto “Estudio de Impacto Ambiental “PLAN DE MANEJO AMBIENTAL BLOQUE CUBARRAL CAMPOS CASTILLA Y CHICHIMENE” se realizó en varias localidades y veredas, tomando en cuenta todos los tipos de

ecosistemas y coberturas vegetales presentes, se realizaron inspecciones representativas procurando abarcar la mayor área posible, de acuerdo al tiempo de trabajo en campo disponible, estos lugares y áreas de muestreo fueron georreferenciados y se relacionan en la **Tabla 1-28**.

Tabla 1-28 Ubicación y georreferenciación de los puntos de muestreo herpetofauna

PUNTO (VES)	COORDENADAS GEOGRÁFICAS WGS 84		DESCRIPCIÓN	LONGITUD (Km)	REGISTRO FOTOGRÁFICO
	Longitud (W)	Latitud (N)			
1	7344,556	354,491	Área abierta llanura, con predominancia de pastos ganaderos y pastos arbolados, muy intervenida y con pequeños parches de vegetación arbustiva y secundaria	2,2	
	7344,654	354,808			
2	7335,039	353,486	Área de bosque de galería, aledaña al Caño San Luis, dentro del área del ASAT, con vegetación secundaria predominante y acumulación de agua sobre el suelo durante la época de muestreo.	1,8	
	7335,436	353,685			

PUNTO (VES)	COORDENADAS GEOGRÁFICAS WGS 84		DESCRIPCIÓN	LONGITUD (Km)	REGISTRO FOTOGRÁFICO
	Longitud (W)	Latitud (N)			
3	7342,034	346,926	Área de Bosque de galería, con vegetación de porte alto, y presencia de nacimiento de agua, altillanura con orografía mixta y conformaciones rocosas, hay presencia de cultivos de palma y plátano en el área circundante. Finca La Reforma.	2,0	
	7342,872	347,416			
4	7337,245	352,470	Área abierta con relictos de bosque secundario muy intervenido con mayor presencia y predominancia en las áreas abiertas de pastos ganaderos (<i>Brachiariahumidicola</i>)	1,2	
	7337,613	352,408			

PUNTO (VES)	COORDENADAS GEOGRÁFICAS WGS 84		DESCRIPCIÓN	LONGITUD (Km)	REGISTRO FOTOGRÁFICO
	Longitud (W)	Latitud (N)			
5	73 34,287	355,010	Morichal, con acumulación abundante de agua sobre la superficie del suelo durante el muestreo, vegetación secundaria de porte alto y bajo +0- de 10 a 20 metros de altura.	2,1	
	73 34,477	355,213			
6	73 34,000	355,271	Área abierta con bosque de galería y pastos arbolados, muy intervenida y con presencia de infraestructura energética	1,2	
	73 33,858	355,581			

PUNTO (VES)	COORDENADAS GEOGRÁFICAS WGS 84		DESCRIPCIÓN	LONGITUD (Km)	REGISTRO FOTOGRÁFICO
	Longitud (W)	Latitud (N)			
7	73 29,768	359,713	Área aledaña al Río Acacias, con mayor predominancia de cultivos de palma de aceite, esta zona está en un nivel de intervención muy alta.	1	
	73 29,807	359,459			
8	73 41,634	355,979	Área con relictos de bosque secundario y predominancia de pastos agrícolas y ganaderos.	1,9	
	73 41,080	355,688			

PUNTO (VES)	COORDENADAS GEOGRÁFICAS WGS 84		DESCRIPCIÓN	LONGITUD (Km)	REGISTRO FOTOGRÁFICO
	Longitud (W)	Latitud (N)			
9	7339,086	353,005	Área mixta entre pastos arbolados en donde predomina la palma de moriche sobre los pastos, y presencia de algunos relictos de bosque de galería muy aislados unos de otros.	0,3	
	7339,153	352,989			
10	7340,595	353,233	Área abierta con presencia de pequeños humedales cercanos a infraestructura petrolera muy pobemente conservados, predominancia de algunos relictos de bosque secundario, vegetación herbácea y mixtura de pastos de producción.	0.7	
	7340,819	353,065			

✓ Mamíferos

Los principales listados tenidos en cuenta para la composición de la fauna de mamíferos del área de estudio fueron los trabajos de Alberico *et al* (2000), Navarro & Muñoz (2000), Muñoz (1995), Defler (2003) y Morales *et al* (2004). Adicionalmente se tuvo en cuenta la información suministrada para hábitats y características de las especies dado por Emmons (1990), Tirira (2006), Wilson & Reeder (2005), una fuente general de verificación fue la comparación de esta información encontrada en los listados y publicaciones especializadas y con la base de datos de la colección de mamíferos del Instituto Alexander von Humboldt, con ejemplares colectados en el área de estudio en investigaciones anteriores (PMA Línea de Vertimiento, PMA Estación Castilla 3). La disposición taxonómica, de los órdenes, familias y especies sigue al Wilson & Reeder (2005), Las categorías de amenazas nacionales fueron tenidas en cuenta del Libro Rojo de los Mamíferos de Colombia (Rodríguez-M 2006), para el estado de amenaza de las especies a nivel internacional, fue tenido en cuenta el reporte en línea de la UICN (2009), así como las categorías de la CITES (IAvH 2001). Del listado de especies potencialmente presentes en el área, se escogieron las que se manifiestan dentro del rango altitudinal del proyecto.

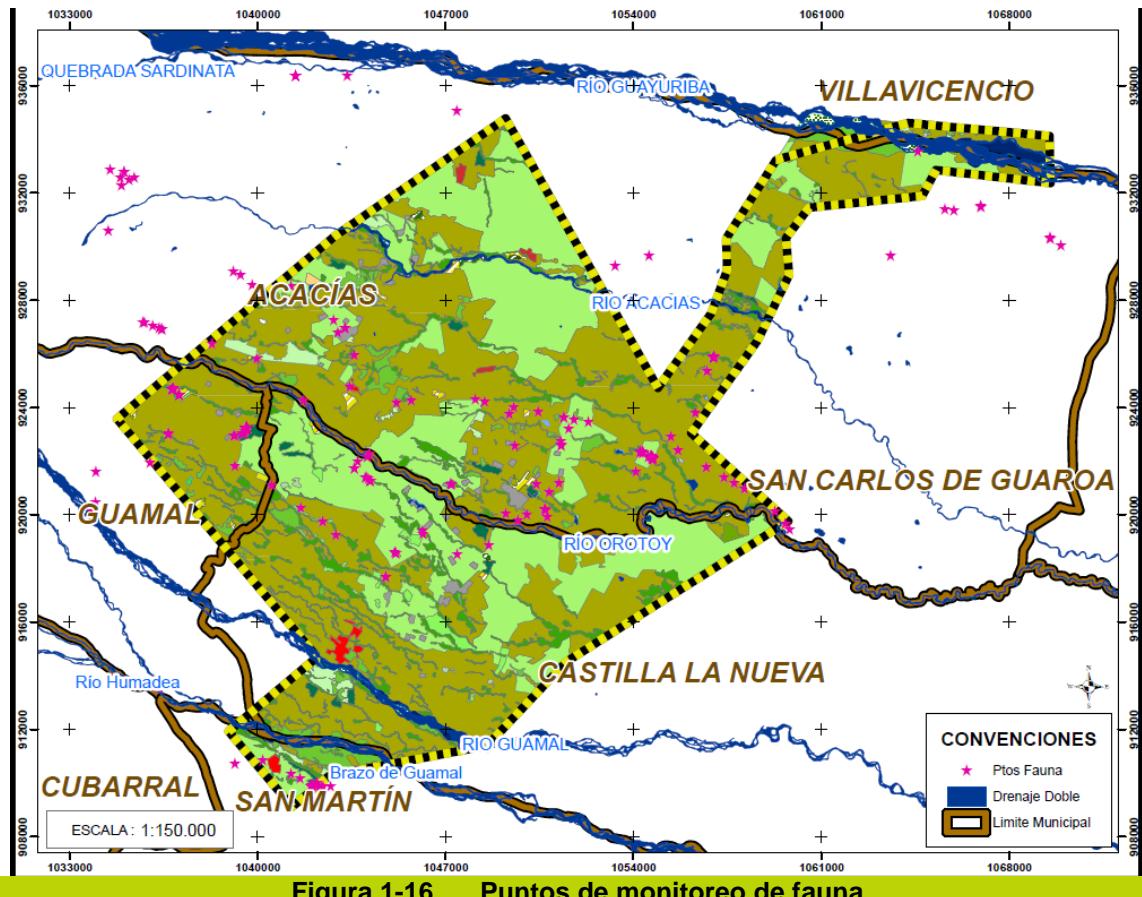
Para desarrollar los muestreos de los diferentes grupos de mamíferos, se establecieron estaciones de muestreo, en donde fueron colocados los diferentes métodos de captura, adicionalmente se realizaron transectos de observación y búsqueda de indicios de la presencia de este grupo de animales (Ver **Tabla 1-29**).

Tabla 1-29 Coordenadas sitios de muestreo de mamíferos

DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE
Instalación de redes- trampas- cámara de fototrampeo	1039475,389	923059,817
	1041968,632	909893,831
	1042268,435	909905,131
	1054653,451	922211,427
	1054721,586	922126,317
	1054361,384	922328,696
	1054087,443	921638,497
	1039447,178	923062,902
Áreas de Búsqueda de mamíferos	1037079,253	924487,216
	1037078,590	924478,922
	1041717,267	924265,137
	1047193,992	921151,643
	1033829,880	920155,740
	1036292,571	913553,861
	1039145,720	910739,034
	1040182,043	910866,408
	1042829,754	927256,110
	1043242,811	926973,322
	1056733,280	925390,400
	1056984,191	925910,519
	1056317,177	923824,280
	1041415,258	936408,006
	1043334,434	936378,824

DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE
	1047415,097	935076,319
	1064584,559	933570,537
	1049371,998	923783,969
	1048112,017	924313,223
	1050788,064	919932,019
	1051590,071	923229,045
	1050685,387	920228,325
	1043596,422	921762,751
	1043595,313	921759,765
	1035730,788	927200,574
	1034920,117	932292,310

Las áreas de muestreo seleccionadas para los muestreos de la mastofauna (Ver **Figura 1-16**) fueron aquellas de coberturas vegetales más representativas como por ejemplo los bosques de Galería, en donde por la mayor oferta alimenticia y mayor posibilidad de existencia de refugios adecuados para los mamíferos, se potencializa la presencia de muchos grupos de animales especialmente los mamíferos, que encuentran en este ecosistema condiciones ecológicas propicias para su subsistencia, tales como sitios convenientes para la construcción de madrigueras, refugios, y una adecuada oferta alimenticia entre otros.



Adicionalmente fueron realizados recorridos extensos de más de dos kilómetros por otras unidades de cobertura vegetal existentes en el Bloque Cubarral, para lograr el registro indirecto de la presencia de los mamíferos (Ver **Figura 1-17**), lo que permitió una caracterización más adecuada de la diversidad de la mastofauna.

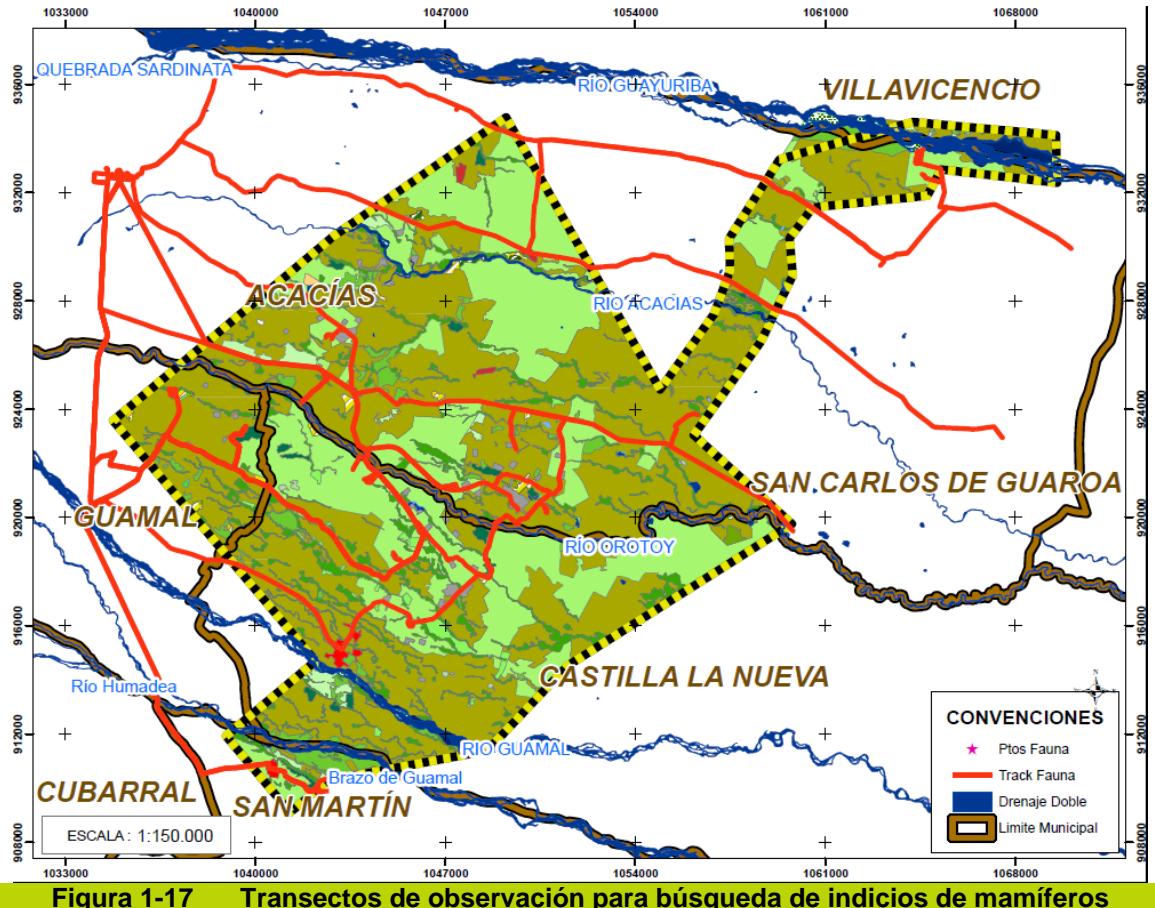


Figura 1-17 Transectos de observación para búsqueda de indicios de mamíferos

Teniendo en cuenta que la distribución de la mastofauna y fauna en general es de carácter regional mas no puntual, con muy pocas excepciones, se escogieron lugares apropiados para la ubicación e instalación de los métodos de captura (Trampas y Redes) los cuales fueron establecidos en las áreas boscosas debido a que en ellas se encuentra refugiada la mayoría de las especies de mamíferos existentes en el área del Bloque Cubarral por las condiciones antes mencionadas, permitiendo una mejor aproximación a la caracterización de su biodiversidad, objetivo principal del presente proyecto.

Para la clasificación del grado de vulnerabilidad se tuvo en cuenta la Lista Roja de la UICN, CITES, Resolución N0383 de 2010 del MAVDT y Libros Rojos de Colombia del MAVDT.

Con referencia a las categorías de nivel trófico y hábitos de vida se tuvieron en cuenta las de Eisemberg, 1981, para distribución altitudinal a Alberico *et al*, 2000 en lo que respecta a mamíferos, adicionalmente para los murciélagos se tuvo en cuenta a Muños 2001 (Los Murciélagos de Colombia) La determinación de las huellas encontradas se realizó por comparación con el Manual de Huellas de Algunos Mamíferos Colombianos (Navarro 2000).

Las categorías de nivel trófico consideradas para el presente estudio se presentan en la **Tabla 1-30**.

Tabla 1-30 Categorías de nivel trófico utilizados

CONVENCIÓN	DIETA
Fr	Frugívoro
Hb	Herbívoro
Ca	Carnívoro
In	Insectívoro
Po	Polinívoro
Ne	Nectarívoro
Ga	Granívoro
Om	Omnívoro
Hm	Hematófago
Ps	Piscívoro
Cr	Carroñero

Las categorías de hábitos de vida se presentan en la **Tabla 1-31**.

Tabla 1-31 Categorías de hábitos de vida

CONVENCIÓN	HÁBITO DE VIDA
A	Arborícola
Sa	Semiarborícola
T	Terrestre
Sm	Semiacuático
Sf	Semifosorial
Fs	Fosorial
Vo	Volador
Aq	Acuático

El análisis numérico de los datos obtenidos en campo incluyó el cálculo de los índices ecológicos relativos Riqueza de Margalef, Dominancia Berger-Parker, Diversidad de Shannon-Weiner, Diversidad H' máxima y Uniformidad (Ver **Tabla 1-32**).

Tabla 1-32 Índices ecológicos calculados

ÍNDICE	FORMULA	VARIABLES
Riqueza de Margalef	$D_{mg} = (S - 1)/\ln N$	D_{mg} = índice de riqueza. S = número de especies. N = número de individuos.
Dominancia Berger – Parker	$D = N_{max}/N$	c = Dominancia N_{max} = número de individuos en la especie más abundante. N = número de individuos totales.
Diversidad de Shannon-Weiner	$H' = -\sum(n_i/N) * \ln(n_i/N)$	H' = Diversidad. n_i = número de individuos por especie. N = número de individuos totales.
Diversidad H' máxima	$H_s = \ln S$	H_s = Diversidad H' máxima. S = Número de especies.
Uniformidad	$E = H'/\ln S$	E = Uniformidad. H' = Diversidad. S = Número de especies.

Fuente: Magurran, 2004; Kreps, 1978; Odum, 1972.

Fase de campo

- Pequeños mamíferos:

Para la captura y registro de los pequeños mamíferos, entre los que están incluidos los ratones y marsupiales, se instalaron 50 trampas Sherman de 32 cm de largo (Ver **Fotografía 1-16** y **Fotografía 1-17**), las cuales fueron dispuestas, al interior de las áreas boscosas escogidas para realizar los muestreos. Se escogieron los senderos observados en los bosques visitados, por donde probablemente transitan estos grupos de animales en sus desplazamientos nocturnos, las trampas fueron dispuestas cada 25 metros a lo largo de estos senderos algunas trampas fueron dispuestas a alturas diferentes para favorecer la captura de otros órdenes de mamíferos tales como los marsupiales (Didelphimorphia), insectívoros (Insectívora) y cenolestidos (Paucituberculata) que tienen hábitos además de terrestres, arborícolas.

La activación de las trampas Sherman se hizo mediante la utilización de cebos a base de hojuelas de avena, mantequilla de maní y diferentes esencias que incrementaron el olor de los cebos, potencializando su efecto. Con el fin de aumentar la eficiencia de los cebos usados y diversificar los grupos de mamíferos atraídos, fueron utilizadas algunas variaciones en estos, adicionando cuchucho de maíz y cuchucho de trigo, para potencializar su efecto.

Las trampas Sherman permanecieron activas durante todo el día, fueron revisadas diariamente y recibidas en las horas de la tarde. En cada unidad de cobertura seleccionada para el muestreo, fueron ubicadas durante tres días (Ver **Tabla 1-33**).


Fotografía 1-16 Trampa Sherman

Fotografía 1-17 Trampa Sherman

Las trampas Sherman fueron ubicadas en áreas diferentes, durante tres días en cada unidad de cobertura seleccionada obteniéndose el siguiente esfuerzo de muestreo (Ver **Tabla 1-33**).

Tabla 1-33 Esfuerzo de muestreo obtenido con trampas Sherman

MÉTODO DE TRAMPEO	NUMERO DE TRAMPAS	NÚMERO DE HORAS
Trampas Sherman de 32 cm de longitud (Sitio 1)	50	3 días
Trampas Sherman de 32 cm de longitud (Sitio 2)	50	3 días
Trampas Sherman de 32 cm de longitud (Sitio 3)	50	3 días

- Mamíferos medianos y grandes:

La caracterización de este grupo de mamíferos, en el que se pueden incluir desde roedores de mayor tamaño (Cuniculidae), Marsupiales (Didelphidae), Sainos (Tayassuidae) se realizó mediante la utilización de las trampas Tomahawk, colocadas en las mismas unidades de cobertura en donde

se ubicaron las trampas Sherman y activadas con el uso de Cebos como sardinas, carne cruda y maíz, lo que potencializó la captura de diferentes familias de mamíferos de mayor tamaño. Igualmente mediante la búsqueda de indicios que permitieran verificar la presencia de estos animales, tales como pelos, madrigueras y huellas.

Fueron usadas 10 trampas Tomahawk de 82 centímetros de longitud (Ver **Fotografía 1-18** y **Fotografía 1-19**) las cuales fueron revisadas en horas de la mañana y recebadas en horas de la tarde.



Fotografía 1-18 Trampas Tomahawk



Fotografía 1-19 Trampas Tomahawk

Tabla 1-34 Esfuerzo de muestreo obtenido trampas Tomahawk

MÉTODO DE TRAMPEO	NUMERO DE TRAMPAS	NÚMERO DE HORAS
Trampas Tomahawk de 82 cm de longitud (Sitio 1)	10	3 días
Trampas Sherman de 82 cm de longitud (Sitio 2)	10	3 días
Trampas Sherman de 832 cm de longitud (Sitio 3)	10	3 días

- Recorridos para la búsqueda de indicios (huellas, pelos, madrigueras)

Fueron realizados 10 recorridos de búsqueda de indicios, a los largo del Bloque Cubarral (Ver **Tabla 1-35**), en los cuales se estableció la presencia de huellas (Ver **Fotografía 1-20**) o rastros de animales (Ver **Fotografía 1-21, Tabla 1-35**), la identificación de estos indicios se realizó basados en la experiencia del Biólogo especialista, por comparación con el Manual de Huellas de Algunos Mamíferos Colombianos (Navarro *et al* 2000) y con el apoyo de los auxiliares de campo, conocedores de la fauna silvestre existente en la zona.



Fotografía 1-20 Huellas de mamíferos



Fotografía 1-21 Indicios de la presencia de mamíferos

Tabla 1-35 Recorridos para búsqueda de indicios y huellas de mamíferos Bloque Cubarral

MÉTODO DE TRAMPEO	DISTANCIA RECORRIDА	UNIDAD DE COBERTURA
Recorridos de Observación -1	2 km	Bosque de galería
Recorridos de Observación -2	2 km	Palma de aceite
Recorridos de Observación -3	2 km	Pastos arbolados
Recorridos de Observación -4	2 km	Bosque denso alto inundable
Recorridos de Observación -5	2 km	Bosque denso alto inundable
Recorridos de Observación -6	2 km	Vegetación secundaria alta
Recorridos de Observación -7	2 km	Vegetación secundaria baja
Recorridos de Observación -8	2 km	Pastos limpios
Recorridos de Observación -9	2 km	Pastos enmalezados
Recorridos de Observación -10	2 km	Zonas arenosas naturales

- Cámaras de fototrampeo

Una metodología altamente efectiva que permite la caracterización de los mamíferos, es el uso de cámaras de fototrampeo (Ver **Fotografía 1-22** y **Fotografía 1-23**), que permanecen activas durante las 24 horas del día, y permiten el registro de los mamíferos que principalmente desarrollan su actividad en horas de la noche. Se utilizó una cámara de fototrampeo, ubicada a 1.5 metros de altura sujetada mediante un arnés a un árbol y que permaneció activa durante tres días en cada unidad de cobertura seleccionada para el muestreo.



Fotografía 1-22 Cámara de fotomapeo



Fotografía 1-23 Cámara de fotomapeo

- Mamíferos voladores

Los murciélagos constituyen el grupo más diverso de los mamíferos en Colombia, con más de 170 especies registradas para nuestro país (Muñoz 2001.), estos fueron caracterizados en el Bloque Cubarral, mediante la utilización de redes de Niebla de 12 metros de longitud (Ver **Fotografía 1-24** y **Fotografía 1-25**), colocadas en áreas boscosas y en los ecotonos existentes entre estas unidades de cobertura y áreas abiertas, lo que permitió obtener una buena aproximación a la diversidad existente en esta zona del país.

Las redes de niebla fueron dispuestas en líneas de tres y cuatro redes, lo que permitió una fácil manipulación de las mismas dependiendo del éxito de capturas, y favoreciendo la manipulación de los individuos, para su posterior determinación y liberación.

Las redes de niebla permanecieron activas entre las 18 horas hasta las 23 horas durante tres días en cada unidad de cobertura seleccionada (Ver **Tabla 1-36**).

Tabla 1-36 Esfuerzo de muestreo obtenido mediante el uso de redes de niebla

MÉTODO DE TRAMPEO	NUMERO DE REDES	NÚMERO DE HORAS	ESFUERZO DE MUESTREO
Redes de Niebla de 12 metros de longitud (Sitio 1)	10	5 Horas	50 Horas red
Redes de Niebla de 12 metros de longitud (Sitio 2)	10	5 Horas	50 Horas red
Redes de Niebla de 12 metros de longitud (Sitio 3)	10	5 Horas	50 Horas red



Fotografía 1-24 Redes de niebla



Fotografía 1-25 Redes de niebla

- Fauna silvestre

La caracterización de fauna silvestre a partir de los muestreos en campo se complementó a través de la toma de información primaria mediante encuestas con la comunidad de las veredas del Área de Influencia Directa (AID) del bloque Cubarral en los municipios de Acacias, veredas Montelibano bajo, Caño Hondo, Quebraditas, El triunfo, Montebello, San Isidro de Chichimene, Santa rosa, La Primavera y La Esméralda; Castilla La Nueva, veredas Betania, Las Violetas, Cacayal, El Centro, Caño Grande alto y Sabanas del Rosario y en el municipio de Guamal, vereda El Encanto.

En lo referente al área devuelta del ANH, la vereda muestreada mediante encuesta fue Alto Rubiano.

El criterio de selección de las veredas fue encontrarse dentro del bloque Cubarral y tener mayor proporción de territorio dentro del bloque, teniendo en cuenta que las veredas son colindantes.

Las encuestas, cuyo formato se presenta en el **Anexo 6.1**, se realizaron a personas de la comunidad que llevará un tiempo de 10 años o más viviendo en la vereda y que tuviera conocimiento sobre animales silvestres presentes en la vereda, indagando si había tenido contacto con la cacería.

Adicional a la toma de encuestas se realizó la revisión de información secundaria a partir de estudios desarrollados en el AID y la elaboración de índices de biodiversidad como riqueza específica y abundancia relativa, que permitieran tener información sobre las especies de fauna silvestre reportadas con anterioridad en la zona.

En cuanto al Área de Influencia Indirecta (All), se realizó la revisión y análisis de información secundaria de estudios desarrollados en el área y la elaboración de índices de biodiversidad como riqueza específica y abundancia relativa, que permitieran tener una visión general de las especies de fauna silvestre presentes en el All.

✓ Ecosistemas acuáticos

La metodología seguida en campo por el laboratorio encargado de evaluar las comunidades hidrobiológicas (Mintaka Ltda.), es la siguiente:

Bentos

Las muestras se recolectan y analizan de acuerdo con el Estándar Methods 10500. Se realizaron transectos de 10 metros, en los cuales se efectuaron repetidas submuestras, utilizando una red Surber de 30 X 30 cm, procurando abarcar todos los microhabitats presentes en el sitio de acuerdo a la corriente y tipo de sustrato.

Cada una de las submuestras se obtuvo removiendo y limpiando el 100% del sustrato con el fin de recolectar todos los organismos posibles dentro del cuadrante, después de cada submuestra se realizó un esfuerzo de muestreo visual de los especímenes en la red, con el fin de verificar que se realicen las submuestras necesarias para asegurar una buena representatividad de los organismos presentes en el punto de muestreo. La preservación de la muestra se hizo con alcohol.

Perifiton

Las muestras se recolectan y analizan de acuerdo con el Estándar Methos 10300 El perifiton se obtuvo mediante el raspado de las diferentes superficies sumergidas como tales como rocas, pedazos de troncos o madera, utilizando un marco de diapositiva y un cepillo. De igual forma, se procuró abarcar todos los microhabitats presentes en el punto de muestreo. La muestra obtenida se preservó en una solución Transeau 6:3:1 con (alcohol, formol, agua).

Plancton

Las muestras se recolectan y analizan de acuerdo con el Standar Methods 10200.

Arrastre de la red: En cuerpos de agua profundos, la red se aleja unos 10 metros de la persona y se empieza a halar la red, La red se debe sacar a una velocidad de 0.5 m/s aproximadamente.

Baldes: En cuerpos de agua poco profundos y la red tiene el riesgo de dañarse, se saca el agua con baldes y se vierten sobre la red, se debe conocer el volumen del balde y contar el número de bales vertidos.

Es factible realizar la recolección de agua en un balde y filtrarlo en la malla, se requiere de al menos 6 litros en fitoplancton y entre 5 y 10 litros para zooplancton, en caso que se haga con baldes, se debe anotar el volumen del balde y el número de baldes filtrados.

La muestra se debe sacar entre 0.5 metros y 1 metros en ríos con mezcla vertical y horizontal.

Definición del transepto, normalmente se hace un transepto de 10 metros, pero puede variar de acuerdo al cuerpo de agua y el concepto del profesional a cargo.

La muestra compuesta resultante es de aproximadamente 125 ml.

Etiquetado

Se etiqueta la muestra y se llena la cadena de custodia.

La cadena de custodia que acompaña la muestra etiqueta debe tener los datos básicos del sitio, fecha, volumen filtrado, profundidad del muestreo, número de baldes vertidos, etc.

Se almacena la muestra en la nevera de icopor.

Peces

Caña: Método tradicional, su eficiencia depende del pescador, se recomienda contratar u pescador de la región que conoce los tiempos y modos de pesca en la zona.

Se debe tener en cuenta o bien el número de lances o las horas/hombre como esfuerzo de muestreo.

Línea de pesca: Es una línea de cuerda anclada en sus extremos con hilos de pesca con anzuelos colocados a lo largo de la misma.

Al igual que la anterior se recomienda contratar un pescador de la zona para que extienda la línea de pesca y la coloque ala s horas tradicionales de pesca en la zona. Como esfuerzo de muestreo se toman las horas de colocación de la línea de pesca, entre revisiones de las carnadas.

Red Manual: Utilizada en ríos con baja corriente, preferiblemente en remansos, nuevamente se recomienda la ayuda de un pescador de la zona.

Esta red se puede colocar sobre el sustrato, se van removiendo las piedras, de manera que los peces quedan en la red.

Igualmente se puede colocar en el sustrato, con el uso de comida (puede ser pan) se atraen los peces para que queden los peces encima de la red y esta se alza de manera rápida.

Como esfuerzo de muestreo pueden ser horas/hombre o metros cuadrados (en el caso de remover el fondo).

Red de cerco (de arrastre): Se utiliza tratando de abarcar la mayor parte del cauce, normalmente se realiza extendiendo la red y avanzado lentamente procurando que la rede se encuentre pegada al fondo.

Se deja un ángulo de 30 grados a medida que se avanza, aunque puede ser paralela. Para recoger la rede se deja un extremo fijo y el otro avanzando hasta juntar los dos extremos, a medida que se recoge se va formando una U hacia el lado fijo.

El ojo de malla depende del estudio pero se recomienda entre 1 y 3 cm.

Se recomienda la ayuda de varios pescadores de la zona, que conocen los cuerpos de agua del área de estudio.

Una vez terminado el muestreo total las muestras se transportan de acuerdo con el procedimiento de control y vigilancia de muestras.

Preservación de especies

Preservación en campo. Normalmente las muestras no van para colección, por tanto no se realiza una preservación para colección. La preservación en campo básicamente consiste en colocarlos en una solución de formalina al 10%, de manera que queden inmersos en la solución dentro del contenedor que los transporta. Se debe evitar el contacto de la piel con la formalina.

En peces con una longitud mayor a 25 cm requiere que se inyecte la solución en la zona ventral.

Preservación en colección. Para una preservación en una colección se transfiere el ejemplar a una solución del 70% de alcohol etílico o alcohol isopropílico, normalmente esto lo realiza quien maneja la colección.

Luego de la captura los ejemplares se preservan en una mezcla de formol (36%): agua en una relación de 8.5:1.5 los ejemplares en esta mezcla deben mantenerse por lo menos 8 días, para una buena preservación luego en la colección (si los individuos son de tamaño considerable debe inyectarse formol (36%) en la zona visceral y en musculatura y luego preservarse también la mezcla de formol: agua).

Luego de trasladar los ejemplares a la colección se lavan con agua para sacar la mayor parte de formol que contengan (este proceso debe repetirse en varias ocasiones), luego de cada lavado los ejemplares deben mantenerse en agua por lo menos dos días (este valor puede variar dependiendo que tanto se halla fijado el formol en los individuos); posterior a esto los se mantienen en una solución de etanol al 70% en frascos de vidrio, se realiza la determinación, se elabora la etiqueta y se ingresa el material a la colección.

Metodología de laboratorio

Para la identificación del Bentos en laboratorio, las muestras fueron analizadas bajo un estereoscopio y se separaron los ejemplares, estos fueron identificados en su totalidad para su análisis. Los organismos encontrados fueron determinados mediante las claves taxonómicas de Nedham & Nedham (1992), Merritt & Cumins (1996), Roldán (1998) y Pennak (1978), con la ayuda del estereoscopio, la clasificación taxonómica se llevó hasta la categoría de género.

En el caso del análisis del fitoperifiton en laboratorio, se identificaron y contabilizaron los organismos presentes en un número establecido de alícuotas y para su clasificación se utilizaron las claves taxonómicas de Parra *et. al* (1982), Bicudo y Bicudo (1970), Fernández (1982), Bourelly (1972 y 1981), Streble & Krauter (1987), Lopretto & Tell (1995) y Cox (1996), los organismos fueron identificados hasta la categoría de género.

1.5.2.4 Componente socioeconómico

➤ Aspectos socioeconómicos

A las reuniones de levantamiento de la información se convocó de manera conjunta, a las personas que integran las juntas directivas de las JAC y demás población residente en las veredas comprendidas en el AID de los Campos Castilla – Chichimene. (Ver **Tabla 1-37**).

Para las convocatorias se utilizaron las siguientes estrategias:

- a. Concertación con las personas que asistieron a las reuniones de información sobre la fecha, hora y lugar para la realización de los talleres.
- b. Distribución puerta a puerta de la circular – invitación a participar en el taller. Se hará el registro de entrega en donde se incluye la firma de la persona que en cada vivienda recibirá este documento.
- c. Llamada telefónica para recordar la cita a los talleres. Se tomó como base de datos las listas de asistencia a las reuniones de información.
- d. Cuñas radiales en una emisora local. Perifoneo en veredas con asentamientos humanos concentrados.

Después de realizar los talleres para la identificación de impactos y enunciado de medidas se hará la presentación de los resultados en las alcaldías de Acacias, Castilla la Nueva, Guamal y Villavicencio.

✓ Aseguramiento de la cobertura

Mediante acuerdo con Ecopetrol S.A., se estableció que cuando la asistencia a los talleres fuera inferior al 30% de las circulares – invitaciones cursadas se realizaría el evento, cualquiera fuera el número de asistentes pero se distribuiría, puerta a puerta y con certificación del recibido, el plegable hecho para estos talleres.

El acuerdo entre Ecopetrol S.A. y SGI no se cumplirá cuando el/la presidente de la JAC que se trate solicite que se cancelé el evento.

En la siguiente tabla se presentan los grupos de interés (Veredas y Municipios):

Tabla 1-37 Municipios y veredas de interés

NO. GRUPOS	VEREDAS	MUNICIPIO
1	El Centro	Castilla
2	Sabanas del Rosario	
3	Caño Grande bajo	
4	Cacayal	
5	Betania	
6	Caño Grande Alto	
7	S. Antonio y El Turuy	
8	San Agustín	
9	Las Violetas	
10	San Lorenzo	
11	El Encanto	Guamal
12	Sta. Bárbara	
13	Sta. Ana	
14	Monte Líbano alto	Acacias
15	Monte Líbano bajo	
16	Caño Hondo	
17	Quebraditas	
18	S. José Palomas	
19	Dinamarca	
20	La Loma (JAC)	
21	S. Isidro de Chichimene	
22	La Esmeralda	
23	San Nicolás	
24	La Primavera	
25	El Triunfo	
26	Sta. Rosa	
27	La Unión (JAC)	
28	Patio Bonito	
29	Monte bello	
30	Loma de tigre	
31	San Cayetano	

NO. GRUPOS	VEREDAS	MUNICIPIO
32	Santa Teresita	
32	El Centro	
33	Vegas Guayuriba	V/vicencio

✓ Estructura general de los talleres

La presentación se estructuró en tres módulos, el primero tratará sobre elementos generales de los EIA y los PMA; en los otros dos se plantean los procedimientos para la identificación de impactos y enunciado de medidas **sin** y **con** los nuevos proyectos.

Módulo 1:

Para el tratamiento de los elementos generales sobre los EIA y los PMA se hizo una presentación – proyección –, temas que se esbozan en el plegable que se distribuirá:

- ¿Qué es un Estudio de Impacto Ambiental?
- ¿Cuáles son los componentes del medio donde puede desarrollarse un proyecto?
- ¿Cuáles son los elementos de los componentes del medio donde puede desarrollarse un proyecto?
- ¿Qué es un PMA?
- ¿Cuáles son las medidas que se pueden aplicar para el manejo de los impactos?

Módulo 2

- Identificación de impactos y enunciado de medidas en la situación actual – sin proyectos -.

La identificación de los impactos **sin** proyecto se hará a partir de la incidencia de las actuaciones antrópicas, vistas desde el quehacer individual, colectivo y empresarial en el suelo, el aire, el agua, la flora y la fauna.

La intervención antrópica individual o colectiva se tomará desde algunos usos, prácticas y costumbres de la vida cotidiana en los hogares; la empresarial, desde una de las modalidades para su desarrollo, el monocultivo, por la incidencia de los cultivos de palma africana en el AID.

Para motivar la reflexión sobre la vida cotidiana en los hogares y los monocultivos se utilizará:

- Video sobre los efectos de ciertas prácticas cotidianas en los hogares.
- Video sobre los efectos de los monocultivos.
- Una pregunta motivadora: ¿Cuáles de nuestras acciones individuales, colectivas, empresariales, inciden de manera positiva o negativa en: el agua, el aire, el suelo, la flora, la fauna?
- El trabajo en grupos

Módulo 3

Este módulo se desarrollará a partir del planteamiento sobre los nuevos proyectos de Ecopetrol S.A., en los campos Castilla y Chichimene (Bloque Cubarral). El procedimiento retomará los planteamientos básicos de los EIA, la matriz se construyó con los siguientes parámetros:

Las acciones requeridas para el desarrollo de los sub proyectos (columna) se organizaron en los siguientes bloques:

- Las principales acciones transversales a todos los sub proyectos.
- Las obras civiles.
- La operación.
- El desmantelamiento o cierre de los Campos Castilla y Chichimene.

Los componentes del medio (fila) abiótico, biótico y socioeconómico se desagregaron en los elementos que el grupo interdisciplinario de SGI consideró que eran los más significativos para la identificación de impactos y enunciado de medidas por parte de la población residente en el AID. (**Anexo 11.1** Matriz para la identificación de impactos).

El agente motivador es la propia experiencia que la población residente en el AID tiene de la industria petrolera, pero adicionalmente, se proyectará un video que trata sobre la perforación de pozos y los residuos líquidos industriales.

- ✓ Procedimiento para el desarrollo de los talleres para la identificación de impactos y enunciado de medidas

En éste ítem se presentan los procedimientos que se seguirán en los talleres para la identificación de impactos **sin** proyectos – situación actual -, y **con** los nuevos proyectos.

Procedimiento para la identificación de impactos en la situación actual y enunciado de medidas.

Teniendo en cuenta que el número de asistentes puede ser variable – conocimiento adquirido durante las reuniones de información – se diseñaron dos estrategias para el trabajo. Cuando el grupo esté conformado por 20 personas o más se empleará la estrategia 1; en caso contrario la estrategia 2, adaptación del Metaplan.

Estrategia 1

- Despues de explicar la mecánica para trabajar los impactos **sin** proyectos y presentar los videos se organizará el auditorio en cinco grupos, procurando que cada uno de ellos tenga igual número de integrantes.
- A cada grupo se le entregará un juego de 45 tarjetas plastificadas en donde se incluyeron impactos que se pueden causar desde la vida cotidiana o por la actividad económica – modalidad monocultivos -, sobre el agua, el suelo, el aire, la flora y la fauna. Adicionalmente se les entregarán 10 tarjetas en blanco para que escriban los impactos identificados por ellos, que no estén contenidos en las tarjetas pre - elaboradas.
- Para que escriban las medidas que consideren pertinentes al o los efectos identificados se les entregarán 10 tarjetas en verde.
- Cada grupo nombrará un relator quien irá tomando nota de las razones que justifiquen o expliquen el porqué del impacto seleccionado y de la medida propuesta. Esas anotaciones las harán en las hojas tamaño ¼ de pliego, según correspondan al suelo, el agua, el aire, la flora o la fauna, material que entregarán a la consultoría.

Tabla 1-38 Matriz componente abiótico

COMPONENTE ABIÓTICO: SUELO, AGUA, AIRE	
Posibles impactos	Enunciado medidas

Tabla 1-39 Matriz componente Biótico

COMPONENTE BIÓTICO: FLORA, FAUNA	
Posibles impactos	Enunciado medidas

- Hecha la identificación de los impactos el grupo elegirá los tres más importantes y expondrá todos o solo uno de ellos. La exposición estará a cargo de la persona que hará la relatoría u otra que el grupo elija.
- En el acta del día la facilitadora encargada de las actas recogerá las exposiciones de los grupos.

Estrategia 2 (adaptación del Metaplan)

- Una vez presentados los videos la facilitadora motivará a los asistentes a pensar qué actividades de su vida cotidiana o el monocultivo están afectando la salud ambiental del planeta, cada asistente escribirá en una ficha de color rojo la principal actividad que para cada caso está generando contaminación ambiental.

¿Cuáles de nuestras acciones individuales, colectivas, empresariales, inciden de manera positiva o negativa en las condiciones ambientales del planeta?

- La facilitadora pedirá a cualquier persona que lea la tarjeta que elaboró, ésta se colocara en una cartelera, luego preguntará si alguna persona más tiene alguna tarjeta que se refiera al mismo tema u otro similar. En esos casos la leerá y se irán agrupando en una misma columna en la cartelera hasta agotar todas las tarjetas escritas. Quedarán organizadas varias columnas las cuales, hecho el análisis de cada una, se le dará un nombre que exprese su contenido.

La persona que se desempeñe como facilitadora orientará la discusión para que el nombre o clasificación hecha sea expresión de su contenido. La orientación se hará consultando constantemente al auditorio.

- A partir de la identificación de los impactos se motivará la reflexión sobre las causas y consecuencias de los impactos. Se entregará a cada asistente una tarjeta de color amarilla para que escriban el por qué se realizan las prácticas generadoras de impactos, y una tarjeta de color azul para que consignen qué generan.
- A cada asistente se le entregará tarjetas de color verde (a solicitud), para que escriban las posibles medidas de manejo que se deben o pueden implementar para cambiar las situaciones o actividades que consideran social y ambientalmente negativas.

Procedimiento para la identificación de impactos con proyecto y enunciado de medidas

Después de explicar el procedimiento para la identificación de los impactos con proyecto y el enunciado de las medidas, se procederá a presentarles el video "Perforación de pozos – residuos líquidos industriales.

Los pasos siguientes serán:

- a. Se indicaran las carteleras que se fijan en los muros u otros soportes del sitio de reunión, en donde encontraran las características básicas de los proyectos y en otras, las acciones más significativas que se requieren para la construcción, operación y desmonte o cierre el respectivo proyecto.
- b. Los grupos se organizarán por áreas Dado que el mayor número de proyectos se concentra en los de producción para el trabajo de ésta área se organizarán dos grupos. Se procurará que en cada grupo haya igual número de personas.
 - Construcción de infraestructura para la producción: Estación Castilla III, Estación de bombeo San Fernando (VIT), Construcción de clúster, Perforaciones, Líneas de flujo, Reinyección de agua para recobro, Planta de desasfaltado, Inyección de aire. (8 proyectos)
 - Mejoramiento o construcción de infraestructura de apoyo: mantenimiento y construcción de infraestructura vial (una vía construida, cuatro puentes), Termoeléctrica y sub estación eléctrica San Fernando, campamento San Fernando (alojamiento, casino, oficinas). (4 proyectos)
 - Gestión de residuos: Sistema de tratamiento de aguas de producción, STAP., Pozos inyectores de Agua, vertimiento al Río Guayuriba, centros de acopio para cortes de perforación, campo de aspersión, Área de Sostenibilidad en Agroenergía ASA.
 - En las carteleras para cada sub proyecto se indican las acciones o actividades más significativas para las etapas de planeación, construcción, operación, desmantelamiento o cierre.
- c. A cada grupo de trabajo se le entregará una matriz, igual a la que se fijará en lugar visible del sitio de reunión, para que allí escriban la explicación o justificación del o de los impactos que identifiquen y el enunciado de la medida propuesta para cada impacto. Este material lo recogerá la empresa consultora.
- d. Cada grupo recibirá un juego de tarjetas plastificadas, y adhesivos para que pongan el carácter positivo o negativo del impacto. Adicionalmente se les entregarán tarjetas para que escriban los impactos que no estén contenidos en las tarjetas de impactos pre – elaboradas. Cada juego de tarjetas plastificadas está conformada de la siguiente manera:
 - Componente social: 24 tarjetas distribuidas. Demográfico, servicios sociales (educación, salud), servicios públicos, 6 tarjetas.
 - Económica; empleo e ingresos; capacidad adquisitiva de los hogares; establecimiento de actividades económicas – comercio y servicios -; incidencia en los mercados local y regional; 8 tarjetas. Cultural, costumbres, conflictos, expectativas, sitios de interés cultural, estético, restricciones a la movilidad, 6 tarjetas. Paisaje 4 tarjetas. Arqueología 1 tarjeta. Infraestructura vial, cambios red vial 1 tarjeta.
 - Componente abiótico: 15 tarjetas distribuidas así: Aire, características física, emisión de gases, 3 tarjetas. Agua, características físico-químicas, disponibilidad del recurso hídrico, uso drenajes, 8 tarjetas. Suelo, calidad del suelo, uso, residuos, 4 tarjetas.
 - Componente Biótico, 4 tarjetas. Flora, diversidad, capa vegetal, 2 tarjetas. Fauna, diversidad, hábitat, 2 tarjetas.

- e. Para escriban las medidas de manejo cada grupo recibirá tarjetas en cartulina color verde claro (7 cm x 10 cm., aproximadamente), en donde además de la medida pondrán: el nombre del subproyecto al cual corresponde y el impacto.
- f. Una persona de cada grupo fijará en la matriz que se ubicará en el sitio de reuniones, el o los impactos identificados y la tarjeta con el enunciado de las medidas de manejo propuestas por el respectivo grupo.
- g. En cada grupo seleccionarán los tres impactos más significativos para exponer los tres o uno de ellos en la plenaria, con el enunciado de su correspondiente medida de manejo. El número de impactos que expongan podrá ser mayor según la disponibilidad de los/las asistentes y del tiempo.
- h. La Consultoría recogerá el material que los grupos trabajen durante el taller y lo clasificará por veredas con el fin de:
 - Hacer la sistematización de los talleres, que hará parte del documento final del estudio
 - Incluir el resultado del trabajo en los talleres de impactos por veredas, cuando se realice la tercera jornada de interacción con la población del AID, para presentarles los resultados del estudio. En ese momento se les mostrarán los impactos que identificaron con sus medidas correspondientes, y se les explicarán las razones para la inclusión o exclusión de sus propuestas
 - Ayudas didácticas

El Juego de ayudas didácticas estará conformado por los siguientes elementos:

- Plano (banner) con la delimitación del AID y el área del bloque Cubarral.
- Plano de la vereda donde se realice el taller de impactos, con la ubicación aproximada de la infraestructura petrolera existente y la proyectada. En las veredas donde no hay ni se proyecta el desarrollo de actividades petroleras no se pondrá ésta ayuda.
- Carteleras con las principales actividades requeridas durante las etapas de planeación, construcción, operación y cierre, por sub proyecto.
- Carteleras con la descripción básica de los sub proyectos. Algunos de ellos se incluyen en la presentación en Power Point.
- Videos.
- Matriz de impactos (banner) que se ubicará en lugar visible del sitio de reuniones.
- Matriz de impactos (1/4 de pliego).
- Tarjetas con impactos, plastificadas.
- Tarjetas de colores: rojas, amarillas, verdes, blancas.

➤ **Aspectos arqueológicos**

Con el fin de dar respuesta al Auto 2315 del 21 de Julio de 2011, la metodología aplicada por el componente arqueológico consistió en la realización de un diagnóstico arqueológico, que de acuerdo con el Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH), es la primera fase de investigación en la que se define en términos generales cuáles son las características arqueológicas del área de estudio (ICANH 2010).

Para recopilar la información pertinente y necesaria para el análisis del potencial arqueológico del área se aplicaron las siguientes estrategias metodológicas.

Como primera medida se realizó el análisis del estado del arte a partir de fuentes bibliográficas tales como: estudios arqueológicos, etnohistóricos y ambientales adelantados en la región donde

está localizado el proyecto, con el fin de tener claras las características arqueológicas, culturales y ambientales de la zona.

Posteriormente se realizó el análisis de la información cartográfica y satelital disponible, esto para establecer, preliminarmente, las diferentes unidades del paisaje así como áreas consideradas como de mayor potencial arqueológico.

Durante el trabajo de campo se realizaron recorridos dirigidos, principalmente, a las áreas definidas como de mayor potencialidad arqueológica. Estos recorridos se realizaron por medio de transeptos en los que se tomaba la información tanto ambiental como cultural, así como una lectura del paisaje buscando corroborar la información obtenida previamente, con el fin de formular una zonificación arqueológica preliminar más acertada.

Durante las visitas de campo se realizaron visitas a las casas de la cultura de los municipios de Acacias, Guamal y Castilla la nueva, con el fin de obtener información respecto al conocimiento de hallazgos y sitios arqueológicos en la zona. De igual manera se entrevistó a diferentes miembros de la comunidad que nos pudieran brindar información al respecto.

Además de las estrategias referenciadas anteriormente, en ciertas zonas del proyecto se revisaron perfiles expuestos y se inspeccionaron superficies sin cobertura vegetal, en busca de materiales arqueológicos.

La combinación de estas estrategias metodológicas, mencionadas anteriormente, permitió adelantar una aproximación preliminar a los diferentes paisajes identificados en el polígono del proyecto, así como su potencial arqueológico, lo que dio como resultado la zonificación arqueológica preliminar y el diagnóstico arqueológico, lo cual es el inicio del programa de arqueología preventiva, que ha futuro, para el desarrollo de las obras proyectadas dentro del bloque deberá contar con las fases siguientes del programa de arqueología preventiva previstas por el ICANH en el “*Régimen Legal y Lineamientos Técnicos de los Programas de Arqueología Preventiva en Colombia*” (ICANH 2010).

1.5.2.5 Paisaje

El componente paisajístico se realizó en las siguientes etapas: pre-campo, campo y final, descritas a continuación.

➤ Pre-campo

- ✓ Área de influencia indirecta

La caracterización se realizó a partir de la revisión de información secundaria (literatura científica especializada, planes de manejo etc.), existente para la zona.

- ✓ Área de influencia directa

Definición de las unidades de paisaje

El Paisaje Ecológico se analizó siguiendo el postulado teórico de la ecología del paisaje (Etter, 1991), identificando elementos del paisaje (Ver **Tabla 1-40**) y caracterizando preliminarmente las unidades de paisaje. Para ello se utilizaron las capas temáticas de cobertura vegetal y la geomorfología dado que constituyen las propiedades emergentes de los paisajes, lo que permite reconocerlos y diferenciarlos unos de otros (Etter, 1990).

Las capas temáticas anteriormente mencionadas, se acoplaron y procesaron en el Sistema de Información Geográfica (SIG) con el fin de acondicionar un mapa y leyenda preliminar de unidades

de paisaje a escala 1:25.000 para utilizar en campo. Paralelamente sobre estas unidades se definieron a partir de proyecciones de coordenadas, los sitios apropiados para realizar muestreo del paisaje.

Para la definición y análisis de las unidades de paisaje, se tuvo como referencia el concepto de clasificación fisiográfica de Hugo Villota (1991) que va de lo general a lo particular.

Tabla 1-40 Elementos del paisaje

CATEGORÍA	EVALUACIÓN
Matriz	El más extenso e interconectado, elemento del paisaje que ocupa la mayor área relativa.
Parche de perturbación	Es el resultado de la perturbación de un área pequeña dentro de la matriz, puede ser de origen natural o antrópico y se diferencian según sean de tipo eventual (aleatorios) o crónico (predecibles).
Parche de remanentes	Es el resultado de la perturbación extensa de la matriz que deja una serie de islas no afectadas en su estado original, son opuestos a los de perturbación los diferencia la escala de la perturbación local, que en los parches remanentes es más severa ya que solo deja islas de la matriz original.
Parche de recursos ambientales	Resulta de diferencias en las características y variaciones del sustrato en cuanto al material parental o la hidrología, los ecotones pueden ser graduales.
Parche introducido	Relacionado con la actividad humana, a través de la introducción de especies animales o vegetales durante las actividades agropecuarias o de urbanización (crónicas).
Corredores	Una franja angosta y alargada, de forma y dirección variable que atraviesa una matriz y difiere de ella. Sus propiedades son unir o separar elementos dentro de la matriz, puede ser cultural o natural.

➤ **Campo**

- ✓ Recolección de datos para establecer la calidad y visibilidad paisajística

El Paisaje Visual, es el resultado de la suma de la fragilidad y la calidad del paisaje. Este se caracterizó en cada una de las unidades de paisaje preliminares, mediante técnicas de registro directo y recorridos extensivos, empleando vías, caminos, trochas, senderos, perímetros, bordes de vegetación y coberturas naturales; además verificando in-situ las mismas y registrando sus coordenadas geográficas.

En cada sitio de muestreo se comprobó la cobertura vegetal, la geomorfología, y la unidad de paisaje. Se realizó un registro fotográfico y se describieron características generales como fecha, lugar y número de fotografía; y características físicas como la altitud y la pendiente, esta última orientada en dirección perpendicular a la pendiente mayor, para disminuir la posible heterogeneidad del relieve. Asimismo se evalúan características del paisaje como visibilidad, calidad y fragilidad, y se describen aspectos e impactos ambientales, el uso del paisaje, actividades productivas y extractivas-, el estado del recurso hídrico, humedales, y la fauna asociada (Ver **Anexo 4., 5 y 6**).

Los parámetros paisajísticos recolectados por unidad de paisaje, siguen la adaptación de la metodología de Bureau of Land Management (BLM, 1980) de los Estados Unidos, basada en criterios estéticos y la valoración de estos.

La calidad del paisaje se realizó a través del método indirecto por categorías estéticas del Bureau of Land Management de Estados Unidos. Este método se basa en la evaluación de las características visuales básicas de los componentes del paisaje (Ver **Tabla 1-41**). Posteriormente se asigna un puntaje a cada componente según los criterios de valoración, y la suma total de los puntajes parciales determina la clase de calidad visual, por comparación con una escala o clases de referencia (Ver **Tabla 1-42**).

Para determinar la fragilidad o la susceptibilidad que tiene las unidades de paisaje para el cambio cuando se desarrolló un uso sobre él, se emplea una técnica (Walsh, 2009) que busca asignar puntajes a un conjunto de factores del paisaje considerados determinantes de estas propiedades (Ver **Tabla 1-41**).

A continuación se presenta la escala de calificación para cada uno de estos criterios estéticos:

Para la calidad visual:

Tabla 1-41 Criterios de valoración de la calidad de las unidades de paisaje

COMPONENTE	CRITERIOS DE VALORACIÓN Y PUNTUACIÓN	
Morfología	Relieve muy montañoso, marcado y prominente o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante.	5
	Formas erosivas o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes pero no dominantes o excepcionales.	3
	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular.	1
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución interesante	5
	Alguna variedad en la vegetación pero solo uno o dos tipos.	3
	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación.	1
Agua	Factor dominante en el paisaje, limpia y clara, (rápidos y cascadas) o láminas de agua en reposo.	5
	Agua en movimiento o reposo pero no dominante en el paisaje.	3
	Ausente o inapreciable.	0
Color	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables.	5
	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes pero no actúa como elemento dominante.	3
	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados.	1
Fondo Escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual.	5
	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual.	3
	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto.	0
Rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región - hábitats de fauna y vegetación única.	6
	Característico, o aunque similar a otros en la región.	2
	Bastante común en la Región.	1
Acción Humana	Actuación humana libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad	2
	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad,	0
	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica	0

Tabla 1-42 Valoración de la clase visual de las unidades de paisaje

CLASE	EVALUACIÓN
Clase A	Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes
Clase B	Áreas de calidad media, áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales

CLASE	EVALUACIÓN
Clase C	Áreas de calidad baja, con muy poca variedad en la forma, color, línea y textura

Para la fragilidad visual:

Tabla 1-43 Criterios de valoración de la fragilidad de las unidades de paisaje

FACTOR	CONDICIONES	PUNTAJES	
		Nominal	Numérico
Pendiente (P)	Inclinado (Pendiente $\geq 55\%$)	Bajo	1
	Inclinado suave (Pendiente 25-55%)	Moderado	2
	Poco inclinado (Pendiente)	Alto	3
Estabilidad del suelo y erosionalidad (E)	Restricción alta derivada de riesgo alto de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial.	Bajo	1
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial.	Moderado	2
	Poca restricción por riesgos bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial.	Alto	3
Potencial Estético (R)	Potencial Bajo	Bajo	1
	Potencial Moderado	Moderado	2
	Potencial Alto	Alto	3
Diversidad de vegetación (D)	Áreas abiertas si o con poca vegetación	Bajo	1
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Moderado	2
	Bosques y áreas semi-naturales	Alto	3
Actuación Humana (C)	Fuerte presencia antrópica	Bajo	1
	Presencia Moderada	Moderado	2
	Casi imperceptible	Medio	3
Contrastes de Color (V)	Elementos de bajo contraste	Bajo	1
	Contraste visual moderado	Moderado	2
	Contraste visual alto	Medio	3

Una vez realizada la calificación por unidades de paisaje de su calidad y fragilidad, se procedió a establecer una calificación estandarizada, a mayor calificación, mayor calidad paisajística (Ver Tabla 1-44).

Tabla 1-44 Criterios calificación paisaje visual

CALIDAD VISUAL		FRAGILIDAD VISUAL	
Valoración	Calificación	Valoración	Calificación
Alta	19-33	Alta	23-36
Media	12-18	Media	14-22
Baja	0-11	Baja	1-13

Por último en la **Tabla 1-45**, se hace referencia al código para las unidades paisajísticas al momento de ser espacializadas. Este es acorde al criterio valorado y su calificación.

Tabla 1-45 Unidad de paisaje visual resultante

CALIDAD VISUAL		FRAGILIDAD VISUAL	
Valoración	Calificación	Valoración	Calificación
Alta	CV3	Alta	FV3
Media	CV2	Media	FV2
Baja	CV1	Baja	FV1

- ✓ Identificación de los sitios de interés paisajístico

Las áreas de interés paisajístico se identificaron teniendo en cuenta los términos de la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales MAVDT, 2010, a continuación:

- Las vías de flujo de observadores (vías de navegación, carreteras, caminos, senderos).
- La disposición espacial de las unidades geomorfológicas (serranías, colinas, altillanuras, llanuras).
- La calidad y cantidad de cuerpos de agua en un buen estado (nacederos y caños).
- La presencia de hábitat y parches singulares con presencia de fauna.
- Cobertura vegetal y áreas de transición entre ecosistemas –ecotones-.

Conjuntamente para la identificación de áreas de interés paisajístico en campo mediante la herramienta de valoración social del paisaje, se diseñó un formato para la aplicación de entrevistas no formales a propietarios o encargados de los predios, a los guías –baquianos- y a la comunidad que habitante del área de interés.

- ✓ Valoración social del paisaje

Como un insumo fundamental para el análisis del paisaje esta la percepción que sus habitantes tienen del territorio, en especial de sus paisajes, la transformación de los mismos a través de las unidades del tiempo puede cambiar aún la gnosis de la identidad y la cultura.

Durante la fase de campo se llevaron a cabo tres talleres con habitantes de las veredas Caño Grande Alto, Sabanas del Rosario y Quebraditas, correspondientes al área de influencia directa. En estos, con el fin de comprender de manera integral los diferentes procesos antrópicos (culturales, sociales, económicos) que han originado cambios en los ecosistemas y mediante el uso de la herramienta de cartografía social sobre mapas pasados y actuales de coberturas vegetales, se identificaron y discutieron aspectos como: lugares de condiciones especiales a nivel ambiental/cultural, y la transformación de estos y las perspectivas a futuro.

También se realizaron cuatro entrevistas informales a mayores nativos sobre los principales factores transformadores del paisaje.

➤ Final

En esta fase, se integró la información colectada por el equipo consultor con la información de paisaje colectada en campo, con el propósito de definir las unidades de paisaje regional y su interacción con el proyecto de perforación exploratoria; identificar las áreas de interés paisajístico, y describir el proyecto dentro del componente paisajístico de la zona. Este último análisis se describe a continuación:

- ✓ Describir el proyecto dentro del componente paisajístico de la zona

En la fase final se realizó una descripción de las actividades que comprenden el proyecto dentro de los componentes paisajísticos identificados, y se menciona si las unidades presentan un grado de vulnerabilidad ante las actividades que componen el desarrollo de la perforación exploratoria.

- ✓ Calificar la visibilidad, calidad y fragilidad visual de las unidades de paisaje

La visibilidad se realiza la valoración de acuerdo a la distancia entre la unidad de paisaje y el observador o zona de visión física entre observador y paisaje o territorio que puede apreciarse desde un punto o zona determinada. Los rangos de análisis son los siguientes:

Corta: de 0 a 1 Km., donde el observador tiene una participación directa y percibe todos los detalles inmediatos.

Media: de 1 a 3 Km., donde las individualidades del área se agrupan para dotarla de carácter. Es la zona donde los impactos visuales producidos por las actuaciones son mayores.

Larga: de 3 a 10 Km. Se pasa del detalle a la silueta. Los colores se debilitan y las texturas son casi irreconocibles.

Una vez realizado el análisis de la visibilidad, calidad y fragilidad del paisaje por el consultor, se debe relacionó y ajustó con los resultados obtenidos de la valoración social de la calidad visual del paisaje, con el propósito de unificar las dos valoraciones y obtener la valoración definitiva de las unidades visuales resultantes. Igualmente se elaboró la espacialización de las unidades visuales resultantes al interior del Bloque Cubarral campos Castilla y Chichimene de acuerdo a la calificación dada a cada una de las unidades de paisaje.

- ✓ Identificación de las áreas de interés paisajístico

La identificación de las áreas de interés paisajístico se realizó de acuerdo a lo descrito previamente en la fase de campo, y se complementan con registros fotográficos y ubicación espacial dentro del Bloque Cubarral campos Castilla y Chichimene.

- ✓ Describir el proyecto dentro del componente paisajístico de la zona

En este ítem, se realiza una descripción de las actividades que comprenden el proyecto dentro de los componentes paisajísticos identificados, y se menciona si las unidades presentan un grado de vulnerabilidad ante las actividades que componen el desarrollo de la perforación exploratoria.

1.5.3 Cobertura vegetal e inventario forestal

1.5.3.1 Análisis de los efectos de la fragmentación

Con el fin de determinar los efectos de la fragmentación de los ecosistemas en el Bloque Cubarral Campos Castilla- Chichimene, se establecieron las siguientes etapas:

➤ Desarrollo del mapa de ecosistemas

Para establecer los efectos de la fragmentación en el paisaje se tomó como unidad mínima de análisis el ecosistema, este a su vez es entendido como “*un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos en su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional materializada en un territorio, la cual se caracteriza por presentar una homogeneidad, en sus condiciones biofísicas y antrópicas*” (IAvH, 2003).

Conforme a lo anterior, se elaboró un mapa de ecosistemas a escala 1:25.000 siguiendo la metodología del Mapa de Ecosistemas, Continentales Costeros y Marinos de Colombia (IDEAM *et al.*, 2007), el cual se basó en los criterios establecidos por Walter (1980) según los cuales diferentes áreas geográficas son agrupadas por sus características biofísicas homogéneas (clima, geomorfología y cobertura) en ecosistemas.

Para Colombia se identifican los siguientes biomas² incluidos en tres grandes categorías; “zonobiomas” delimitados por unos peculiares y amplios caracteres climáticos como es el caso del bosque húmedo tropical; los “orobiomas” definidos por la presencia de montañas que cambian el régimen hídrico, formando cinturones o fajas de vegetación de acuerdo con su incremento en altitud y la respectiva disminución de la temperatura; y los “pedobiomas” originados por un característico tipo de suelo, generando condiciones azonales de la vegetación.

La definición de los biomas se realizó teniendo como referencia los parámetros de la zonificación climática propuesta por Caldas-Lang (1915) sobre criterios de precipitación y temperatura. Una variable determinante para la definición de los biomas es la disponibilidad hídrica superficial, la cual es determinante para los ecosistemas del área (Romero M., Galindo G., Otero J., Armenteras, D. 2004). Esta se incluyó mediante el cruce y análisis espacial de la geomorfopedología y las imágenes de satélites definiendo las áreas susceptibles a inundaciones o encharcamiento.

La geopedología se obtuvo siguiendo la metodología para la clasificación unidades fisiográficas de Villota (1991). La cual incluye variables como clasificación taxonómica de los suelos, pendiente, geomorfología y paisajes.

A continuación (Ver **Figura 1-18**) se realiza un esquema del procedimiento para la obtención de unidades ecosistémicas.

² Walter (1977) define los biomas como “ambientes grandes y uniformes de la geobiosfera”. Un bioma puede considerarse como un conjunto de ecosistemas terrestres afines por sus rasgos estructurales y funcionales, los cuales se diferencian por sus características vegetales definidas por condiciones climáticas homogéneas (Walter, 1985 y Hernandez y Sánchez, 1992).

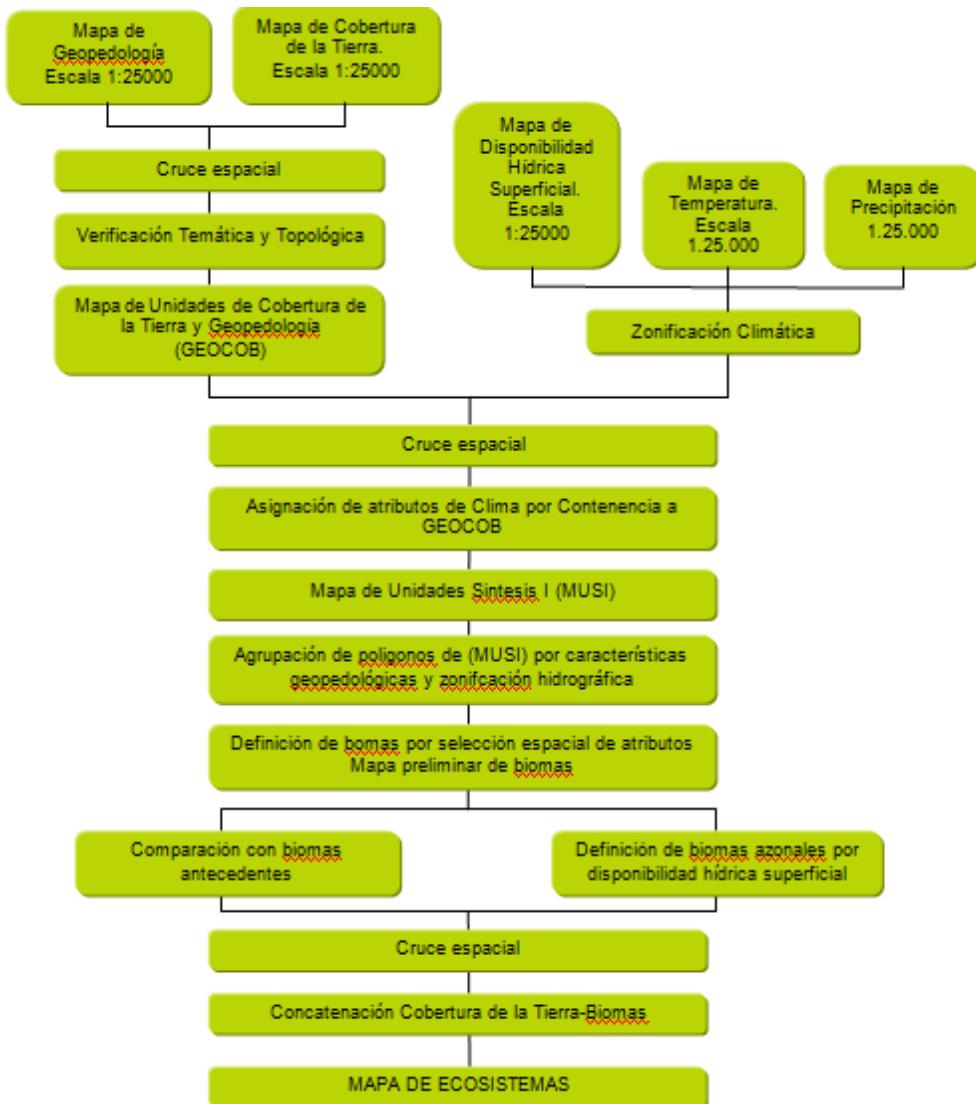


Figura 1-18 Procedimiento para la obtención de unidades ecosistémicas

➤ **Análisis multitemporal de las unidades ecosistémicas.**

Para la realización de este análisis, inicialmente se tuvo como eje estructural los siguientes elementos; el sistema de clasificación de cobertura, la Unidad Mínima de Mapeo y la superficie de trabajo; con estos temas definidos y las imágenes de satélite a utilizar, se planteó el siguiente procedimiento metodológico, donde se detallan en los siguientes pasos (Ver Figura 1-19):

El procedimiento para la obtención de las coberturas de la tierra se detalla en el capítulo correspondiente.

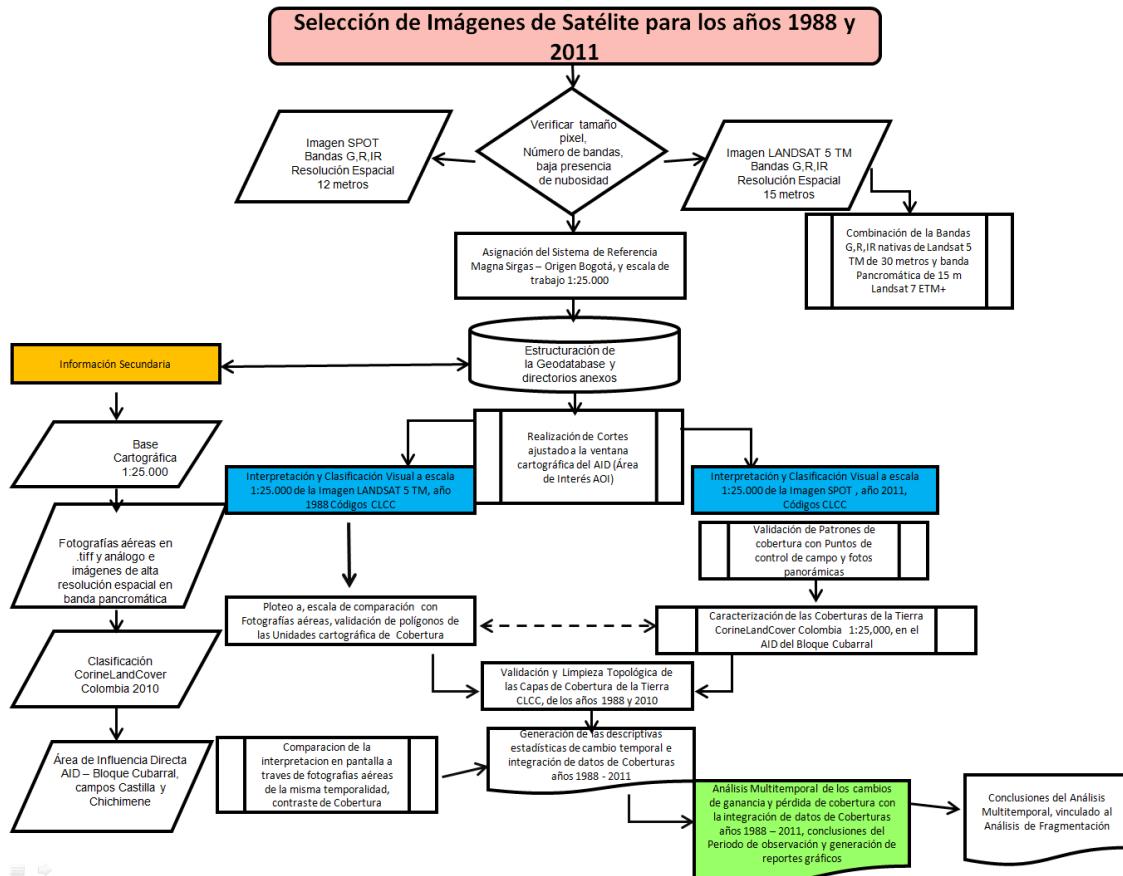


Figura 1-19 Procedimiento para la realización del análisis multitemporal

Con el objeto de adelantar el análisis de fragmentación dando cumplimiento a los parámetros establecidos en los HI-TER-1-02A y los lineamientos establecidos en la Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales del MAVDT (2010), acorde con el Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (IDEAM *et al.*, 2007), se establecieron para el área de interés las siguientes unidades ecosistémicas:

1. Bosques naturales (bosques denso alto de tierra firme, palmares-morichales, bosque de galería y ripario)
2. Herbazales (sabanas naturales)
3. Vegetación secundaria
4. Hidrofitia continental (humedales, lagunas, esteros)
5. Cultivos permanentes (cultivos de palma de aceite, cultivos forestales)
6. Cultivos Transitorios (arroz, yuca, maíz y frijol)
6. Agroecosistemas (pastos limpios, pastos arbolados, pastos enmalezados, mosaico de Cultivos, mosaico de pastos y cultivos, y mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales

Para la elaboración del análisis multitemporal, se compararon dos temporalidades mediante una imagen 2010 LANDSAT, y otra imagen SPOT del año 1991, previo a la intervención de la Empresa.

- Determinación de una especie indicadora para la caracterización de los efectos de la fragmentación.

En consenso entre el grupo de profesionales del componente biótico se escogió y describió una especie que por sus condiciones intrínsecas fuera sensible a los efectos de la fragmentación y con la que posteriormente se realizarían todos los análisis a nivel funcional.

- Caracterización de los efectos de la fragmentación (cálculo de índices de fragmentación a nivel de parches, coberturas y clases) en las coberturas naturales

A cada una de las imágenes descritas en el análisis multitemporal mediante la utilización del programa FRAGSTATS versión. 3.3, se realizó el cálculo de las métricas de fragmentación y de paisaje a tres niveles.

- ✓ Métricas de parche

Estas se calculan para cada parche en la unidad ecosistémica, representando la métrica individual y presentando los valores medios y su respectivo rango.

Distancia euclíadiana al vecino más cercano (ENN)

ENN es igual a la distancia (m) para el vecino más cercano de la misma unidad ecosistémica, con base en la distancia más corta de borde a borde. (La distancia de borde a borde es la equivalente del centro de celda a centro de celda).

$$\text{ENN: } h_{ij}$$

Donde:

h_{ij}: Distancia (metros) al vecino más cercano del parche de la misma unidad ecosistémica, en base a la distancia más corta de borde a borde, computada de centro de celda a centro de celda. (Mc Garigal & Marks, 1995). ENN tiende a cero, cuando la distancia al vecino más cercano decrece.

- ✓ Métricas de clase

Las métricas de clase se calculan para cada tipo de parche o de unidad ecosistémica en el paisaje, presentando la métrica individual.

Área total (CA)

Es igual a la suma de áreas (m^2) de los parches pertenecientes a una unidad ecosistémica, dividido en 10000 para convertir a hectáreas.

$$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{10000} \right)$$

Donde:

a_{ij}: Área (m^2) de cada parche

Número de parches (NP)

Corresponde al número de parches de la correspondiente unidad ecosistémica

$$NP = n_i$$

ni: Número de parches en el paisaje de cada unidad ecosistémica.

Densidad de borde (ED)

Equivale a la suma de las longitudes (e_{ik} , en m) de todos los segmentos de borde de los fragmentos de la unidad ecosistémica de interés, dividido por el área total del paisaje (A, en m²), multiplicado por 10.000 (para convertir a hectáreas) (Badii & Landeros, 2007).

$$ED = \frac{\sum_{k=1}^m (e_{ik})}{A} (10000)$$

Radio de giro (GYRATE)

Equivale a la distancia media (metros) entre cada celda en el parche y el centroide del parche.

$$GYRATE = \sum_{R=1}^z \frac{h_{ijr}}{z}$$

h_{ijr}: Distancia (metros) entre celdas ijr (localizadas dentro del parche ij) y el centroide del parche ij (el promedio de localización), basado en la distancia del centro de celda a celda.

z: Número de celdas en el parche ij

GYRATE es igual a cero cuando el parche se compone de una sola celda y aumenta sin límite, como el parche aumenta en extensión. GYRATE alcanza su valor máximo cuando el parche comprende todo el paisaje. (Mc Garigal & Marks, 1995).

Índice de forma (SHAPE)

La forma de los parches en el área de estudio será caracterizada por el índice de forma:

$$SHAPE = \frac{p_{ij}}{\min p_{ij}}$$

Donde

p_{ij}: Perímetro de parche ij en términos de número de celdas en superficie.

min p_{ij}: Mínimo perímetro de parche ij en términos de número de celdas en superficie.

El índice de forma tiene valor 1 cuando el parche es compacto (circular en un vector y cuadrado en un raster) y aumenta su valor conforme aumenta la complejidad de la forma (Echeverry & Rodríguez, 2006).

Índice de dimensión fractal (FRAC)

Originalmente, éste índice describe una relación invariable en la escala de observación entre el perímetro y la superficie de un objeto como lo indica la expresión:

$$FRAC = \frac{2\ln(0,25p_{ij})}{\ln(a_{ij})}$$

Donde:

p: Perímetro (m) del parche ij.

a: Área (m²) del parche ij.

La dimensión fractal toma valores entre 1 y 2. Valores cercanos a uno indican formas geométricas sencillas con perímetros muy simples. Los valores se acercan a 2 conforme las formas se vuelven más complejas (Mc Garigal & Marks, 1995; François & Sandoval, 2000).

El índice de dimensión fractal es importante porque refleja la complejidad de la forma a través de una gama de escalas espaciales (tamaño de los parches).

✓ Métricas de paisaje

Las métricas de paisaje se calculan para el mosaico de parches completo, representando los valores de diversidad ecosistémica necesarios para definir la heterogeneidad o dominancia del área en estudio.

Diversidad

Los índices de diversidad son aplicados para medir la composición y estructura del paisaje, siendo utilizados por la sensibilidad a la riqueza y unidades ecosistémicas comunes.

Índice de diversidad de Shannon (SHDI)

SHDI es igual a menos la suma, en todas las clases, de la abundancia proporcional de cada tipo, multiplicado por la proporción de cada unidad ecosistémica.

$$SHDI = - \sum_{i=1}^m (p_i \ln p_i)$$

Donde:

Pi: Proporción del paisaje ocupado por la unidad ecosistémica *i*.

SHDI es igual a cero, donde el paisaje contiene solamente un parche (no existe diversidad). SHDI incrementa con mayor número de unidades ecosistémicas y con una distribución proporcional más equitativa entre las mismas unidades. (Mc Garigal & Marks 1995).

Índice de Shannon Evenness (SHEI)

SHEI es igual a menos la suma, en todas las clases, de la abundancia proporcional de cada clase, multiplicado por el porcentaje, dividido por el logaritmo del número de clases. Mide la uniformidad de la zona en términos de clases, siendo un complemento para identificar dominancia.

$$SHEI = \frac{- \sum_{i=1}^m (p_i \ln p_i)}{\ln m}$$

Donde:

Pi: Proporción del paisaje ocupado por la clase *i*.

m: número de clases presentes en el paisaje

SHEI es igual a cero cuando el paisaje contiene sólo un parche (es decir, no hay diversidad) y tiende a 0 cuando la distribución entre unidades ecosistémicas diferentes se vuelve cada vez más desigual (es decir, dominado por un tipo). SHEI es igual a uno, cuando la distribución del área entre ecosistemas es perfectamente uniforme (es decir, proporcionalmente los ecosistemas son equivalentes en cuanto a superficie), (Mc Garigal & Marks, 1995).

Una vez determinados los valores para los índices, se efectuó el análisis **TEÓRICO** pertinente de las métricas, determinándose los posibles efectos de la fragmentación, fundamentados principalmente en los siguientes aspectos:

- Efecto del área
- Efecto de la forma
- Efecto del área interior
- Efecto de la conectividad

➤ **Análisis espacial de los efectos de la fragmentación (por categorías de borde, núcleo, interior, etc) en las coberturas naturales.**

El análisis de fragmentación de bosque, parte del método introducido por Riitters *et al.*, 2000, e implementado por el Sistema Automatizado para el Análisis Geocientífico (System for Automated Geoscientific Analyses SAGA).

Este método mide la cantidad de celdas adyacentes al bosque dentro de una ventana que es evaluada, determinando un grado de fragmentación. Los cálculos comienzan con la definición de la densidad **Pf** (proporción de celdas en la ventana que están cubiertos de bosque) y Conectividad **Pff** (en el sentido estricto y solo en puntos cardinales, de los pares de celdas que incluyan al menos una con bosque), donde en la figura 1, se identifican 6 categorías de fragmentación (Ver **Figura 1-20**).

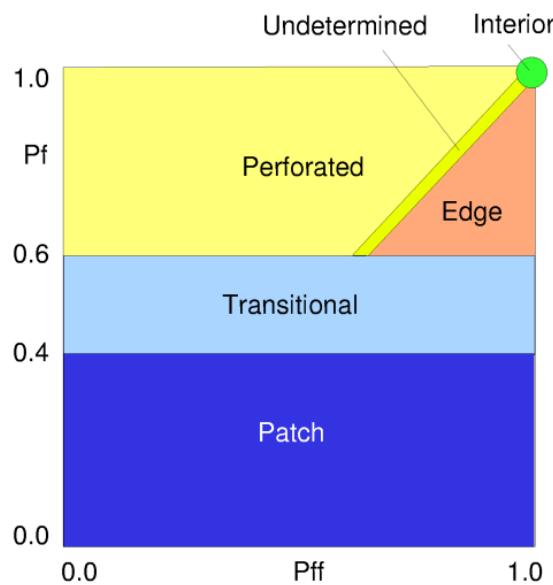


Figura 1-20 Método Riitters 2000
Fuente: Riitters *et al.*, 2000

Las categorías iniciales se clasifican de acuerdo a lo siguiente:

Interior, para lo cual $Pf = 1.0$; **Parche**, $Pf < 0.4$; **Transición**, $0.4 < Pf < 0.6$; **Borde**, $Pf > 0.6$ y $Pf - Pff > 0$; **Perforado**, $Pf > 0.6$ y $Pf - Pff < 0$, y **categoría Indeterminada**, $Pf > 0.6$ y $Pf = Pff$.

Riitters *et al.*, 2002, diferencia entre la categoría de Interior con una densidad superior a 90% y las celdas de Núcleo con una densidad de 100%.

La figura, relaciona las categorías antes mencionadas, colocando la diferencia entre las categorías de Interior y Núcleo, además de descartar la clase de Indeterminado, sin embargo, el algoritmo utilizado por SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses) determina este valor, como inicialmente lo planteo Riitters *et al.*, 2000. (Ver **Figura 1-21**).

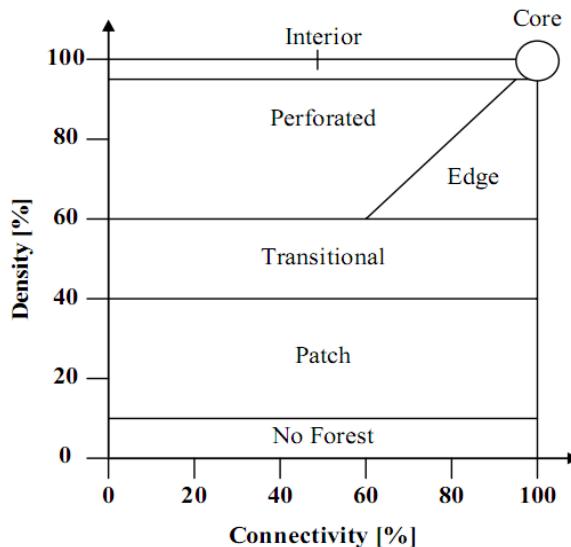


Figura 1-21 Método Riitters 2002
Fuente: RIITTERS *et al.*, 2002

En la **Tabla 1-46** se definen las categorías implementadas en SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses), específicamente en el análisis de Fragmentación alternativa.

Tabla 1-46 Categorías de fragmentación de bosque

CATEGORÍA DE FRAGMENTACIÓN	DENSIDAD	DESCRIPCIÓN
Núcleo	Igual a 1	Densidad y Conectividad igual a 1
Interior	Mayor a 0,9	Densidad mayor a 0,90
Indeterminado	Mayor 0,6	Densidad igual a Conectividad
Perforado	Mayor 0,6	Densidad menor Conectividad mayor a 0
Borde	Mayor 0,6	Densidad menor Conectividad menor a 0
Transición	0,4 < Densidad < 0,6	
Parche	Menor a 0,4	
Ninguno	Menor a 0,2	

Fuente: Adaptado de Phua *et al.*, 2008, antes Riitters *et al.*, 2000.

Por último con la ayuda del programa SAGA se realizó la caracterización espacial de los rangos de sensibilidad para la especie indicadora con relación a concentración de infraestructura.

➤ **Caracterización de la fragmentación para las áreas de desarrollo proyectadas.**

Con la ayuda del Sistema Automatizado para el Análisis Geocientífico (System for Automated Geoscientific Analyses SAGA), se realizó el análisis espacial de los efectos de la fragmentación para las áreas de intervención proyectadas por la empresa.

1.5.3.2 Otras metodologías

- **Aspectos metodológicos Ing. Civil**
- ✓ Infraestructura vial existente

De acuerdo con la información secundaria obtenida; base cartográfica de estudios anteriores, información INVIAS, cartografía IGAC, complementado con el análisis de fotografía aérea, se procedió a realizar el reconocimiento en campo de la red vial principal de acceso y la red vial interna del Bloque Cubarral; ejecutándose recorridos por las mismas y elaborando la correspondiente descripción de especificaciones e inventario de la infraestructura para el control de aguas de escorrentía y paso sobre cuerpos hídricos con los que estas cuentan en la actualidad.

El reconocimiento e inventario de la infraestructura vial realizado en campo, permitió establecer las características físicas, así como la conformación, geometría y estado actual de la misma. A partir de estas observaciones, se proponen actividades tales como recuperación, mantenimiento y/o adecuación de la calzada o la inclusión de estructuras de control que se requieran. De igual manera, se realizó un inventario de la infraestructura existente, evaluando el estado estructural actual e identificando requerimientos de la misma en relación con actividades de limpieza o mantenimiento, georeferenciación de procesos de inestabilidad geotécnica identificables y en general aspectos ambientales relevantes.

Se practicó el levantamiento de trazados viales empleando para ello tecnología GPS cinemática con el fin de obtener mayor precisión en la actualización cartográfica, georeferenciación de la infraestructura inventariada y testimonio fotográfico del estado actual de la misma.

Toda la información recopilada en campo fue incorporada a la base cartográfica del proyecto anexa al presente documento y presentada en el Capítulo 2 Descripción del Proyecto.

- ✓ Infraestructura vial proyectada

Con el fin de evaluar los corredores de vías nuevas proyectadas, se realizaron recorridos a lo largo de dichos trazados identificando cruces sobre corrientes hídricas que requieran permisos de ocupación de cauce, estableciendo su georeferenciación, al igual que verificando puntos que requieran permiso de aprovechamiento forestal.

- ✓ ZODMES

Con el fin de verificar la aptitud de las áreas propuestas para la disposición de materiales sobrantes de excavaciones (ZODMES), se estableció el reconocimiento de aquellas propuestas por el campo Castilla; así como la identificación y definición de las mismas para el campo Chichimene frente a criterios técnicos y ambientales establecidos para la escogencia de estas.

Como parte del trabajo posterior al de campo, se realizó un análisis cualitativo frente al mapa de zonificación ambiental que permitiese establecer las áreas definitivas finalmente propuestas.

- **Zonificación ambiental y de manejo**

La realización de la zonificación ambiental y de manejo de la actividad se realizó con base en el documento entregado por Ecopetrol S.A. "Zonificación ambiental de áreas de perforación petrolera", en la cual se obtuvo la calificación de sensibilidad ambiental de los campos Castilla y Chichimene.

Dicha metodología se basa en la valoración y ponderación de la sensibilidad ambiental de los elementos que conforman los componentes físico, biótico y social de un área específica. A pesar

de que no existe un sistema de zonificación que tenga una aplicación universal, resulta necesario tener una metodología validada para el sector de hidrocarburos, concretamente para la actividad exploratoria.

Además de la mencionada metodología se tuvieron en cuenta los lineamientos establecidos por la "Metodología para la elaboración de estudios ambientales", y las características específicas encontradas en la zona de estudio las cuales son objeto de una consideración especial.

➤ Evaluación ambiental

La evaluación ambiental del Bloque Cubarral, campos Castilla y Chichimene, consistió en la determinación en campo de los impactos actuales generados por la actividad humana (sin proyecto), por parte de los profesionales miembros del grupo PMA; y de la evaluación de los impactos que se pudieran generar debido a la realización de las estrategias de desarrollo y actividades anexas contempladas en el proyecto Castilla 170K, dentro del Bloque en mención.

Dichos impactos fueron identificados en la visita de campo realizada, con el apoyo de la comunidad residente en el área. Con la información recopilada en campo, se procedió a realizar la calificación de los impactos con el proyecto atendiendo los lineamientos de la Matriz de análisis de riesgos (Matriz RAM).

El marco metodológico implementado en el PMA sigue los lineamientos de la Matriz de análisis de riesgos – RAM adoptada por Ecopetrol S.A., en el procedimiento de "Metodología para la identificación y evaluación de impactos ambientales", la cual ha sido conceptualizada, adaptada y aplicada por Ecopetrol S.A., para las evaluaciones ambientales concernientes a proyectos de hidrocarburos, con el objeto de definir el grado de significancia ambiental de un impacto considerando la probabilidad de ocurrencia, denominada "Metodología para la identificación y evaluación de impactos ambientales" versión 2011 (Ver **Anexo 11.1 Metodología de Evaluación de Impactos**).

De acuerdo a lo anterior, este proceso cuenta con dos componentes fundamentales: en el primero se realiza una identificación y evaluación de los impactos generados por las actividades antrópicas actuales en el área del proyecto (evaluación sin proyecto); en el segundo, se identifican y evalúan los posibles impactos emergentes en la implementación de las estrategias de desarrollo en los campos Castilla y Chichimene (evaluación con proyecto).