

Contrato No. 3007373

CONCOL BY WSP  
VICEPRESIDENCIA DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y SOCIALES



**CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y  
CONSULTA PREVIA EN LAS REGIONALES ORINOQUÍA Y ORIENTE DE  
ECOPETROL S.A. Y SUS FILIALES**

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL -EIA- PARA LA MODIFICACIÓN DE LA  
LICENCIA AMBIENTAL DEL ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA – APE  
MEDINA OCCIDENTAL

2. GENERALIDADES

### ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Índice de Revisión	Sección Modificada	Fecha Modificación	Observaciones
<b>A</b>		27/12/2019	Versión Original
<b>B</b>		07/04/2020	Primera entrega para revisión del cliente
<b>C</b>		19/06/2020	Segunda entrega para revisión del cliente
<b>C1</b>		12/08/2020	Tercera entrega para revisión del cliente
<b>0</b>		14/09/2020	Versión Final
<b>1</b>		10/04/2021	Versión Final de la información adicional (Consultora ambiental ASI SAS)

### REVISIÓN Y APROBACIÓN

Número de revisión		1
Elaboración de los estudios	Nombre	Deisy Herrera
	Firma	
Elaboración de los estudios	Nombre	Giovanni Otalora
	Firma	
Elaboración de los estudios	Nombre	Carolina Otalora
	Firma	
Elaboración de los estudios	Nombre	Katherine Ruiz
	Firma	
Elaboración de los estudios	Nombre	Randy Forero
	Firma	
Elaboración de los estudios	Nombre	Julio Cañas
	Firma	
Elaboración de los estudios	Nombre	Andres Felipe Alfonso
	Firma	
Elaboración de los estudios	Nombre	Jorge Gonzalez
	Firma	
Elaboración de los estudios	Nombre	Jeffer Daza
	Firma	
Coordinación de estudios	Nombre	Katherine Martinez
	Firma	
Verificación de los Estudios	Nombre	Lorena Herrera
	Firma	
Gerente de Proyecto	Nombre	Sandra Bernal
	Firma	

---

Fecha	Septiembre de 2020
-------	--------------------

**CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y  
CONSULTA PREVIA PARA LA REGIONAL ORINOQUIA Y ORIENTE DE  
ECOPETROL S.A. Y SUS FILIALES**

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL -EIA- PARA LA MODIFICACIÓN DE LA  
LICENCIA AMBIENTAL DEL ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA – APE  
MEDINA OCCIDENTAL**

**GENERALIDADES**

**TABLA DE CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
2. GENERALIDADES.....	1
2.1 INTRODUCCIÓN.....	1
2.1.1 Localización.....	1
2.2 ANTECEDENTES.....	5
2.2.1 Estudios ambientales, permisos y autorizaciones otorgadas en el área .....	6
2.2.2 Trámites ante autoridades e instituciones competentes .....	6
2.2.3 Análisis de los permisos y/o restricciones regionales y/o locales .....	12
2.2.3.1 Resolución que otorgó el permiso de estudios de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines para la elaboración de estudios ambientales.....	12
2.2.3.1.1 Certificación de presencia o ausencia de comunidades étnicas del ministerio del interior.....	12
2.2.3.1.2 Presencia de áreas de manejo especial .....	13
2.2.3.1.3 Presencia de reservas naturales de la sociedad civil .....	13
2.2.4 Ubicación de otros proyectos en el área de influencia y/o en sus áreas aledañas .....	13
2.2.4.1 Superposición con otros proyectos.....	14
2.2.5 Marco Normativo .....	17
2.2.5.1 Constitución política de Colombia .....	17
2.2.5.2 Leyes, decretos, resoluciones y guías.....	18
2.2.6 Directivas ministeriales.....	26
2.2.7 Normas técnicas colombianas .....	26
2.2.8 Normatividad internacional.....	27
2.3 ALCANCES.....	27
2.3.1 Actividades del proyecto objeto de modificación.....	28
2.3.2 Estructura del Estudio de Impacto Ambiental.....	31
2.3.3 Recopilación de información secundaria y primaria .....	33
2.3.4 Participación de las comunidades y/o actores.....	34
2.3.5 Limitaciones y restricciones del estudio.....	35
2.4 METODOLOGÍAS.....	36
2.4.1 Área de influencia.....	36
2.4.1.1 Etapa de Precampo .....	36
2.4.1.2 Etapa de campo .....	39
2.4.1.3 Etapa Post campo.....	40

2.4.2	Descripción del Proyecto.....	41
2.4.2.1.1	Etapa Precampo .....	41
2.4.2.1.2	Etapa de Campo .....	42
2.4.2.1.3	Etapa Post campo.....	42
2.4.3	Medio Abiótico .....	44
2.4.3.1	Geología.....	44
2.4.3.1.1	Etapa Precampo .....	46
2.4.3.1.2	Etapa de Campo .....	47
2.4.3.1.3	Etapa Poscampo.....	47
2.4.3.2	Amenazas Naturales.....	49
2.4.3.2.1	Amenaza sísmica.....	50
2.4.3.2.2	Amenaza por remoción en masa.....	51
2.4.3.2.3	Amenaza Cerámica .....	53
2.4.3.2.4	Amenaza por Inundación.....	54
2.4.3.3	Geomorfología.....	57
2.4.3.3.1	Etapa Precampo .....	57
2.4.3.3.2	Etapa de Campo .....	60
2.4.3.3.3	Etapa Poscampo.....	61
2.4.3.4	Paisaje.....	63
2.4.3.4.1	Etapa de Precampo .....	64
2.4.3.4.2	Etapa de Campo .....	65
2.4.3.4.3	Etapa Post Campo.....	66
2.4.3.5	Suelos.....	69
2.4.3.5.1	Etapa de Precampo .....	69
2.4.3.5.2	Etapa de campo.....	71
2.4.3.5.3	Etapa de Postcampo.....	72
2.4.3.5.4	Clasificación de tierras por Capacidad de uso.....	75
2.4.3.5.5	Clasificación por uso actual.....	75
2.4.3.5.6	Clasificación por vocación y conflicto de uso .....	75
2.4.3.6	Hidrología .....	75
2.4.3.6.1	Etapa Precampo .....	75
2.4.3.6.2	Etapa Campo .....	78
2.4.3.6.3	Etapa Post Campo.....	81
2.4.3.7	Calidad del agua .....	104
2.4.3.7.1	Etapa Precampo Campaña 2020 .....	106
2.4.3.7.2	Etapa de Campo Campaña 2020.....	126
2.4.3.7.3	Etapa Post Campo Campaña 2020.....	133
2.4.3.7.4	Etapa Precampo Campaña 2021 .....	139
2.4.3.7.5	Etapa de Campo Campaña 2021 .....	153
2.4.3.7.6	Etapa Post Campo Campaña 2021 .....	154
2.4.3.8	Usos del agua .....	154
2.4.3.8.1	Etapa Precampo .....	154
2.4.3.8.2	Etapa de campo.....	156
2.4.3.8.3	Etapa Post Campo.....	156
2.4.3.9	Hidrogeología .....	159
2.4.3.9.1	Etapa Precampo .....	159
2.4.3.9.2	Etapa de Campo .....	165
2.4.3.9.3	Etapa Poscampo.....	169

2.4.3.10	Geotecnia .....	179
2.4.3.10.1	Etapa Precampo .....	179
2.4.3.10.2	Etapa de Campo .....	180
2.4.3.10.3	Etapa PostCampo .....	180
2.4.3.11	Modelación de variables .....	182
2.4.3.11.1	Factores detonantes .....	184
2.4.3.11.2	Mapa de zonificación geotécnica .....	184
2.4.3.12	Componente atmosférico .....	188
2.4.3.12.1	Clima .....	188
2.4.3.12.2	Inventario de fuentes de Emisiones atmosféricas .....	193
2.4.3.12.3	Calidad del Aire .....	195
2.4.3.12.4	Ruido .....	202
2.4.4	Medio Biótico .....	206
2.4.4.1	Ecosistemas Terrestres .....	207
2.4.4.1.1	Zonas de vida .....	207
2.4.4.1.2	Biomás .....	207
2.4.4.1.3	Cobertura de la Tierra .....	208
2.4.4.1.4	Ecosistemas .....	209
2.4.4.2	Flora .....	210
2.4.4.2.1	Etapa Precampo .....	210
2.4.4.2.2	Etapa de campo .....	212
2.4.4.2.3	Etapa Post Campo .....	226
2.4.4.3	Flora arbórea en veda regional .....	232
2.4.4.3.1	Fase precampo .....	232
2.4.4.3.2	Etapa de campo .....	235
2.4.4.3.3	Postcampo .....	243
2.4.4.4	Flora epífita .....	249
2.4.4.4.1	Vasculares .....	249
2.4.4.4.2	No Vasculares .....	253
2.4.4.5	Análisis de Fragmentación .....	265
2.4.4.5.1	Fase Precampo .....	265
2.4.4.5.2	Fase de campo .....	266
2.4.4.5.3	Fase de Post Campo .....	267
2.4.4.6	Fauna .....	274
2.4.4.6.1	Etapa Precampo .....	275
2.4.4.6.2	Etapa de Campo .....	277
2.4.4.6.3	Etapa Poscampo .....	287
2.4.4.7	Ecosistemas Acuáticos .....	290
2.4.4.7.1	Etapa Precampo Campaña 2020 .....	290
2.4.4.7.2	Etapa de Campo Campaña 2020 .....	292
2.4.4.7.3	Etapa Poscampo Campaña 2020 .....	297
2.4.4.7.4	Etapa Precampo Campaña 2021 .....	299
2.4.4.7.5	Etapa Campo Campaña 2021 .....	300
2.4.4.7.6	Etapa de Poscampo Campaña 2021 .....	302
2.4.4.8	Áreas protegidas, ecosistemas estratégicos, áreas sensibles y estrategias de conservación .....	306
2.4.4.8.1	Etapa Precampo .....	306
2.4.4.8.2	Etapa de Campo .....	307

2.4.4.8.3	Etapa Post Campo.....	307
2.4.5	Medio Socioeconómico .....	307
2.4.5.1	Marco Conceptual .....	307
2.4.5.1.1	Aspectos socioeconómicos .....	307
2.4.5.1.2	Servicios ecosistémicos.....	311
2.4.5.2	Marco Normativo.....	313
2.4.5.3	Área de Influencia – Medio Socioeconómico .....	315
2.4.5.4	Desarrollo de la metodología .....	317
2.4.5.4.1	Etapa Precampo .....	319
2.4.5.4.2	Etapa de Campo.....	329
2.4.5.4.3	Etapa Post Campo.....	358
2.4.5.5	Servicios Ecosistémicos.....	361
2.4.5.5.1	Fase Pre Campo .....	362
2.4.5.5.2	Fase de Campo.....	363
2.4.5.5.3	Fase Post Campo .....	366
2.4.5.6	Componente arqueológico.....	370
2.4.5.6.1	Precampo.....	370
2.4.5.6.2	Etapa Campo .....	371
2.4.5.6.3	Etapa Post Campo.....	371
2.4.6	Zonificación Ambiental .....	372
2.4.6.1	Zonificación ambiental en términos de sensibilidad e importancia .....	373
2.4.6.2	Correlación Sensibilidad/Importancia (S/I) .....	375
2.4.6.3	Proceso de consolidación y construcción de la zonificación ambiental .....	376
2.4.6.4	Elementos representativos en el proceso de zonificación ambiental .....	376
2.4.7	Demanda, uso y aprovechamiento de recursos naturales .....	377
2.4.7.1	Aguas superficiales .....	377
2.4.7.1.1	Etapa Precampo .....	377
2.4.7.1.2	Etapa Campo .....	378
2.4.7.1.3	Etapa Post Campo.....	378
2.4.7.2	Vertimientos para disposición final de aguas residuales en suelos.....	379
2.4.7.2.1	Etapa Precampo .....	380
2.4.7.2.2	Etapa de Campo .....	380
2.4.7.2.3	Etapa Post Campo.....	381
2.4.7.3	Ocupaciones de cauces.....	383
2.4.7.3.1	Etapa Precampo .....	384
2.4.7.3.2	Etapa Campo .....	384
2.4.7.3.3	Etapa Post Campo.....	384
2.4.7.4	Materiales de construcción .....	386
2.4.7.5	Aprovechamiento forestal .....	386
2.4.7.5.1	Etapa Precampo .....	386
2.4.7.5.2	Etapa Campo .....	388
2.4.7.5.3	Etapa Post Campo.....	397
2.4.7.6	Emisiones atmosféricas .....	399
2.4.7.6.1	Etapa Precampo .....	399
2.4.7.6.2	Etapa de Campo .....	400
2.4.7.6.3	Etapa PostCampo.....	400
2.4.8	Evaluación ambiental .....	401

2.4.8.1	Etapa Precampo.....	402
2.4.8.2	Etapa de campo .....	403
2.4.8.3	Etapa PostCampo .....	405
2.4.8.3.1	Marco conceptual.....	405
2.4.9	Evaluación económica.....	415
2.4.9.1	Determinación impactos internalizables y no internalizables.....	416
2.4.9.2	Análisis de impactos internalizados.....	417
2.4.9.3	Valoración económica de impactos no internalizables .....	417
2.4.9.3.1	Análisis Costo Beneficio ACB.....	418
2.4.9.3.2	Análisis de sensibilidad.....	419
2.4.10	Planes y programas.....	419
2.4.10.1	Plan de manejo ambiental (PMA) .....	419
2.4.10.2	Plan de seguimiento y monitoreo (PSM) .....	419
2.4.10.3	Plan de gestión del riesgo.....	420
2.4.10.3.1	Etapa Precampo .....	420
2.4.10.3.2	Etapa de campo.....	420
2.4.10.3.3	Etapa Post Campo.....	420
	Criterios del riesgo .....	424
2.4.10.4	Plan de desmantelamiento y abandono .....	429
2.4.10.5	Plan de inversión del 1%.....	429
2.4.10.5.1	Estrategia para la identificación del área núcleo para la implementación de las obligaciones de inversión del 1%.....	429
2.4.10.5.2	Justificación de la estrategia para la identificación del área núcleo para la implementación de las obligaciones de inversión del 1%.....	431
2.4.10.5.3	Definición del núcleo.....	433
2.4.10.5.4	Definición de paisajes.....	436
2.4.10.5.5	Definición de línea base .....	437
2.4.10.5.6	Definición de unidades de análisis .....	437
2.4.10.5.7	Delimitación del área efectiva.....	438
2.4.10.6	Plan de compensación por pérdida de la biodiversidad.....	438
2.4.10.6.1	Fase I. Qué compensar .....	439
2.4.10.6.2	Fase II. Cuánto compensar .....	439
2.4.10.6.3	Fase III. Dónde compensar .....	439
2.4.10.6.4	Fase IV. Cómo compensar .....	440
2.4.10.6.5	Identificación de impactos no evitados, mitigados o corregidos.....	441
2.4.11	Cartografía y SIG.....	441
2.4.11.1	Definición de las ventanas cartográficas .....	442
2.4.11.2	Procesamiento de fuentes de información .....	442
2.4.11.3	Actualización cartográfica con base en información de sensores remotos y campo	442
2.4.11.4	Vías.....	443
2.4.11.5	Digitalización, estructuración, y almacenamiento en geodatabase .....	443
2.4.11.6	Creación de metadatos.....	444
2.4.11.7	Listado de mapas.....	444
2.5	PROFESIONALES QUE INTERVINIERON EN EL DESARROLLO DEL ESTUDIO	445

**CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y  
CONSULTA PREVIA PARA LA REGIONAL ORINOQUIA Y ORIENTE DE  
ECOPETROL S.A. Y SUS FILIALES**

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL -EIA- PARA LA MODIFICACIÓN DE LA  
LICENCIA AMBIENTAL DEL ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA – APE  
MEDINA OCCIDENTAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

	<b>Pág.</b>
Tabla 2.1	Coordenadas del APE Medina Occidental ..... 2
Tabla 2.2	Localización del APE Medina Occidental ..... 3
Tabla 2.3	Coordenadas del APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia..... 4
Tabla 2.4	Gestión realizada ante la Corporación Autónoma Regional del Guavio (CORPOGUAVIO)..... 7
Tabla 2.5	Gestión realizada ante la Corporación Autónoma Regional de Chivor (CORPOCHIVOR)..... 8
Tabla 2.6	Gestión realizada ante la gobernación de Cundinamarca ..... 8
Tabla 2.7	Gestión realizada ante alcaldías municipales ..... 9
Tabla 2.8	Gestión realizada ante diferentes entidades ..... 11
Tabla 2.9	Actividades realizadas mediante permiso de colecta..... 12
Tabla 2.10	Proyectos en superposición APE Medina Occidental ..... 14
Tabla 2.11	Marco Normativo ..... 18
Tabla 2.12	Marco normativo legal minero y energético..... 26
Tabla 2.13	Equivalencia de Actividades Respecto a Resolución 373 de 1998 ..... 30
Tabla 2.14	Etapas y Actividades Contempladas en el APE Medina Occidental..... 31
Tabla 2.15	Trabajos de campo para la Modificación de la Licencia Ambiental del APE Medina Occidental..... 34
Tabla 2.16	Actividades de participación Modificación de la Licencia Ambiental del APE Medina ..... 35
Tabla 2.17	Actividades de recopilación de información social Modificación de la Licencia Ambiental del APE Medina ..... 35
Tabla 2.18	Parámetros de calificación para área de influencia preliminar ..... 36
Tabla 2.19	Criterios para la definición de impactos significativos ..... 39
Tabla 2.20	Información geológica del S.G.C. consultada ..... 46
Tabla 2.21	Otros estudios consultados - Geología..... 46
Tabla 2.22	Unidades Geológicas identificadas para el APE Medina Occidental..... 48
Tabla 2.23	Valores de amenaza sísmica según NSR - 10..... 50
Tabla 2.24	Categorías para la zonificación geotécnica ..... 51
Tabla 2.25	Información geomorfológica del S.G.C. consultada ..... 58
Tabla 2.26	Información consultada de geomorfología – otros estudios..... 58
Tabla 2.27	Líneas de vuelo consultadas en el IGAC..... 58
Tabla 2.28	Unidades geomorfológicas del APE Medina Occidental ..... 61
Tabla 2.29	Criterios de valoración y puntuación para evaluar la calidad visual del paisaje ..... 66
Tabla 2.30	Clases utilizadas para evaluar la calidad visual según puntaje ..... 67



Tabla 2.31	Factores del paisaje determinantes de su capacidad de absorción visual CAV .....	68
Tabla 2.32	Escala de referencia para la estimación de la capacidad de absorción visual del paisaje .....	69
Tabla 2.33	Insumos secundarios utilizados en el estudio .....	70
Tabla 2.34	Clasificación de áreas .....	85
Tabla 2.35	Clasificación de cuencas de acuerdo a la pendiente media .....	86
Tabla 2.36	Clasificación según el coeficiente de compacidad .....	87
Tabla 2.37	Valores interpretativos del Factor de Forma de una Cuenca.....	87
Tabla 2.38	Clasificación de Índice de Alargamiento.....	88
Tabla 2.39	Clasificación según el coeficiente de compacidad .....	89
Tabla 2.40	Ecuaciones para definir tiempo de concentración de las cuencas .....	90
Tabla 2.41	Estaciones Limnigráficas .....	91
Tabla 2.42	Estaciones Climatológicas cercanas al área de estudio. ....	94
Tabla 2.43	Valores de coeficiente de escorrentía .....	96
Tabla 2.44	Estaciones hidroclimáticas utilizadas para realizar el Balance Hídrico de las cuencas a intervenir .....	98
Tabla 2.45.	Comparación de puntos monitoreados en la campaña 2020 y 2021. ....	105
Tabla 2.46	Coordenadas de punto de captación.....	113
Tabla 2.47	Coordenadas puntos de monitoreo ocupación de cauce .....	114
Tabla 2.48	Parámetros de medición .....	125
Tabla 2.49	Métodos de evaluación .....	126
Tabla 2.50	Requerimientos de manipulación y preservación de la muestra. ....	131
Tabla 2.51	Limites Objetivos de calidad por cada área de drenaje clasificada por usos e indicadores de calidad .....	134
Tabla 2.52	Variables empleadas en el cálculo del indicador para casos de cinco (5) variables .....	135
Tabla 2.53	Relación entre valores y calificación.....	137
Tabla 2.54	Código de colores índice ICO .....	138
Tabla 2.55	Índices de contaminación.....	139
Tabla 2.56	Coordenadas fuentes hídricas objeto de monitoreo.....	141
Tabla 2.57	Parámetros monitoreados en cuerpos de agua .....	149
Tabla 2.58	Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.....	157
Tabla 2.59	Categorías e interpretación del índice por uso.....	159
Tabla 2.60	Relación de información secundaria utilizada en la caracterización hidrogeológica.....	160
Tabla 2.61.	Relación muestreo fisicoquímico para los acuíferos A y B .....	172
Tabla 2.62	Resumen unidades hidrogeológicas del APE Medina Occidental .....	178
Tabla 2.63	Categorías y valores de susceptibilidad para análisis de las variables ..	182
Tabla 2.64	Leyenda del mapa de zonificación geotécnica.....	185
Tabla 2.65	Estaciones Meteorológicas en la zona del proyecto .....	188
Tabla 2.66	Periodicidad de los datos de las Estaciones meteorológicas .....	190
Tabla 2.67	Rangos definidos por Caldas Lang para la clase de clima .....	193
Tabla 2.68	Relación de puntos de monitoreo de calidad del aire .....	196
Tabla 2.69	Métodos de muestreo y análisis utilizados .....	198
Tabla 2.70	Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio .....	202
Tabla 2.71	Puntos de medición de ruido ambiental.....	203

Tabla 2.72	Datos Generales de la medición de ruido ambiental.....	205
Tabla 2.73	Estándares máximos permisibles de niveles de Ruido Ambiental.....	206
Tabla 2.74	Especificaciones de las imágenes utilizadas para la generación de la cartografía de cobertura de la tierra .....	209
Tabla 2.75	Estadígrafos para el cálculo del error estadístico. ....	211
Tabla 2.76	Número de parcelas y error de muestreo por ecosistema .....	212
Tabla 2.77	Unidades de muestreo para la Vegetación Terrestre.....	213
Tabla 2.78	Criterios para la diferenciación de fustales, latizales y brinzales .....	214
Tabla 2.79	Identificación de las comisiones en campo .....	217
Tabla 2.80	Parámetros estructurales e índices de diversidad .....	227
Tabla 2.81	Categorías de uso e importancia utilizadas para las especies de flora ..	231
Tabla 2-82	Unidades de muestreo en herbazales.....	234
Tabla 2-83	Coberturas de la tierra registradas en el área del proyecto con jurisdicción de CORPOCHIVOR .....	238
Tabla 2.84	Coordenadas de las parcelas muestreadas para la caracterización de la flora arborea en veda en jurisdicción de CORPOCHIVOR. ....	239
Tabla 2-85	Estructura horizontal.....	244
Tabla 2-86	Categorización de clases y frecuencia de la vegetación. ....	247
Tabla 2-87	Variables estudiadas en la estructura vertical.....	247
Tabla 2-88	Categorías de tamaño para la caracterización de regeneración natural.....	248
Tabla 2.89	Identificación de las comisiones en campo .....	254
Tabla 2.90	Puntos de verificación de coberturas.....	266
Tabla 2.91	Índices de estado utilizados para la evaluación .....	268
Tabla 2.92	Métrica número de parches (fragmentos) de la clase .....	269
Tabla 2.93	Descripción de algoritmos de forma .....	270
Tabla 2.94	Descripción de algoritmos Área core.....	271
Tabla 2.95	Contexto paisajístico .....	272
Tabla 2.96	Rango de valores de fragmentación.....	273
Tabla 2.97	La ponderación de las diferentes categorías de fragmentación .....	274
Tabla 2.98	Fuentes bibliográficas utilizadas para la construcción de listas de especies con distribución regional para la caracterización del área de influencia del APE Medina.....	275
Tabla 2.99	Índices para el análisis ecológico de la fauna silvestre identificada en campo.....	288
Tabla 2.100	Fuentes de información secundaria consultada para el componente hidrobiológico .....	291
Tabla 2.101	Metodología establecida para análisis de laboratorio .....	297
Tabla 2.102	Marco Legal del Medio Socioeconómico y Cultural .....	314
Tabla 2.103	Jurisdicción Territorial y Ambiental del área de Influencia del Proyecto. ....	315
Tabla 2.104	Unidades territoriales mayores y menores del Área de Influencia del Proyecto .....	315
Tabla 2.105	Cronograma etapa de Precampo.....	327
Tabla 2.106	Recursos humanos .....	329
Tabla 2.107	Esquemas de convocatoria a grupos de interés .....	330
Tabla 2.108	Estrategias de información, divulgación y piezas para convocatoria implementadas .....	331
Tabla 2.109	Resumen Servicios Ecosistémicos.....	338
Tabla 2.110	Cronograma etapa de Campo .....	353

Tabla 2.111	Recursos y actividades de la etapa Campo .....	357
Tabla 2.112	Cronograma etapa de Post Campo .....	360
Tabla 2.113	Recursos y actividades de la etapa Poscampo.....	361
Tabla 2.114	Relación entre las unidades de análisis y los servicios ecosistémicos que ofrecen.....	366
Tabla 2.115	Criterios para definir el grado de dependencia de las comunidades a los servicios ecosistémicos.....	368
Tabla 2.116	Criterios para definir el grado de dependencia del proyecto a los servicios ecosistémicos .....	368
Tabla 2.117	Cálculo del nivel de importancia del impacto del Servicio ecosistémico	369
Tabla 2.118	Categorías de calificación para Sensibilidad (S) .....	374
Tabla 2.119	Categorías de calificación para Importancia (I) .....	375
Tabla 2.120	Matriz de interacciones Sensibilidad/Importancia (S/I) .....	376
Tabla 2.121	Elementos tipificadores de los medios abiótico, biótico, socioeconómico .....	376
Tabla 2.122	Puntos de Captación solicitados para APE Medina Occidental.....	379
Tabla 2.123	Coberturas en el AI Medina Occidental .....	387
Tabla 2.124	Ubicación de las parcelas empleadas en cálculo de aprovechamiento forestal.....	388
Tabla 2.125	Estadígrafos para el cálculo del error estadístico. ....	398
Tabla 2.126	Estadígrafos por cobertura.....	398
Tabla 2.127	Listado de preguntas para recolección de información primaria para actividades sin proyecto.....	403
Tabla 2.128	Efecto de los impactos .....	406
Tabla 2.129	Magnitud de los impactos .....	406
Tabla 2.130	Resiliencia frente a los impactos .....	407
Tabla 2.131	Tendencia de los impactos .....	408
Tabla 2.132	Extensión de los impactos (On Shore) .....	408
Tabla 2.133	Exposición de los impactos.....	409
Tabla 2.134	Recuperabilidad de los impactos .....	409
Tabla 2.135	Acumulación de los impactos .....	409
Tabla 2.136	Sinergia de los impactos .....	410
Tabla 2.137	Nivel de Importancia de los Impactos Ambientales.....	411
Tabla 2.138	Evidencia y Probabilidad de Ocurrencia.....	412
Tabla 2.139	Evaluación de la Significancia de los Impactos Negativos – Escenario Sin proyecto.....	413
Tabla 2.140	Evaluación de la Significancia de los Impactos Positivos – Escenario Sin Proyecto .....	413
Tabla 2.141	Evaluación de la Significancia de los Impactos Negativos – Escenario Con proyecto.....	414
Tabla 2.142	Evaluación de la Significancia de los Impactos Positivos – Escenario Con proyecto.....	414
Tabla 2.143	Formato de descripción de impactos (Sin o Con proyecto) .....	415
Tabla 2.144	Clasificación de rangos de impacto .....	416
Tabla 2.145	Métodos sugeridos Términos de referencia .....	418
Tabla 2.146	Determinación del nivel de riesgo a partir de la combinación amenaza y vulnerabilidad .....	423
Tabla 2.147	Escalas de probabilidad para valoración de riesgos .....	424

Tabla 2.148	Niveles resultantes de la valoración del riesgo .....	426
Tabla 2.149	Clasificación de las amenazas.....	427
Tabla 2.150	Referencia cartográficas empleadas para la construcción del portafolio.....	434
Tabla 2.151	Fuentes de información cartográfica .....	442
Tabla 2.152	Formatos de almacenamiento información cartográfica .....	444
Tabla 2.153	Inventario de mapas.....	444
Tabla 2.154	Profesionales que intervinieron en la elaboración del EIA.....	445

**CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y  
CONSULTA PREVIA PARA LA REGIONAL ORINOQUIA Y ORIENTE DE  
ECOPETROL S.A. Y SUS FILIALES**

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL -EIA- PARA LA MODIFICACIÓN DE LA  
LICENCIA AMBIENTAL DEL ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA – APE  
MEDINA OCCIDENTAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

	<b>Pág.</b>
Figura 2.1	Localización del APE Medina Occidental licenciado mediante Resolución 0373 de 1998..... 2
Figura 2.2	Localización del APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia ..... 3
Figura 2.3	Bloques adjudicados por la ANH en áreas adyacentes al Bloque Condor ..... 14
Figura 2.4	Superposición APE Medina Occidental con el proyecto APE Coporo y la línea de transmisión a 230 kW Corredor Sur y Sistema Bogotá..... 15
Figura 2.5	Etapas para Descripción del Proyecto..... 41
Figura 2.6	Ingreso Norte y Sur ..... 44
Figura 2.7	Unidades Geológicas identificadas para el APE Medina Occidental..... 49
Figura 2.8	Mapa susceptibilidad de remoción en masa ..... 52
Figura 2.9	Mapa de niveles cerámicos en Colombia..... 54
Figura 2.10	Mapa de susceptibilidad por inundación..... 56
Figura 2.11	Modelo de sombras en el área de influencia..... 59
Figura 2.12	Mapa geomorfológico del área de influencia del APE Medina Occidental..... 63
Figura 2.13	Sistema taxonómico de las geoformas..... 70
Figura 2.14	Unidades cartográficas de suelos..... 74
Figura 2.15	Mosaico de MED abarcando las cuencas asociadas al área de influencia del APE..... 77
Figura 2.16	Índice NDWI determinado a partir de mosaico de imágenes Sentinel 2 .. 78
Figura 2.17	Esquema General de Zonificación de Hidrográfica de Colombia ..... 82
Figura 2.18	Mapa Zonificación Hidrográfica de Colombia..... 82
Figura 2.19	Zonificación Hidrográfica nacional, nivel de áreas y zonas hidrográficas. 83
Figura 2.20	Zonificación de cuencas hidrográficas. Orinoquía ..... 84
Figura 2.21	Cambio de Forma de la Curva Hipsométrica con la edad del río ..... 90
Figura 2.22	Estaciones IDEAM en las cuencas del Guavio y Humea..... 95
Figura 2.23	Ubicación puntos de monitoreo línea base ..... 109
Figura 2.24	Ubicación puntos de monitoreo captaciones..... 110
Figura 2.25	Ubicación puntos de monitoreo lentícos ..... 111
Figura 2.26	Ubicación puntos de monitoreo de ocupación de cauce..... 112
Figura 2.27	Localización de Puntos de Monitoreo – Campaña 2021 ..... 140
Figura 2.28	Formato para toma de datos en campo de Usos del Agua..... 155
Figura 2.29	AI Medina Occidental y el Atlas Hidrogeológico de Colombia ..... 162
Figura 2.30	Imagen Worldview 2017 AI APE Medina Occidental ..... 163
Figura 2.31	Inicio de drenajes, posibles manantiales ..... 164

Figura 2.32	Mapas hidrogeológico preliminar del APE Medina Occidental y Vía Japón-Medina .....	165
Figura 2.33	Instrumentos usados en inventario de puntos de agua. ....	166
Figura 2.34	Dispositivo Schlumberger - Simetrico Cuadripolo .....	168
Figura 2.35	Sondeo Eléctrico vertical.....	168
Figura 2.36	Resistividad de los Geomateriales.....	171
Figura 2.37	Localización puntos hidrogeológicos monitoreados. ....	173
Figura 2.38	Esquema para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica .....	174
Figura 2.39	Variables de evaluación del método DRASTIC.....	175
Figura 2.40	Mapa de unidades hidrogeológicas APE Medina Occidental .....	177
Figura 2.41	Diagrama metodológico para obtener la zonificación geotécnica.....	181
Figura 2.42	Mapa de zonificación geotécnica a procesos erosivos y de remoción en masa .....	187
Figura 2.43	Ubicación Estaciones Meteorológicas en la zona del proyecto .....	189
Figura 2.44	Localización geografica de los puntos de monitoreo .....	197
Figura 2.45	Ubicación puntos de monitoreo de ruido ambiental .....	204
Figura 2.46	Esquema metodológico para la elaboración de Biomas .....	208
Figura 2.47	Esquema metodológico para la elaboración del mapa de ecosistemas. ....	210
Figura 2.48	Esquema del establecimiento semitemporal de parcelas para la caracterización de ecosistemas con coberturas de bosque y vegetación secundaria alta .....	215
Figura 2.49	Esquema del establecimiento semitemporal de parcelas para la caracterización de vegetación secundaria baja.....	216
Figura 2.50	Esquema del establecimiento semitemporal de parcelas para la caracterización de herbazales .....	216
Figura 2.51	Formato para la caracterización forestal estado fustal.....	220
Figura 2.52	Formato para la caracterización forestal de la regeneración natural.....	221
Figura 2.53	Formato para la caracterización herbazal .....	221
Figura 2.54	Recomendaciones para la medición de diámetros de árboles deformados, bifurcados e inclinados.....	222
Figura 2.55	Localización de individuos para perfil de vegetación .....	223
Figura 2.56	Modelo Etiqueta .....	224
Figura 2.57	Esquema del establecimiento semitemporal de parcelas para la caracterización de ecosistemas con coberturas de bosque y vegetación secundaria alta .....	233
Figura 2-58	Esquema del establecimiento semitemporal de parcelas para la caracterización de vegetación secundaria baja y arbustiva .....	234
Figura 2-59	Esquema de establecimiento semitemporal de parcelas para la caracterización de vegetación herbácea y rasante.....	235
Figura 2-60	Coberturas de la tierra registradas en el área del proyecto con jurisdicción de CORPOCHIVOR. ....	239
Figura 2.61	Localización espacial de las parcelas realizadas para la caracterización de la flora arbórea en veda en jurisdicción de CORPOCHIVOR .....	242
Figura 2.62	Modelo de etiqueta de campo.....	251
Figura 2.63	Estratos del forófito .....	257
Figura 2.64	Plantilla de acetato para estimar la abundancia (cm <sup>2</sup> ) de especies no vasculares .....	258

Figura 2.65	Parcela para levantamiento de flora vascular y no vascular de hábito terrestre y rupícola .....	259
Figura 2.66	Esquema del punto de conteos para monitorear aves.....	283
Figura 2.67	Ubicación de los puntos de conteo.....	283
Figura 2.68	Actividades de la etapa de precampo.....	300
Figura 2.69.	Actividades de la Etapa de Campo .....	301
Figura 2.70.	Actividades de la etapa de laboratorio para las comunidades hidrobiológicas .....	303
Figura 2.71.	Análisis cuantitativo y cualitativo de la comunidad del perifiton .....	303
Figura 2.72	Etapas de la metodología del Medio Socioeconómico .....	318
Figura 2.73	Ejercicio de identificación de los Servicios Ecosistémicos.....	339
Figura 2.74	Divulgación de resultados del EIA .....	343
Figura 2.75	Fuentes consultadas para la elaboración de la estrategia de información y participación .....	344
Figura 2.76	Proceso general de divulgación de resultados del EIA.....	346
Figura 2.77	Recursos a implementar durante el proceso de convocatoria (Fase I) ..	347
Figura 2.78	Consolidado de desarrollo de la socialización de resultados del EIA.....	351
Figura 2.79	Soportes generados a partir de la implementación de la estrategia para socialización de resultados del EIA .....	352
Figura 2.80	Matriz de Servicios ecosistémicos que se identifican en el barrio Bethel del municipio de Medina. ....	364
Figura 2.81	Listas de chequeo utilizadas en el taller de servicios ecosistémicos realizados con la comunidad .....	365
Figura 2.82	Mapa de servicios ecosistémicos vereda Charco Largo del municipio de Santa María.....	365
Figura 2.83	Proceso de zonificación de los SSEE identificados .....	368
Figura 2.84	Paso a paso para determinar el impacto del proyecto sobre los servicios ecosistémicos.....	369
Figura 2.85	Representación del cambio ambiental.....	402
Figura 2.86	Alcance del Plan de Gestión del Riesgo para el Estudio de Impacto Ambiental para la modificación de la Licencia Ambiental del Área de Perforación Exploratoria – APE Medina Occidental.....	421
Figura 2.87	Esquema metodológico para el manejo del desastre .....	428
Figura 2.88	Estrategia de implementación de la inversión de no menos del 1%.....	430
Figura 2.89	Estrategias para la gestión integral de la biodiversidad en el área de proyecto (IAvH, 2015) .....	433
Figura 2.90	Marco conceptual para la construcción de la metodología de núcleos ..	436
Figura 2.91	Ruta metodológica para la identificación de áreas para la implementación de proyectos productivos y estrategias de conservación.....	437
Figura 2.92	Jerarquía de la mitigación.....	441

CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y  
CONSULTA PREVIA PARA LA REGIONAL ORINOQUIA Y ORIENTE DE  
ECOPETROL S.A. Y SUS FILIALES

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL -EIA- PARA LA MODIFICACIÓN DE LA  
LICENCIA AMBIENTAL DEL ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA – APE  
MEDINA OCCIDENTAL

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág
<b>Fotografía 2.1</b> Equipo Trimble Geo 7x .....	80
<b>Fotografía 2.2</b> Levantamiento sección transversal del cauce .....	81
<b>Fotografía 2.3</b> Ancho y profundidad del cauce .....	81
Fotografía 2.4 Delimitación de la parcela .....	218
Fotografía 2.5 Identificación de las parcelas e individuos fustales .....	219
Fotografía 2.6 Marcación de parcela e individuos .....	219
Fotografía 2.7 Proceso de identificación .....	225
Fotografía 2.8 Proceso colecta de muestras botánicas .....	225
Fotografía 2.9 Proceso de prensado y alcoholizado de muestras botánicas .....	226
Fotografía 2.10 Proceso de identificación de muestras botánicas .....	227
Fotografía 2.11 Colecta de muestras botánicas.....	251
Fotografía 2.12 Proceso de prensado y alcoholizado de las muestras botánicas .....	252
Fotografía 2.13 Proceso de identificación de muestras botánicas .....	253
Fotografía 2.14 Georreferenciación de puntos de muestreo .....	255
Fotografía 2.15 Numeración de forófitos en campo.....	256
<b>Fotografía 2.16</b> Toma de datos dasométricos del forófito .....	256
Fotografía 2.17 Levantamiento de información en campo.....	258
Fotografía 2.18 Prensado de un ejemplar de orquídea .....	260
Fotografía 2.19 Muestras de no vasculares colectadas en campo .....	261
Fotografía 2.20 Conteo de individuos por puntos extensivos .....	282
Fotografía 2.21 Instalación Redes de Niebla .....	284
<b>Fotografía 2.22</b> Técnica de raspado de sustratos para colecta algas del perifiton ..	293
<b>Fotografía 2.23</b> Técnica de captura en contracorriente con red Surver para colecta de macroinvertebrados acuáticos.....	294
<b>Fotografía 2.24</b> Técnica de red de mano para captura de fauna íctica.....	295
<b>Fotografía 2.25</b> Captura para caracterización de fauna íctica por atarraya .....	296
<b>Fotografía 2.26</b> Captura para caracterización de fauna íctica por red de arrastre. ..	296

## 2. GENERALIDADES

### 2.1 INTRODUCCIÓN

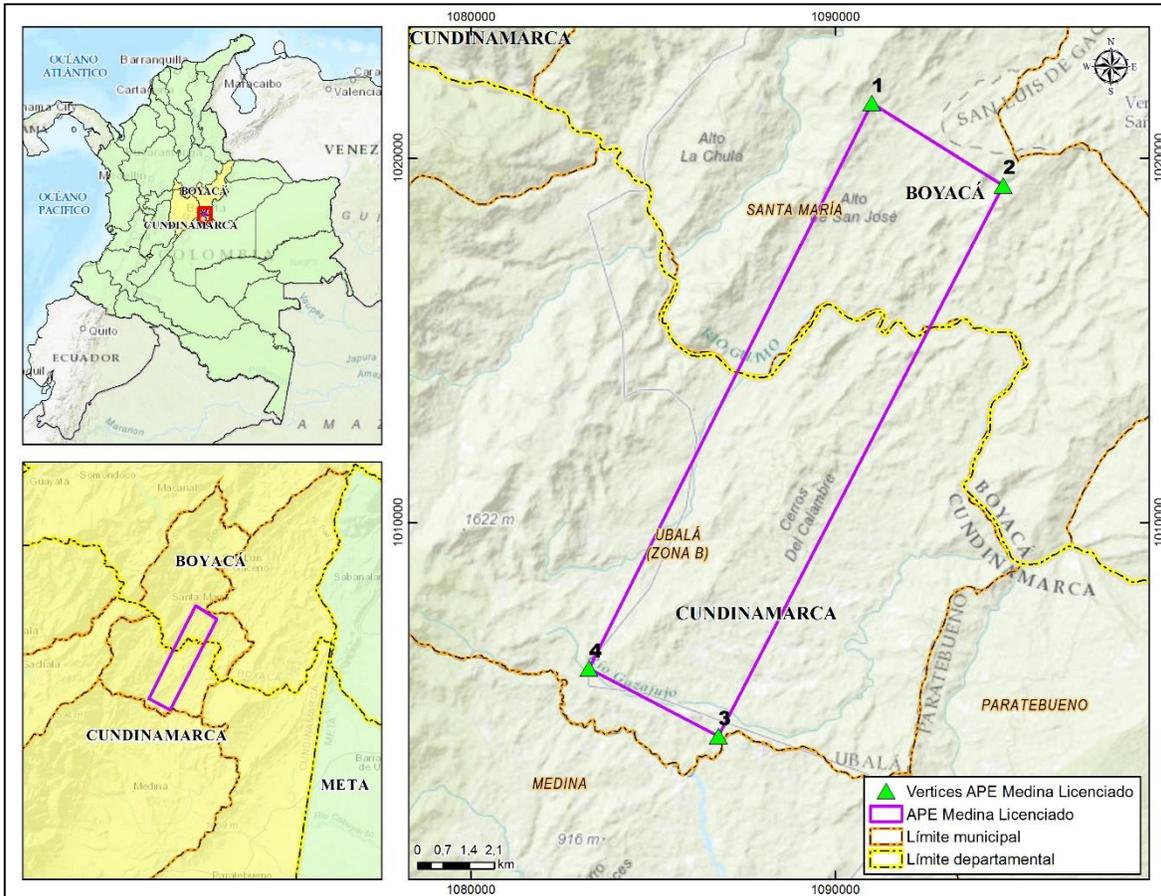
El presente documento corresponde al Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental del Área de Perforación Exploratoria Medina Occidental, otorgada por el Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo a través de la Resolución 0373 de 1998 a Ecopetrol S.A., esta área hace parte de los proyectos de exploración en el proceso de búsqueda de hidrocarburos en las zonas señaladas como potenciales por los estudios geológicos en Colombia.

Dentro del marco del desarrollo sostenible, y para dar cumplimiento a la normatividad ambiental colombiana, WSP Colombia, es la empresa contratada para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental, siguiendo los lineamientos establecidos en el año 2014, por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), en los términos de referencia M-M-INA-01 para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para Proyectos de Perforación Exploratoria de Hidrocarburos; y la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010.

#### 2.1.1 Localización

El Área de Perforación Exploratoria – APE Medina Occidental (en adelante APE Medina Occidental), se encuentra dentro del Mapa de Tierras de la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH, en el Bloque denominado Condor. El APE cuenta con licencia ambiental otorgada mediante la Resolución 0373 de 1998, tiene un área de 7.063,63ha y se localiza en jurisdicción de los municipios de Santa María y Ubalá pertenecientes a los departamentos de Boyacá y Cundinamarca respectivamente, bajo la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Guavio (CORPOGUAVIO) y la Corporación Autónoma Regional de Chivor (CORPOCHIVOR). (Ver Figura 2.1).

**Figura 2.1 Localización del APE Medina Occidental licenciado mediante Resolución 0373 de 1998**



Fuente: Concol by WSP, 2020

Las coordenadas del APE Medina Occidental licenciado mediante Resolución 0373 de 1998 se presentan en la **Tabla 2.1**.

**Tabla 2.1 Coordenadas del APE Medina Occidental**

VÉRTICE	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTA	
	ESTE (m)	NORTE (m)
1	1.021.500	1.091.000
2	1.019.250	1.094.600
3	1.004.150	1.086.800
4	1.006.000	1.083.250

Fuente: Resolución 0373 del 6 de mayo de 1998

Es importante mencionar que uno de los propósitos de la solicitud de modificación de la licencia ambiental es la ampliación de 3.993,54 ha del APE Medina Occidental. Es decir, de 7.063,63ha se pretende ampliar a 11.057,17 ha, con el propósito de permitir el desarrollo de actividades adicionales a las autorizadas por la autoridad ambiental mediante la Resolución 0373 de 1998.

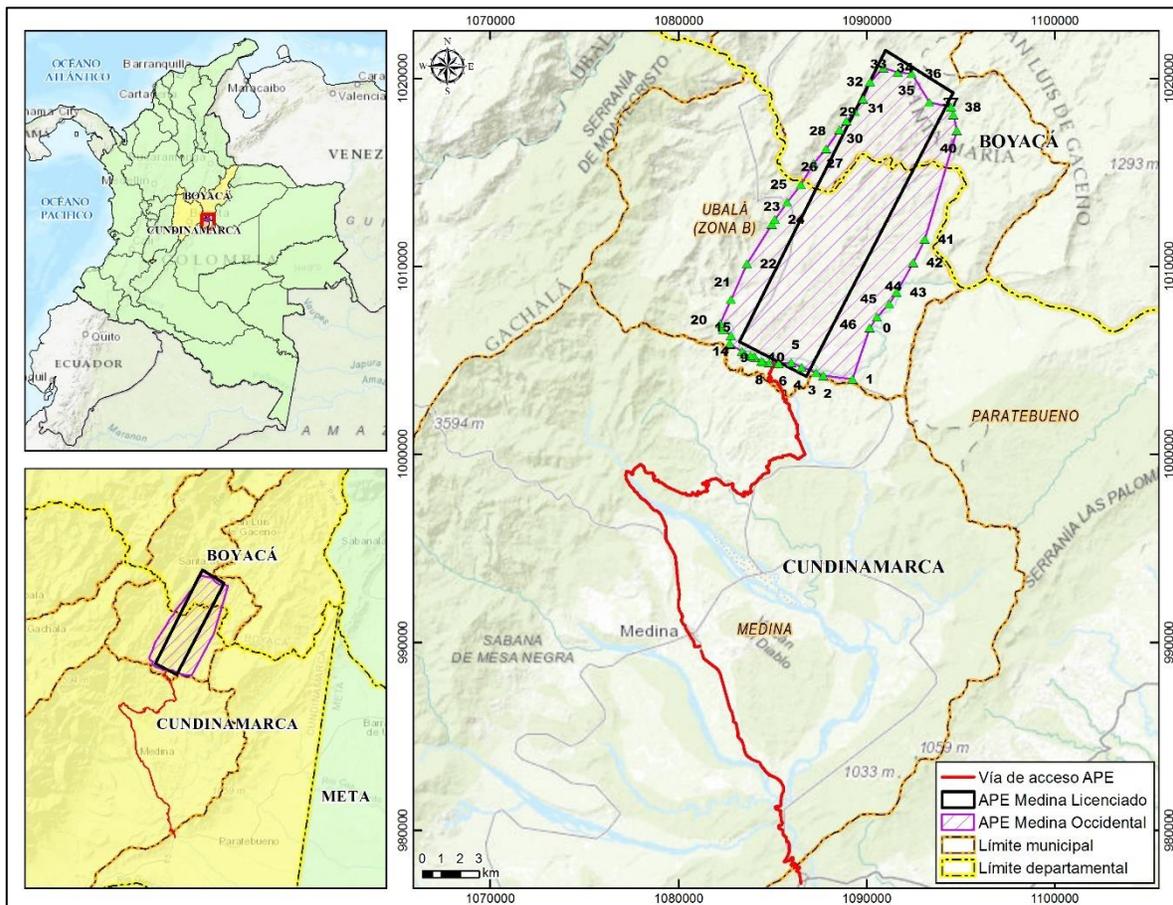
Adicional a lo anterior, se contempla la inclusión de la vía que permitirá el acceso al APE, para el desarrollo de dichas actividades. El APE Medina Occidental y su vía de acceso, donde se tiene previsto ejecutar el proyecto, se localizan en jurisdicción de los municipios de Santa María, Ubalá, Medina y Paratebuena pertenecientes al municipio de Boyacá y Cundinamarca, siendo la Corporación Autónoma Regional del Guavio (CORPOGUAVIO), la Corporación Autónoma Regional de Chivor (CORPOCHIVOR) y Corporación Autónoma Regional de la Orinoquía (CORPORINOQUIA) los entes ambientales regionales que rigen sobre los municipios donde se localiza el proyecto. (Ver Tabla 2.2 y Figura 2.1).

**Tabla 2.2 Localización del APE Medina Occidental**

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CORPORACIÓN	INFRAESTRUTURA
CUNDINAMARCA	Ubalá	CORPOGUAVIO	APE Medina Occidental
	Medina	CORPOGUAVIO	Vía de acceso
	Paratebuena	CORPORINOQUIA	Vía de acceso
BOYACÁ	Santa María	CORPOCHIVOR	APE Medina Occidental

Fuente: Concol By WSP, 2020

**Figura 2.2 Localización del APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia**



Fuente: Concol by WSP, 2020

Las coordenadas del polígono del APE Medina Occidental se presentan en la Tabla 2.3 y su ubicación geográfica se presenta de forma detallada en el Anexo 11 Cartografía: PDF: 01\_LLA\_X\_MLO\_20210416).

**Tabla 2.3 Coordenadas del APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia**

VÉRTICE	COORDENADAS			
	MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		GEOGRÁFICAS WGS 84	
	NORTE	ESTE	LATITUD	LONGITUD
1	1006731,086	1090166,645	4° 39' 23,763" N	73° 15' 53,603" W
2	1004014,093	1089248,092	4° 37' 55,354" N	73° 16' 23,503" W
3	1004185,311	1087700,973	4° 38' 0,984" N	73° 17' 13,688" W
4	1004365,453	1087329,081	4° 38' 6,862" N	73° 17' 25,746" W
5	1004638,58	1086557,931	4° 38' 15,780" N	73° 17' 50,754" W
6	1004888,652	1086004,215	4° 38' 23,940" N	73° 18' 8,708" W
7	1004852,978	1085335,684	4° 38' 22,803" N	73° 18' 30,398" W
8	1004873,728	1084833,941	4° 38' 23,496" N	73° 18' 46,675" W
9	1004914,054	1084512,607	4° 38' 24,820" N	73° 18' 57,098" W
10	1004963,883	1084419,825	4° 38' 26,445" N	73° 19' 0,107" W
11	1005172,873	1084066,53	4° 38' 33,261" N	73° 19' 11,561" W
12	1005197,544	1083984,753	4° 38' 34,067" N	73° 19' 14,213" W
13	1005247,184	1083820,211	4° 38' 35,688" N	73° 19' 19,550" W
14	1005329,29	1083548,052	4° 38' 38,370" N	73° 19' 28,376" W
15	1005497,534	1083390,682	4° 38' 43,853" N	73° 19' 33,476" W
16	1005831,1	1082783,023	4° 38' 54,732" N	73° 19' 53,178" W
17	1005862,386	1082726,653	4° 38' 55,752" N	73° 19' 55,006" W
18	1005898,285	1082731,695	4° 38' 56,921" N	73° 19' 54,841" W
19	1006315,651	1082785,87	4° 39' 10,505" N	73° 19' 53,070" W
20	1006648,491	1082379,947	4° 39' 21,354" N	73° 20' 6,227" W
21	1006969,828	1082222,991	4° 39' 31,819" N	73° 20' 11,309" W
22	1008236,878	1082788,118	4° 40' 13,045" N	73° 19' 52,931" W
23	1010137,849	1083642,562	4° 41' 14,897" N	73° 19' 25,143" W
24	1012242,573	1084975,935	4° 42' 23,363" N	73° 18' 41,808" W
25	1012502,528	1085123,375	4° 42' 31,820" N	73° 18' 37,015" W
26	1013414,88	1085781,8	4° 43' 1,495" N	73° 18' 15,620" W
27	1014354,356	1086518,666	4° 43' 32,050" N	73° 17' 51,677" W
28	1015489,483	1087177,906	4° 44' 8,977" N	73° 17' 30,246" W
29	1016257,848	1087846,633	4° 44' 33,964" N	73° 17' 8,520" W
30	1017276,786	1088565,132	4° 45' 7,105" N	73° 16' 45,169" W
31	1017749,638	1088926,219	4° 45' 22,484" N	73° 16' 33,435" W
32	1018226,194	1089369,184	4° 45' 37,980" N	73° 16' 19,044" W
33	1018889,56	1089813,001	4° 45' 59,557" N	73° 16' 4,618" W
34	1019820,377	1090178,963	4° 46' 29,843" N	73° 15' 52,708" W
35	1020560,257	1090894,976	4° 46' 53,899" N	73° 15' 29,446" W
36	1020321,586	1091666,679	4° 46' 46,100" N	73° 15' 4,415" W
37	1020250,541	1092396,501	4° 46' 43,759" N	73° 14' 40,737" W
38	1018728,041	1093333,11	4° 45' 54,162" N	73° 14' 10,406" W
39	1018472,298	1094500,726	4° 45' 45,791" N	73° 13' 32,530" W
40	1018073,282	1094620,925	4° 45' 32,797" N	73° 13' 28,646" W
41	1017227,812	1094800,939	4° 45' 5,269" N	73° 13' 22,839" W
42	1011447,107	1093091,858	4° 41' 57,166" N	73° 14' 18,519" W
43	1010212,931	1092483,425	4° 41' 17,015" N	73° 14' 38,307" W
44	1008613,233	1091598,172	4° 40' 24,976" N	73° 15' 7,089" W
45	1008003,315	1091206,795	4° 40' 5,137" N	73° 15' 19,810" W

VÉRTICE	COORDENADAS			
	MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		GEOGRÁFICAS WGS 84	
	NORTE	ESTE	LATITUD	LONGITUD
46	1007319,686	1090562,022	4° 39' 42,908" N	73° 15' 40,754" W

Fuente: Concol by WSP., 2020

## 2.2 ANTECEDENTES

En julio de 1997, la empresa Ecopetrol solicitó al Ministerio del medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, licencia ambiental para el Bloque de Perforación Exploratoria Medina Occidental, así como la aprobación del Plan de Manejo Ambiental Prospecto Farallones 1, localizado en jurisdicción del municipio de Santamaría y Ubalá en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca.

Mediante Auto 515 de 31 de julio de 1997, el Ministerio del medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible manifestó que el proyecto no requiere Diagnostico Ambiental de Alternativas, porque el área establecida es el resultado de un estudio de prospección que determina un objetivo geológico en el subsuelo.

Adicionalmente avaló el Plan de Manejo Ambiental presentado por la Empresa Ecopetrol para la perforación exploratoria del pozo Farallones 1, como documento de evaluación y manejo ambiental (DEMA), con base en lo dispuesto en el artículo 17 del Decreto 883 de 1997, el cual derogó en forma expresa el artículo 23 y parágrafos del Decreto 1753 de 1994 el cual determina la procedencia de los Planes de Manejo Ambiental.

La subdirección de Licencias Ambientales emitió el concepto técnico No. 488 de noviembre de 1997, en el cual se realiza la descripción del proyecto, del medio ambiente, evaluación ambiental, plan de manejo ambiental y realiza consideraciones.

Posteriormente, el Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial mediante la Resolución 373 del 6 de mayo de 1998, otorgó a la Empresa Colombiana de Petróleos-ECOPETROL S.A, la Licencia Ambiental para el proyecto Área de Perforación Exploratoria Medina Occidental, la cual se extiende por 7.063,63 ha y se localiza en jurisdicción de los municipios de Santamaría, departamento de Boyacá y Ubalá departamentos de Cundinamarca.

En el año 2007, por medio de la Resolución 2124, el Ministerio Autorizó la cesión de la Licencia Ambiental a favor de la sociedad LUKOIL OVERSEAS COLOMBIA LTD identificada con el NIT. 830.104.866-1, la cual, en el año 2018 cambia su razón social a NIKOIL ENERGY CORP. SUC. COLOMBIA, por medio de un certificado de existencia emitido por cámara de comercio de Bogotá.

A través de la Resolución 02214 de 2018 emitida por Autoridad Nacional de Licencias Ambientales-ANLA la sociedad NIKOIL ENERGY CORP. SUC. COLOMBIA., cede a ECOPETROL S.A el total de los derechos y obligaciones contenidos en la Licencia Ambiental otorgada mediante la Resolución 373 del 6 de mayo de 1998 para el proyecto Área de Perforación Exploratoria Medina Occidental, así como todos los actos

administrativos contenidos en el expediente LAM1631.

Mediante comunicación con radicado No. 2018172612-1-000 del 11 de diciembre de 2018, la empresa Ecopetrol realiza ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales-ANLA una Solicitud de pronunciamiento respecto a que el cambio de las coordenadas autorizadas en la licencia ambiental para el desarrollo del Proyecto Área de Perforación Exploratoria Medina Occidental se considere como una modificación menor o de ajuste normal del giro ordinario.

Finalmente, mediante comunicación con radicado No. 2019021376-2-000 del 22 de febrero de 2019, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales-ANLA realiza pronunciamiento a la empresa Ecopetrol S.A., indicando que, si la empresa decide realizar las actividades relacionadas en la comunicación del asunto, deberá presentar la solicitud de modificación de licencia dando cumplimiento a los señalado en los artículos 2.2.2.3.7.2 y 2.2.2.3.8.1 del Decreto 1076 de 26 de mayo de 2015.

### **2.2.1 Estudios ambientales, permisos y autorizaciones otorgadas en el área**

En el área donde se localiza el APE Medina Occidental cuenta con el estudio denominado: “Estudio de Impacto Ambiental Bloque Medina Occidental” presentado en el año 1997 y con el cual la autoridad ambiental otorgó licencia ambiental, mediante la Resolución 0373 de 06 de mayo de 1998.

Este estudio corresponde al principal insumo documental para la toma de información secundaria relacionada con los medios abiótico, biótico y socioeconómico del área de influencia, ya que en el área no se han elaborado Planes de Manejo Ambiental.

Es importante precisar que el área no cuenta con permisos y/o autorizaciones adicionales, teniendo en cuenta que la Resolución 0373 de 1998 lleva implícito el uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables requeridos para el proyecto.

### **2.2.2 Trámites ante autoridades e instituciones competentes**

A continuación, en la Tabla 2.4 a la Tabla 2.8 se presenta la relación de los trámites realizados ante las autoridades e instituciones competentes para la elaboración del EIA, los cuales corresponden a consultas sobre el Área de Perforación Exploratoria – APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia ambiental. Los oficios de solicitud de información, así como las respuestas dadas por las diferentes autoridades e instituciones se presentan en el Anexo 02. Generalidades, 2.2 Antecedentes.

**Tabla 2.4 Gestión realizada ante la Corporación Autónoma Regional del Guavio (CORPOGUAVIO)**

ASUNTO/INFORMACIÓN SOLICITADA	FECHA SOLICITUD /No. RADICADO	FECHA RESPUESTA /No. RADICADO	CONCEPTO ENTIDAD
Solicitud de información sobre proyectos que cuenten con licencia ambiental o PMA aprobado por CORPOGUAVIO, que se ubiquen parcial o completamente dentro del APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia.	01/10/2019 Radicado: C19R5679	-	<b><u>A septiembre de 2020 no se ha recibido respuesta por parte de la entidad</u></b>
Solicitud de información sobre relación de títulos mineros autorizados, Resolución y PMA autorizado.			
Solicitud de información sobre EIA o PMA presentados por la empresa solicitante, sobre la cual se aprobó o su obtuvo licencia para iniciar las actividades.			
Solicitud de información sobre resoluciones aprobadas por CORPOGUAVIO en cada uno de los proyectos identificados.			
Solicitud de información sobre salidas cartográficas en formato Shape de cada proyecto identificado.			
Solicitud de información acerca de puntos de aguas subterráneas, información de FUNIAS y coordenadas, localizados en el APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia.	23/09/2019	Respuesta emitida por correo electrónico el día: 27 de septiembre de 2019	<b><u>Brinda información</u></b>
Solicitud de información sobre ecosistemas (humedales o zonas sensibles) localizados en el APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia.	07/02/2020 Radicado: C20R0618	19/02/2020 Radicado: C20E1193	<b><u>La entidad entrega procedimiento para entrega de la información</u></b>
Solicitud de información sobre zonificación ambiental en el APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia.			
Solicitud de información sobre acueductos veredales ubicadas en el APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia			
Solicitud de información sobre concesiones de cuerpos de agua que se encuentren en jurisdicción de CORPOGUAVIO.	17/12/2019	Se obtuvo información directamente en la Corporación, durante la fase de campo	<b><u>Brinda información</u></b>
Solicitud de información sobre permisos de vertimiento que se encuentren en jurisdicción de CORPOGUAVIO			
Solicitud del POMCA del río Guavio	Radicado: C19R6267	25/11/2019 Radicado C19E11594	<b><u>La entidad entrega procedimiento para entrega de la información</u></b>
Solicitud de Información sobre superposición de licencias ambientales con el APE Medina Occidental.	01/10/2019 Radicado C19R5679	11/10/2019 Radicado C19E10553	<b><u>Brinda información</u></b>

Fuente: Concol by WSP., 2020

**Tabla 2.5 Gestión realizada ante la Corporación Autónoma Regional de Chivor (CORPOCHIVOR)**

ASUNTO/INFORMACIÓN SOLICITADA	FECHA SOLICITUD /No. RADICADO	FECHA RESPUESTA /No. RADICADO	CONCEPTO ENTIDAD
Solicitud de información sobre proyectos que cuenten con licencia ambiental o PMA aprobado por CORPOCHIVOR, que se ubiquen parcial o completamente dentro del APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia.	30/09/2019 Radicado: 2019ER7613	Se obtuvo información directamente en la Corporación, durante la fase de campo	<u>Brinda información</u>
Solicitud de información sobre relación de títulos mineros autorizados, Resolución y PMA autorizado.			
Solicitud de información sobre EIA o PMA presentados por la empresa solicitante, sobre la cual se aprobó o su obtuvo licencia para iniciar las actividades.			
Solicitud de información sobre resoluciones aprobadas por CORPOCHIVOR en cada uno de los proyectos identificados.			
Solicitud de información sobre salidas cartográficas en formato Shape de cada proyecto identificado.	17/12/2019 Radicado: 2019ER9871	Se obtuvo información directamente en la Corporación, durante la fase de campo	<u>Brinda información</u>
Solicitud de información sobre concesiones de cuerpos de agua que se encuentren en jurisdicción de CORPOCHIVOR.			
Solicitud de información sobre permisos de vertimiento que se encuentren en jurisdicción de CORPOCHIVOR	23/09/2019 Radicado: 2019ER7419	15/10/2019 Radicado: 2019EE8207	<u>Brinda información</u>
Solicitud de información acerca de puntos de aguas subterráneas, información de FUNIAS y coordenadas, localizados en el APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia.			
Solicitud de información sobre ecosistemas (humedales o zonas sensibles) localizados en el APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia.	07/02/2020 Radicado: 2020ER791	-	<u>A septiembre de 2020 no se ha recibido respuesta por parte de la entidad</u>
Solicitud de información sobre zonificación ambiental en el APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia.			
Solicitud de información sobre acueductos veredales ubicadas en el APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia			
Solicitud de Información sobre superposición de licencias ambientales con el APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia.	30/09/2019 Radicado 2019ER7613	22/10/2019 2019ER7613	<u>Brinda información</u>

Fuente: Concol by WSP., 2020

**Tabla 2.6 Gestión realizada ante la gobernación de Cundinamarca**

ASUNTO/INFORMACIÓN SOLICITADA	FECHA SOLICITUD /No. RADICADO	FECHA RESPUESTA /No. RADICADO	CONCEPTO ENTIDAD
Proyectos de infraestructura para ejecutar en los municipios del APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia.	23/08/2019 - Radicado	16/10/2019 - Radicado CE-	<u>Brinda información</u>

ASUNTO/INFORMACIÓN SOLICITADA	FECHA SOLICITUD /No. RADICADO	FECHA RESPUESTA /No. RADICADO	CONCEPTO ENTIDAD
Proyectos de desarrollo impulsados por el sector público a nivel regional y municipal.	0109166288	2019634272	<b>parcial</b>
Proyectos de desarrollo impulsados por el sector privado a nivel regional y municipal			
Plan vial departamental			
Programa de gobierno departamento			
Comunidades étnicas reconocidos en los municipios del APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia.			
Listado y directorio de asociaciones y agremiaciones, organizaciones sociales, comunitarias, étnicas, afrodescendientes o ambientales existentes en los municipios del APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia.			
Estrategia departamental de respuesta de emergencias y directorio de entidades para la gestión del riesgo (PGR)			
Localización, descripción y planos de distritos de riesgo localizados en los municipios del APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia.			
Análisis de la situación de salud del departamento.			
Plan departamental del agua			

Fuente: Concol by WSP., 2020

**Tabla 2.7 Gestión realizada ante alcaldías municipales**

ASUNTO / INFORMACIÓN SOLICITADA	FECHA SOLICITUD /No. RADICADO	FECHA RESPUESTA /No. RADICADO	CONCEPTO ENTIDAD
<b>Alcaldía de Medina, Santa María, Ubalá y Paratebueno</b>			
Listado y directorio de asociaciones y agremiaciones, Juntas de Acción, organizaciones sociales, comunitarias, étnicas, afrodescendientes o ambientales existentes en el municipio.	Medina: 12/08/2019 - Radicado 1745		<b><u>A septiembre de 2020 no se ha recibido respuesta por parte de la entidad</u></b>
Inventario de bienes patrimoniales o de interés histórico o cultural municipales (Casa de cultura, museos y/o parques arqueológicos).			
Información sobre existencia de patrimonio arqueológico en el Municipio.	Santa María: 15/08/2019	-	
información relacionada con sitios turísticos o de interés paisajístico para la contemplación y/o recreación.	Ubalá: 16/08/2019 - Radicado 1626		
información sobre Proyectos de Desarrollo Estratégicos (Productivos, viales, de infraestructura socia -vivienda, acueducto y alcantarillado) entre otros, ejecutados durante los tres (3) años anteriores y de Proyectos a ejecutarse en el mediano y largo plazo.	Paratebueno: 10/02/2020		
Proyectos de expansión urbana en ejecución o a desarrollar.			
Plan de Gestión del Riesgo y directorio del CMGRD.			

ASUNTO / INFORMACIÓN SOLICITADA	FECHA SOLICITUD /No. RADICADO	FECHA RESPUESTA /No. RADICADO	CONCEPTO ENTIDAD
<b>Alcaldía de Medina, Santa María, Ubalá y Paratebueno</b>			
Proyectos o acciones de conservación de recursos naturales y desarrollo sostenible, llevados a cabo en su municipio por entidades gubernamentales, organizaciones comunitarias o privadas.			
cartografía de predios de interés para el municipio, donde se lleven o se van a llevar a cabo acciones de conservación forestal.			
estadísticas y/o informes de las actividades agrícolas, pecuarias, forestales y mineras desarrolladas en el municipio y sus veredas.			
Uso reglamentado del suelo en la jurisdicción municipal.			
Zonificación ambiental del área de su jurisdicción y Plan de acción.			
cartografía y reglamentación de: áreas de reserva o de áreas de especial significancia ambiental, suelos de protección o del Sistema Local de Áreas Protegidas (SILAP).			
Estudios de biodiversidad, etnobotánicos, etnozoológicos y de áreas claves para la conservación de las especies endémicas, entre otros			
Concesiones madereras.			
Información relacionada con índices de calidad del agua (potable, superficial y subterránea).			
Localización, descripción y planos de Distritos de Riesgo localizados en los municipios que conforman el área de estudio.			
Zonas de reservadel recurso hídrico.			
Inventario de puntos de captación y vertimientos de agua (tipo, coordenadas, nombre del predio, propietario y caudal permitido), incluyendo los acueductos veredales.			
Objetivos de calidad estipulados para las corrientes del área.			
Inventario de Bienes y Servicios Socio Ambientales existentes en la zona.			
Fuentes de materiales y explotaciones mineras en la jurisdicción municipal, indicando el tipo de material aprovechado, localización de la explotación, y si cuenta con título minero y/o licencia ambiental.			
Rellenos sanitarios y/o incineradores en la jurisdicción municipal, su localización y licencia de operación.			
Gestores ambientales autorizados con licencia para el transporte, manejo y disposición de residuos peligrosos y especiales			

Fuente: Concol by WSP., 2020

**Tabla 2.8 Gestión realizada ante diferentes entidades**

ASUNTO / INFORMACIÓN SOLICITADA	FECHA SOLICITUD /No. RADICADO	FECHA RESPUESTA /No. RADICADO	CONCEPTO ENTIDAD
<b>RESNATUR</b>			
Solicitud de certificación sobre existencia de reservas naturales de la sociedad civil en los municipios del APE Medina Occidental.	02/08/2020 Radicado: 01-02356-2019	20/08/2020 Radicado: 01-02356-2019	<b><u>Brinda información</u></b>
<b>Unidad Administrativa Especial de Parques Nacionales Naturales – UAESPNN</b>			
Solicitud de certificación sobre la existencia de áreas que se encuentren bajo alguna categoría de protección a nivel nacional, regional o local, dentro del APE Medina Occidental.	23/08/2019	09/09/2019 Radicado: 20192400055581	<b><u>Brinda información</u></b>
Solicitud de certificación sobre existencia de especies de fauna declaradas bajo protección o en algún grado de amenaza y la existencia de programas específicos para el manejo de estas especies, dentro del APE Medina Occidental.			
<b>Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS</b>			
Solicitud de certificación sobre existencia de: Parques Nacionales Naturales, Áreas naturales únicas, Santuarios de Flora y fauna, reservas Forestales de Ley 2da, reservas Forestales Protectoras, Áreas Protectoras, áreas naturales únicas, Distritos de Manejo Integrado, distritos de Conservación de Suelos, Áreas de recreación, reservas naturales de la Sociedad Civil, Ecosistemas Estratégicos y áreas de importancia para la Conservación de las Aves – AICAS.	21/08/2019	-	<b><u>A septiembre de 2020 no se ha recibido respuesta por parte de la entidad</u></b>
<b>Instituto Nacional de Vías - INVIAS</b>			
Solicitud de información sobre vía Santa María (Boyacá) – San Pedro de Jagua – medina (Cundinamarca) – Cruce marginal de la Selva. Categoría, estado y descripción general de la vía. Entidad / Subsector / Territoriales a cargo de la vía. Proyectos de mejoramiento, ampliación o mantenimiento den la vía. Proyectos viales (Red primaria, secundaria y terciaria y caminos veredales / rurales) contemplados en los municipios de Santa María (Boyacá), Ubalá y medina (Cundinamarca).	12/11/2019 Radicado: 96643	22/11/2019 Radicado: DT-BOY 49769	<b><u>La entidad entrega procedimiento para entrega de la información</u></b>
<b>Instituto de Infraestructura y Concesiones de Cundinamarca – ICCU</b>			
Solicitud de información sobre proyectos de mejoramiento, ampliación o mantenimiento den la vía Gachalá – Mámbita – San Pedro de Jagua – Medina – Cruce El Japón (Ruta Nacional:65). Proyectos viales (Red primaria, secundaria y terciaria y caminos veredales / rurales) contemplados en los municipios de Ubalá y medina.	12/11/2019 Radicado: 2019010684	27/11/2019 Radicado: 2019305410	<b><u>Brinda información</u></b>
<b>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA</b>			
Solicitud de Información sobre superposición de licencias ambientales con el APE Medina Occidental.	07/05/2020 Radicado: 2020070658-1-000	28/05/2020 Radicado: 2020083403-2-000	<b><u>Brinda información</u></b>

Fuente: Concol by WSP, 2020

### 2.2.3 Análisis de los permisos y/o restricciones regionales y/o locales

A continuación, se presenta un breve análisis realizado a los permisos y/o posibles restricciones que se tienen en el APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia.

#### 2.2.3.1 Resolución que otorgó el permiso de estudios de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines para la elaboración de estudios ambientales

Con el fin de realizar las actividades para el componente biótico, se realizó la solicitud ante la Subdirección de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales de la ANLA, del permiso de estudio para la recolección de especímenes silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios ambientales (Tabla 2.9), dicho permiso fue emitido por la Resolución 00911 del 28 de mayo de 2019 “Por la cual se otorga permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales, y se toman otras determinaciones” (Ver Anexo 00. Aspectos Legales).

**Tabla 2.9 Actividades realizadas mediante permiso de colecta**

RESOLUCIÓN	ACTIVIDADES REALIZADAS	FECHA INICIO DE ACTIVIDADES	FECHA FIN DE ACTIVIDADES
Resolución 00911 del 28 de mayo de 2019	Fauna, Flora y Epifitas	29/08/2019	26/06/2021

Fuente: Concol by WSP, 2020

#### 2.2.3.1.1 Certificación de presencia o ausencia de comunidades étnicas del ministerio del interior

Mediante comunicación oficial con radicado No. EXTMI19-23226 del 07 de junio de 2019, la empresa Ecopetrol S.A. realizó la solicitud de certificación de presencia o no de grupos étnicos en el APE Medina Occidental y el área de influencia preliminar objeto de licenciamiento ambiental ante el Ministerio del Interior.

Posteriormente y debido a los ajustes realizados al área de influencia inicialmente definida, se llevó a cabo una nueva solicitud de certificación de presencia o no de grupos étnicos en el APE Medina Occidental objeto de licenciamiento ambiental, la cual se llevó a cabo mediante comunicación oficial con radicado No. 2-2020-093-5635 del 13 de abril de 2020. (Ver Anexo 00. Aspectos Legales).

Finalmente, mediante la Resolución No. ST-0517 del 25 de junio de 2020, la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa, del Ministerio del Interior, indica en su parte resolutive que no procede la consulta previa con Comunidades Indígenas, Negras, Afrocolombianas, Raizales, Palenqueras y Room para el proyecto “Modificación de la Licencia Ambiental para el área de Perforación Exploratoria medina occidental”, al no encontrarse presencia de las mismas en el área del proyecto. (Ver Anexo 00. Aspectos Legales).

#### 2.2.3.1.2 Presencia de áreas de manejo especial

Mediante comunicación oficial el 23 de agosto de 2020, se realizó la solicitud de información relacionada con la presencia de áreas de manejo especial que pudiesen estar ubicadas al interior del APE Medina occidental y su área de influencia; sin embargo, a la fecha de elaboración del presente documento (19 de junio de 2020), no se tiene respuesta por parte de dicha entidad (Ver Anexo 00. Aspectos Legales).

#### 2.2.3.1.3 Presencia de reservas naturales de la sociedad civil

Teniendo en cuenta la comunicación con Referencia No. 01-02356-2019, emitida por la entidad correspondiente, no se registran áreas de reserva natural de la sociedad civil en los municipios donde se localiza el APE Medina Occidental objeto de modificación de licencia ambiental (Ver Anexo 00. Aspectos Legales).

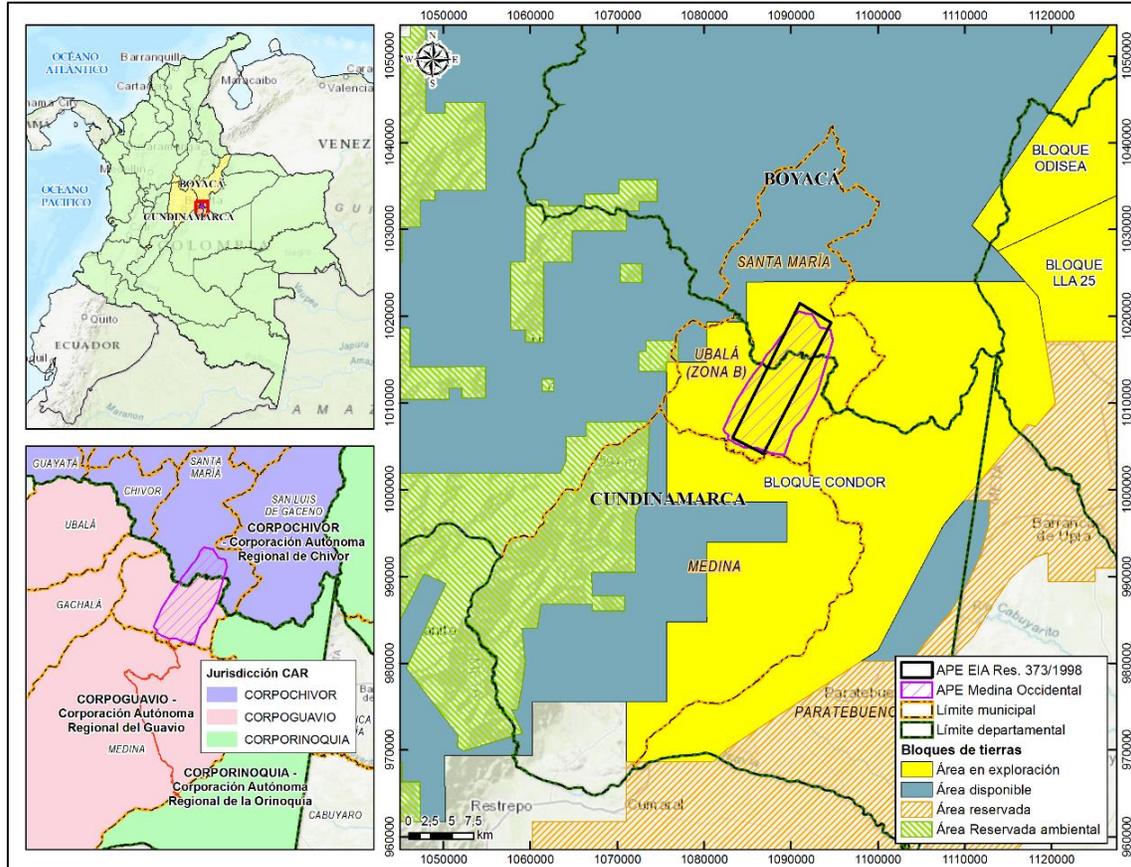
#### 2.2.4 Ubicación de otros proyectos en el área de influencia y/o en sus áreas aledañas

Teniendo en cuenta el mapa de tierras de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), el Bloque Cóndor (dentro del cual se localiza el APE Medina Occidental), limita hacia el noroccidente con un *Área Disponible* y *Área Reservada Ambiental*<sup>1</sup>, hacia el nororiente con el *Boque LLA25, Área Reservada* y *Área Disponible*; y hacia el sur con un *Área Reservada*, como se muestra en la Figura 2.3.

---

<sup>1</sup>**Áreas Reservadas:** *Las que la ANH delimite y califique como tales por razones de política energética, de seguridad nacional o de orden público; por sus características geológicas, ambientales o sociales, o por haber o estar realizando estudios en ellas y disponer consiguientemente de información exploratoria valiosa sobre las mismas, o tener proyectado emprender directamente tales estudios.* (ANH, 2020).

**Figura 2.3 Bloques adjudicados por la ANH en áreas adyacentes al Bloque Condor**



Fuente: Concol by WSP, 2020

### 2.2.4.1 Superposición con otros proyectos

Para conocer la superposición de licencias con el APE Medina Occidental y su área de influencia, se solicitó a la ANLA información al respecto mediante oficio 2020070658-1-000 del cual se recibió respuesta mediante oficio 2020083403-2-000 del 28 de mayo de 2020 (Ver Anexo 00. Aspectos Legales). Adicionalmente se realizó la consulta en la página web del Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC, obteniendo la información presentada en la Tabla 2.10 y Figura 2.4.

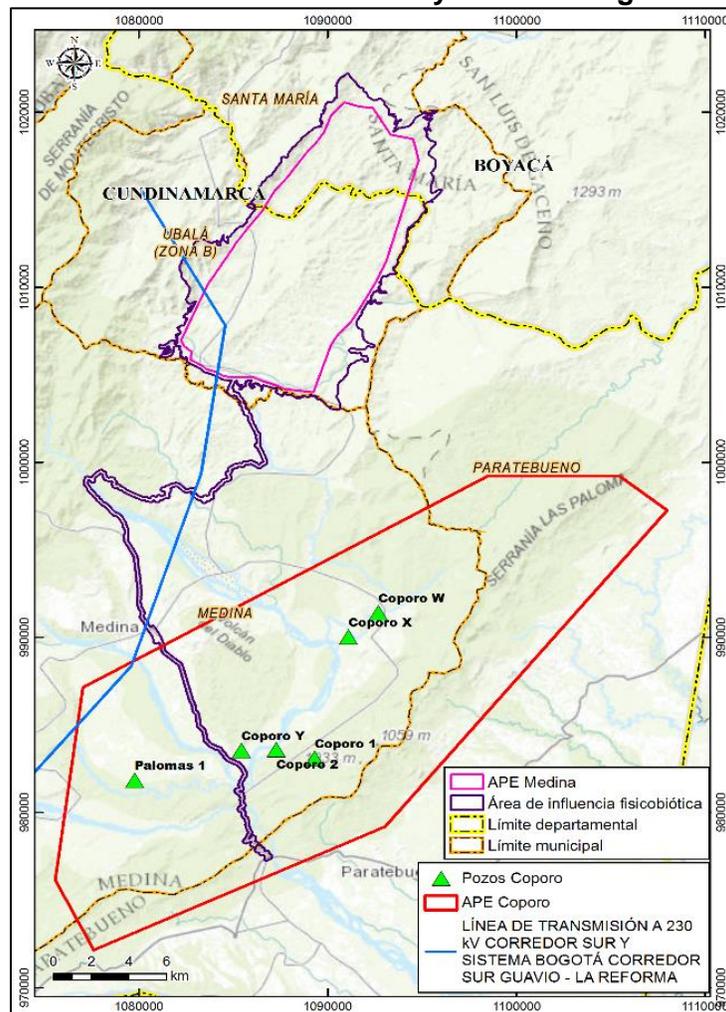
**Tabla 2.10 Proyectos en superposición APE Medina Occidental**

ENTIDAD QUE OTORGA LA LICENCIA	EXPEDIENTE	PROPIETARIO	NOMBRE DEL PROYECTO	ETAPA EN LA QUE SE ENCUENTRA ACTUALMENTE	SUPERPOSICIÓN CON APE (HA)
ANLA	LAM2048	EMPRESA DE	Línea de Transmisión a 230	Operación	5028,27

ENTIDAD QUE OTORGA LA LICENCIA	EXPEDIENTE	PROPIETARIO	NOMBRE DEL PROYECTO	ETAPA EN LA QUE SE ENCUENTRA ACTUALMENTE	SUPERPOSICIÓN CON APE (HA)
		ENERGÍA DE BOGOTÁ S.A. E.S.P.	kW Corredor Sur y Sistema Bogotá / Corredor Sur Guavio – La Reforma		
ANLA	LAM 0365	Ecopetrol S. A	Proyecto Perforación Exploratoria Coporo	Abandono	343,57

Fuente: Concol by WSP, 2019

**Figura 2.4 Superposición APE Medina Occidental con el proyecto APE Coporo y la línea de transmisión a 230 kW Corredor Sur y Sistema Bogotá**



Fuente: Concol by WSP, 2020

Dichos proyectos cuentan con licencia o instrumento de manejo y control ambiental, y fueron tenidos en cuenta para realizar el análisis de superposición con el APE Medina Occidental, el cual se presenta en el Capítulo 8. Evaluación Ambiental, del presente estudio.

La metodología que se llevó a cabo para la solicitud de información y posterior análisis de superposición de proyectos se presenta a continuación:

Con el fin de dar cumplimiento a los requerimientos señalados en el Artículo 2.2.2.3.6.4 del Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, Decreto 1076 de 2015, y a los numerales 2 y 8 de los Términos de Referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental para los proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos, identificada con el código M-M-INA-01 (MADS, 2018) (0421 de 20 de marzo de 2014, s.f.), la sociedad Ecopetrol S.A. ha establecido un procedimiento estructurado para dar alcance al análisis de superposición de proyectos, el cual se presenta a continuación:

1. **Verificación de la información secundaria obtenida de los visores oficiales de consulta**, como el Sistema AGIL de la ANLA, Catastro Minero (Agencia Nacional de Minería), se realizó la identificación de los proyectos existentes y en ejecución que se superponían con el área de interés del proyecto.

Consulta a las autoridades ambientales competentes con jurisdicción en el área, acerca de la identificación de proyectos que cuentan con licencia ambiental o con algún instrumento de manejo y control ambiental que presentarán superposición con el área de influencia del proyecto APE Medina Occidental (Ver Tabla 2.4, Tabla 2.5 Tabla 2.8 Tabla 2.10).

2. **Consulta de información, expedientes ANLA y Corporaciones Autónomas Regionales**: La información referente a los proyectos con los cuales se presenta superposición de proyectos fue tomada de los expedientes de cada uno de ellos o, en caso de que estos no estuviesen disponibles, de las guías ambientales, estructuradas y elaboradas por diferentes autoridades competentes. De los expedientes se extrajo información sobre el estado actual del proyecto, actividades que se desarrollan en la etapa actual, impactos individuales asociadas a las actividades del proyecto y medidas de manejo establecidas para la atención de los impactos.

3. **Procesamiento y análisis de información**; Con la información recolectada, se procedió a la revisión de la coexistencia de dichos proyectos, para ello se identificaron las etapas, actividades, impactos, medidas de manejo, evaluando el riesgo que pudiese tener el desarrollo del proyecto, objeto de modificación de licencia, sobre los proyectos existentes y sobre el medio. Esta información va de la mano con lo presentado en el Capítulo 8. Evaluación de impactos, análisis de impactos sin proyecto y lo referente a los impactos acumulativos y sinérgicos.

De manera complementaria en el Capítulo 6. Zonificación ambiental y en el Capítulo 9. Zonificación de manejo, se incluyeron los proyectos identificados como una de las variables de análisis (importancia social de los proyectos) y se evaluaron los impactos asociados para determinar la zonificación de manejo ambiental (Ver capítulo 6 y Capítulo 9).

Con base en el procedimiento establecido, se puso en conocimiento de la ANLA, la viabilidad frente a la coexistencia de los proyectos con los cuales APE Medina Occidental presenta superposición, así como la identificación de las responsabilidades frente al manejo ambiental, a partir de la discriminación de impactos y medidas de manejo de cada uno de los proyectos objeto de análisis.

## **2.2.5 Marco Normativo**

Considerando la naturaleza del proyecto, se identificaron las normas legales vigentes aplicables al mismo, las cuales se mencionan a continuación:

### **2.2.5.1 Constitución política de Colombia**

De manera general, en cada artículo en particular se establece lo siguiente:

- i. Artículo 1: 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 y en la prevalencia del interés general.
- ii. Artículo 2: Establece los fines esenciales del Estado y la participación comunitaria.
- iii. Artículos 8, 79 y 80: 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. Así mismo, el artículo 8 y el artículo 95 en su numeral 8, disponen que sea de obligación de los particulares proteger los recursos naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.
- iv. Artículo 20: Determina 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 de comunicación masiva.
- v. Artículo 40: Señala que todo ciudadano tiene derecho a participar en la conformación, ejercicio y control del poder político.
- vi. Artículo 84: Dispone que cuando una actividad haya sido reglamentada de manera general, las autoridades no podrán establecer ni exigir permisos, licencias o requisitos adicionales para su ejercicio.
- vii. Artículo 95: En el 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.
- viii. Artículo 209: Sobre la función administrativa expresa que debe desarrollarse con

fundamento en los principios de eficiencia y economía.

- ix. Artículo 270: Determina que la Ley organizará las formas y los sistemas de participación ciudadana que permitan vigilar la gestión pública tal que se cumpla en los diversos niveles administrativos.

### 2.2.5.2 Leyes, decretos, resoluciones y guías

Adicionalmente, considerando la legislación nacional, en la Tabla 2.11 se presentan las leyes, decretos y resoluciones más relevantes asociadas con el desarrollo del presente estudio.

**Tabla 2.11 Marco Normativo**

TIPO	NÚMERO	ORGANISMO	DESCRIPCIÓN
<b>GENERAL</b>			
Ley	2ª de 1959	Congreso de Colombia	Por el cual se dictan normas sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables.
Ley	23 de 1973	Presidencia de la República	Por la cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones.
Decreto	2811 de 1974	Presidencia de la República	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
Ley	99 de 1993	Presidencia de la República	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	164 de 1994	Congreso de la República	Por el cual se aprueba el Convenio sobre la Diversidad Biológica.
Ley	388 de 1997	Presidencia de la República	Ley de Ordenamiento Territorial.
Ley	491 de 1999	Congreso de la República	Por la cual se establece el seguro ecológico, se modifica el Código Penal y se dictan otras disposiciones.
Ley	599 de 2000	Congreso de la República	Por la cual se expide el Código Penal.
Resolución	1023 de 2005	MAVDT	Por la cual se adoptan las guías ambientales como un instrumento de autogestión y autorregulación.
Resolución	1552 de 2005	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se adoptan los manuales para evaluación de Estudios Ambientales y de seguimiento ambiental de Proyecto y se toman otras determinaciones.
Ley	1259 de 2008	Congreso de la República	Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones.
Ley	1333 de 2009	Congreso de la República	Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.
Resolución	0415 de 2010	MAVDT	Por la cual se reglamenta el Registro Único de Infractores Ambientales (RUIA) y se toman otras determinaciones.
Decreto	2372 de 2010	MAVDT	Por el cual se reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto Ley 216

TIPO	NÚMERO	ORGANISMO	DESCRIPCIÓN
			de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones (Incluye los DMI).
Ley	1466 de 2011	MAVDT	Por el cual se adicionan, el inciso 2° del artículo 1° (objeto) y el inciso 2° del artículo 8°, de la Ley 1259 del 19 de diciembre de 2008, “por medio de la cual se instauro en el territorio nacional la aplicación del Comparendo Ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros, y se dictan otras disposiciones”.
Ley	1523 de 2012	Congreso de la Republica	Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.
Ley	1742 de 2014	Congreso de Colombia	Por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte, agua potable y saneamiento básico, y los demás sectores que requieran expropiación en proyectos de inversión que adelante el Estado y se dictan otras disposiciones
Decreto	1076 de 2015	MADS	Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Resolución	0108 de 2015	MADS	Por el cual se actualiza el Formato Único Nacional de Solicitud de Licencias Ambiental y se adoptan los Formatos para la Verificación Preliminar de la Documentación que conforman las solicitudes de que trata el Decreto 2041 de 2014 y se adoptan otras determinaciones
Decreto	2157 de 2017	Presidencia de la Republica	Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012
Resolución	1503 de 2010	MAVDT	Por la cual se adopta la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales y se adoptan otras determinaciones.
Resolución	1107 de 2019	MADS	Por la cual se modifica el artículo 5 de la Resolución 1402 de 2018 y se dictan otras disposiciones
Resolución	0077 de 2019	MADS	Por la cual se establecen fechas para la presentación de Informes de Cumplimiento Ambiental en el marco del proceso de seguimiento ambiental de proyectos de competencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales y se dictan otras disposiciones
<b>MEDIO ABIÓTICO</b>			
Decreto	1541 de 1978	Presidencia de la República	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	Presidencia de la República	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	1594 de 1984	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 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 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
Resolución	02309 de 1986.	Ministerio de salud	Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título III de la Parte 4ª. Del Libro 1º del Decreto-Ley N. 2811 de 1974 y de los Títulos I, III y XI de la Ley 09 de 1979, en cuanto a Residuos Especiales.
Resolución	541 de 1994	MMA	Por medio del cual se regula el cargue, descargue,

TIPO	NÚMERO	ORGANISMO	DESCRIPCIÓN
			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	273 de 1997	MMA	Por la cual se fijan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendedos Totales (SST).
Ley	373 de 1997	Congreso de la Republica	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
Resolución	058 de 2002	MAVDT	Por el cual se establecen límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos.
Resolución	0886 de 2004	MAVDT	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución número 0058 del 21 de enero de 2002 y se dictan otras disposiciones
Resolución	0865 de 2004	MAVDT	Adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones
Decreto	4741 de 2005	MAVDT	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral
Resolución	872 de 2006	MAVDT	Se establece la metodología para el cálculo del índice de escasez para agua subterránea.
Resolución	627 de 2006	MAVDT	Establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental
Resolución	1362 de 2007	MAVDT	Establece los requisitos y procedimientos para el Registro de Generadores de RESPEL.
Resolución	2115 de 2007	MAVDT	Establece las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano
Decreto	1575 de 2007	Ministerio de la Protección Social	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
Resolución	909 de 2009	MAVDT	Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.
Resolución	650 de 2010	MAVDT	Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire
Resolución	1309 de 2010	MAVDT	Por la cual se modifica la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 - Emisión por fuentes fijas.
Decreto	3930 de 2010	MAVDT	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo 11 del Título VI-Parte 111-Libro 11 del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
Decreto	4728 de 2010	MAVDT	Modifica al Decreto 3930 de 2010
Resolución	180005 de 2010	Ministerio de Minas y Energía	Por el cual se adopta el Reglamento para la gestión de los desechos radiactivos.
Decreto	2667 de 2012	MADS	Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones.
Resolución	1514 de 2012	MADS	Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo

TIPO	NÚMERO	ORGANISMO	DESCRIPCIÓN
			de Vertimientos
Resolución	1541 de 2013	MADS	Por el cual se establecen los niveles permisibles de calidad del aire o de inmisión, el procedimiento para la evaluación de actividades que generan olores ofensivos y se dictan otras disposiciones.
Resolución	1207 de 2014	MADS	Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.
Resolución	631 de 2015	MADS	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
Decreto	2099 de 2016	MADS	Por el cual se modifica el Decreto 1076 de 2015 en lo relacionado con la Inversión Forzosa por la utilización del agua tomada directamente de fuentes naturales.
Resolución	2254 de 2017	MADS	Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones.
Resolución	0330 de 2017	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009.
Resolución	472 de 2017	MADS	Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD) y se dictan otras disposiciones
Ley	1672 de 2013	Congreso de la Republica	Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos RAEE y se dictan otras disposiciones
Decreto	4741 de 2005	Presidencia de la Republica	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”.
Decreto	351 de 2014	Ministerio de Salud y Protección Social	Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades
Decreto	50 de 2018	MADS	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con los Consejos Ambientales Regionales de la Macrocuenca (CARMAC), el Ordenamiento del Recurso Hídrico y Vertimientos y se dictan otras disposiciones.
Resolución	1257 de 2018	MADS	Por el cual se desarrollan los parágrafos 1 y 2 del artículo 2.2.3.2.1.1.3 del Decreto 1090 de 2018, mediante el cual se adiciona del Decreto 1076 de 2015.
Decreto	703 de 2018	MADS	Por el que se efectúan unos ajustes al Decreto 1076 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible y se dictan otras disposiciones.
Resolución	0957 de 2018	MADS	Por la cual se adopta la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia y se dictan otras disposiciones.
Decreto	284 de 2018	MADS	Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Gestión Integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - RAEE Y

TIPO	NÚMERO	ORGANISMO	DESCRIPCIÓN
			se dictan otras disposiciones.
<b>MEDIO BIÓTICO</b>			
Decreto	2278 de 1953	Presidencia de la República	Por el cual se dictan medidas sobre cuestiones forestales
Decreto	622 de 1977	Presidencia de la República	Por el cual se reglamentan parcialmente el Capítulo V, Título II, Parte XIII, Libro II del Decreto Ley número 2811 de 1974 sobre "Sistema de Parques Nacionales"; la Ley 23 de 1973 y la Ley 2ª de 1959
Resolución	213 de 1977	INDERENA	Por la cual se establece veda para algunas especies y productos de la flora silvestre (Musgos, líquenes, lamas, parásitas, quichés y orquídeas, así como lama capote y broza y demás especies y productos herbáceos o leñosos como arbolitos, cortezas y ramajes que constituyen parte de los hábitats de tales especies)
Resolución	0801 de 1977	INDERENA	Por la cual se establece veda para algunas especies y productos de la flora silvestre (Helecho macho, Palma boba o Palma de helecho, familias: <i>Cyatheaceae</i> y <i>Dicksoniaceae</i> ; géneros <i>Dicksonia</i> , <i>Cnemidarium</i> , <i>Cyatheaceae</i> , <i>Nephelea</i> , <i>Sphaeropteris</i> y <i>Trichipteris</i> )
Decreto	1608 de 1978	Presidencia de la República	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	1681 de 1978	Presidencia de la República	Dicta disposiciones relacionadas con el manejo del recurso hidrobiológico
Ley	165 de 1994	MMA	Por la cual se aprobó el convenio sobre diversidad biológica.
Decreto	1791 de 1996	MMA	Establece el régimen de aprovechamiento forestal.
Decreto	309 de 2000	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta la investigación científica sobre diversidad biológica.
Resolución	438 de 2001	MMA	Por el cual se establece el Salvoconducto Único Nacional para la movilización de especímenes de la diversidad biológica
Resolución	584 de 2002	MMA	Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se adoptan otras disposiciones.
Decreto	302 de 2003	MAVDT	Por el cual se modifica el párrafo 1º del artículo segundo del Decreto 309 de 2000, el cual reglamenta la investigación científica sobre diversidad biológica.
Resolución	1526 de 2012	MADS	Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para la sustracción de áreas en las reservas forestales nacionales y regionales, para el desarrollo de actividades consideradas de utilidad pública o interés social, se establecen las actividades sometidas a sustracción temporal y se adoptan otras determinaciones.
Decreto	3016 de 2013	ANLA	Por el cual se reglamenta el Permiso de Estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de Elaboración de Estudios Ambientales
Resolución	1912 de 2017	MADS	Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino-costera que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones
Decreto	2106 de 2019	Presidencia de la República	Por el cual se dictan normas para simplificar, suprimir y reformar trámites, procesos y procedimientos innecesarios existentes en la administración pública.

TIPO	NÚMERO	ORGANISMO	DESCRIPCIÓN
Resolución	0911 de 2019	ANLA	Por la cual se otorga Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales” a Consultoría Colombia S.A.
<b>MEDIO SOCIOECONÓMICO</b>			
Constitución Política	1991. Artículo 40 numeral. 6°.	Asamblea Nacional Constituyente	En la que se habilitan acciones públicas, acción de inconstitucionalidad y de nulidad ante la jurisdicción contenciosa, como mecanismos y herramientas protectores del medio ambiente.
Decreto	2591 de 1991.	Presidencia de la República	Mediante el cual se reglamente la acción de tutela.
Ley	99 de 1993 Títulos X y XI	Presidencia de la República	Entre otras se dictan disposiciones acerca de los modos de participación de la comunidad a lo largo de los procesos de licenciamiento y operación de los proyectos de desarrollo.
Ley	134 de 1994	Presidencia de la República	Por la cual se dictan normas sobre mecanismos de participación ciudadana.
Sentencia	C-535 del 16 de octubre de 1996.	Corte Constitucional. Sala Plena.	En el caso del patrimonio ecológico local, este principio (Rigor subsidiario), plantea como competencia propia de los concejos municipales y los territorios indígenas, la potestad reglamentaria para proteger el patrimonio ecológico, sin desconocer que la ley puede dictar normatividad básica indispensable a la protección del patrimonio ecológico en todo el territorio nacional.
Ley	393 de 1997	Presidencia de la República	Mediante la cual se reglamente la acción de cumplimiento.
Ley	472 del 1998, artículo 4° literales a y c.	Presidencia de la República	Mediante la cual se reglamentan las acciones populares y de grupo, concretamente a la exigibilidad de protección del ecosistema y en general al goce de un ambiente como un derecho colectivo y la protección del equilibrio ecológico.
Decreto	1320 de 1998	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta la consulta previa con las comunidades indígenas y negras para la explotación de los recursos naturales dentro de su territorio.
Ley	743 de 2002	Congreso de la República	Artículo 1: “Promover, facilitar, estructurar y fortalecer la organización democrática, moderna, participativa y representativa en los organismos de acción comunal en sus respectivos grados asociativos y a la vez, pretende establecer un marco jurídico claro para sus relaciones con el Estado y con los particulares, así como para el cabal ejercicio de derechos y deberes”.
Ley	850 de 2003	Congreso de la República	Por medio de la cual se reglamentan las veedurías ciudadanas
Ley	1551 de 2012	Congreso de la República	Por la cual se dictan normas para modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios.
Decreto	1072 de 2015	Presidencia de la República	Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo
Ley Estatutaria	1757 de 2015	Congreso de la República	Por la cual se dictan disposiciones de promoción y protección de derecho a la participación democrática
Decreto	1668 de 2016	Presidencia de la República	"Por el cual se modifica la sección 2 del capítulo 6 del título 1 de la parte 2 del libro 2 del Decreto 1072 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, referente a la contratación de mano de obra local en municipios donde se desarrollen proyectos de exploración y producción de hidrocarburos, y el artículo 2.2.6.1.2.26. del mismo decreto".

TIPO	NÚMERO	ORGANISMO	DESCRIPCIÓN
Guía	Julio de 2018	ANLA	Guía de participación ciudadana para el licenciamiento ambiental.
<b>ARQUEOLOGIA</b>			
Ley	163 de 1959	Presidencia de la República	Por la cual se dictan medidas sobre defensa y conservación del patrimonio histórico, artístico y monumentos públicos de la Nación.
Decreto, Ley	264 de 1963	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta la ley 163 de 1959, sobre la defensa y conservación del patrimonio histórico, artístico y monumentos públicos de la Nación.
Decreto	444 de 1967	Presidencia de la República	Parágrafo al artículo 46. Queda prohibida la exportación de bienes que formen parte del patrimonio arqueológico
Decreto	522 de 1971	Presidencia de la República	Artículo 50. Código Nacional de policía. Decomiso de piezas arqueológicas halladas por particulares.
Decreto	1397 de 1989	Ministerio de Hacienda y Crédito Público	Por el cual se reglamenta la ley 163 de 1959, sobre la defensa y conservación del patrimonio histórico, artístico y monumentos públicos de la Nación
Resolución	49 de 1990	Presidencia de la República	Consejo de Monumentos Nacionales. Por medio de la cual se revoca la Resolución No. 015 de 1990. Se establece el registro de bienes arqueológicos muebles
Ley	397 de 1997	Presidencia de la República	Ley General de la Cultura
Decreto	833 de 2002	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta parcialmente la ley 397 de 1997 en materia de Patrimonio Nacional y se dictan otras disposiciones.
Ley	1185 de 2008	Presidencia de la República	Por la cual se modifica y adiciona la Ley 397 de 1997 –Ley General de Cultura– y se dictan otras disposiciones.
Decreto	763 de 2009	Presidencia de la República	Por el cual se reglamentan parcialmente las leyes 814 de 2003 y 397 de 1997 modificada por medio de la Ley 1185 de 2008, en lo correspondiente al Patrimonio Cultural de la Nación de naturaleza material.
Decreto	1080 de 2015	Ministerio de Cultura	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Cultura
Decreto	1530 de 2016	Ministerio de Cultura	Por el cual se modifica el numeral segundo y los parágrafos 1 y 2 del artículo 2.6.2.2 y los artículos 2.7.1.2.2 y 2.7.1.2.3 del Decreto Único Reglamentario del Sector Cultura 1080 de 2015, en temas relacionados con el Patrimonio Arqueológico y el Patrimonio Cultural Sumergido"
Decreto	138 de 2019	Ministerio de Cultura	Por el cual se modifica la Parte VI "Patrimonio Arqueológico" del Decreto 1080 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Cultura.
Resolución	065 de 2020	ICANH	Por la cual se acogen los términos de referencia para el desarrollo de la fase de diagnóstico y prospección del Programa de Arqueología Preventiva de que trata el artículo 2.6.5.5. del Decreto 138 de 2019, que modificó el Decreto 1080 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Cultura.
Resolución	134 de 2020	ICANH	Modifica la Resolución No. 065 del 5 de marzo de 2020.
<b>CARTOGRAFÍA</b>			
Resolución	1503 de 2010	MAVDT	Por la cual se adopta la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales y se toman otras determinaciones.
Resolución	2182 de 2016	ANLA	Por la cual se modifica y consolida el modelo de Almacenamiento Geográfico contenido en la metodología general para la presentación de estudios ambientales y el

TIPO	NÚMERO	ORGANISMO	DESCRIPCIÓN
			manual de seguimiento ambiental de proyectos.
<b>OTROS</b>			
Ley	373 de 1997	República de Colombia	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
Decreto	321 de 1999	República de Colombia	Por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia contra derrames de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas
-	2005	MAVDT	Política Ambiental para la gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos
Decreto	1900 de 2006	MAVDT	Por el cual se reglamenta el parágrafo 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.
Ley	1228 de 2008	Congreso de Colombia	Por la cual se determinan las fajas mínimas de retiro obligatorio o áreas de exclusión, para las carreteras del sistema vial nacional, se crea el Sistema Integral Nacional de Información de Carreteras y se dictan otras disposiciones.
Ley	1274 de 2009	Congreso de Colombia	Por la cual se establece el procedimiento de avalúo para las servidumbres petroleras
Resolución	180005 de 2010	Ministerio de Minas y Energía	Reglamento para la gestión de los desechos radiactivos en Colombia.
Resolución	180919 de 2010	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto.
-	2010	República de Colombia	Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico
-	2010	República de Colombia	Política de Producción más limpia y consumo sostenible
Resolución	0708 de 2013	Ministro de Minas y Energía	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas –RETIE-.
Resolución	1669 de 2017	MADS	Por la cual se adoptan los Criterios Técnicos para el Uso de Herramientas Económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de Licencia Ambiental o Instrumento Equivalente.
Guía	Julio de 2018	ANLA	Guía para la definición, identificación y delimitación del área de influencia.

MMA: Ministerio del Medio Ambiente

MAVDT: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

MADS: Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible

ICANH: Instituto Colombiano de Antropología e Historia

Fuente: Concol by WSP, 2020

A continuación, se muestra el marco legal minero energético sobre el cual se sustenta las actividades de exploración y producción de hidrocarburos y sobre los cuales se rigen las actividades a desarrollar dentro del APE Medina Occidental. (Ver Tabla 2.12).

**Tabla 2.12 Marco normativo legal minero y energético**

TIPO	NÚMERO	ORGANISMO	DESCRIPCIÓN
Decreto-Ley	1056 de abril de 1953	Presidencia de la República	Por el cual se expide el Código de Petróleos.
Decreto	3229 de noviembre de 2003	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta el artículo octavo de la Ley 756 de 2002. Sobre distribución de regalías.
Resolución	1506 de agosto de 2008	Ministerio de Minas y Energía y MAVDT	Por la cual se señalan los criterios para delimitar los campos de producción de hidrocarburos existentes, para efectos de la aplicación de los instrumentos ambientales, se modifican las Resoluciones 1137 de 1996 y 482 de 2003 y se adoptan otras Disposiciones.
Ley	1274 de 2009	Congreso de la República	Por la cual se establece el procedimiento de avalúo para las servidumbres petroleras.
Resolución	18 1495 de septiembre de 2009	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se establecen medidas en materia de exploración y explotación de hidrocarburos.
Decreto	1575 de 2011	Ministerio de Minas y Energía	Por el cual se establece el procedimiento de amparo policivo para las Empresas de Servicios Públicos y se dictan otras disposiciones.
Decreto	2100 de 2011	Presidencia de la República	Por el cual se establecen mecanismos para promover el aseguramiento del abastecimiento nacional de gas natural y se dictan otras disposiciones.
Resolución	12 4219 de mayo de 2012	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual, en cumplimiento de lo previsto en el Artículo 9 del Decreto 2100 de 2011, se publica la Declaración de Producción de gas natural.
Resolución	4 0048 de enero de 2015	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se establecen medidas en materia de exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos convencionales continentales y costa afuera

Fuente: Concolby WSP, 2020

## 2.2.6 Directivas ministeriales

La directiva ministerial 1000-2-112922 de septiembre 30 de 2008 establece las acciones de control y vigilancia ambiental frente a la gestión y manejo de residuos o desechos peligrosos (RESPEL), 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 y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambiental –IDEAM-).

## 2.2.7 Normas técnicas colombianas

- i. NTC 4702-6: Embalajes y envases para transporte de mercancías peligrosas clase 6. Sustancias tóxicas e infecciosas.
- ii. NTC 3969: Transporte de mercancías peligrosas clase 6. Sustancias tóxicas e infecciosas. Transporte por carretera.
- iii. NTC 1692: Transporte. Transporte de mercancías peligrosas. Definiciones, clasificación, marcado, etiquetado y rotulado.
- iv. NTC 4435: Transporte de mercancías. Hojas de datos de seguridad para materiales. Preparación.
- v. NTC 4532: Transporte de mercancías peligrosas. Tarjetas de emergencia para

transporte de materiales. Elaboración.

## 2.2.8 Normatividad internacional

NTC – ISO 14001:2004: “...La innegable importancia de esta norma se deriva, sustancialmente, del hecho de que ésta representa una iniciativa pionera en la normalización internacional con la que se consigue unificar la terminología en el sector de la gestión ambiental en la lengua española...”.

“... Esta Norma Internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental. Destinados a permitir que una organización desarrolle e implemente una política y unos objetivos que tengan en cuenta los requisitos legales y otros requisitos que la organización suscriba, y la información relativa a los aspectos ambientales significativos...”.

## 2.3 ALCANCES

El presente documento, tiene como alcance atender a cada uno de los requerimientos establecidos en los términos de referencia del sector hidrocarburos M-M-INA-01 correspondientes a “ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL, PROYECTOS DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA DE HIDROCARBUROS”, expedidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible –MADS y acogidos mediante Resolución 0421 del 20 de marzo de 2014; así como también contempla dar respuesta a cada uno de los requerimientos de la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010, para la obtención de la modificación de la licencia del Área de Perforación Exploratoria – APE – Medina Occidental.

En este sentido, el alcance general del presente Estudio de Impacto Ambiental contempla:

- i. Ampliación del área licenciada pasando de 7.063,63 ha a 11.057,17 ha, con el fin, de tener una mayor extensión y así mismo una mayor capacidad de maniobra para las actividades requeridas en este proyecto. Es importante indicar, que esta nueva área es caracterizada a un nivel de detalle del 1:10.000, lo cual, permitirá tener una información detallada de las características del medio, y así poder definir con mayor exactitud las áreas susceptibles a intervención.
- ii. Describir y caracterizar la infraestructura existente.
- iii. Describir las actividades para el APE Medina Occidental que enmarcan el proceso de modificación de la licencia ambiental, las actividades de tipo constructivo y operativo, actividades de desmantelamiento, abandono y restauración y finalmente las actividades transversales que se derivan de estas estrategias.
- iv. Identificar y caracterizar las condiciones actuales de los medios abiótico, biótico, socioeconómico y cultural, con el propósito de establecer la línea base y estado actual de las áreas de influencia del proyecto; siendo sintetizada las características de sensibilidad e importancia en la zonificación ambiental. Incluyendo en el proceso de caracterización los servicios ecosistémicos presentes en el área de influencia del proyecto.
- v. Plasmar la demanda de los recursos naturales autorizada para el APE Medina

Occidental mediante la Res. 0373 de 6 de mayo de 1998 que puedan ser usados; así como las necesidades que puedan surgir como consecuencia del desarrollo de las nuevas actividades.

- vi. Identificar y evaluar los impactos ambientales previo al desarrollo del proyecto y aquellos que son potencialmente derivables de la ejecución de este; valorando económicamente los impactos ambientales significativos generados por el proyecto, a través de la identificación y cuantificación física y monetaria de los beneficios y costos derivados de los cambios en los bienes y servicios ambientales.
- vii. Formular la zonificación de manejo ambiental para el proyecto, que permita establecer de forma espacial las áreas que representan algún tipo de exclusión, restricciones mayores y restricciones menores para los procesos de intervención del proyecto.
- viii. Diseñar el plan de manejo ambiental –PMA- para la prevención, control o minimización, según sea el caso, de los impactos potenciales que se puedan generar durante el desarrollo de las diferentes actividades del proyecto; además, la formulación del programa de seguimiento y monitoreo a las medidas formuladas, el plan de gestión del riesgo que responda a los posibles incidentes durante la ejecución y desarrollo del proyecto y el plan de abandono y restauración final una vez se clausuren actividades al interior del APE Medina Occidental.
- ix. Presentar el respectivo plan de inversión de no menos del 1%.
- x. Finalmente, establecer las acciones que tienen como objeto resarcir los posibles impactos generados en el medio biótico que no puedan ser prevenidos, controlados o mitigados y que puedan incidir en la pérdida de la biodiversidad en los ecosistemas terrestres.

De forma particular, el alcance del presente estudio y su estructuración se enmarca en: las actividades objeto de la modificación de licencia, la recopilación de información secundaria y primaria para las diferentes disciplinas, la participación de las comunidades y/o actores de la zona que puedan potencialmente verse impactadas por la ejecución del proyecto; así como las limitaciones y restricciones presentadas durante la ejecución del estudio por factores externos al proceso de desarrollo del mismo.

### **2.3.1 Actividades del proyecto objeto de modificación**

Las actividades del proyecto objeto de modificación y aquellas adicionales a las ya aprobadas en la Resolución 0373 del 06 de mayo de 1998 se presentan en la Tabla 2.13 y en la Tabla 2.14; siendo estas descritas detalladamente en el Capítulo 3. Descripción del proyecto.

Teniendo en cuenta las actividades planteadas y atendiendo a lo determinado en el Decreto 2041 de 2014, el cual establece en su Artículo 29. Modificación de la licencia ambiental que: *“La licencia ambiental deberá ser modificada en los siguientes casos: 1. Cuando el titular de la Licencia Ambiental pretenda modificar el proyecto, obra o actividad de forma que se generen impactos ambientales adicionales a los ya identificados en la licencia ambiental.”*, se contempla la Modificación de la Licencia Ambiental para el Área de Perforación Exploratoria Medina Occidental.

No obstante, se contempla lo establecido en el Numeral 2, del Artículo 52 del Decreto 2041

de 2014, el cual indica que: *“Los proyectos, obras o actividades, quede acuerdo con las normas vigentes antes de la expedición del presente decreto, obtuvieron los permisos, concesiones, licencias y demás autorizaciones de carácter ambiental que se requerían, continuarán sus actividades sujetas a los términos, condiciones y obligaciones señalados en los actos administrativos así expedidos”*

En la Tabla 2.13 se presentan las actividades otorgadas en la Resolución 0373 de 1998 y su equivalencia / homologación con las actividades contempladas en la presente Modificación de Licencia Ambiental para el APE Medina Occidental.

**Tabla 2.13 Equivalencia de Actividades Respecto a Resolución 373 de 1998**

ACTIVIDADES RESOLUCIÓN 0373 DE 1998		SOLICITUD MODIFICACIÓN LICENCIA AMBIENTAL			
1	<b>Información a la comunidad y autoridades</b> Página 5, Artículo 8, 13 y 16	1	Gestión comunitaria		
		2	Gestión predial		
		25	Cierre de compromisos sociales y ambientales		
2	<b>Contratación de Personal</b> Artículo 17	28	Contratación de mano de obra, bienes y servicios		
3	<b>Apertura de vías</b> Página 3, 4 y 5	3	Localización y replanteo		
		6	Conformación estructura de rasante		
		7	Movimientos de tierras (Excavación, cortes y rellenos)		
		8	Almacenamiento, extendido y compactación de materiales de construcción		
		10	Construcción de estructuras en concreto		
		11	Construcción de obras geotécnicas		
		13	Suministro e instalación de estructuras metálicas		
		14	Operación de maquinaria y equipos		
		26	Transporte de material, equipo, maquinaria y personal		
		4	<b>Construcción de instalaciones de perforación</b> Página 3, 4 y 5 Artículo 9	15	Instalación de equipos de perforación
16	Perforación, completamiento y operación del pozo				
17	Transporte, tratamiento y disposición final de lodos y cortes de perforación.				
18	Instalación y operación de facilidades de superficie y facilidades tempranas de producción				
19	Separación y manejo de fluidos				
20	Operación de Tea				
También aplican las actividades: 3, 4, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 26 incluidas en "Apertura de vías"					
5	<b>Líneas de Flujo</b> Página 3, 4 y 5			18	No se contempla la construcción de líneas de flujo para la evacuación del crudo del APE, este se transportará por carrotanque. Las líneas proyectadas para las pruebas de producción corresponden a aquellas que permitirán la interconexión de equipos en locaciones que sean fragmentadas.
				19	
6	<b>Campamentos</b> Página 3, 4 y 5			30	Instalación y operación de campamentos
7	<b>Captaciones</b> Artículo 5	31	Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial		
8	<b>Vertimiento por riego</b> Artículo 5	32	Manejo, tratamiento y disposición final de agua residual doméstica e industrial		
		33	Conformación y operación de las ZODARs		
9	<b>Aprovechamiento Forestal</b> Artículo 5	4	Desmonte y descapote		
10	<b>Ocupación temporal de cauce</b> Artículo 5 y Artículo 14	9	Construcción de obras para cruces de drenajes (Ocupaciones de Cauce)		
11	<b>Extracción de material de arrastre y de cantera*</b> Artículo 6		No se contempla la extracción directa, los materiales se obtendrán a través de terceros autorizados.		
12	<b>Material sobrante "Botaderos"</b> Artículo 15	24	Reconformación del terreno, empedrado y/o revegetalización		
		37	Conformación y operación de ZODME		
13	<b>Manejo de Residuos Sólidos</b> Artículo 5	35	Manejo y disposición de residuos sólidos doméstico e industriales		
		38	Manejo de residuos sólidos especiales		

\*Res. 0373 de 1998 "Antes de dar inicio a la actividad de extracción, ECOPEPETROL, deberá presentar al Ministerio del Medio Ambiente el respectivo Título Minero"

Fuente: Adaptado de (Resolución 0373, 1998) y (ECOPEPETROL S.A. - Sísmica y Ambiente - Estudio de Impacto Ambiental - Bloque Medina Occidental, 1997)

De las 39 actividades estimadas en la presente Modificación de Licencia Ambiental, implícitamente están otorgadas 29 en la Resolución 0373 de 1998. Ahora bien, en la Tabla 2.14 se presenta la síntesis de actividades contempladas en cada una de las Fases del

APE Medina Occidental y se resaltan en color gris las actividades otorgadas en la Resolución 0373 de 1998:

**Tabla 2.14 Etapas y Actividades Contempladas en el APE Medina Occidental**

ETAPA	FASE	ACTIVIDADES				
1	PRE-OPERATIVA	1	Gestión comunitaria			
		2	Gestión predial			
2	CONSTRUCTIVA (Vías, Locaciones, ZODMEs y ZODARs)	3	Localización y replanteo			
		4	Desmante y descapote			
		5	Mejoramiento / Rehabilitación de vías			
		6	Conformación estructura de rasante			
		7	Movimientos de tierras (Excavación, cortes y rellenos)			
		8	Almacenamiento, extendido y compactación de materiales de construcción			
		9	Construcción de obras para cruces de drenajes (Ocupaciones de Cauce)			
		10	Construcción de estructuras en concreto			
		11	Construcción de obras geotécnicas			
		12	Construcción de helipuertos			
		13	Suministro e instalación de estructuras metálicas			
		14	Operación de maquinaria y equipos			
		15	Instalación de equipos de perforación			
		3	OPERATIVA	PERFORACIÓN	16	Perforación, completamiento y operación del pozo
					17	Transporte, tratamiento y disposición final de lodos y cortes de perforación
18	Instalación y operación de facilidades de superficie y facilidades tempranas de producción					
OPERATIVA	PRUEBAS DE PRODUCCIÓN		19	Separación y manejo de fluidos*		
			20	Operación de Tea		
			21	Desmantelamiento, salida de maquinaria y retiro de equipos		
4	DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN	22	Cierre de piscinas, abandono y/o cierre del pozo y contrapozo			
		23	Demolición y/o desmante de infraestructura y limpieza de áreas			
		24	Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización			
		25	Cierre de compromisos sociales y ambientales			
<b>ACTIVIDADES TRANSVERSALES</b>						
26	Transporte de material, equipo, maquinaria y personal					
27	Almacenamiento y transporte de crudo, gas y otros fluidos					
28	Contratación de mano de obra, bienes y servicios					
29	Mantenimiento de vías de acceso y locaciones					
30	Instalación y operación de campamentos					
31	Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial					
32	Manejo, tratamiento y disposición final de agua residual doméstica e industrial					
33	Conformación y operación de las ZODARs					
34	Humectación en vías					
35	Manejo y disposición de residuos sólidos doméstico e industriales					
36	Transporte helicoportado					
37	Conformación y operación de ZODME					
38	Manejo de residuos sólidos especiales					
39	Reubicación infraestructura de servicios públicos					

\*Para la realización de las pruebas cortas y extensas, se realizará la interconexión de equipos a través de línea de flujo construidas sobre los derechos de vía del proyecto.

Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

### 2.3.2 Estructura del Estudio de Impacto Ambiental

Teniendo en cuenta que el Estudio de Impacto Ambiental se elaborará atendiendo lo solicitado en los términos de referencia del sector hidrocarburos M-M-INA-01 correspondientes a "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL, PROYECTOS DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA DE HIDROCARBUROS", la estructura acogida para

este será la siguiente:

## RESUMEN EJECUTIVO

### 1. OBJETIVOS

### 2. GENERALIDADES

### 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 4. ÁREA DE INFLUENCIA

### 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

#### 5.1 MEDIO ABIÓTICO

#### 5.2 MEDIO BIÓTICO

#### 5.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO

#### 5.4 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

### 6. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

### 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

### 8. EVALUACIÓN AMBIENTAL

### 9. ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO

### 10. EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL

### 11. PLANES Y PROGRAMAS

#### 11.1 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

##### 11.1.1 PROGRAMAS DE MANEJO AMBIENTAL

##### 11.1.2 PLAN DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO

##### 11.1.3 PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO

##### 11.1.4 PLAN DE DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO

#### 11.2 OTROS PLANES Y PROGRAMAS

##### 11.2.1 PLAN DE INVERSIÓN DEL 1%

##### 11.2.2 PLAN DE COMPENSACIÓN POR PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD

## ANEXOS

### ANEXO 01. REQUISITOS LEGALES

### ANEXO 02. GENERALIDADES

### ANEXO 03. DESCRIPCIÓN DE PROYECTO

ANEXO 04. ÁREA DE INFLUENCIA  
ANEXO 05. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

ANEXO 5.1 MEDIO ABIÓTICO  
ANEXO 5.2 MEDIO BIÓTICO  
ANEXO 5.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO  
ANEXO 5.4 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

ANEXO 06. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL  
ANEXO 07. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO  
ANEXO 08. EVALUACIÓN AMBIENTAL  
ANEXO 09. ZONIFICACIÓN MANEJO  
ANEXO 10. VALORACIÓN ECONÓMICA  
ANEXO 11. CARTOGRAFIA

ANEXO 11.1 PROGRAMAS DE MANEJO AMBIENTAL  
ANEXO 11.2 PLAN DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO  
ANEXO 11.3 PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO  
ANEXO 11.4 PLAN DE DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO  
ANEXO 11.5 PLAN DE INVERSIÓN DEL 1%  
ANEXO 11.6 PLAN DE COMPENSACIÓN POR PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD  
ANEXO 11.7 PGRMV

ANEXO 12. BIBLIOGRAFÍA

### **2.3.3 Recopilación de información secundaria y primaria**

Dentro del proceso de estructuración del estudio para la modificación de la licencia ambiental del APE Medina Occidental, se consultaron en primera instancia diferentes fuentes de información secundaria entre las cuales se encuentran entes de interés nacional como: la Autoridad Nacional de Estudios Ambientales – ANLA-, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS-, el Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia, la Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil – RESNATUR, el Ministerio del Interior, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-, el Instituto Colombiano de Antropología e Historia -ICANH, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM-, entre otros.

De igual forma, se realizó la consulta a entes de interés regional como la Corporación Autónoma Regional del Guavio (CORPOGUAVIO), la Corporación Autónoma Regional de Chivor (CORPOCHIVOR) y Corporación Autónoma Regional de la Orinoquía (CORPORINOQUIA) y la Gobernación de Cundinamarca y Boyacá; así como también los entes locales como las alcaldías de los Municipios de Medina, Ubalá, Paratebueno y Santa María, sus diferentes dependencias y empresas que según la consulta de información secundaria pudieran estar superpuestas con el proyecto o su área de influencia. Los soportes de solicitud de información se citan en el Anexo 01. Información Entregada.

Adicionalmente, se realizó la consulta en el estudio ambiental previo realizado en la zona

donde se localiza el proyecto (*Estudio de Impacto Ambiental Bloque Medina occidental, elaborado por la empresa GEO Sísmica y Ambiente en junio del año 1997*), el cual sirvió de insumo para la construcción de la línea base y el análisis de impactos ambientales; así mismo fueron consultadas las plataformas disponibles en línea con información de interés ambiental como el Sistema de Información para Colombia -SIAC. Lo anterior se especifica, según aplique, en la etapa pre-campo de las metodologías del estudio para las diferentes disciplinas (Numeral 2.4 Metodologías, del presente capítulo).

Finalmente, el estudio dentro de su alcance contempló el proceso de levantamiento de información primaria en campo para las diferentes disciplinas objeto del proceso de caracterización, que incluyeron recorridos del área de influencia preliminar, verificación y/o caracterización de puntos de control en campo; incluyendo la ejecución de monitoreos de agua superficial, agua subterránea, calidad de aire, ruido y suelos para puntos de interés que permitieran obtener características específicas de las diferentes matrices en su condición actual, esto se plasma de forma detallada en el Numeral 2.4 Metodologías, del presente capítulo.

Los trabajos de campo se desarrollaron entre los siguientes periodos:

**Tabla 2.15 Trabajos de campo para la Modificación de la Licencia Ambiental del APE Medina Occidental**

ACTIVIDADES DE CAMPO EJECUTADAS	FECHAS DE EJECUCIÓN
Componentes del medio físico y perceptual	Del 29 de octubre 2019 al 31 de enero de 2020 Del 27 de febrero al 09 marzo 2020
Componentes del medio biótico	Del 20 de octubre 2019 al 16 de enero 2020 Del 27 de febrero al 11 marzo 2020
Componente del medio socioeconómico (actividades diferentes a los lineamientos de participación)	Del 10 de octubre de 2019 al 15 de septiembre de 2020.
Toma de muestras de suelos	Del 10 al 31 de enero de 2019
Levantamiento de información para el componente hidrogeológico	Del 04 al 22 de diciembre de 2019 Del 03 al 10 de enero 2019 Del 27 de febrero al 09 marzo 2020
Laboratorios de calidad de agua superficial temporada de seca	Del 27 de enero al 11 de marzo de 2020
Laboratorios de calidad de agua subterránea	Del 26 al 29 de febrero de 2020
Laboratorios de calidad de aire y ruido	Del 14 de enero al 11 de febrero de 2020

Fuente: Concol by WSP, 2020

### 2.3.4 Participación de las comunidades y/o actores

Dentro del proceso de modificación de la licencia ambiental del APE Medina Occidental se identificaron los actores sociales del área de influencia involucrados: organizaciones comunitarias, entidades territoriales (alcaldías de Medina, Ubalá, Paratebueno y Santa María, y la gobernación de Cundinamarca y Boyacá), entes de tipo ambiental como CORPOGUAVIO, CORPOCHIVOR y CORPORINOQUIA y la validación de grupos e instituciones clave, con el fin de hacerlos partícipes en el proceso de modificación de licencia. El proceso informativo y participativo de los diferentes actores del área de influencia se enmarcó en lo establecido por la guía de participación ciudadana para el licenciamiento ambiental, emitida por la ANLA en el 2018; siendo la metodología específica

establecida en el Numeral 2.4 Metodologías, del presente capítulo.

Los trabajos desarrollados que tuvieron como alcance la participación de las comunidades y los diferentes actores fueron:

**Tabla 2.16 Actividades de participación Modificación de la Licencia Ambiental del APE Medina**

Momento	Fechas de ejecución
Socializaciones – Primera Fase (Divulgación del proyecto)	Del 10 de octubre al 15 de noviembre del 2019 Del 28 de enero al 18 de febrero 2020
Socializaciones – Segunda Fase (Taller de Impactos)	Del 24 de febrero al 10 de marzo 2020
Socializaciones – Tercera Fase (Socialización de resultados)	Del 24 de julio al 15 de septiembre 2020
Socializaciones – Cuarta Fase (Resocialización de resultados)	Del 18 de febrero al 23 de marzo 2021

Fuente: Concol by WSP, 2020

Adicional a las actividades de participación con la comunidad, se llevó a cabo una fase enfocada a la recopilación de información social. Esta actividad se desarrolló en dos (2) momentos, cuyas fechas se relacionan en la Tabla 2.17.

**Tabla 2.17 Actividades de recopilación de información social Modificación de la Licencia Ambiental del APE Medina**

Momento	Fechas de ejecución
Primera Fase (Recopilación de información primaria)	Del 08 al 24 de noviembre del 2019 Del 28 de enero al 18 de febrero 2020

Fuente: Concol by WSP, 2020

### 2.3.5 Limitaciones y restricciones del estudio

Dentro de las limitaciones para la elaboración del estudio se encuentra el suministro de la totalidad de la información por parte de los entes consultados, ya que si bien se recibieron respuestas de las diferentes dependencias, alguna documentación suministrada cuenta con cierta limitación en la información, información genérica y/o desactualizada; que en la medida de lo posible fue complementada con información compilada en campo en los casos en los que fue posible o citados en el estudio como información de referencia.

En cuanto a las actividades de levantamiento en campo para los medios abiótico y biótico, se tuvo en algunos casos dificultades en el acceso a ciertas áreas del proyecto principalmente por las características del terreno, así mismo restricciones en el ingreso a predios que implicó la reevaluación de los puntos de verificación en campo inicialmente definidos en oficina, por puntos con condiciones similares. De igual forma, las actividades relacionadas con la segunda campaña de monitoreo de agua superficial se vieron interrumpidas por la Pandemia de Coronavirus – COVID-19, que llevo al gobierno a la adopción de una cuarentena nacional desde el 24 de marzo y la cual se mantiene hasta la fecha de elaboración del presente documento (septiembre de 2020). Sin embargo, es importante resaltar que dichos monitoreos, se llevarán a cabo en el marco de los Planes de Manejo Ambiental Específicos que se ejecuten en el área.

## 2.4 METODOLOGÍAS

A continuación, se presentan las metodologías contempladas para el desarrollo del presente estudio.

### 2.4.1 Área de influencia

La metodología para la definición de áreas de influencia se fundamenta en la base conceptual referida el artículo 2.2.2.3.1.1 del Decreto 1076 de 2015, los Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental Proyectos de Perforación Exploratoria de Hidrocarburos (M-M-INA-01) del 2014, la Guía para la Definición, Identificación y Delimitación del Área de Influencia (Villareal H. , y otros, 2006). y Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010. En Los cuales, se resalta una definición de área de influencia a través de la manifestación de los impactos significativos derivados de las actividades del proyecto, los cuales pueden ser espacializados, mediante la recopilación de información en diferentes etapas (pre-campo, campo y pos-campo), lo cual, que permite delimitar y ajustar las áreas de influencia por componentes, y así obtener un área de influencia definitiva del proyecto. Lo anterior, se concibe como un proceso iterativo. La metodología desarrollada para la definición de área de influencia se describe a continuación.

#### 2.4.1.1 Etapa de Precampo

Esta etapa iniciación con la aplicación de una matriz preliminar de doble entrada, la cual, relaciona, las actividades del proyecto y los potenciales impactos generados. A partir de, se obtiene un número de interacciones (Actividad e impacto), que posteriormente son calificadas bajo diferentes parámetros establecidos en la de acuerdo con la metodología RAM de Ecopetrol S.A, que permite determinar su significancia ambiental (ver Tabla 2.18).

**Tabla 2.18 Parámetros de calificación para área de influencia preliminar**

PARAMETRO	PARAMETRO	DESCRIPCIÓN
EFECTO	1	<b>INDIRECTO</b> Cuando su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar como consecuencia secundaria de un efecto directo o primario.
	4	<b>DIRECTO</b> Cuando la repercusión se presenta como consecuencia primaria de la actividad o acción.
MAGNITUD	2	<b>BAJA</b> Efectos ambientales no significativos, es decir cuando las consecuencias del impacto generan modificaciones mínimas sobre el medio o la comunidad (menos de 100 SMLMV).
	4	<b>MEDIA</b> El efecto no es suficiente para poner en grave riesgo los recursos naturales o la comunidad. Cuando el impacto es benéfico se generan alteraciones moderadas en el entorno analizado; variación ambiental o económica mínima (entre 100 y 250 SMLMV).

PARAMETRO	PARAMETRO	DESCRIPCIÓN	
	6	ALTA	El efecto genera un deterioro o pérdida del ecosistema y/o la comunidad de índole intermedio. Cuando el impacto es positivo el beneficio ambiental o económico es considerado intermedio (entre 250 y 500 SMLMV).
	8	MUY ALTA	El impacto afecta de manera significativa o grave los ecosistemas y/o el entorno sociocultural. Si el impacto es benéfico, el incremento o variación ambiental y/o económica es significativa (más de 500 SMLMV).
RESILIENCIA	1	MUY TOLERANTE	El ecosistema y/o la comunidad asimilan rápidamente y en su totalidad los efectos ambientales y/o sociales durante la ejecución de la actividad, desapareciendo las manifestaciones del impacto tan pronto ésta termina. El efecto benéfico que se genera no perdura.
	2	TOLERANTE	El efecto es asimilado en un periodo mayor de tiempo por el ecosistema y/o la comunidad, sin que este tiempo adicional sea significativo (Aplica para impactos positivos y negativos).
	3	SENSIBLE	El efecto es asimilado parcialmente, el ecosistema y/o la comunidad no se recupera fácilmente quedando pequeñas secuelas o consecuencias del impacto (Aplica para impactos positivos y negativos).
	4	INTOLERANTE (MUY SENSIBLE)	La manifestación del impacto no desaparece ni es asimilada por el ecosistema y/o la comunidad, los efectos se mantienen latentes sin permitir la recuperación total del ecosistema o dejando secuelas significativas en la comunidad. Los efectos positivos generan secuelas benéficas que perduran con el paso del tiempo.
TENDENCIA	1	DECRECIENTE	Las manifestaciones del impacto tienden a desaparecer de una forma rápida en la medida que transcurre el tiempo.
	2	ESTABLE	El efecto del impacto se mantiene constante con el transcurso del tiempo, ya sea en los ecosistemas o en la comunidad.
	3	CRECIENTE	El efecto tiende a incrementar la alteración sobre el medio y/o la comunidad, ya sea en extensión, intensidad o cualquiera de sus manifestaciones de manera progresiva.
	4	EXPONENCIAL	Los efectos generados por el impacto tienden a aumentar sus manifestaciones de una forma rápida y severa.
EXTENSIÓN	1	PUNTUAL	Cuando las manifestaciones o alteraciones biofísicas se manifiestan dentro de la instalación, sin salir de ella, en un área inferior a una Ha. (10.000 m <sup>2</sup> ). Socioeconómica y culturalmente, el impacto puede repercutir a nivel predial o unidades familiares.
	3	LOCAL	El impacto desde el punto de vista biofísico se manifiesta dentro o fuera de la instalación, en un área comprendida entre 1.0 y 5.0 Ha. Desde el punto de vista socioeconómico y/o cultural, el impacto puede repercutir a nivel de la unidad territorial (vereda, resguardo o territorio colectivo).

PARAMETRO	PARAMETRO	DESCRIPCIÓN	
	6	<b>PARCIAL</b>	Biofísicamente, el impacto se manifiesta dentro o fuera de la instalación, en un área comprendida entre 5.0 y 10.0 Ha. Socioeconómica y culturalmente, el impacto repercute a nivel territorial (regional).
	9	<b>EXTENSO</b>	Desde el punto de vista biofísico, el impacto tiene manifestaciones dentro o fuera de la instalación en un área superior a 10.0 Ha. Las repercusiones a nivel socioeconómico y/o cultural pueden ser de orden nacional o internacional.
<b>EXPOSICIÓN</b>	1	<b>FUGAZ – ESPORÁDICO</b>	Exposición: momentánea o fugaz Ocurrencia: excepcional o esporádica (menos de una vez por año).
	2	<b>TEMPORAL – BREVE</b>	Exposición: breve (hasta un (1) día) Ocurrencia: temporal (menos de una vez al mes).
	3	<b>FRECUENTE – PROLONGADO</b>	Exposición: Extendida (hasta un (1) mes) Ocurrencia: frecuente (por lo menos una vez al día).
	4	<b>PERMANENTE</b>	Exposición: prolongada (superior a un (1) mes) Ocurrencia: muy frecuente o continua.
<b>RECUPERABILIDAD</b>	1	<b>RÁPIDA</b>	Las manifestaciones tienen duración inferior a un (1) mes
	2	<b>MODERADA</b>	Las manifestaciones tienen duración entre uno (1) y doce (12) meses
	3	<b>LENTA</b>	Las manifestaciones tienen duración entre uno (1) y cinco (5) años
	4	<b>IRRECUPERABLE (PERDURABLE)</b>	Las consecuencias permanecen por más de cinco (5) años
<b>ACUMULACIÓN</b>	1	<b>SIMPLE</b>	El efecto del impacto no se incrementa por la ocurrencia reiterada de una actividad generadora.
	4	<b>ACUMULATIVO</b>	El efecto del impacto se acumula y aumenta progresivamente con la ocurrencia de la actividad generadora
<b>SINERGIA</b>	1	<b>NO SINÉRGICO</b>	Cuando el impacto no interactúa con otros impactos y su efecto es independiente.
	6	<b>SINÉRGICO</b>	Cuando el impacto actúa de manera agregada con otros impactos, generando un efecto mayor a la suma de estos
<b>PROBABILIDAD DE OCURRENCIA</b>	A	<b>POCO EVIDENTE</b>	Prácticamente imposible que ocurra
	B	<b>MODERADAMENTE EVIDENTE</b>	Poco Probable que ocurra
	C	<b>EVIDENTE</b>	Es posible que ocurra
	D	<b>MUY EVIDENTE</b>	Bastante probable que ocurra
	E	<b>DESTACADO</b>	Ocurrirá con alto nivel de certeza

Fuente: Concolby WSP, 2019

La calificación preliminar de impactos se realizó con base en información secundaria. En esta etapa se consultaron fuentes de información secundaria, como las instituciones públicas, como también estudios de investigación de universidades o empresas privadas, que recopilan información del área proyecto en cuanto a los componentes como el geosférico, hídrico, atmosférico, paisaje, fauna, flora y socioeconómico.

A partir de la calificación anterior, se identifican las interacciones (Actividad e impacto) que presentan significancia, es decir, las que obtienen una importancia ambiental de Localizado, Mayor o Masivo, se valoran con una probabilidad de ocurrencia entre Posible-C, bastante

Probable-D y que pueden Ocurrir con un alto nivel de certeza-E y a partir de ello, obtienen un nivel de significancia ambiental en las categorías, Media, Alta y Muy alta. Los criterios para la definición de impactos significativos se presentan en la Tabla 2.19.

**Tabla 2.19 Criterios para la definición de impactos significativos**

IMPORTANCIA AMBIENTAL	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	SIGNIFICANCIA AMBIENTAL	SIGNIFICANCIA DEL IMPACTO	DEFINE ÁREA DE INFLUENCIA
Leve	A-Prácticamente imposible que ocurra	Muy bajo	No es significativo	No
Menor	B-Poco Probable que ocurra	Bajo	No es significativo	No
Localizado	C-Es posible que ocurra	Medio	Significativo	Si
Mayor	D-Bastante probable que ocurra	Alto	Significativo	Si
Masivo	E-Ocurrirá con alto nivel de certeza	Muy alto	Significativo	Si

Fuente: Concol by WSP, 2020

Las interacciones significativas, permitieron la identificación de los componentes y elementos ambientales que serán utilizados en los análisis para la delimitación del área de influencia preliminar. Sobre estos, se utiliza la información secundaria recopilada, a partir de ella, se intentó predecir su comportamiento, en cuanto a los potenciales cambios ocasionados por las actividades del proyecto y delimitar un área preliminar por componentes.

Estas áreas de influencia preliminares por componentes son muy importantes, puesto que, sobre estas, se desarrolla la recolección de información primaria en la etapa de campo (caracterización de línea base), lo cual, posteriormente, sirve para ajustar las áreas inicialmente definidas, dado que, ya se tiene el conocimiento de particularidades in situ, como, los son factores, ambientales, físicos y sociales del área. En este sentido, es pertinente indicar, que la definición de área de influencia se concibe como un proceso iterativo, que va ajustándose según avanzan las etapas del proceso metodológico, como son los momentos depre-campo campo y pos-campo.

#### 2.4.1.2 Etapa de campo

Con la definición de áreas de influencia preliminares por componentes y medios, se determinó el área sobre la cual, se realizan las actividades de la etapa de campo, la cual, se fundamenta en la recolección de información primaria, mediante recorridos y registros como muestras, observaciones, anotaciones, fotografías, datos, entre otros.

La caracterización o línea base, se reconoce como un conjunto de acciones y actividades encaminadas a obtener de forma directa, como datos e información de un área de un lugar en un tiempo determinado. A partir de ello, se obtienen características y particularidades del área de estudio o proyecto, que permiten ajustar el área preliminar inicialmente definida, y así, mediante aspectos como límites geográficos, vegetación, especies, fenómenos naturales, personas, actividades económicas, entre otras, observados encontrada en campo, con mayor precisión se delimite un área, donde se manifiesten los impactos

significativos del proyecto. Con base en los hallazgos de campo, se realizó un ajuste a las áreas preliminares de los componentes ambientales.

#### 2.4.1.3 Etapa Post campo

Con la información obtenida del procesamiento de información tomada de campo (pos-campo), se realizaron las calificaciones de impacto en la evaluación ambiental (Capítulo 8). La información procesada en la etapa pos-campo, permitió tener un mayor detalle en cuanto a las características de los elementos ambientales que podrían ser afectados durante el desarrollo y operación del proyecto. El procesamiento de información otorga la posibilidad de predecir con una mayor exactitud los cambios en cada componente, y esto a su vez, permitió realizar una adecuada calificación en la matriz de impactos ambientales, la cual fue elaborada considerando aspectos como, las características del medio, las actividades del proyecto y los posibles cambios ocasionados.

A partir de los resultados obtenidos en la evaluación ambiental (capítulo 8) se identificaron los impactos que presentan interacciones (actividad e impacto) de alta significancia, es decir, los que cumplen los criterios establecidos en la Tabla 2.19 y esto, a su vez, permitió la identificación de los componentes que presentan interacciones significativas, los cuales representan especial importancia, puesto que, sobre ellos se realiza el análisis y se definen los criterios que permiten la definición y delimitación de área de influencia definitiva, mediante el ajuste o validación de las áreas preliminares.

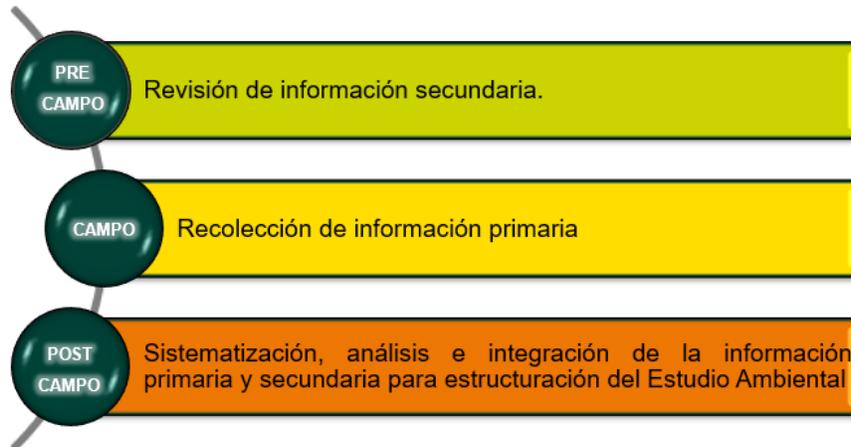
Es importante precisar, que no todos los componentes que son incluidos análisis para la definición de área de influencia preliminar son tenidos en cuenta en el análisis de área de influencia definitiva, lo cual, se puede explicar porque estas áreas se definen o delimitan en momentos diferentes del estudio, con información que puede variar en su nivel de detalle. La identificación y definición de los componentes que se incluyen en el área de influencia se fundamenta en los que presentan impactos significativos en su evaluación, para lo cual, se emplean matrices que son calificadas con la información que se cuenta en el momento y la experticia del profesional o especialista temático. En este sentido, las calificaciones preliminares se realizan principalmente con información secundaria, obtenida en la etapa pre-campo, mientras que las calificaciones utilizadas en el área definitiva se realizan con información procesada de campo, que presentan un mayor nivel de detalle, lo cual, genera diferencias en las calificaciones y resultados de las matrices utilizadas.

Los componentes que presentan interacciones significativas (actividad e impacto), son objeto de un ajuste o validación de su área preliminar, considerando la información procesada de campo, con el fin, de obtener un área de influencia definitiva, que represente la extensión en área en la que se manifiestan los impactos significativos del proyecto. Luego de establecer las áreas de influencia definitivas por componente, se realizó la unión o superposición de estas, para conseguir áreas definitivas por medio y finalmente, un área de influencia definitiva del proyecto. En el capítulo 4 sobre las áreas de influencia en el numeral 4.1 sobre las consideraciones técnicas, se describen a profundidad, los detalles del proceso llevado a cabo para la determinación de las áreas de influencia preliminares y definitivas.

## 2.4.2 Descripción del Proyecto

En la Figura 2.5 se presentan las etapas que se realizaron para la adquisición, procesamiento y generación de información para estructurar el Capítulo 3 – Descripción del Proyecto.

**Figura 2.5 Etapas para Descripción del Proyecto**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

En la descripción del proyecto se incluyó la localización geográfica y político-administrativa del Área de Perforación Exploratoria – APE – Medina Occidental y se presentó un mapa georreferenciado en coordenadas planas a escala 1:25.000.

Se especificaron las características técnicas del Proyecto en sus diferentes fases y los respectivos diseños tipo de la infraestructura que se pretende construir y/o adecuar. También se incluye la necesidad de recursos naturales, sociales y culturales; cronograma de actividades, costos y estructura organizacional del Proyecto.

La descripción de la infraestructura existente y del Proyecto en general, corresponde al resultado de un proceso que siguió las siguientes fases:

### 2.4.2.1.1 Etapa Precampo

Se realizó revisión, interpretación y clasificación de la información entregada por ECOPETROL y la que se encuentra en la base de datos de Concolby WSP, para posteriormente llevar a cabo una búsqueda y consulta de información secundaria adicional, que permitió completar una Descripción integral del Proyecto, así como efectuar una primera aproximación tanto de las características físicas como geográficas de la zona donde se ubica el Área de Exploración. Esta información está compuesta principalmente por:

1. Información respecto a la infraestructura existente, actividades que se proyectan realizar y requerimientos para la operación del Proyecto.

2. Licencias, permisos, estudios y planes de manejo de la zona.
3. Documentación oficial del Área de Influencia emitida por instituciones internacionales, estatales y regionales como cartografía IGAC, imágenes satelitales, fotografías aéreas, información INVIAS, POT, EOT, estudios, entre otros.
4. Documentos técnicos y estudios relacionados con el proceso de exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos convencionales.
5. Consultas sobre base de datos de Tráfico Promedio en el área y se proponen los posibles puntos para los aforos vehiculares.

#### **2.4.2.1.2 Etapa de Campo**

La recolección de información referente a Descripción del Proyecto se realizó en dos jornadas: La primera en octubre y noviembre de 2019 y la segunda en febrero y marzo de 2020. Se planearon y desarrollaron las siguientes labores en el área del Proyecto:

1. Recorridos por las vías existentes utilizando herramientas como equipos de geoposicionamiento, de captura de información y cámara fotográfica, para identificar y validar las rutas documentadas y evaluar las características de estas (Longitud, anchos promedio, estado actual y estructuras asociadas).
2. Consulta e identificación de las fuentes de material de construcción cercanas a la zona que cuentan con Licencia Ambiental y Título Minero.
3. Identificación de posibles ocupaciones de cauce y sitios de captación.
4. Identificación de infraestructura petrolera, de servicios, entre otras.
5. Recolección de información para el Estudio de Tráfico (Cuatro Punto de Aforo):
  - a. Visita de la zona con el objeto de reconocer el entorno para el desarrollo del estudio y establecer los sitios donde se realizaron los conteos vehiculares.
  - b. Capacitación del personal para la toma de información, que incluye aforadores o supervisores; con el fin de familiarizar al personal en el manejo y diligenciamiento de los formatos, unificar los criterios sobre los tipos de vehículo y la ubicación y sentidos a registrar.
  - c. Toma de información propiamente dicha, contando el tráfico discriminado en autos, buses, camiones y motos, para ambos sentidos de flujo.
  - d. Cálculo del Tráfico Promedio Diario - TPD en los cuatro (4) puntos de aforo definidos para el Proyecto

#### **2.4.2.1.3 Etapa Post campo**

Se realizó la sistematización, análisis e integración de la información primaria, base y secundaria que permite realizar:

1. Descripción de las características de la infraestructura existente y de las actividades que se van a realizar para el desarrollo del Proyecto.
2. Caracterización referente al uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales asociados principalmente a posibles ocupaciones de cauces y materiales de construcción.
3. Evaluación ambiental del Proyecto, a partir de las actividades a realizar y la caracterización ambiental actual del Área del Proyecto.

4. Elaboración de los Planes de Manejo, Seguimiento y Abandono relacionados principalmente con el medio físico.
5. Elaboración de la cartografía correspondiente, anexos y ajustes finales.
6. Elaboración del Estudio de Tráfico:
  - a. Procesamiento y análisis de la información obtenida en los aforos.
  - b. Estimación del Tráfico Promedio Diario (TPD) de las vías aforadas a partir de la información obtenida.

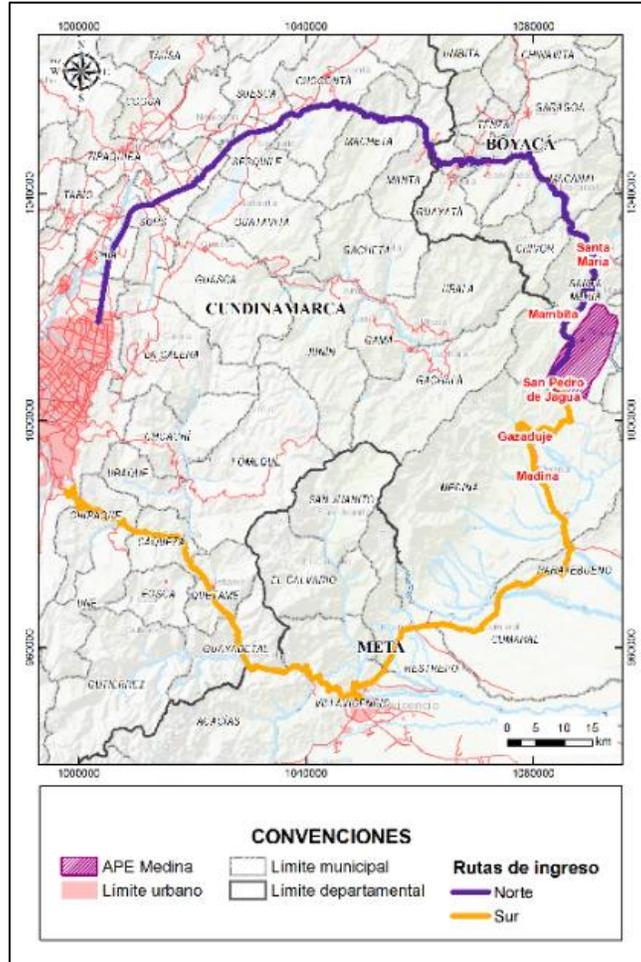
#### 2.4.2.1.3.1 Rutas de movilización

Para el ingreso al Área de Perforación Exploratoria Medina Occidental, se identificaron dos (2) vías principales las cuales se presentan en la Figura 2.6.

1. *Ingreso Norte:* Partiendo desde Bogotá se toma la ruta nacional 5501 hacia la ciudad de Tunja en el departamento Boyacá, a la altura del Embalse del Sisga (Antes de llegar a Tunja), se toma la vía que conduce hacia Machetá, Guateque (Cuenta con varios túneles sin revestimiento) y la Represa de Chivor hasta llegar al Casco Urbano de Santa María. Hasta este sector la vía presenta condiciones aceptables en pavimento flexible y afirmado, se cuenta con actividades de construcción, rehabilitación y mejoramiento vial. A partir del casco urbano de Santa María en el departamento de Boyacá se toma la vía que conduce hacia San Pedro de Jagua, cambiando drásticamente sus condiciones viales, caracterizado principalmente por su capa de rodadura en afirmado, deslizamientos, socavación y curvas con radio de curvatura restringido. La longitud aproximada es de 183 km desde Bogotá hasta San Pedro de Jagua.
2. *Ingreso Sur:* Partiendo desde Bogotá se toma la ruta nacional 4006 hasta la ciudad de Villavicencio en el departamento del Meta, posteriormente se continua por la ruta nacional 6510 hasta el sector conocido como Japón, en el municipio de Paratebueno del departamento de Cundinamarca. Al ser vías nacionales, presentan buenas condiciones para el tráfico vehicular. En el sector Japón se desvía de la ruta nacional para tomar la vía que conduce al municipio de Medina, la cual cuenta con pavimento flexible (deteriorado en algunos tramos) y se continua hacia San Pedro de Jagua – Municipio de Ubalá, a través de una vía en afirmado, con sectores cortos en pavimento flexible en buen estado, debido a que en su mayoría los sectores en pavimento flexible presentan deterioro. Desde Bogotá hasta San Pedro de Jagua se cuenta con una longitud aproximada 206 km.

La ruta de Ingreso Norte se contempla principalmente para el ingreso de personal, teniendo en cuenta el estado de la vía y la restricción en el Túnel de Soya para tráfico pesado. Es decir, que la ruta por el Ingreso Sur es la principal vía de acceso para el APE Medina Occidental.

**Figura 2.6 Ingreso Norte y Sur**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

### 2.4.3 Medio Abiótico

A continuación, se presenta de forma general las metodologías implementadas para la construcción de la línea base abiótica, partiendo del proceso de definición de áreas de influencia.

#### 2.4.3.1 Geología

Para la caracterización del componente de geología se utilizó el método científico de deducción, el cual es el modo de razonar desde lo general a lo particular, desde las tesis generales a las conclusiones particulares, para lo cual primero se tomó la información general a escala 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano que más adelante se relaciona, con el cual se realizó un acercamiento regional de la geología y de al estratigrafía que permitía comprender de forma general la dinámica geológica del área de estudio, luego se realizó un ajuste de la cartografía por medio de imágenes de sensores remotos

inicialmente con un modelo digital de relieve (DEM) Alos-Palsar con una resolución espacial de 12.5 m la cual permitió ajustar la cartografía a las geoformas y morfoestructural identificadas en el área de estudio, con esta información se definieron en general puntos de control dentro del área los cuales permitían el control de los contactos de las unidades geológicas, se tomó la información primaria la cual alimentó la cartografía a escala 1:10.000 que se realizó con un modelo digital de relieve con una resolución de 5 m.

En este capítulo se describieron las unidades geológicas aflorantes a nivel regional junto con la geología estructural del área de Influencia del APE Medina Occidental, ajustando la información existente utilizando las técnicas disponibles, lo cual debe ser consistente con la nomenclatura geológica nacional, establecida por el Servicio Geológico Colombia (SGC)

Esta caracterización reúne la información de varios procesos los cuales involucran una etapa de precampo, campo y post campo. Los cuales están enfocados a la identificación y caracterización de las unidades geológicas y características estructurales en el área de influencia.

La geología y rasgos estructurales del área de estudio se describen teniendo en cuenta estudios existentes y mencionados anteriormente, haciendo énfasis en la composición litológica, rasgos estructurales presentes, identificación y descripción de zonas de amenazas naturales de acuerdo con los Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – Proyectos de Perforación exploratoria de Hidrocarburos (MinAmbiente, 2014) y la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010.

Para el presente documento se realizó un análisis de información cartográfica preliminar con el fin de realizar una cartografía preliminar, para este fin se consultaron diversos estudios del Servicio geológico Colombiano(S.G,C) como principal fuente oficial de información geocientífica del país en donde se consultaron estudios a diversas escalas con el fin de completar la cartografía no disponible del área de interés y ajustar las unidades identificadas a la cronología establecida en la carta estratigráfica internacional y estar acorde con la cartografía geológica Colombiana definida por el Servicio Geológico Colombiano, la información consultada fue la siguiente (Tabla 2.20)

**Tabla 2.20 Información geológica del S.G.C. consultada**

PLANCHA	NOMBRE	MEMORIA	AÑO	ESCALA
Cuadrángulo K-12	Guateque	Geología del Cuadrángulo K-12, Guateque	1976	1:100.000
cuadrángulo L-12	Medina	Geología del Cuadrángulo L-12, Medina	1965	1:200.000
229	Gachalá	Geología de la Plancha 229 - Gachalá	2013	1:100000
248	Cumaral	integración de la cartografía Geológica de los llanos orientales: Departamento del Meta y sector suroccidental del Departamento de Casanare, Planchas 248, 249, 250, 251, 252, 267, 268, 269, 270 y 271	2010	1:100000
Geología Departamental	Cundinamarca	Mapa Geológico del Departamento de Cundinamarca	2002	1:250000

Fuente: Concol by WSP, 2019

Además de la información anterior se consultaron otros estudios específicos del área que permitieron la caracterización general del área (Tabla 2.21).

**Tabla 2.21 Otros estudios consultados - Geología**

ESTUDIO	AÑO	AUTOR
Geología del piedemonte llanero en la cordillera oriental, departamentos de Arauca y Casanare	2010	INGEOMINAS-UIS
Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Cravo Sur	2012	Corpoboyacá
Formulación POMCA Río Guavio	2019	CAR
Evolución estructural del Sinclinal de Nazareth, Anticlinal del Guavio y Sinclinal del Río Amarillo t sus implicaciones en la sedimentación de las unidades Paleógenas y Neógenas involucradas	2004	SGC

Fuente: Concol by WSP, 2019

Se describieron las unidades litológicas y rasgos estructurales, incluyendo columnas estratigráficas y perfiles geológicos, con base en la información de estudios existentes para la zona de estudio, y ajustados a partir de análisis de imágenes de sensores remotos, fotointerpretación y trabajo de campo. La descripción de las unidades se ajustó de acuerdo con lo establecido en la carta estratigráfica internacional, código estratigráfico norteamericano y basándose en la cartografía geológica colombiana definida por el Servicio Geológico Colombiano.

De acuerdo con la consulta de información secundaria, se encuentra que el área de estudio se ubica sobre el flanco oriental de la cordillera, piedemonte y llanos orientales, sitio en el cual afloran rocas sedimentarias paleozoicas, cretácicas y cenozoicas cubiertas en algunos sectores por depósitos sedimentarios cuaternarios de origen coluvial y aluvial, la se descripciones generales se desarrollan en el capítulo de caracterización geológica con mayor detalle.

#### 2.4.3.1.1 Etapa Precampo

Se realizó la consulta de estudios geológicos estructurales publicados por entidades públicas y privadas para el área de influencia teniendo como información base la Cartografía Geológica Plancha 229 escala 1:100.0000, (SGC), y el análisis del modelo de

sombras y otros estudios mencionados anteriormente.

Con la información existente y de acuerdo con las características geológicas y estructurales del área, se realizó el plan de trabajo para la adquisición de información geológica y estructural de campo.

Durante esta etapa se realizó el ajuste de la cartografía geológica oficial por medio de imágenes de sensores remotos inicialmente con un modelo digital de elevación (DEM) Alos-Palsar con una resolución espacial de 12.5 m, con esta información se definieron los puntos de control para los trabajos de campo.

#### **2.4.3.1.2 Etapa de Campo**

Durante esta etapa se desarrolló la campaña de campo con 4 comisiones entre el 30 de octubre y el 7 de noviembre del año 2019, constituidos por 4 profesionales geólogos que tuvo como objetivo la caracterización y descripción de las características litológicas (tipo de roca, granulometría, composición, color, textura, espesores en los casos que sean evidentes), ajuste de contactos litológicos toda esta información fue levantada con formatos de campo que contiene características de las unidades tal como: tipo de roca granulometría, composición color, textura y otra información litológica visible en afloramientos identificables

Se identificaron puntos de control que permitieran la corroboración de la cartografía preliminar realizada a escala 1:25.000 preliminar de campo que se logró con la información secundaria y análisis e interpretación de imágenes de sensores remotos y un modelo digital de relieve con una resolución de 5 m, en donde se identificaron afloramientos en donde por su disposición estratigráfica y acceso se pueden levantar columnas estratigráficas que permitieron definir ubicación estratigráfica, litología, facies, granulometría y estructuras sedimentarias si se identifican.

Para los sitios inspeccionados se recolecto información mediante el formato de campo, el cual contiene información: características litológicas (tipo de roca, granulometría, composición, color, textura) los cuales se presentan en el Anexo 5.1.1 del Capítulo de Geología.

Para las mediciones de campo de utilizaron

- Matillo geológica
- Brújula geológica
- Escala
- Libreta de campo y Formatos
- Cámara fotográfica
- GPS
- Mapa Geológico preliminar
- Modelo de Sombras con lineamientos y características estructurales preliminares

#### **2.4.3.1.3 Etapa Poscampo**

Esta fase contempló la elaboración de cartografía geológica y caracterización de las

47

unidades geológicas identificadas en campo y en la cartografía preliminar basadas en los datos recolectados durante la visita de campo al APE Medina Occidental utilizando los estándares del Servicio Geológico Colombiano (SGC).

Se realizará el análisis de rasgos tectónicos con base en la interpretación de imágenes de sensores remotos en donde se indican dirección del tren estructural y las zonas de máxima densidad de lineamientos, caracterización de las fuentes de sismo generación.

Se generó el Mapa Geológico del APE Medina Occidental, a escala 1:10.000, con base en la nomenclatura geológica nacional, establecida por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), el cual incluye las características geológicas y estructurales del área del proyecto.

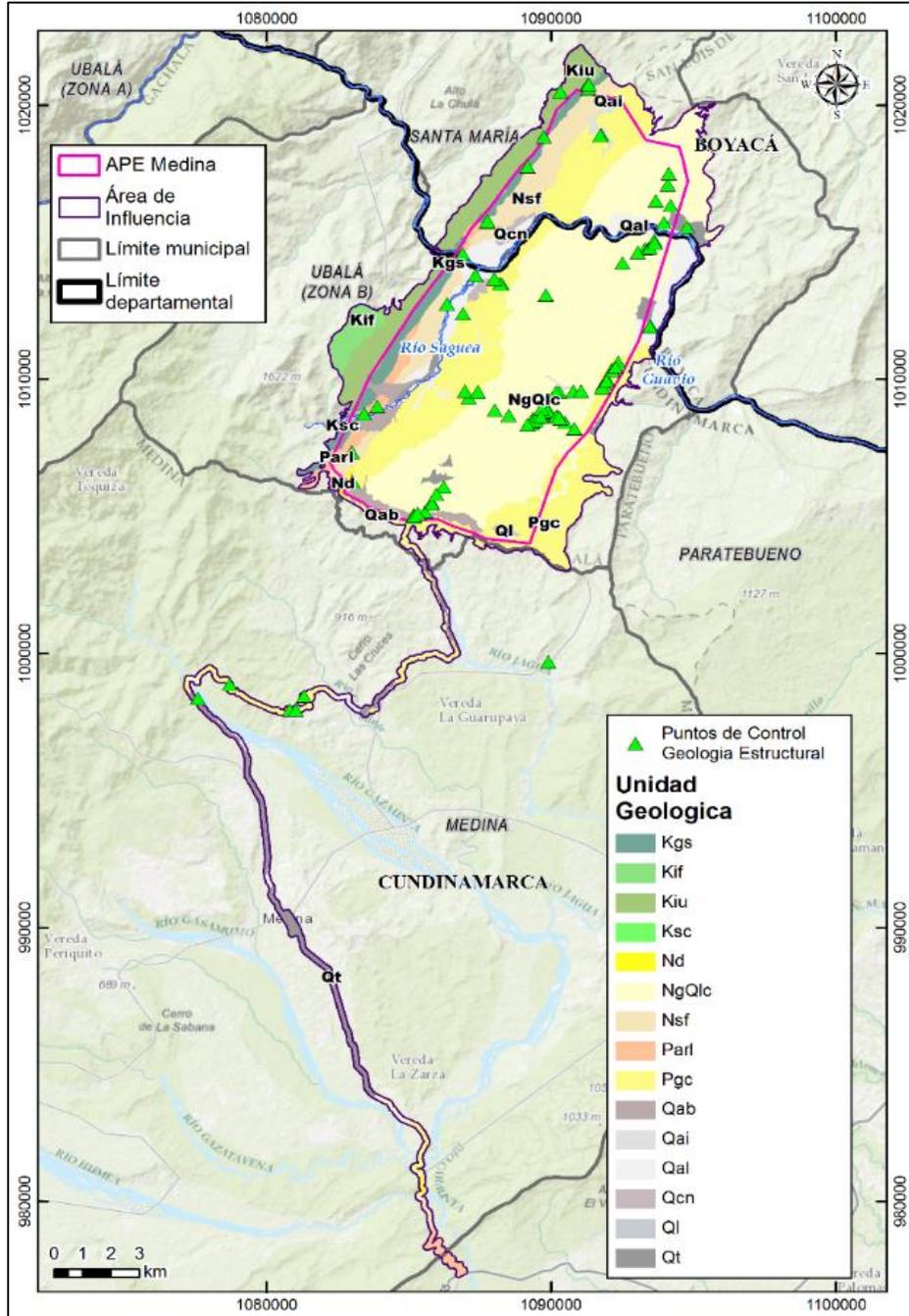
En total se identificaron 15 unidades geológicas con edades desde el cretácico hasta el cuaternario las cuales se observan en la Tabla 2.22 y Figura 2.7.

**Tabla 2.22 Unidades Geológicas identificadas para el APE Medina Occidental**

EDAD		EPOCA	UNIDADES GEOLOGICAS	
ERA	PERIODO		SÍMBOLO	NOMBRE
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Qal	Llanura aluvial o de inundación
			Qai	Aluvión intramontano
			Qcn	Cono de deyección
			Ql	Derrubio de ladera
			Qab	Abanicos intramontanosincisados
			Qt	Terrazas Aluviales
			NgQlc	Formación La Corneta
	NEÓGENO	Plioceno	Pgc	Formación Caja
			Mioceno	Nd
		PALEÓGENO	Eoceno	Nsf
Parl	Formación Arenisca de El Limbo			
MESOZOICO	CRETACICO	Superior	Ksg	Grupo Guadalupe
			Ksc	Formación Chipaque
		Inferior	Kiu	Formación Une
			Kif	Formación Fomeque

Fuente: Concol by WSP, 2019

**Figura 2.7 Unidades Geológicas identificadas para el APE Medina Occidental**



Fuente: (ConCol by WSP, 2020)

### 2.4.3.2 Amenazas Naturales

Las amenazas naturales están definidas como los elementos del medio ambiente que son peligrosos al hombre y que están causados por fuerzas diferentes al mismo, el término

natural se refiere específicamente, a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos que, por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras y a sus actividades.

Las amenazas naturales que se consideran representativas para las áreas de estudio corresponden, amenaza sísmica, amenaza de inundación, fenómenos de remoción en masa y Cerámica.

#### 2.4.3.2.1 Amenaza sísmica

Teniendo en cuenta la metodología desarrollada en la Norma Sismo Resistente para Colombia en el año 2010 de la cual se extrae el mapa oficial de amenaza sísmica generado por dicha norma y específica en el decreto 0340 del 13 de febrero de 2012 del cual se toma la categorización para la región en concordancia con la Asociación de Ingeniería Sísmica (1996), que define la Amenaza Sísmica como un “fenómeno físico asociado a un sismo, tal como el movimiento fuerte del terreno o falla del mismo, que tiene el potencial de producir una pérdida”. También es necesario tener en cuenta que “el peligro que induce la actividad sísmica de una zona sobre regiones aledañas a poblaciones o asentamientos humanos ha derivado en la necesidad de establecer por una parte parámetros claros que definan el nivel de amenaza de la zona, así como metodologías generales que permitan estimar dichos parámetros”. La aceleración pico efectiva ( $A_a$ ) corresponde a las aceleraciones horizontales del sismo de diseño contempladas en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10) (Ver Tabla 2.23).

**Tabla 2.23 Valores de amenaza sísmica según NSR - 10**

Valores de $A_a$ y $A_v$	Amenaza Sísmica
0,05	Baja
0,05 – 0,075	Baja
0,075 – 0,1	Baja
0,1 – 0,15	Intermedia
0,15 - 0,20	Intermedia
0,20 - 0,25	Alta
0,25 - 0,30	Alta
0,30 - 0,35	Alta
0,35 - 0,40	Alta

Fuente: NSR-10

Cada zona del país de acuerdo con su litología y a sus límites estructurales se define un coeficiente de aceleración dependiendo de las condiciones del terreno tales como fallas geológicas, rellenos naturales no consolidados y otros factores que puedan amplificar, entre más alto sea el coeficiente de aceleración mayor será la susceptibilidad del terreno a la amenaza sísmica.

De acuerdo con el “Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10” (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, 2010), el área de estudio se encuentra localizada en una zona de amenaza sísmica Alta e intermedia en la vía que conecta el casco urbano del municipio de Medina con el sector conocido como Japón teniendo en cuenta la litología predominante en la región y las condiciones del terreno como fallas

geológicas y factores de consolidación de la roca.

#### 2.4.3.2.2 Amenaza por remoción en masa

Con base en la interacción de los factores intrínsecos y los factores desencadenantes o detonantes que intervienen en la generación de los procesos de remoción en masa y procesos erosivos, se establece la amenaza relativa del terreno. Para la elaboración del mapa de amenaza relativa se emplearon como factores detonantes la precipitación y la amenaza sísmica, empleando el siguiente algoritmo:

$$ZG=ST * (FP + FS)$$

Dónde:

ZG = Zonificación Geotécnica (Amenaza relativa del terreno por procesos erosivos y de remoción en masa).

ST = Susceptibilidad total del terreno a los procesos erosivos y de remoción en masa.

FP = Factor detonante por precipitación.

FS = Factor detonante por sismicidad.

La Amenaza a la remoción en masa fue evaluada en el Capítulo 5, en el acápite de Zonificación geotécnica donde el área de estudio se analizó desde cinco categorías de amenaza y cinco de estabilidad, las cuales son inversamente proporcionales entre ellas, lo que quiere decir que entre menor sea la amenaza geotécnica es mayor la estabilidad geotécnica; la interrelación de estas categorías va desde muy alta a muy baja (IA, IB, II, IIIA y IIIB) y corresponden a la agrupación metodológica de zonas homogéneas de los factores de ponderación evaluados (verTabla 2.24).

**Tabla 2.24 Categorías para la zonificación geotécnica**

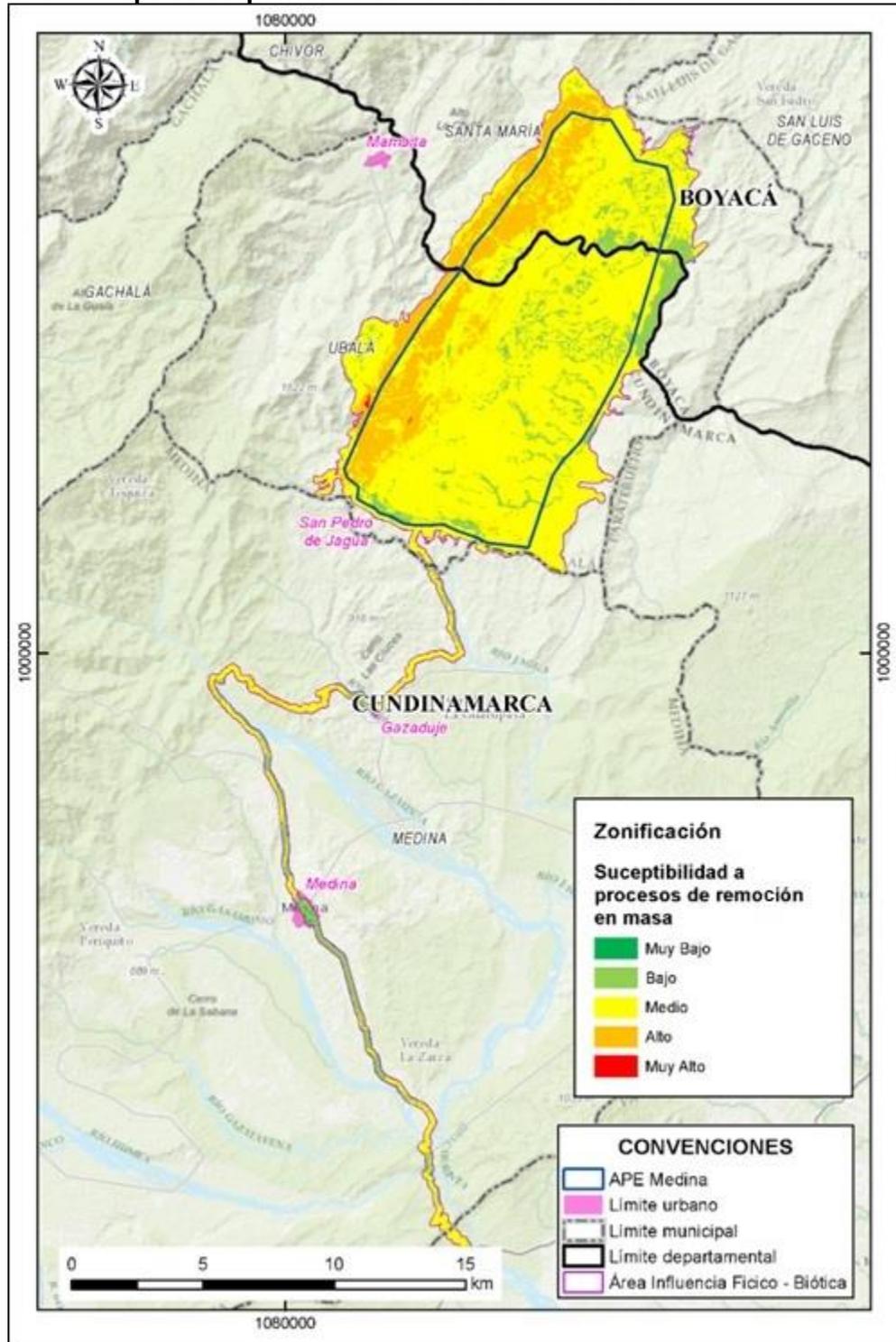
RANGOS DE VALORES	SÍMBOLO	AMENAZARELATIVA	ESTABILIDADGEOTÉCNICA
< 7	IIIB	Muy Baja	Muy Alta
7 - 12	IIIA	Baja	Alta
13 - 18	II	Moderada	Moderada
19 - 24	IB	Alta	Baja
> 24	IA	Muy Alta	Muy Baja

Fuente: Concol by WSP, 2019

El resultado de esta amenaza se puede ver en la Figura 2.8.

Adicionalmente, se realizó un inventario de procesos de inestabilidad por movimientos en el área de estudio donde se identificaron 119 puntos principalmente de reptación, rotacional y caída de rocas, los cuales no sobrepasan los 10 metros de longitud, como se presenta en el numeral 5.1 Caracterización del Medio Abiótico.

**Figura 2.8 Mapa susceptibilidad de remoción en masa**



Fuente: Concol by WSP, 2019

#### 2.4.3.2.3 Amenaza Cerámica

El nivel cerámico es definido como el número de días al año en los cuales por lo menos un trueno es oído. El máximo valor que se puede expresar es 365. La estadística de este parámetro ha sido universalmente aceptada para señalar la frecuencia básica del problema de los rayos. Estudios globales han permitido reconocer que la frecuencia de la actividad atmosférica tiene una pronunciada concentración entre los trópicos.

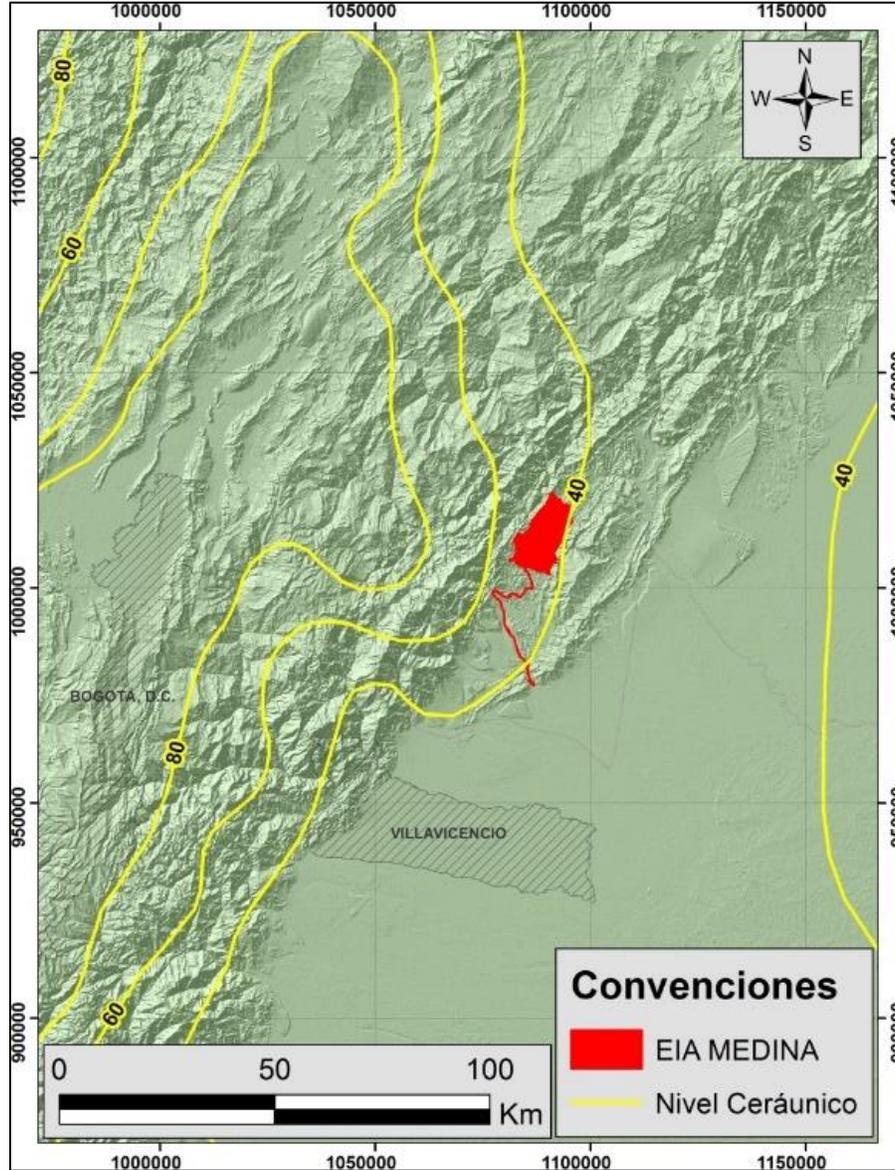
Las descargas eléctricas atmosféricas (DEAT) constituyen el mayor de los disturbios electromagnéticos que afecta el desempeño de los sistemas e instalaciones eléctricas en todo el mundo (UNAL, 2014).

Por su ubicación ecuatorial, Colombia es uno de los países con mayor actividad de descargas eléctricas atmosféricas (rayos) en el mundo, condición que se ve reflejada en las estadísticas de las empresas del sector eléctrico (ISAGEN, 1999).

A nivel geográfico regional, en Colombia se estudiaron 35 estaciones meteorológicas confiables en un período de 15 años en convenio entre el IDEAM y la Universidad Nacional de Colombia, elaborando así el mapa de niveles cerámicos, el cual muestra la distribución espacial del fenómeno, como promedio multianual. El rango de variación de los nucleamientos del mapa mostrado, de 20 en 20 días tormentosos/año, se hizo de acuerdo con el mayor y el menor dato obtenido.

El área donde se localiza el APE Medina Occidental, se encuentra ubicada; de acuerdo con la Tabla 2.23 en un nivel cerámico que oscila entre 40 y 60, lo que indica que dentro de la zona de estudio se escuchan por lo menos de cuarenta a sesenta (40 a 60) truenos durante todo un año.

**Figura 2.9 Mapa de niveles ceráunicos en Colombia**



Fuente: UNAL-IDEAM, 1990, modificado Consultoría Colombiana S.A, 2020

#### 2.4.3.2.4 Amenaza por Inundación

Las inundaciones, definidas como “1) el desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua”, o 2) “la acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas” WMO, 2012 – citado en (IDEAM, 2015) y sus características como ocurrencia, espacialidad, permanencia e intensidad de las inundaciones corresponden esencialmente a la relación entre las características hidrometeorológicas y las geomorfológicas.

Las inundaciones se producen principalmente por el aumento de caudales con desborde del cauce normal de los cuerpos de agua, estas tienden a ocurrir en época de invierno y afecta especialmente las zonas de bajas topográficas y planicies, de acuerdo con los análisis realizados de los caudales máximos y medios, el periodo comprendido entre los meses de octubre a diciembre, se caracterizan por el aumento del nivel del agua.

El estudio referente a nivel nacional y de mayor relevancia fue realizado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, para evaluar la susceptibilidad a inundación en todo el territorio nacional a escala 1:100.000. Para esto, el instituto tomó como línea base los meses de octubre y diciembre de 2001 (condiciones meteorológicas normales) para realizar los análisis espaciales, acompañados de fotointerpretación para zonificar el territorio nacional en zonas inundables periódicamente (por recurrencia de eventos), zonas inundadas (cota alcanzada durante el fenómeno de la Niña 2010 – 2011) y zonas susceptibles a inundación (extraídas con base en el análisis de sistemas morfogénéticos del territorio nacional en el año 2010 (IDEAM 2012).

Para establecer la relación espacio temporal asociada a áreas inundables por la dinámica fluvial de las corrientes, se realizó un análisis basado en la cartografía del sistema de información ambiental de Colombia-SIAC, donde se muestran para el país las siguientes categorías.

- i. Zonas susceptibles de inundación
- ii. Zonas inundables periódicamente
- iii. Zonas de cuerpos de agua
- iv. Zonas de inundación evento niña (2010 – 2011)
- v. Zonas no inundables

De acuerdo con la información presentada por el sistema de cartografía del sistema de información ambiental de Colombia-SIAC a nivel nacional, no se presenta susceptibilidad a inundaciones para el área de influencia, esto teniendo en cuenta las características morfogénéticas del territorio nacional, Registros meteorológicos y eventos como el fenómeno de la Niña 2010 – 2011 a escala 1:100.000.

Teniendo en cuenta la cartografía SIAC, el cual es un insumo oficial importante, que lleva a una primera visualización de los escenarios de inundabilidad en el área. Esta cartografía presenta escalas muy gruesas (1:100.000 – 1:500.000) que no permiten detallar la particularidad del área de estudio y arroja valores bajos de las zonas susceptibles de inundación y las zonas inundables, respectivamente. Por lo cual para el análisis del área del proyecto se tomó la capa de unidades geomorfológicas escala 1:10.000.

Además se tomó como referencia la guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación del IDEAM, marzo 2018, donde se parte de la información a escala nacional de los sistemas morfogénéticos del territorio colombiano, y donde se establece que para las zonas en que se cuente con información geomorfológica a escala más detallada, como es el caso, se pueden utilizar criterios similares de selección de unidades que presentan procesos de inundación y desborde en llanuras sometidas a régimen fluvial (IDEAM, 2018).

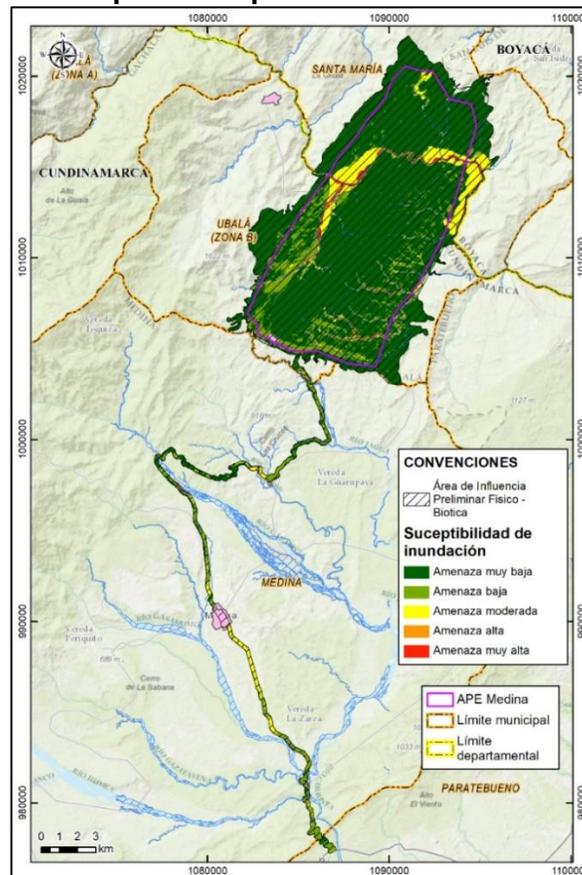
Así mismos se tuvieron en cuenta los recorridos de campo, antecedentes de la zona y temporalidad de la misma.

Los antecedentes y características generales como la inclinación del terreno y el tipo de clima son de importancia para el análisis de susceptibilidad. El clima para el área de influencia es cálido – muy húmedo, según Caldas Lang y el nivel de precipitación media mensual varía desde 1500-2500 mm, con una temperatura promedio de 23°C. Adicionalmente en su mayoría el área de influencia presenta pendientes mayores al doce por ciento (<12%), esta condición disminuye el grado de susceptibilidad a inundación.

Resultado del análisis de las condiciones de la zona y desde el punto de vista geomorfológico, el área con mayor susceptibilidad a inundarse es aquella asociada a la unidad geomorfológica con Cauces aluviales debido a la morfogénesis de esta unidad.

En la Figura 2.10 se presenta la susceptibilidad por inundación para el área de estudio donde se evidencia que esta se encuentra en una calificación de muy baja a las altas pendientes de la zona presentes en la zona.

**Figura 2.10 Mapa de susceptibilidad por inundación**



Fuente: Concol by WSP, 2020

### 2.4.3.3 Geomorfología

La caracterización geomorfológica del APE Medina Occidental tuvo como objetivo dar cumplimiento a los requerimientos del Estudio de Impacto Ambiental, con base en la en los Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – Proyectos de Perforación exploratoria de Hidrocarburos (MinAmbiente, 2014) y la Metodología General para Presentación de Estudios Ambientales expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010.

En este capítulo se describieron las unidades geomorfológicas teniendo en cuenta la metodología propuesta por Carvajal (2012). Esta caracterización reúne la información de varios procesos los cuales involucran una etapa de precampo, campo y post campo. Los cuales están enfocados a la identificación y caracterización de las unidades geomorfológicas, y las características morfogenéticas y, morfodinámicas del área de influencia, estos análisis se apoyaron en la interpretación de sensores remotos principalmente un modelo de sombras Alos-Plasar con una resolución espacial de 12,5 m ya que era la información que permitía realizar una cartografía preliminar de campo a escala 1:25.000 para después del control de campo ajustar la cartografía a una escala de 1:10.000 complementándola con la interpretación de un modelo de sombras con una escala espacial de 5m.

La geomorfología involucra y relaciona al paisaje con los procesos que le dieron origen y sus condiciones ambientales. Por lo tanto, para lograr una descripción y caracterización adecuada se incluyen cuatro aspectos principales:

- Morfogénesis (Análisis del origen de las diferentes unidades de paisaje).
- Morfografía (Análisis de las formas de las laderas)
- Morfodinámica (Análisis de los procesos de tipo denudativo)
- Morfoestructuras (Análisis y mapeo de las formas de tipo estructural que imperan sobre el relieve)

Se realizó el mapa geomorfológico a escala 1:10.000, sobre la base de fotointerpretación en donde se pueden identificar geoformas de acuerdo con cambios de relieve además del control de campo y de acuerdo con la clasificación jerárquica de la metodología dispuesta por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) haciendo énfasis en la morfogénesis y la morfodinámica del área de estudio.

#### 2.4.3.3.1 Etapa Precampo

En esta etapa se realizó la recopilación y análisis de información secundaria para lo cual se consultan estudios geomorfológicos publicados por entidades públicas y privadas para el área de influencia, se tiene como información base se la Cartografía Geológica Plancha 229 escala 1:100.000, (SGC), Mapa Geomorfológico aplicado a movimientos en masa escala 1:100.000 (SGC), y el análisis del modelo de sombras.

Para definir las unidades geomorfológicas y como información secundaria se consultó la

siguiente información del Servicio Geológico Colombiano (Tabla 2.25).

**Tabla 2.25 Información geomorfológica del S.G.C. consultada**

PLANCHA	NOMBRE	MEMORIA	AÑO	ESCALA
229	Gachalá	Memoria Explicativa del Mapa Geomorfológico aplicado a Movimientos en masa escala 1:100.000, Plancha 229 - Gachalá	2018	1:100.000
248	Cumaral	Memoria Explicativa del Mapa Geomorfológico aplicado a Movimientos en masa escala 1:100.000, Plancha 248 - Cumaral	2015	1:100000

Fuente: Concolby WSP, 2020

Además, se consultó la información del POMCA que alcanza a cubrir parte del área de estudio (Tabla 2.26).

**Tabla 2.26 Información consultada de geomorfología – otros estudios**

ESTUDIO	AÑO	AUTOR
Formulación POMCA Rio Guavio – Mapa Geomorfología, genéticos, Cuenca Guavio, Escala 1:103.427	2017	CAR

Fuente: Concolby WSP, 2020

También se realizó una revisión de las líneas de vuelo para la realización de fotografías aéreas disponibles del área en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en donde se identificaron un total de 20 vuelos, los cuales por su escala espacial y calidad no permitían identificar los cambios en los sitios de remoción en masa identificados.

**Tabla 2.27 Líneas de vuelo consultadas en el IGAC**

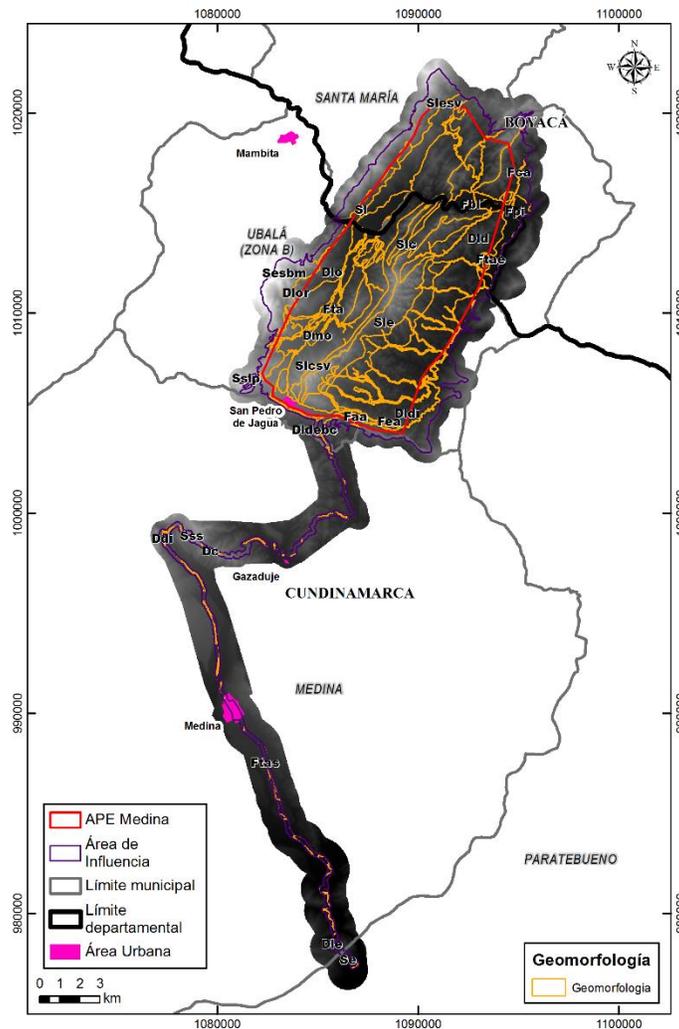
VUELO	SOBRE	FECHA	ESCALA
M-61	460	24/02/1960	1:60000
M-1041	654	06/02/1961	1:40000
B-176	10639	11/08/1939	1:40000
B-117	10493	18/01/1938	1:40000
B-118	10501	18/01/1938	1:40000
R-731	4288	06/01/1977	1:9400
R-731	4284	06/01/1977	1:9950
C-1981	30631	05/12/1980	1:43700
C-2067	31589	08/11/1982	1:52400
C-2324	34464	28/12/1987	1:39200
C-2324	34465	28/12/1987	1:37300
C-2184	32741	27/01/1985	1:33250
C-2324	34466	28/12/1987	1:38200
C-2067	31590	08/11/1982	1:53200
C-2184	32742	27/01/1985	1:36000
C-2524	36802	23/12/1993	1:46800
C-2534	36877	18/01/1994	1:34200
C-2534	36878	18/01/1994	1:33660
C-2562	37131	10/02/1995	1:50650
C-2564	37151	10/02/1995	1:42400

Fuente: Concol by WSP, 2020

Se realizó un inventario de procesos de inestabilidad por movimientos en el área de estudio donde se identificaron 119 puntos principalmente de reptación y caída de rocas, los cuales no sobrepasan los 10 metros de longitud, que se pueden ver en el numeral 5.1 Caracterización del Medio Abiótico.

Con la información existente y de acuerdo con las características geomorfológicas, morfogenéticas y morfodinámicas, del área, se realizó un mapa preliminar de geomorfología a escala 1:25.000 con ayuda de modelo de sombras Alos-Palsar a escala espacial de 12.5 m con el fin de definir el plan de trabajo para el control en campo de las unidades geomorfológicas del inventario preliminar de procesos de remoción en masa identificados en la imagen satelital del área, gracias a lo cual se pudieron identificar 55 procesos de remoción en masa de manera preliminar. (Ver Figura 2.11)

**Figura 2.11 Modelo de sombras en el área de influencia**



Fuente: Concol by WSP, 2020.

#### **2.4.3.3.2 Etapa de Campo**

Durante esta etapa se desarrolló la campaña de campo que tiene como objetivo la confirmación, caracterización y descripción de las características de las unidades geomorfológicas.

Se realizó la visita a los procesos morfodinámicos identificados en la fase de precampo con el fin de tomar información primaria de los puntos afectados que no fue posible caracterizar en las imágenes de sensores remotos, durante los trabajos de campo se realizó el inventario de los procesos morfodinámicos presentes en el área de estudio, durante esta etapa se identificaron 119 procesos morfodinámicos. para estos procesos se realizó el diligenciamiento de formatos de adquisición de información en campo los cuales se presentan en el Anexo 5.2.2. Geomorfología del Capítulo de Geomorfología donde se especifica la siguiente información:

- Localización
- Periodo Climático
- Tipo de deslizamiento
- Nivel de afectación
- Pendiente
- Morfometría
- Fotografía del sitio

Para la caracterización geomorfológica se realizó formato de adquisición en campo con la siguiente información:

- Coordenada del punto de control
- Altitud
- Clasificación geomorfológica
- Caracterización Morfográfica
- Caracterización morfodinámica
- Tipo de deslizamiento
- Tipo de actividad

La información levantada en campo para geomorfología tiene como punto de partida lo establecido por Carvajal (2011) y el documento Clasificación de Movimientos y su distribución en terrenos geológico de Colombia de Servicio Geológico Colombiano,(2017), el diligenciamiento de la información para los formatos se realizó de acuerdo a las características observadas en campo, con lo cual se identificó que el fenómeno más común en el área de estudio son los deslizamientos en las algunas zonas desprovistas de cobertura vegetal y otras áreas en las vías principales.

Para las mediciones de campo de utilizo

- Brújula geológica
- Escala
- Libreta de campo y Formato

Cámara fotográfica  
 GPS  
 Mapa geomorfológico preliminar  
 Modelo de Sombras con características geomorfológicas regionales preliminares.

### 2.4.3.3.3 Etapa Poscampo

Esta fase se realizó la elaboración de cartografía geomorfológica e informe basados en los datos recolectados durante la visita de campo al APE Medina Occidental incluyendo con base en la metodología propuesta por Carvajal (2012), en esta cartografía se identificaron un total de 28 unidades geomorfológicas, con apoyo de una imagen Alos- Palsar de resolución espacial de 5m.

**Tabla 2.28 Unidades geomorfológicas del APE Medina Occidental**

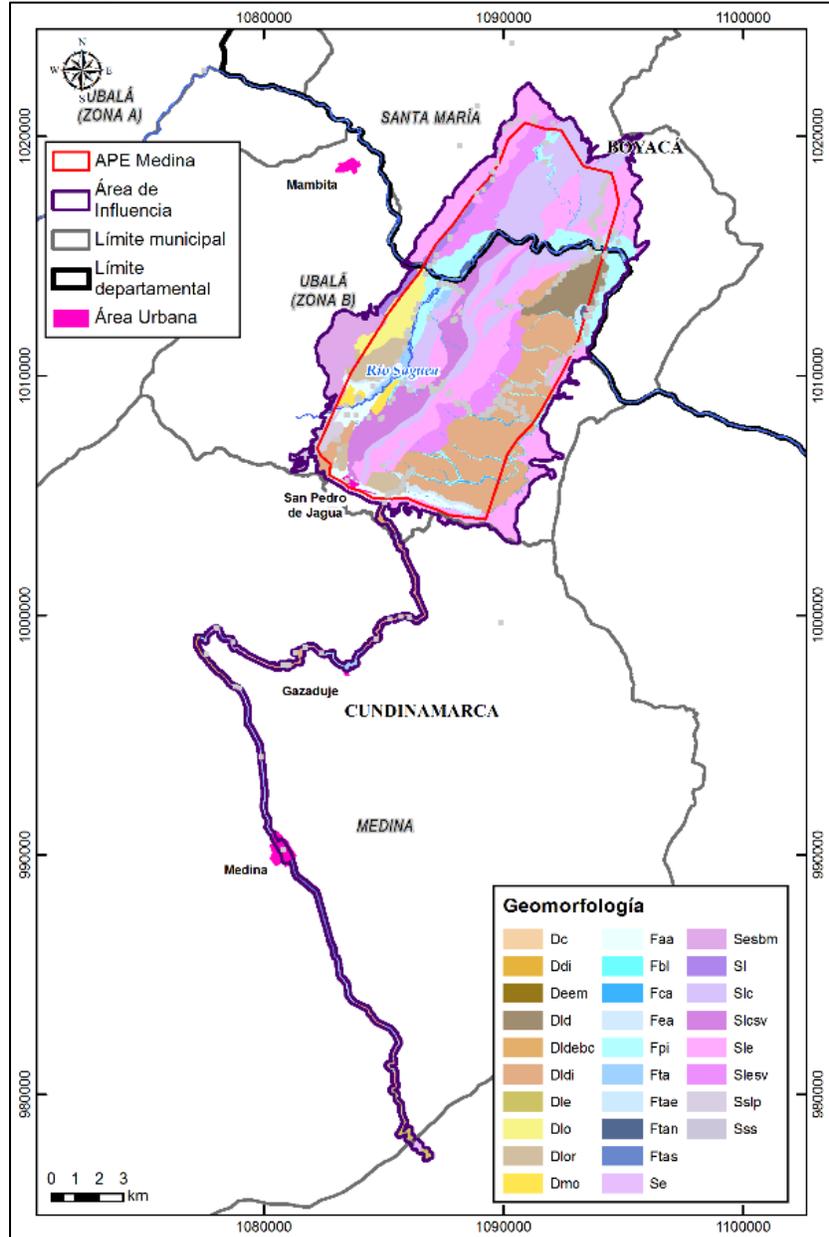
GEOESTRUCTURA	PROVINCIA GEOMORFOLÓGICA	AMBIENTE MORFOGENÉTICO	AMBIENTE MORFOGENÉTICO DE PAISAJE	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	
Cordillera	Cordillera Oriental	Erosional	Denudacional	Cima	
				Cono de deslizamiento indiferenciado	
				Escarpe de erosión mayor	
				Loma denudada	
				Lomo denudado bajo de longitud corta	
				Lomeríos disectados	
				Ladera erosiva	
				Ladera ondulada	
				Loma residual	
				Montículos y ondulaciones denudacionales	
		Fluvial	Fluvial	Abanico aluvial	
				Barra Longitudinal	
				Cauce aluvial	
				Escarpe de abanico aluvial	
				Plano o llanura de inundación	
				Terraza de acumulación	
				Escarpe de terraza de acumulación	
				Terraza de acumulación antigua	
				Terraza de acumulacion subcreciente	
				Estructural	Morfoestructural

GEOESTRUCTURA	PROVINCIA GEOMORFOLÓGICA	AMBIENTE MORFOGENÉTICO	AMBIENTE MORFOGENÉTICO DE PAISAJE	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA
				Lomos
				Espinazo
				Ladera de contrapendiente
				Ladera de contrapendiente suave
				Ladera estructural
				Ladera estructural suave
				Sierras y lomos de presión
				Sierra sinclinal

Fuente: Concolby WSP, 2020

Teniendo en cuenta el tren estructural del área las unidades geomorfológicas identificadas tienen una orientación NE-SW de acuerdo con la espacialización de estas unidades. (Ver Figura 2.12)

**Figura 2.12** Mapa geomorfológico del área de influencia del APE Medina Occidental



Fuente: Concol by WSP, 2020

#### 2.4.3.4 Paisaje

La zonificación ecológica por unidades de paisaje desempeña un papel destacado en la fase de diagnóstico del territorio ya que permite una aproximación al conocimiento integral del medio biofísico, tal como lo propone la ecología del paisaje.

En términos generales la Ecología del Paisaje responde al interés de comprender de

manera integral los patrones y procesos ecológicos en el espacio y el tiempo que percibimos.

La unidad de paisaje (landscape, landshaft, geosistema) se constituye en la unidad fundamental de análisis y se define como “una porción de la superficie terrestre con patrones de homogeneidad, conformada por un conjunto complejo de sistemas producto de la actividad de las rocas, agua, aire, plantas, animales y el hombre, que por su fisonomía es reconocible y diferenciable de otras consecutivas espacialmente (Zonneveld, 1989).

La caracterización del componente paisaje se realizó a partir del análisis de la geomorfología de suelos a escala semidetallada y los atributos aportados al paisaje por las coberturas de la tierra. De conformidad con los términos de referencia y la metodología para la elaboración de estudios ambientales se realizó la determinación de las unidades de paisaje, el análisis de la visibilidad y la calidad paisajística, identificación de los sitios de interés paisajístico y análisis de elementos discordantes y tamaño de discordancia.

Como insumos se tuvo en cuenta la capa de geomorfología de suelos la cual se generó a partir de la fotointerpretación del modelo digital de elevación AW3D de resolución de 5 metros, las coberturas de la tierra generadas para el proyecto a partir de la fotointerpretación de la imagen Worldview del 2017 de resolución de 50 cm, la caracterización de sitios de interés paisajístico levantados en campo y las encuestas de servicios ecosistémicos realizadas a los pobladores de la zona.

#### **2.4.3.4.1 Etapa de Precampo**

Se realizaron las observaciones en mapeo libre, transecto y/o extrapolación, en unidades de paisaje definidas, igualmente estos sitios se definieron en función de las posibilidades de acceso, vías de comunicación y orden público.

##### **2.4.3.4.1.1 Reinterpretación de Geoformas**

Se realizó la reinterpretación digital en pantalla en formato vector. Se aplicaron técnicas de mejoramiento de despliegue visual de las imágenes tales como realces y contraste (brillo, color e intensidad), así como también filtros para mejoramientos de bordes.

Este proceso comprendió la verificación y confirmación de la interpretación de geoformas y la delimitación de unidades que no presentan coherencia espacial con lo observado en las imágenes de sensores remotos y el modelo digital de elevación AW3D de resolución de 5 metros, derivado de imágenes de Radar.

El proceso de reinterpretación permitió realizar el ajuste y mejoramiento de la calidad de la información por las deficiencias observadas en el empalme de los estudios generales departamentales de suelos, lo cual requiere dar solución a dos inconsistencias; la primera, garantizar la continuidad en el trazado de las unidades, algunas de las cuales presentan interrupción de su trazado por el cambio del límite administrativo, y la segunda dar solución a problemas de vacíos o gaps de información asociados a deficiencias de topología.

#### **2.4.3.4.1.2 Estructuración de la leyenda**

El sistema de clasificación del terreno permite jerarquizar una zona de lo general a lo particular, en diferentes categorías. Al ser un método multicategórico de clasificación del terreno, involucra la mayoría de los elementos medioambientales comprometidos en la génesis de las geoformas y sirve de base para la realización de los diferentes niveles de levantamientos de suelos, así como la zonificación física de tierras y caracterización ecológica, ya que permite visualizar en forma clara la relación clima - paisaje - suelo - vegetación/ uso de la tierra.

En la Clasificación del Terreno, la unidad de paisaje constituye el elemento fundamental de análisis que permite ordenar la investigación física y biótica, gracias a que varios factores responsables de la morfogénesis son los mismos que originaron la diferenciación de los perfiles edáficos y la distribución de la vegetación (Villota, 2.005).

#### **2.4.3.4.1.3 Sitios de interés paisajístico**

Se realizó la consulta mediante información oficial pública en los sitios web de los municipios dentro del área de influencia que permitiera identificar de manera previa a las visitas a campo los sitios de interés paisajístico.

#### **2.4.3.4.2 Etapa de Campo**

##### **2.4.3.4.2.1 Trabajo de caracterización del paisaje en campo**

Consiste en la captura de información en campo para caracterizar el recurso paisaje. Esto permitió afinar posteriormente las unidades de paisaje a construir e igualmente tener mayores argumentos para su definición por medio de su verificación con base a las observaciones *in situ*. Se desarrollaron fundamentalmente los siguientes aspectos; aplicación de la calificación a unidades o sectores característicos y diferenciables del área de estudio, en donde se permita observar amplias panorámicas y se presente una adecuada perspectiva, en términos de calidad visual; identificación preliminar de lugares de interés paisajístico como puntos de control y valoración.

##### **2.4.3.4.2.2 Observación de las unidades de paisaje**

Se realizaron las observaciones en las unidades de paisaje pre establecidas que integraron las diversas coberturas y geoformas, adicionalmente estos sitios fueron definidos en función de las posibilidades de acceso, vías de comunicación y orden público. El número de observaciones estuvo sujeto a el número de unidades de paisaje pre identificadas las cuales se distribuyeron de manera homogénea y representativa en el área del proyecto, adicionalmente se hizo una investigación de los posibles sitios de interés paisajístico dentro del área de influencia.

Los materiales requeridos para realizar la etapa de campo fueron Tablet y GPS, Cámara fotográfica y Formato de calificación

### 2.4.3.4.3 Etapa Post Campo

#### 2.4.3.4.3.1 Procesamiento de la información primaria y secundaria

Comprendió la síntesis del estudio del componente de paisaje por medio del procesamiento de la información, lo que integra la realización de los aspectos referentes a la determinación de las unidades de paisaje y la integración de su calificación en términos de los atributos definidos.

#### 2.4.3.4.3.2 Procesamiento de la cartografía de cobertura

Se realizó una agrupación de unidades de cobertura en términos de su estrato vegetal y su funcionalidad, lo que permitió espacializar unidades de alta homogeneidad biótica, determinando igualmente las principales características del medio.

#### 2.4.3.4.3.3 Evaluación y calidad visual del paisaje

Para la evaluación de la calidad visual del paisaje se utilizó el método indirecto del Bureau of Land Management (Bureau of Land Management, 1980). Este método se basa en la evaluación de las características visuales básicas de los componentes del paisaje. 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 de referencia. En la Tabla 2.29 se presenta los criterios de valoración y puntuación utilizados para la evaluación de la calidad visual del paisaje, de manera complementaria, en la Tabla 2.30 se presentan las clases utilizadas en la evaluación de calidad visual.

**Tabla 2.29 Criterios de valoración y puntuación para evaluar la calidad visual del paisaje**

COMPONENTE	CRITERIOS DE VALORACIÓN Y PUNTUACIÓN		
<b>Morfología</b>	Relieve montañoso, marcado y prominente o bien releve de gran variedad superficial o muy erosionado, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante  5	Formas erosivas interesantes 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
<b>Vegetación</b>	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
<b>Agua</b>	Factor dominante en el paisaje, limpio y clara, aguas blancas (rápidos y cascadas) o láminas de agua en reposo	Agua en movimiento o reposo, pero no dominante en el paisaje	Ausente o inapreciable

COMPONENTE	CRITERIOS DE VALORACIÓN Y PUNTUACIÓN		
	5	3	0
<b>Color</b>	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes, pero no actúa como elemento dominante	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados
<b>Fondo escénico</b>	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto
<b>Rareza</b>	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional.	Característico, o, aunque similar a otros en la región	Bastante común en la región.
<b>Actuación humana</b>	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad escénica

Fuente: Bureau of Land Management (BLM) de Estados Unidos, 1980

**Tabla 2.30 Clases utilizadas para evaluar la calidad visual según puntaje**

CLASE	DESCRIPCIÓN
A	Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes (puntaje del 19-39).
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 (puntaje del 12-18).
C	Áreas de calidad baja, áreas con muy poca variedad en la forma, color, línea y textura. (Puntaje de 0-11).

Fuente: Bureau of Land Management (BLM) de Estados Unidos, 1980

- **Fragilidad y capacidad de absorción del paisaje**

La fragilidad corresponde a la susceptibilidad que tiene el paisaje al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él y la capacidad de absorción es la cualidad que tiene el paisaje para acoger acciones propuestas sin que se produzcan variaciones en su carácter visual. Es decir, son inversamente proporcionales.

Para determinar la fragilidad o la capacidad de absorción visual del paisaje, se asignaron puntajes a un conjunto de factores del paisaje considerados determinantes de esas propiedades. Luego se ingresaron los puntajes a la fórmula anexa, la cual determinó la capacidad de absorción visual del paisaje (CAV):

$$CAV = P(E+R+D+C+V)$$

Dónde:

P= Pendiente  
 E=Erosionalidad  
 R=Potencial estético  
 D=Diversidad de la vegetación  
 C= Contraste de color  
 V=Actuación humana

En la Tabla 2.31 se presentan los factores, condiciones y sus puntajes nominales y numéricos, determinantes de su capacidad de absorción visual CAV.

**Tabla 2.31 Factores del paisaje determinantes de su capacidad de absorción visual CAV**

FACTOR	CONDICIONES	PUNTAJES	
		NOMINAL	NUMÉRICO
Pendiente(P)	Inclinado(>55%)	Bajo	1
	Inclinación suave(25-50%)	Moderado	2
	Poco inclinado(0-25%)	Alto	3
Estabilidad del suelo y erosionalidad (E)	Restricción alta derivada de riesgos alto de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial	Bajo	1
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración natural	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)	Eriales, prados y matorrales	Bajo	1
	Coníferas, repoblaciones	Moderado	2
	Diversificada (mezcla de claros y bosques)	Alto	3
Actuación humana(V)	Fuerte presencia antropica	Bajo	1
	Presencia moderada	Moderado	2
	Casi imperceptible	Alto	3
Contraste de color(C)	Elementos de bajo contraste	Bajo	1
	Contraste visual moderado	Moderado	2
	Contraste visual alto	Alto	3

Fuente: (Yeomans, 1986)

En la se presentan las categorías utilizadas para evaluar la capacidad de absorción visual del paisaje, asignándole una clase de acuerdo con la escala de referencia.

**Tabla 2.32 Escala de referencia para la estimación de la capacidad de absorción visual del paisaje**

CLASE	ESCALA
Bajo	< 15
Moderado	15-30
Alto	> 30

Fuente: (Yeomans, 1986)

- **Intervisibilidad**

La determinación de la intervisibilidad se realizó a través de las herramientas 3D Analyst de ArcGis 10. La herramienta Viewshed (cálculo de la cuenca visual) tiene como principal función evaluar la exposición visual de una entidad sobre el modelo digital de elevación AW3D de resolución de 5 metros. Para el caso del APE Medina se tomaron como referencia puntos de observación establecidos en centros urbanos y vías.

- **Estructuración y desarrollo de leyenda e informe**

Consistió en la presentación de la información correspondiente a la evaluación del paisaje, cuya síntesis se presentó a través de una tabla que determina la leyenda de paisaje en términos de unidades de paisaje definidas y extensión en hectáreas y porcentaje. Igualmente se desarrolló la memoria técnica la cual integra la totalidad de la información desarrollada y su cartografía temática asociada, elementos de sensibilidad e importancia para el APE Medina.

### 2.4.3.5 Suelos

La metodología utilizada permitió la construcción de la cartografía semidetallada de suelos permitiendo establecer los aspectos relacionados con la clasificación agrológica de los suelos, su capacidad de uso, cobertura de la tierra, uso actual, y conflicto de uso.

#### 2.4.3.5.1 Etapa de Precampo

##### 2.4.3.5.1.1 Recopilación de información secundaria

Se revisa el uso reglamentado de los EOT de los municipios de Paratebuena, Ubalá y Medina como base de conocimiento del territorio en torno al uso del suelo y las potencialidades para uso agrícola, pecuario y uso múltiple además de reconocimiento edafológico.

Para la planificación de muestreo se utiliza la información en formato shapefile del estudio general de suelos y zonificación de tierras de los departamentos de Boyacá y Cundinamarca a escala 1:100.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi y la imagen satelital Word view del año 2017 con una resolución espacial de 50 centímetros Tabla 2.33. Esto como base para la fotointerpretación de las geoformas a forma de terreno según la metodología de Albert Zinck, llevando las Unidades Cartográficas de Suelos (UCS) a una

escala semidetallada (1:25.000) como referente para la planificación del punto de muestreo de suelos.

**Tabla 2.33 Insumos secundarios utilizados en el estudio**

INSUMO	ENTIDAD	AÑO	ESCALA
Esquema de ordenamiento territorial (EOT)	Municipio Paratebuena	2011	1:25000
Esquema de ordenamiento territorial (EOT)	Municipio Ubalá	2015	1:25000
Esquema de ordenamiento territorial (EOT)	Municipio Medina	2019	1:25000
Estudio general de suelos y Zonificación de tierras del departamento de Cundinamarca	IGAC	2000	1:100.000
Estudio general de suelos y Zonificación de tierras del departamento de Boyacá	IGAC	2005	1:100000
Imagen satelital Word bien	Word view	2017	Pixel 5 cm
Modelo Digital de Elevación (DEM) AW3D	Word view	2017	Pixel 5 metros

Fuente: Concolby WPS,2020

#### 2.4.3.5.1.2 Consolidación de la leyenda preliminar

A partir de la fotointerpretación se genera la leyenda de suelos en base al ambiente morfogenético, edafogenético y la clasificación geomorfológica con la metodología del IGAC y parámetros establecidos por Albert Zink 2012, proporcionando los componentes taxonómicos preliminares y la distribución de perfiles modales e inclusiones. En concordancia a clasificación geomorfología, se toma como base un Modelo Digital de Elevación (DEM) AW3D con resolución espacial de 5 metros, con el fin de observar el contraste de la imagen y las pendientes respectivas de cada geoforma.

La clasificación geopedológica de Albert Zinck requiere es una taxonomía jerárquica utilizada en diferentes niveles descrito en nivel de detalle del estudio como se muestra en la siguiente Figura 2.13.

**Figura 2.13 Sistema taxonómico de las geoformas**

Nivel	Categoría	Concepto genérico	Definición
6	Orden	Geoestructura	Extensa porción continental caracterizada por su macro-estructura geológica (p.e. cordillera, geosinclinal, escudo)
5	Suborden	Ambiente morfo-genético	Amplio tipo de medio biofísico originado y controlado por un estilo de geodinámica interna y/o externa (p.e. estructural, deposicional, erosional, etc.)
4	Grupo	Paisaje geomorfológico	Gran porción de terreno caracterizada por sus rasgos fisiográficos; corresponde a una repetición de tipos de relieve similares o a una asociación de tipos de relieve disímiles (p.e. valle, altiplanicie, montaña, etc.)
3	Subgrupo	Relieve/modelado	Tipo de relieve originado por una determinada combinación de topografía y estructura geológica (p.e. cuesta, horst, etc.). Tipo de modelado determinado por específicas condiciones morfoclimáticas o procesos morfo-genéticos (p.e. glacis, terraza, delta, etc.).
2	Familia	Litología/facies	Naturaleza petrográfica de las rocas duras (p.e. gneis, caliza, etc.) u origen/naturaleza de las formaciones no-consolidadas de cobertura (p.e. periglaciario, lacustre, aluvial, etc.)
1	Subfamilia	Forma de terreno	Tipo básico de geoforma caracterizado por una combinación única de geometría, historia y dinámica.

Fuente: Zinck, 1988

La leyenda preliminar es base para la planificación de los muestreos de suelos en campo, para corroborar las geoformas como factor formador de suelo, además de identificar las características físico-químicas de los horizontes presentes en el perfil de suelo y dar un parámetro porcentual de la distribución espacial presentes en la zona de estudio.

#### **2.4.3.5.1.3 Planificación de puntos de muestreo**

A partir del shapefile de suelos, vías de acceso, imagen satelital y leyenda preliminar se procede a planificar los puntos de muestreo, para la caracterización por medio de puntos de observación de identificación (cajuela), comprobación (Barrenada) y muestreo (Calicata). De las UCS de suelos del estudio general se caracteriza en su totalidad con muestra por horizonte para el análisis de laboratorio de las propiedades físicas y químicas (Materia orgánica, Determinación de pH, Fósforo Disponible, Bases Intercambiables en Suelo (Ca, Mg, K y Na), Acidez Intercambiables, Conductividad eléctrica en suelo, Determinación de capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE), Microelementos en suelo (Fe,Cu, Mn, Zn), Azufre disponible, Boro disponible, Determinación de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Nitrógeno total, Densidad aparente, Densidad real, Textura, Humedad a diferentes tensiones (0,3 y 15 bar)) además se realiza el chequeo de las faces por pendiente y geoforma de cada UCS descrita en la leyenda preliminar, esto por medio de cajuelas y por último se planifica las observaciones de comprobación para delimitar el alcance, geoforma y composición edafológica de las UCS, así cubriendo un 90% el área de estudio teniendo en cuenta que todo polígono que tenga un área mayor a 500 hectáreas será muestreado por duplicado.

#### **2.4.3.5.2 Etapa de campo**

Para la toma de la información de los puntos muestreados se caracteriza con base a la metodología del IGAC para el levantamiento de suelos semidellados, capturando la información de los siguientes parámetros: número observación, taxonomía, unidad cartográfica suelo, tipo observación, tipo material parental, epipedon, endopedon, tipo relieve, forma terreno, relieve pendiente, longitud ladera, forma, clima ambiental, régimen temperatura, régimen humedad, profundidad nivel freático, tipo erosión, grado erosión, tipo pedregosidad superficial, clase pedregosidad superficial, porcentaje superficie cubierta, drenaje natural, profundidad efectiva, clase limitante profundidad efectiva, frecuencia inundación, duración inundación, frecuencia encharcamiento, duración encharcamiento, tipo uso suelo, cobertura tierra, horizonte, profundidad inicial, profundidad final, moteado color, porcentaje moteado, clase textura, modificador textura, porcentaje textura, consistencia seco, consistencia húmedo, consistencia mojada, tipo estructura, tamaño estructura, grado estructura, drenaje interno, drenaje externo, raíz presencia, raíz cantidad, raíz tamaño, raíz estado, reacción pH, reacción HCl, reacción NaF, reacción H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, limite nitidez, limite topografía, compactación (Mpa).

La información de campo se levantó a través de formatos digitales dispuestos en tablets tanto para los puntos de verificación (cajuelas y barrenadas) como para los puntos de caracterización (calicatas), esta información fue procesada y a partir de allí se tabuló la información que se presenta en el Anexo 5.1.4 Suelo.

#### **2.4.3.5.2.1 Verificación componente edafológico**

Se identificaron un total de 110 puntos de observación (cajuelas, calicatas y barrenadas) validando la información de la leyenda preliminar para ambientes edafológicos y morfogenéticos. De las 15 UCS del estudio general se identificaron 25 UCS a escala 1:25.000 convirtiendo las asociaciones de suelos a consociaciones y complejos.

Para la realización de la descripción del perfil modal de cada suelo dominante por unidad fisiográfica, se requiere el siguiente equipo y reactivos.

Equipo:

- Pala
- Palín
- Barra
- Pica
- Cuchillo
- Cinta métrica
- Tabla Munsell (soil color charts)
- Claves de taxonomía de suelos USDA. Undécima edición 2010,
- GPS o PDA
- Cámara fotográfica
- Bolsas plásticas de 2 kg
- Vinipel transparente
- Fichas bibliográficas blancas
- Marcador
- Paleta de pintura
- Formatos de descripción de campo

Reactivos:

- Papel filtro impregnado con fenolftaleína.
- Frasco de vidrio ámbar con gotero de 60 ml
- Ácido clorhídrico
- Peróxido de hidrógeno
- Fluoruro de sodio

#### **2.4.3.5.2.2 Verificación componente geomorfológico**

A partir del chequeo de las geoformas comprendidas en pre-campo se afinaron las líneas de geomorfología por forma, longitud y pendiente de los accidentes geográficos, se identifica con mayor detalle los vallecitos y los bosques de galerías, además corrección porcentual de las pendientes en varias de las UCS.

#### **2.4.3.5.3 Etapa de Postcampo**

a partir de las etapas de pre-campo y campo se consolida la información preliminar

corroborada a los datos tomados en campo, así pudiendo afianzar el procesamiento de datos a escala semidetallada.

#### **2.4.3.5.3.1 Consolidación de perfiles modales**

Se tomaron las muestras de suelos a cada una de las UCS con una profundidad de 1 metro de profundidad, con el fin de identificar las características y dinámica del perfil del suelo en torno a los factores formadores que lo comprende. A partir de los análisis de laboratorio enviados por cada horizonte del perfil del suelo, se comprende el nombre taxonómico de la UCS y reafirmando con la información de los datos de las cajuelas, llevando a conformar las 25 UCS de suelos a escala semidetallada.

#### **2.4.3.5.3.2 Ajuste líneas de suelos**

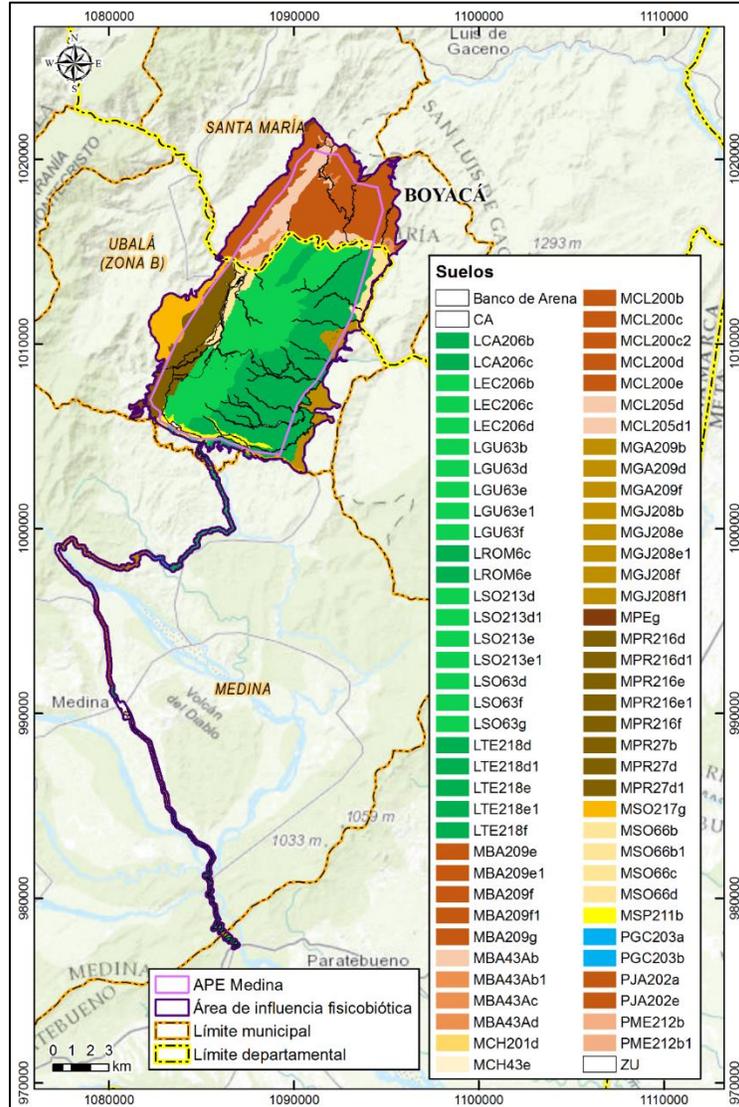
A partir de los chequeos realizados en la salida de campo, los análisis de suelos de laboratorio y la información tomada en los formularios de campo, se ajusta la clasificación taxonómicamente las UCS con los lineamientos de la taxonomía americana del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) con el fin de definir el perfil modal y las inclusiones.

#### **2.4.3.5.3.3 Ajuste leyenda definitiva**

Se ajustan las geoformas según los datos tomados en campo y verificación con el DEM en formato Shapefile. Quedando los ambientes Morfogénicos (estructural, Deposicional, y denudacional), edafológicos (paisaje, tipo de relieve y forma del terreno, Características de relieve y suelo como componentes de la leyenda final de suelos a escala semidetallada. A partir de este insumo, se toma como base para realizar la zonificación de tierras como capacidad, vocación y conflicto de uso.

En la Figura 2.14 se presentan las unidades cartográficas producto del análisis de la información primaria y secundaria del área de influencia del APE Medina.

**Figura 2.14 Unidades cartográficas de suelos**



Fuente: Concolby WSP., 2020

#### 2.4.3.5.3.4 Zonificación de tierras

El proceso de zonificar las tierras tiene como objetivo agrupar las características, potencialidades, y similitudes de manejo a las tierras con un enfoque ambientalmente sostenible y económicamente viable. Por lo tanto, se evalúa los parámetros de capacidad de uso, uso potencial, uso actual y conflicto de uso, a partir del insumo de suelos definitivos para dar un concepto de manejo y alteraciones de los suelos afectados por movimiento de tierras o excavaciones.

#### **2.4.3.5.4 Clasificación de tierras por Capacidad de uso**

La clasificación agrológica es de tipo interpretativa y se basa en los efectos de las combinaciones de clima y características permanentes de los suelos sobre el riesgo de ser deteriorados, las limitaciones para el uso, la capacidad de producir alimentos y los requerimientos de manejo de los suelos. Las características permanentes de los suelos hacen referencia a las pendientes, textura, profundidad efectiva, permeabilidad, capacidad de retención de humedad, tipo de arcilla y condición de drenaje natural. La capacidad de uso es el potencial que tiene el recurso suelo para ser utilizado bajo cierto tipo general de actividad (uso) o con prácticas específicas de manejo. Para realizar la clasificación de tierras por su capacidad de uso, se basó en la *Metodología para la clasificación de tierras* consolidada por el IGAC en el año 2014

#### **2.4.3.5.5 Clasificación por uso actual**

Para el uso actual, el insumo utilizado fue el mapa de coberturas de la tierra realizado por medio de la clasificación Corine LandCover, reclasificando y agrupando según la cobertura asignándoles nombres relacionados con su principal actividad extractiva o su funcionalidad. Esto se realiza haciendo observaciones en la imagen satelital y corroborándola con la salida de campo, donde caracteriza adecuadamente la cobertura vegetal presente en el área de estudio.

#### **2.4.3.5.6 Clasificación por vocación y conflicto de uso**

Finalmente, con la metodología de zonificación de conflictos de uso de tierras del IGAC se toma como referencia para realizar la vocación de uso y la matriz de conflicto de uso, estos último se determinaron a través de la confrontación de uso actual y vocación de uso por medio de una matriz de decisión, identificando según el caso la compatibilidad y/o discrepancia en uso del suelo. Como resultado se genera un mapa que especifica los conflictos presentes en el área de influencia. Adicionalmente, se realizó la revisión de los conflictos de uso que se están presentando actualmente entre el uso del suelo y la reglamentación de uso establecida por el POMCA del Río Guavio.

#### **2.4.3.6 Hidrología**

El estudio hidrológico parte de los lineamientos de la “Metodología general para la presentación de estudios ambientales” expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010 y los términos de referencia “para la elaboración del estudio de impacto ambiental proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos” (Resolución 0421 de 20 de marzo de 2014).

A continuación, se presenta la metodología usada para el desarrollo de las Etapas de Pre – Campo, Campo y Post – Campo para el Proyecto del APE Medina Occidental.

##### **2.4.3.6.1 Etapa Precampo**

En la etapa de Pre - Campo para APE – Medina Occidental, se dividió en tres actividades

principales para el componente Hidrológico: Recopilación de la Información Secundaria, Identificación y definición de cuencas Hidrográficas dentro del área de influencia e Identificación de Sistemas Lenticos y Loticos. A continuación, se describen dichas actividades.

#### **2.4.3.6.1.1 Recopilación y análisis de información secundaria**

Las fuentes de información secundaria fueron las siguientes:

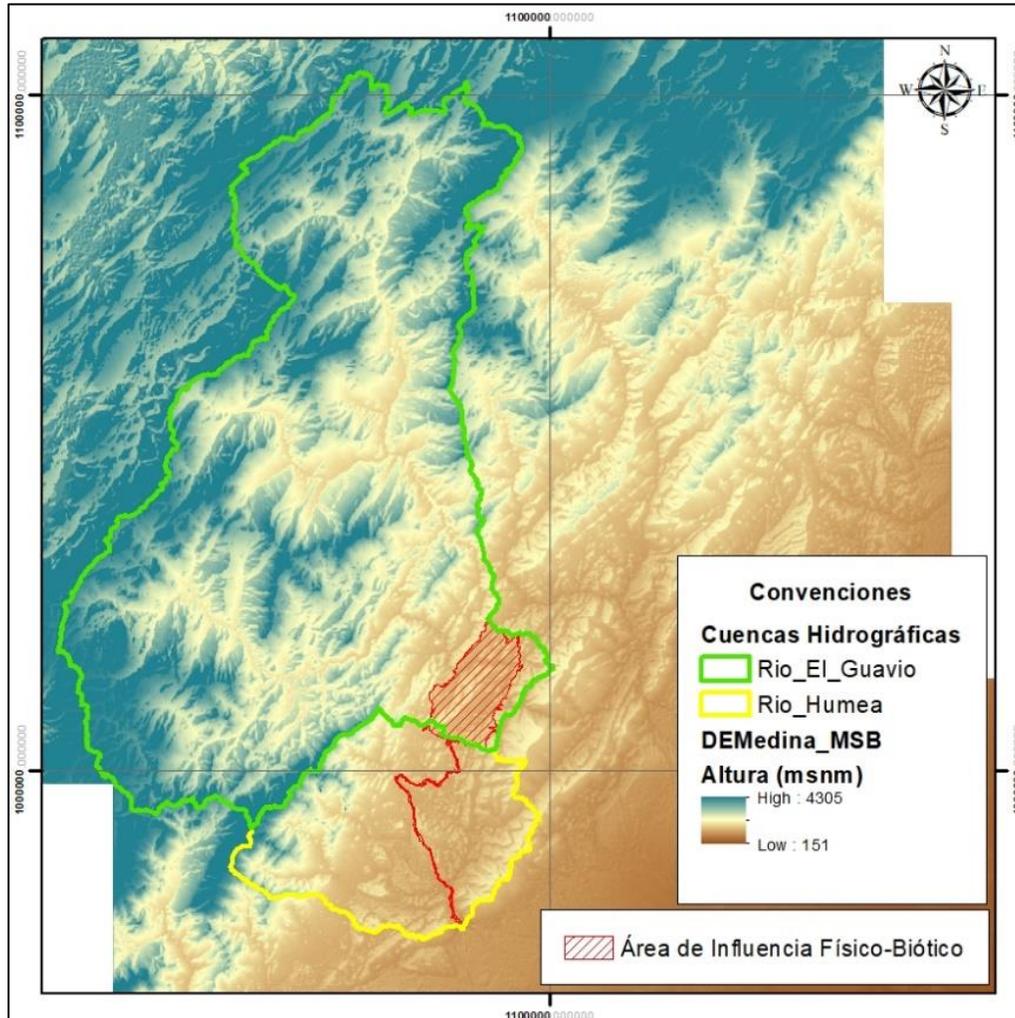
- Carta topográfica nacional – Escala 1:25.000 de Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC;
- Planes de Ordenación y Manejo de las Cuencas Hidrográficas de los ríos Humea y El Guavio adoptados mediante resoluciones 1160 del 23 de octubre de 2019 y 1113 del 7 de octubre de 2019, respectivamente.
- Plan de Ordenamiento y Manejo de las Cuenca Hidrográfica del río Garagoa, adoptado mediante la resolución conjunta 01 de 26 de septiembre de 2014. (CORPOCHIVOR, CAR, CORPOBOYACÁ, 2014)
- Modelo de elevación digital – MED, resolución del pixel 12,5 m x 12,5 m: AP\_27731\_PLR\_F0110, F0100, F0090, F0080\_RT1, AP\_24381\_FBS\_F0110, F0090, F0080, F0070\_RT1, AP\_27133\_FBS\_F0080, F0070\_R1 y AP\_2646\_FBS\_F0100 y F0090\_RT1. (Alaska Satellite Facility, 2018)
- Imágenes Sentinel 2 con resolución de pixel de 10 m x 10 m: S2B\_MSIL1C\_20200210T151659\_N0209\_R125\_T18NXK\_20200210T183858 y S2B\_MSIL1C\_20200210T151659\_N0209\_R125\_T18NXL\_20200210T183858. (Copernicus Sentinel data, 2020)
- Consulta de estaciones hidroclimáticas del IDEAM en las cuencas asociadas al APE.
- Catálogo Nacional de Estaciones del IDEAM.
- Catálogo Nacional de Estaciones de otras entidades.
- Municipios de Colombia.shp – IGAC
- Departamentos de Colombia.shp – IGAC
- Zonas-hidrograficas.shp – IDEAM
- Información cartográfica contenida en los Esquemas de Ordenamiento Territorial de los municipios donde se encuentran ubicados los proyectos, en formato dwg y shp.
- GDB del POMCA – CorpoChivor.
- Modelo Digital del Terreno de 5 m.
- Registros a resolución temporal diaria y mensual de las estaciones Hidro – Climatológicos aledañas a la APE – Medina Occidental.
- Mapas de susceptibilidad a inundación de todo el territorio nacional a escala 1:100.000, Zonas inundadas (cota alcanzada durante el fenómeno de la Niña 2010 – 2011) y zonas susceptibles a inundación (extraídas con base en el análisis de sistemas morfo genéticos del territorio nacional en el año 2010.

#### **2.4.3.6.1.2 Identificación de cuencas hidrográficas transversales al APE**

Inició con la selección de los Modelos de Elevación Digital (MED) suficientes para cubrir en su totalidad las cuencas de los ríos Guavio y Humea, cuencas principales transversales al

área de influencia del APE.

**Figura 2.15 Mosaico de MED abarcando las cuencas asociadas al área de influencia del APE**



Fuente: (Concol by WSP, 2020)

Posteriormente se procedió con la aplicación HEC GeoHMS a definir las cuencas y microcuencas transversales al APE. La información disponible de los POMCAS se tomó como referencia para la validación de los resultados obtenidos con el modelo.

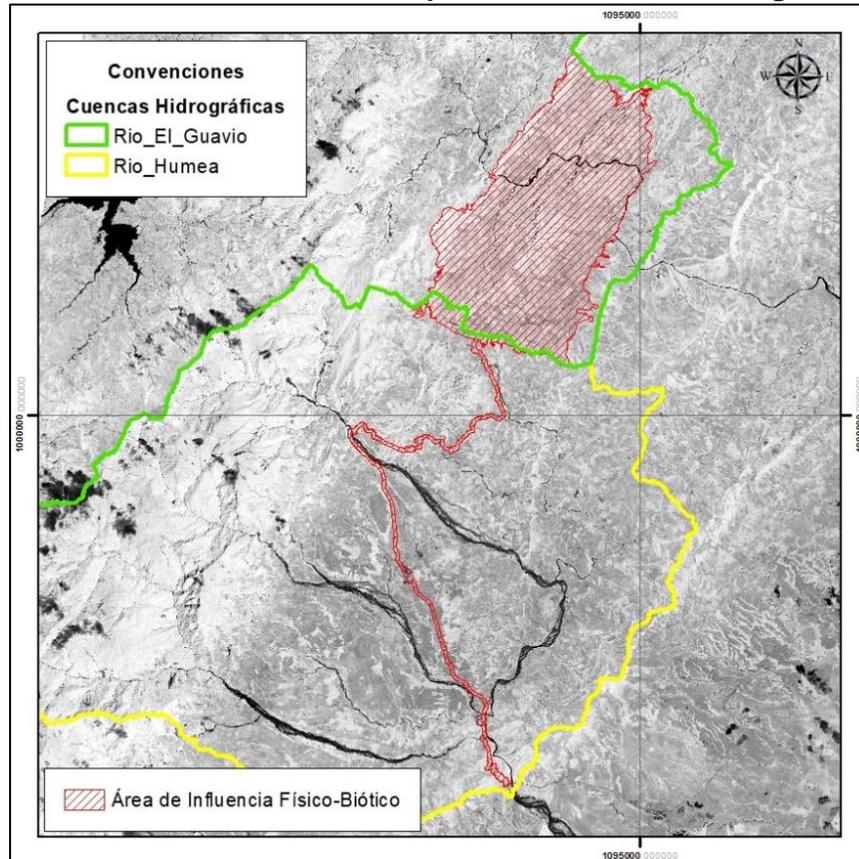
#### 2.4.3.6.1.3 Identificación de Sistemas Lenticos y Loticos

La identificación de los sistemas Lenticos y Loticos se realizó a partir de cartografía IGAC 1:25.000, de la cual se ajustó las capas vectoriales de “superficies de agua” en el área de influencia a partir de las ortofotos: dim\_phr1a\_pms\_201809091532561\_sen\_4874635101 y 17DEC06153712-S3DS-059118810010\_01\_P001. Luego se ajustó el MDE a la red

hidrográfica previamente ajustada, este proceso se realizó con la herramienta “DEM Reconditioning” del complemento SIG, HEC GeoHMS.

Por último, a partir de las imágenes Sentinel 2 con resolución de pixel de 10 m x 10 m: S2B\_MSIL1C\_20200210T151659\_N0209\_R125\_T18NXX\_20200210T183858 y S2B\_MSIL1C\_20200210T151659\_N0209\_R125\_T18NXL\_20200210T183858 se calculó el índice NDWI método Xu (2006) con el fin de identificar masas de agua (reservorios, embalses, drenajes sencillos, dobles) y áreas húmedas al interior del APE.

**Figura 2.16 Índice NDWI determinado a partir de mosaico de imágenes Sentinel 2**



Fuente: (Concol by WSP, 2020)

#### 2.4.3.6.2 Etapa Campo

Con base en los análisis de Pre – campo y el área de influencia preliminar del proyecto se definieron los recorridos y las labores de campo. Durante la visita, el grupo de profesionales realizó el reconocimiento de los sistemas lóticos y lénticos presentes en el área, especialmente aquellos susceptibles de intervención, mediante el formato para la descripción de captaciones el cual se presenta en el Anexo 3 Descripción del proyecto, Anexo 3.9 Captaciones se realizó una caracterización cualitativa tomando registros de aspectos característicos de las fuentes superficiales, tales como: tipo de lecho, dinámica

fluvial, características del canal que conforma el cauce, procesos de socavación y usos y usuarios del agua.

Para la identificación de usos y usuarios del agua la metodología consistió en la visita a cada uno de los predios que se encuentran dentro del AI del APE Medina Occidental, para el diligenciamiento de un Formato de recopilación de información de carácter socio ambiental, el cual se puede detallar en el Anexo 5.1 Medio Abiótico, Anexo 5.1.6 Usos del Agua. Este formato se aplicó durante el mes de noviembre del 2019 y fue el medio en donde se solicitó la información de las fuentes captación de agua en cada predio, vertimiento utilizadas por los pobladores para sus diferentes actividades, manejo de residuos sólidos, entre otros.

- Se realizó un inventario de los usos y usuarios en una franja de 1,0 km aguas arriba y 1.0 aguas debajo de los tramos propuestos para captación.
- Se solicitó información a las entidades gestoras de servicios públicos, autoridad ambiental competente y administraciones locales, el suministro de la información de su competencia que contribuyera a la identificación de los usos actuales y proyectados.

El fin de este inventario fue conocer dentro de una muestra representativa de predios localizados en el área de influencia rural del APE Medina Occidental, cuáles son los usos y usuarios, que se presentan. Para esta recopilación de la información se identificaron 225 predios del área rural. Dicha metodología se puede ver de manera detallada en el numeral 2.4.3.8 Usos del agua.

De igual forma se registraron características de las corrientes, tales como: permanencia de la lámina de agua, es decir, observar e indagar con la población local si las corrientes son perennes, intermitentes o efímeras, así mismos datos sobre la ocurrencia de eventos extremos, tales como avenidas torrenciales y/o inundaciones. Ver Anexo 5.1.5 Calidad de Agua, Anexo de Batimetrías y aforos de caudal.

Otra actividad de suma importancia durante la visita de campo fue la validación y viabilización de los sitios donde se solicita la demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación del recurso hídrico por ocupaciones de cauce y/o concesiones de agua superficial. Cabe reiterar que el proyecto no realizará vertimientos directos a corrientes superficiales. La metodología para la definición de dichos puntos se presenta de manera detallada en el numeral 2.4.7 Demanda, uso y aprovechamiento del recurso hídrico del presente capítulo.

Los siguientes aspectos fueron verificados en once (11) franjas solicitadas para concesión de agua superficial: condiciones de acceso, operatividad de la captación, la homogeneidad del tramo, la estabilidad del talud (no inducir ni potencializar procesos erosivos) y los aspectos sociales (tránsito de personas, vehículos, semovientes, ocupación de la vía, viviendas aledañas, usos y usuarios del agua), Área de drenaje suficiente para proporcionar caudal aprovechable, niveles de agua del cuerpo. Así mismo, se ajustaron las coordenadas de los posibles puntos para el análisis físico, químico y bacteriológico del agua., tal y como se presenta en el numeral 2.4.3.7 Calidad del agua del presente documento.

Posteriormente, se ejecutó el trabajo de campo por parte del laboratorio que realizó la toma y análisis físico, químico y bacteriológico de las muestras de agua, así como la toma de aforos y batimetrías en los puntos indicados (Ver numeral 2.4.3.7 Calidad del agua, Medición del caudal en el presente documento). Las actividades que el equipo de laboratorio realizó en campo son:

- Toma de muestras: se realizó de acuerdo con los lineamientos del Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua (Instituto de hidrología meteorología y estudios ambientales, 2007).
- Levantamiento de secciones transversales: Se realizó para los drenajes proyectados para captación. La franja de captación tendrá una distancia de 100 metros. Para este levantamiento se utiliza un equipo GPS doble frecuencia Trimble Geo-7x (ver
- Fotografía 2.1)

**Fotografía 2.1**      **Equipo Trimble Geo 7x**



Fuente: (Concolby WSP, 2019)

Los drenajes susceptibles de intervención para ocupaciones de cauce fueron medidos en ancho y profundidad, también se calculó el perfil transversal, esta actividad realizada por el laboratorio determinó el caudal según metodología referenciada en el presente numeral.

La Fotografía 2.2 y Fotografía 2.3 se presenta la toma de sección transversal profundidad del cauce.

**Fotografía 2.2 Levantamiento transversal del cauce**



Fuente: (Concolby WSP, 2019)

**sección Fotografía 2.3 Ancho y profundidad del cauce**



Fuente: (Concolby WSP, 2019)

### **2.4.3.6.3 Etapa Post Campo**

Posterior a la etapa de campo se procesa la información recolectada, tal como: recorridos, registros, formatos de campo (Ver Anexo 3 Descripción del proyecto, Anexo 3.8 Ocupaciones de cauce y Anexo 3.9 Captaciones), fotografías y demás datos obtenidos en campo. Se ajusta nuevamente la cartografía temática asociada al componente hidrológico y se procede a caracterizar el área de influencia.

#### **2.4.3.6.3.1 Codificación de las cuencas**

La codificación de las cuencas aferentes a cada ocupación de cauce y/o punto de captación fue clasificada por la metodología del IDEAM, 2013<sup>2</sup>, la cual define la codificación de las cuencas y subcuencas por medio de una metodología de llave primaria y llave foránea. Igualmente se considera el Decreto 1640 de 2012, en cuanto a la reglamentación vigente de Planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas, respectivamente a la delimitación geográfica, hidrografía, nombre y código de áreas, zonas y subzonas hidrográficas.

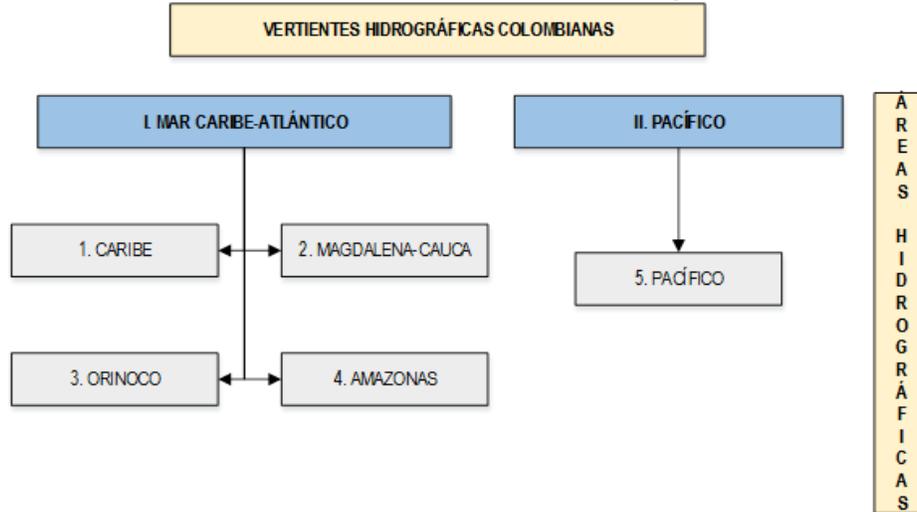
Para Colombia, se establece la codificación de las cuencas hidrográficas que conforman la red bajo cinco áreas hidrográficas, constituidas en treinta y nueve (39) zonas hidrográficas y trescientas cuarenta y tres (343) subzonas hidrográficas.

Según la metodología del IDEAM, las áreas en estudio son clasificadas como parte de la vertiente del mar Caribe – Atlántico, la cual a nivel nacional se clasifica como el área hidrográfica número tres (3) Orinoco como se puede observar en la Figura 2.17 y Figura 2.18.

---

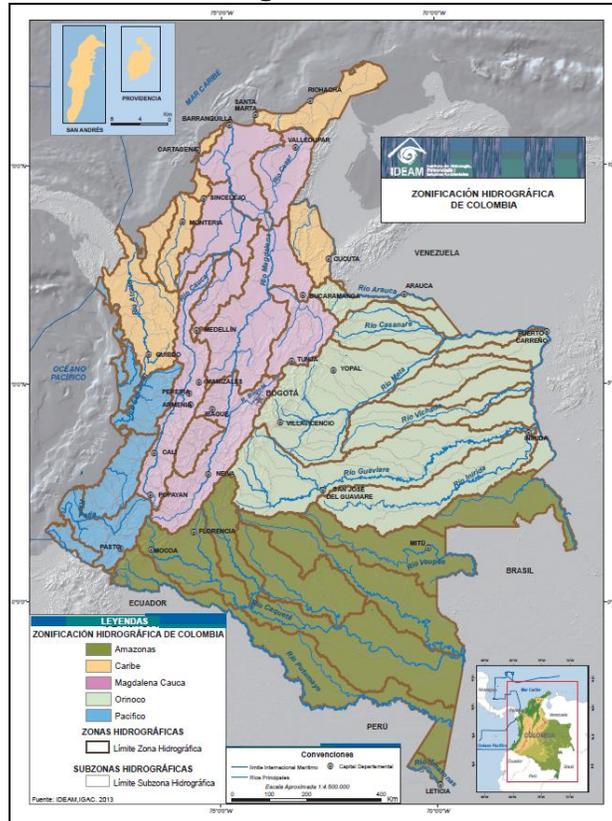
<sup>2</sup> Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2013.

**Figura 2.17 Esquema General de Zonificación de Hidrográfrica de Colombia**



Fuente: HIMAT, Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras. Resolución No. 00337 del 4 de abril de 1978.

**Figura 2.18 Mapa Zonificación Hidrográfrica de Colombia**



Fuente: Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2013.

Este sistema de clasificación subdivide las zonas hidrográficas en subzonas, siendo clasificada la cuenca del Meta como cinco (5) dentro de la clasificación regional y nacional. A continuación, se presenta la clasificación originada por el IDEAM, donde se puede observar la división de las zonas hidrográficas para el área hidrográfica del Orinoco.

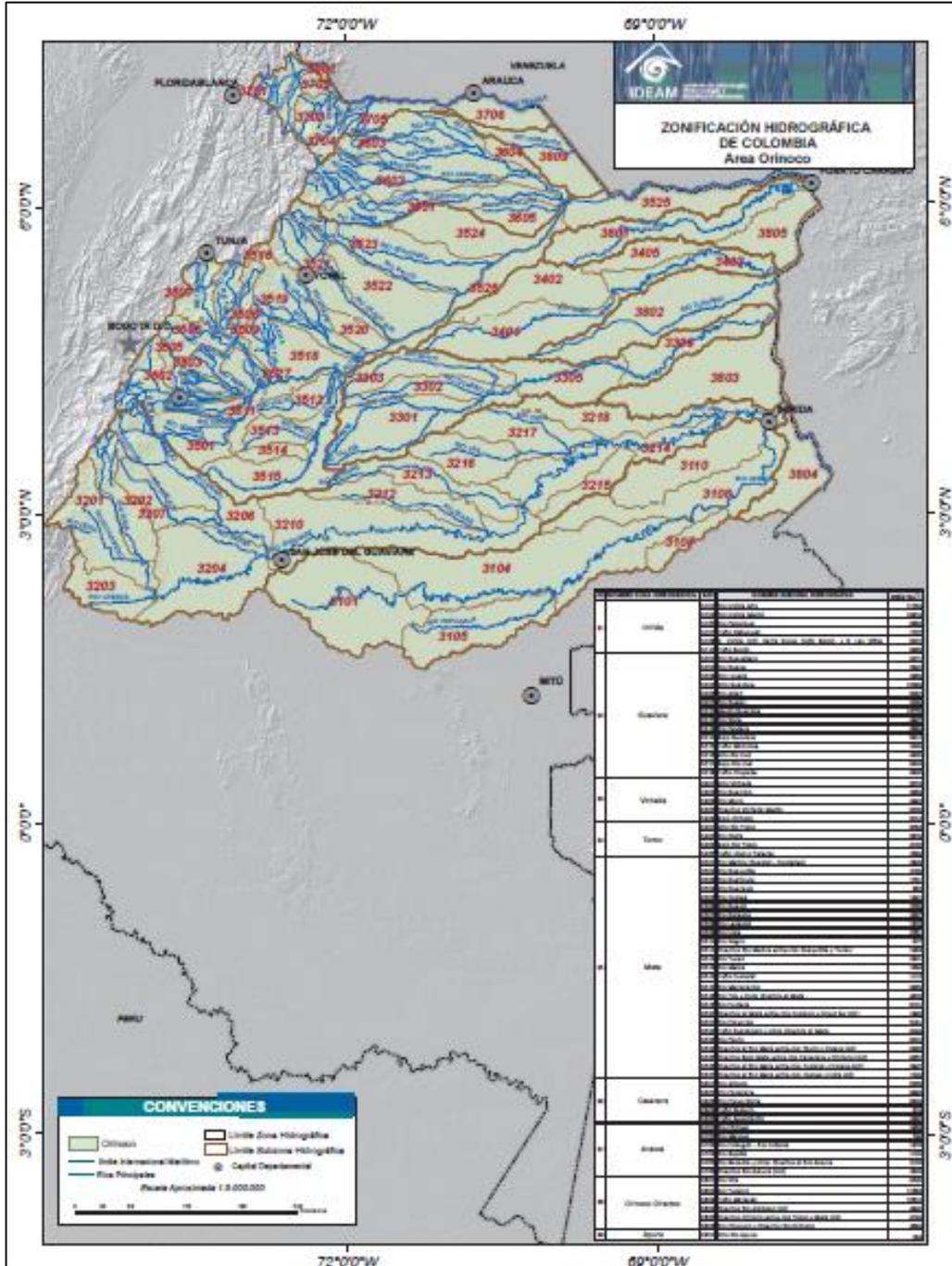
**Figura 2.19 Zonificación Hidrográfica nacional, nivel de áreas y zonas hidrográficas.**

AH	NOMBRE AH	ZH	NOMBRE ZH
1	Caribe	11	Atrato-Darién
		12	Caribe-Litoral
		13	Sinu
		15	Caribe-La Guajira
		16	Catatumbo
		17	Islas del Caribe
2	Magdalena-Cauca	21	Alto Magdalena
		22	Saldaña
		23	Medio Magdalena
		24	Sogamoso
		25	Bajo Magdalena-Cauca-San Jorge
		26	Cauca
		27	Nechi
		28	Cesar
		29	Bajo Magdalena
		3	Orinoco
32	Guaviare		
33	Vichada		
34	Tomo		
35	Meta		
36	Casanare		
37	Arauca		
38	Orinoco Directos		
39	Apure		
4	Amazonas		
		42	Vaupés
		43	Apaporis
		44	Caquetá
		45	Yarí
		46	Caguán
		47	Putumayo
		48	Amazonas - Directos
		49	Napo
		5	Pacífico
52	Patía		
53	Tapaje-Dagua-Directos		
54	San Juan		
55	Baudó-Directos Pacífico		
56	Pacífico-Directos		
57	Islas del Pacífico		

Fuente: Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2013

A continuación, se presenta la subzonas Hidrográficas divididas por el IDEAM en el Área de Orinoco.

Figura 2.20 Zonificación de cuencas hidrográficas. Orinoquía



Fuente: Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2013. Anexo 4

La zonificación y codificación hidrográfica de las áreas aferentes a los puntos de captación y ocupaciones de cauce se realizó siguiendo la metodología del IDEAM (2013). La Unidad

Hidrográfica se obtiene de la codificación realizada en los Planes de Ordenamiento y Manejo de la Cuencas Hidrográficas (POMCA) del Río Guavio<sup>3</sup> y Humea<sup>4</sup>, los cuales están publicados y son de libre acceso por la Corporación Autónoma Regional del Guavio (CORPOGUAVIO), en su página Web oficial.

#### 2.4.3.6.3.2 Características morfométricas de las cuencas asociadas al APE en los puntos de intervención.

La morfometría de una cuenca hidrográfica corresponde al estudio cuantitativo de las características físicas de la misma, a fin de evaluar la red de drenaje, las pendientes y la forma de una cuenca a partir del cálculo de valores numéricos, correspondiente a la estimación de los principales parámetros físicos que definen la morfometría de una cuenca, tales como, densidad de drenajes, área, perímetro, longitud del cauce principal, pendiente, factor de forma, coeficiente de compacidad, índice de sinuosidad, índice de alargamiento, curva Hipsométrica y tiempo de concentración.

A continuación, se presenta la definición de los parámetros morfométricos que fueron objeto de valoración cualitativa según metodologías basadas en un amplio marco bibliográfico, a partir de los valores cuantitativos de las áreas aferentes a los puntos de intervención (captación y ocupaciones de cauce) de la APE - Medina Occidental, los cuales resultan relevantes para la comprensión del comportamiento morfodinámico e hidrológico de cada unidad hidrográfica.

- **Área de la Cuenca**

El área de la cuenca es probablemente la característica morfométrica e hidrológica más importante. Está definida como la proyección ortogonal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido, directa o indirectamente a un mismo cauce natural<sup>5</sup>.

Con el fin de homogeneizar la terminología dada a las diferentes subáreas que conforman una cuenca hidrológica, dependiendo de su extensión se tiene la Tabla 2.34. (Jiménez, 1986).

**Tabla 2.34 Clasificación de áreas**

ÁREA (km <sup>2</sup> )	NOMBRE
< 5	Unidad
5 - 20	Sector
20 - 100	Microcuenca
100 - 300	Subcuenca
> 300	Cuenca

Fuente: Jiménez, Materón. 1986.

<sup>3</sup>A. G.S. Ltda. FORMULACIÓN POMCA RÍO GUAUVIO. Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica. Marzo 2019.

<sup>4</sup>A. G.S. Ltda. FORMULACIÓN POMCA RÍO HUMEA. Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica. Febrero 2019.

<sup>5</sup> Reyes A., Barrosos F., y Carvajal Y. Guía Básica para la Caracterización morfométrica de Cuencas Hidrográficas. 2011.

- **Perímetro de la Cuenca**

El perímetro de la cuenca es la longitud de la línea que delimita la cuenca.

- **Longitud del Cauce Principal ( $L_{cauce}$ )**

Para cada una de las áreas aferentes de los puntos a intervenir en el área de estudio, se determina la longitud del cauce principal desde el nacimiento hasta el punto donde se ubicará la captación.

- **Pendiente Media de la Cuenca**

La pendiente es la variación de la inclinación de una cuenca, su determinación es importante para definir el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas de suelo (erosión o sedimentación), puesto que, en zonas de altas pendientes se presentan con mayor frecuencia los problemas de erosión: mientras que en regio planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación. (Ver Referencia 5)

Según el valor de la pendiente se tiene cuenta con la clasificación del tipo de relieve como se presenta a continuación.

**Tabla 2.35 Clasificación de cuencas de acuerdo a la pendiente media**

RANGO DE LA PENDIENTE (%)	CLASE DE PENDIENTE	VELOCIDAD DEL AGUA
0-3	Plana	Baja
3-7	Ligeramente inclinada	
7-12	Moderadamente inclinada	Media
12-25	Fuertemente inclinada	
25-50	Ligeramente escarpada o L. empinada	Alta
50-75	Moderadamente escarpada o M. empinada	

Fuente: Reyes, A (2012)<sup>6</sup>

<http://igacnet2.igac.gov.co/intranet/UserFiles/File/procedimientos/instructivos/140100-06-14.V1Codigos%20para%20los%20levantamientos%20de%20suelos.pdf>

- **Índice de Compacidad ( $K_c$ )**

Se trata de un indicador adimensional de la forma de la cuenca, basado en la relación del perímetro de la cuenca con el área de un círculo igual a la de la cuenca (círculo equivalente); de esta manera, entre mayor sea el coeficiente más distante será la forma de la cuenca con respecto del círculo. Para valores cercanos o iguales a uno, la cuenca presenta mayor tendencia a crecientes o concentración de altos volúmenes de aguas de escorrentía. En la siguiente ecuación se define el índice de compacidad. (Ver Referencia 6).

6 Reyes A., Cuencas hidrográficas., Guía Básica para la Caracterización Morfométrica de Cuencas hidrográficas. Cali: Universidad del Valle, Corporación Autónoma Regional del Cauca. 2012.

$$K_c = 0,28 * \left[ \frac{P}{\sqrt{A}} \right]$$

Ecuación 1

Donde:

- $K_c$ : Índice de compacidad o índice de Gravelius (Adimensional)
- $P$ : Perímetro de la cuenca (Km)
- $A$ : Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

Este coeficiente define la forma de la cuenca, respecto a la similaridad con formas redondas, dentro de rangos que se muestran a continuación (FAO, 1985).

**Tabla 2.36 Clasificación según el coeficiente de compacidad**

CLASIFICACIÓN	RANGOS DEL COEFICIENTE DE COMPACIDAD
Redonda a oval redonda	< 1- 1,25
Oval redonda a oval oblonga	1.25 -1,5
Oval oblonga a rectangular oblonga	>1,5

Fuente: Reyes A., Barrosos F., y Carvajal Y. Guía Básica para la Caracterización morfométrica de Cuencas Hidrográficas. 2011.

- **Factor de Forma (F)**

Este factor es uno de los más utilizados para medir la forma de la cuenca, fue desarrollado por Horton. Es la relación entre el área (A) de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido ( $L_{cauce}$ ). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas y muy intensa a lentas y sostenidas, según su comportamiento, si tiende hacia valores extremos grandes o pequeños, respectivamente. Es un parámetro adimensional que denota la forma redondeada o alargada de la cuenca. Un valor de F superior a la unidad dará el grado de achatamiento de ella o de un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecientes. El factor de forma se define en la Ecuación 2. (Referencia 5)

$$F = \frac{A}{L_{cauce}^2}$$

Ecuación 2

Donde:

- $F$ : Facto de Forma (Adimensional)
- $A$ : Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)
- $L_{cauce}$ : Longitud máxima de recorrido (Km)

Los valores interpretativos del factor de forma de Horton pueden verse en laTabla 2.37.

**Tabla 2.37 Valores interpretativos del Factor de Forma de una Cuenca**

VALORES APROXIMADOS	FORMA DE LA CUENCA
<0.22	Muy alargada
0.22-0.30	Alargada
0.30-0.37	Ligeramente alargada

87

VALORES APROXIMADOS	FORMA DE LA CUENCA
0.37-0.45	Ni alargada ni ensanchando
0.45-0.60	Ligeramente ensanchada
0.60-0.80	Ensanchada
0.80-1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Fuente: Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Garagoa. Capítulo 3. Caracterización Físico – Biótica de la Cuenca.

- **Índice de Alargamiento**

Índice propuesto por Horton, relación la longitud máxima de la cuenca con su ancho máximo (Ecuación 3). Aquellas cuencas que registran valores mayores a uno presentan un área más larga que ancha, obedeciendo a formas alargadas (ver Tabla 2.38); asimismo este parámetro adimensional permite predecir la dinámica del movimiento del agua en los drenajes y su potencia erosiva o de arrastre (Ver Referencia 5).

$$Ia = \frac{L_m}{l} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

- $Ia$ : Índice de Alargamiento
- $L_m$ : Longitud máxima de la cuenca ( $m$ )
- $l$ : Ancho máximo ( $m$ )

**Tabla 2.38 Clasificación de Índice de Alargamiento**

INDICE DE ALARGAMIENTO	INTERPRETACIÓN
$Ia > 1,00$	Cuenca Alargada
$Ia \approx 1,00$	Cuenca Achatada

Fuente: Reyes A., Barrosos F., y Carvajal Y. Guía Básica para la Caracterización morfométrica de Cuencas Hidrográficas. 2011.

- **Índice de Sinuosidad de la Corriente ( $Sin$ )**

Es la relación entre la longitud total del cauce principal ( $L_{cauce}$ ), considerando sus curvas y recodos, y la longitud del valle del cauce principal medida sobre un trazado suave del cauce ( $L_s$ ). (Ver Referencia 5).

El índice de sinuosidad se describe con la siguiente ecuación:

$$Sin = \frac{L_{cauce}}{L_s} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

- $Sin$ : Sinuosidad del cauce.
- $L_{cauce}$ : Longitud del cauce principal de la cuenca ( $m$ )
- $L_s$ : Longitud del valle del cauce principal, medida sobre un trazado suave del cauce ( $m$ )

Los valores interpretativos de los resultados que se tengan con este índice se pueden ver en la siguiente tabla:

**Tabla 2.39 Clasificación según el coeficiente de compacidad**

INDICE DE SINUOSIDAD	CLASIFICACIÓN
$\leq 1,25$	Recto
$> 1,25$	Sinuoso

Fuente: Reyes A., Barrosos F., y Carvajal Y. Guía Básica para la Caracterización morfométrica de Cuencas Hidrográficas. 2011.

- **Densidad de Drenaje**

La densidad de drenaje ( $D_d$ ) proporciona la información respecto a la abundancia de escurrimiento, y es un indicador de la respuesta de la cuenca ante un evento de precipitación; entre mayor sea esta densidad, más rápida es la velocidad de evacuación del agua. Dicho parámetro morfométrico está definido por la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y su área total como se presenta en la Ecuación 5.

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

- $D_d$ : Densidad de Drenaje.
- $\sum L_i$ : Suma de las longitudes de los drenajes que se integran en la cuenca (Km).
- $A$ : Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>).

- **Curva Hipsométrica**

La curva hipsométrica es una curva que representa el porcentaje de área que existe en la cuenca por encima de un valor de cota determinado. Sirve para definir características fisiográficas de las cuencas hidrográficas y representa las características topográficas de la cuenca en estudio.

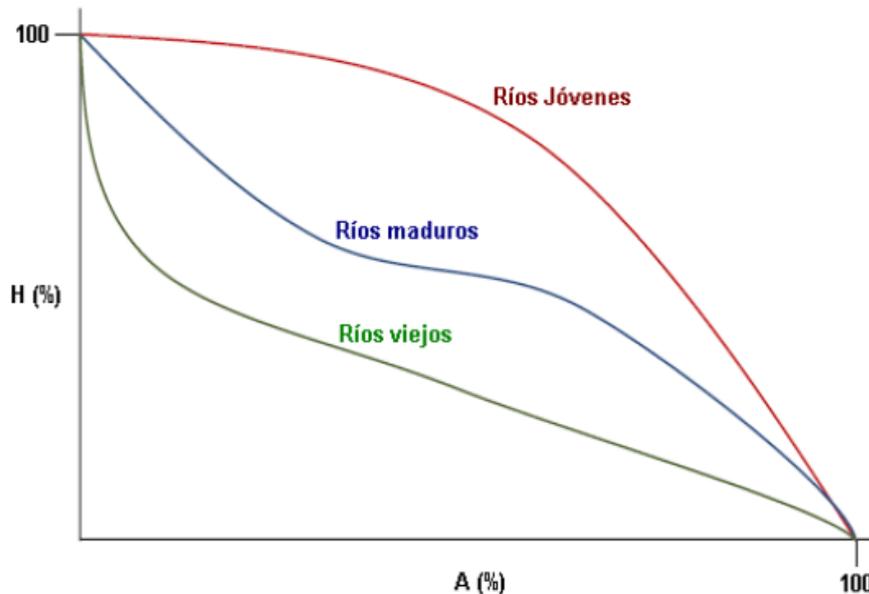
Se obtiene colocando en las ordenadas los valores correspondientes a las diferentes alturas de la cuenca referidos a la máxima de esta y, en las abscisas, los valores de área que se encuentran por encima de las alturas correspondientes, referidas al área total de la cuenca.

La función hipsométrica es una forma conveniente y objetiva de describir la relación entre la propiedad altimétrica de la cuenca en un plano y su elevación.<sup>7</sup>

Las curvas hipsométricas también han sido asociadas con las edades de los ríos de las respectivas cuencas, como se muestra en la Figura 2.21

<sup>7</sup>CONSORCIO RÍO GARAGOA. 2017. ACTUALIZACION POMCA RÍO GARAGOA. Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica.

**Figura 2.21 Cambio de Forma de la Curva Hipsométrica con la edad del río**



Fuente: POMCA Río Garagoa.

- **Tiempo de Concentración**

Se define como el tiempo que tarda en llegar a la sección de salida de interés la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca. También se puede definir como el tiempo que toma el agua en llegar desde un punto de diseño hasta el punto de interés de la cuenca y se determina mediante fórmulas experimentales. (Referencia 6).

Para la determinación del tiempo de concentración se utilizaron en el presente estudio las Ecuaciones de Kirpich, Témez, SCS – Ranser y Cuerpos de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, las respectivas expresiones se presentan a continuación:

**Tabla 2.40 Ecuaciones para definir tiempo de concentración de las cuencas**

Kirpich	Témez	SCS - Ranser	Cuerpo de Ing. EEUU
$T_c = 0,06628 \left( \frac{L}{S^{0,5}} \right)^{0,77}$	$T_c = 0,30 \left( \frac{L}{S^{0,25}} \right)^{0,76}$	$T_c = 0,947 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$	$T_c = 0,28 \left( \frac{L}{S^{0,25}} \right)^{0,76}$

Donde:

- L: Longitud de la corriente
- S: Pendiente media de la corriente
- H: Diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente principal

#### 2.4.3.6.3.3 Análisis de Calidad de la Información

Para realizar la caracterización de las cuencas aferentes a los puntos de captación y ocupación de cauce, se utilizó la información disponible de las siguientes estaciones

localizadas en inmediaciones del APE – Medina Occidental.

**Tabla 2.41 Estaciones Limnigráficas**

CÓDIGO	ESTACIÓN	MUNICIPIO	TIPO ESTACIÓN	CORRIENTE	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTA	
					COOR X	COOR Y
35067010	LA GLORIA	UBALÁ	LG	NEGRO	1072911	1024229
35057010	EL CABLE	PARATEBUENO	LG	HUMEA	1087131	977932

Fuente: Instituto de Hidrología y, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

De acuerdo a los términos de Referencia para el análisis hidrológico se tuvo cuenta que la cantidad de información estadística empleada tuviera por lo menos, diez (10) años de registro consecutivo, la estación La Gloria se encuentra ubicada en el departamento de Cundinamarca en el municipio de Ubalá a una altitud de 1900 m. s. n. m. Presenta registros de caudales medios diarios desde 1 de abril de 1963 hasta 31 de diciembre de 2015, con buena continuidad y baja ausencia de datos y la estación El Cable se encuentra ubicada en el departamento de Cundinamarca en el municipio de Paratebueno a una altitud de 275 m. s. n. m. Presenta registros de caudales medios diarios desde 1 de enero de 1969 hasta 29 de abril de 2010

Por lo anterior y con el propósito de emplear de la mejor manera posible los datos históricos de las series de tiempo de las estaciones seleccionadas, se revisó de forma crítica la exactitud de estas, se evaluó por lo menos de forma cualitativa, los cambios temporales en las series influenciadas de manera artificial y el impacto de estos sobre los datos históricos.

La consistencia y precisión de los datos con frecuencia suele ser un problema importante en muchas series, fundamentalmente las antiguas. Durante los últimos años los aparatos y técnicas de adquisición de datos han mejorado, pero estas mejoras pueden por sí mismas introducir no-homogeneidades en las series de tiempo, las cuales pueden ser debidas a cambios (a veces indocumentados) en la ubicación de las estaciones de medición o en los métodos de procesamiento de los datos empleados.

Adicionalmente, la influencia del hombre sobre los regímenes de los ríos ha sido cada vez más importante, sobre todo durante los últimos 50 años. De esta forma, el reconocimiento y la interpretación de posibles tendencias en los datos recae fundamentalmente en la disponibilidad de información espacial suficiente como para permitir distinguir los efectos de variabilidad de clima de otro tipo de factores.

Todas las técnicas de análisis y modelación de series de tiempo realizan la suposición de que los datos son estacionarios. Si esta hipótesis es válida, el procedimiento normalmente recomendado en la literatura para el análisis de estas series es el de estudiar los datos históricos de tal forma que reflejen las condiciones naturales de la cuenca. Esto incluye la corrección de datos históricos por inconsistencias debidas a errores aleatorios y sistemáticos, el llenado de datos faltantes, y en algunos casos la extensión de datos o la disminución de estos para que reflejen condiciones reales.

Una etapa necesaria en todo estudio es el análisis exploratorio de la información. Los

resultados de este análisis permiten visualizar los datos originales de otra manera, gracias a procesos de organización y reducción. En este capítulo se presenta una breve explicación de las representaciones gráficas empleadas para las estaciones en estudio en el desarrollo del Proyecto.

- **Completación de datos**

La completación de datos se realizó mediante el método de correlación con estaciones vecinas. En dicho método se utilizan las precipitaciones estimadas a partir de correlaciones entre la estación con carencia de datos y cada una de las estaciones vecinas, a los que se asocian los coeficientes de correlación respectivos (UNESCO-ROSTLAC, 1982).

Su expresión matemática definida en la ecuación (6) es la siguiente:

$$PX = \frac{PXA*rXA+rXB+\dots+XN*rXN}{rXA+rXB+\dots+rXN} \text{Ecuación 6}$$

Donde; PX = Valor estimado de precipitación en X.

PXi = Valor estimado de precipitación en X, a partir de las regresiones con cada una de las i estaciones.

rXi = Coeficiente de correlación entre los registros de la estación X, y cada una de las i estaciones.

A, B,..., N = Estaciones consideradas.

Este método sirve para la completación de información de tipo anual, y su uso es sólo recomendable cuando el coeficiente de la correlación del método de correlación lineal, no supera la barrera del valor  $\pm 0,8$  (CAZALAC, 2005)

- **Análisis de Homogeneidad y consistencia**

De acuerdo con los términos de referencia M-M-INA-01 de 2014 al realizar el tratamiento preliminar de la información utilizada para la estimación y/o análisis de caudales, se hicieron los análisis de consistencia y homogeneidad de los datos estadísticos utilizados. A partir de esta evaluación se analizó el comportamiento de la serie revisando la presencia de datos anómalos, los cuales no aportan credibilidad al comportamiento de la variable analizada. Las series que no tenían homogeneidad fueron descartadas.

A continuación, se muestran los métodos para el análisis y homogeneidad y consistencia.

- **Descripción Gráfica de los Datos**

Las gráficas propuestas para detección de cambios y tendencias son<sup>8</sup>:

- a. Gráfica de Series de Tiempo

<sup>8</sup> Smith, R. (2000). Análisis Exploratorio para la detección de cambios y tendencias en Series Hidrológicas. XIV Seminario de hidráulica e hidrología.

Una gráfica de la serie de tiempo es simplemente una gráfica de los valores de la serie contra el tiempo. Es una gráfica de  $X_t$  contra el tiempo  $t$ , para  $t = 1, 2, \dots, n$ . Generalmente, las gráficas de serie de tiempo pueden mostrar rápidamente ciertas características tales como periodicidades, estructura de dependencia, grado de variabilidad y aleatoriedad en adición a cambios y tendencias.

b. Gráfica de masa simple

Las gráficas de masa simple son gráficas de la serie acumulada de la variable original contra el tiempo. Para construir esta gráfica primero se define la serie acumulada  $S_t$  como:

$$S_t = \sum_{i=1}^t X_i \quad \text{Ecuación 7}$$

La gráfica de Masa Simple es una gráfica de  $S_t$  contra el tiempo  $t, t = 1, 2, \dots, N$ .

c. Gráfica de masa residual

Las gráficas de masa residual son gráficas de las desviaciones acumuladas de las series promedios contra el tiempo. Para construir esta grafica primero se calcula la media de la serie  $X_t$  como:

$$\mu_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i) \quad \text{Ecuación 8}$$

Y la serie de desviaciones acumuladas se define como:

$$D_t = \sum_{i=1}^t (X_i - \mu_x) \quad \text{Ecuación 9}$$

La grafica de Masa Residual es una gráfica de  $D_t$  contra el tiempo  $t, t = 1, 2, \dots, N$ .

d. Histograma

Los histogramas son gráficas donde los datos disponibles se agrupan de acuerdo con su magnitud. Para dibujar un histograma primero hay que definir los intervalos de clase. En este caso el rango total de ocurrencias (la diferencia entre los valores máximo y mínimo) se divide en varios intervalos. Se recomienda que el número de intervalos a ser utilizado sea tal que haya por lo menos 5 observaciones en cada grupo. Una aproximación útil es hacer el número de intervalos  $n_g$  igual al entero más cercano al valor  $n_g = 1 + 3,3 * \text{Log}_{10}(n)$  [9] en donde  $n$  representa el número total de observaciones. Con el número de intervalos definido, los intervalos de clase pueden determinarse usando el rango total de ocurrencias

<sup>9</sup> N. T. Kottegoda, R. R. (2008). Applied Statistics for Civil and Environmental Engineers. Londres: Wiley-Blackwell.

y  $n_g$ . Normalmente el ancho de los intervalos de clase es igual para todos.

El número de ocurrencias en cada intervalo de clase puede definirse y se denomina frecuencia absoluta. Cuando las frecuencias absolutas se dividen por el número total de observaciones ellas son llamadas frecuencias relativas. El gráfico de los intervalos de clase sobre el eje horizontal contra las frecuencias absolutas o relativas en el eje vertical es llamado el Histograma.

e. Box Plot

La gráfica de box – plot es una forma de visualizar gráficamente estadísticos básicos anuales y estacionales. La gráfica muestra los estadísticos siguientes: el máximo, el percentil de 75%, el percentil de 50% (el del medio), la media, el percentil del 25% y el mínimo.

Adicional a las técnicas anteriormente señaladas, se elaborarán gráficas de cálculo de caudales medios a nivel mensual y anual y finalmente una curva de duración de caudales diarios. Gráficas que en conjunto describen el comportamiento de la serie a lo largo de la historia de registro.

- **Cálculo de Estadísticas Descriptivas**

Esta etapa corresponde al cálculo de las estadísticas resumen de las series, incluyendo media, desviación estándar, mínimo, máximo, rango, coeficiente de variación, coeficiente de asimetría y curtosis. En esta parte, se ha analizado el rango de las variables a fin de asegurar que todos los datos se encuentran en un intervalo lógico. Para el contexto de los datos analizados se han determinado valores admisibles para la media y la desviación estándar.

**2.4.3.6.3.4 Régimen Hidrológico.**

Para realizar el análisis del Balance Hídrico a Largo Plazo para la APE Medina Occidental, se identificaron cerca de la zona de estudio nueve (9) estaciones climatológicas que tiene registros de variables de temperatura y precipitación.

En la Tabla 2.42 se presentan las estaciones identificadas cerca al área de estudio.

**Tabla 2.42 Estaciones Climatológicas cercanas al área de estudio.**

CÓDIGO	ESTACIÓN	MUNICIPIO	TIPO ESTACIÓN	COOR X	COOR Y
35035030	Salinas de Upin	Restrepo	CO	1056708,29	967264,83
35045020	Hacienda la Cabaña	Cumaral	CO	1079928,85	967332,63
35055010	El Japón	Paratebueno	CO	1086158,70	975802,03
35065010	Gacheta	Gacheta	CO	1047813,86	1025912,13
35065020	Mambita	Ubalá	CO	1082558,87	1018895,03
35075040	Instituto Agrícola Macanal	Macanal	CP	1084372,80	1041866,33
35085050	Campo Hermoso	Campohermoso	CO	1107997,18	1048548,64
35095020	Don Antonio Cameli	Sabanalarga	CP	1115857,88	1009721,46

CÓDIGO	ESTACIÓN	MUNICIPIO	TIPO ESTACIÓN	COOR X	COOR Y
35095110	Huerta La Grande	Villanueva	CP	1128735,63	1006617,11

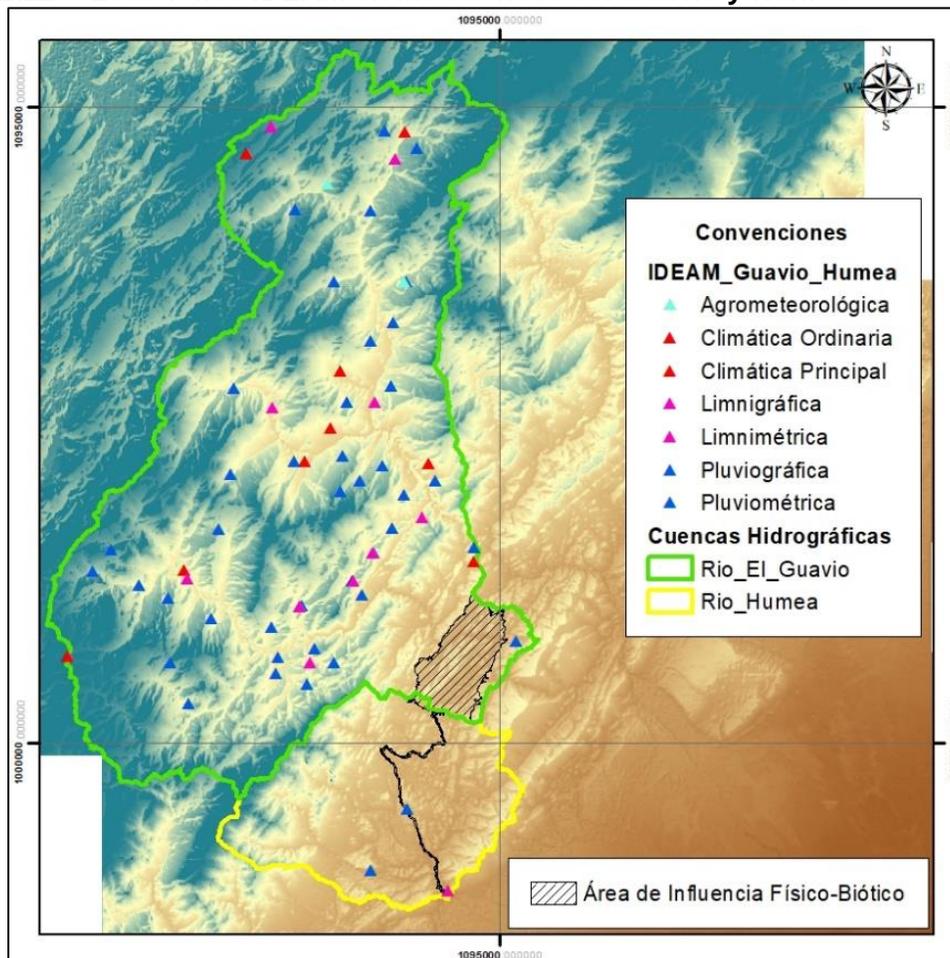
CO: Estación Climatológica Ordinaria / CP: Estación Climatológica Principal

Fuente: Instituto de Hidrología y, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

- **Precipitación**

Para el análisis de la precipitación se definió en primer lugar los polígonos de Thiessen con los cuales se determinó el área de influencia de las estaciones pluviométricas y/o pluviográficas y/o climatológicas con registros de precipitación. Posteriormente fue evaluada la homogeneidad de los registros de las estaciones mediante la distribución de Gumbel y Pearson tipo III, seguidamente se generaron con base en la precipitación máxima en 24 horas las curvas IDF.

**Figura 2.22 Estaciones IDEAM en las cuencas del Guavio y Humea**



Fuente: (Concolby WSP, 2019)

- **Caudales para cuencas con áreas aferentes menor a 2,5 Km<sup>2</sup>**

### Método Racional

El método racional consiste en la determinación del Caudal máximo a partir del uso de dos modelos de lluvia – escorrentía, tal como lo son el método racional, el cual se adopta para áreas de drenaje máxima o igual a 2,5 km<sup>2</sup> (INVIAS, 2009).

$$Q = 0,278 * C * i * A \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

- Q*: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)
- C*: Coeficiente de escorrentía
- i*: Intensidad de la precipitación (mm/h)
- A*: Área de drenaje de la cuenca hidrográfica, en Km<sup>2</sup>

El coeficiente de escorrentía fue determinado con base a las variables de pendiente del terreno, revegetación y textura del suelo; posteriormente se trasladan las variables con el fin de determinar los siguientes valores propuestos por Instituto Nacional de Vías (INVIAS) en el Manual de Drenaje para Carreteras.

**Tabla 2.43 Valores de coeficiente de escorrentía**

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
BOSQUES			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
PASTOS			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
TIERRAS CULTIVADAS			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Montañoso	0.52	0.72	0.82

Nota: Plano (pendiente 0 - 5%); Ondulado (pendiente 5 - 10%); Montañoso (pendiente 10 - 30%). Para valores mayores al 30 %, a falta de datos, utilizar los valores para pendientes entre el 10 y el 30 %.

Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras. 2009. INVIAS

- **Balance Hídrico a Largo Plazo**

La estimación de la oferta hídrica para un espacio y periodo específico tiene como base el ciclo hidrológico modelado mediante el balance hídrico, el cual determina la disponibilidad del agua en cada una de las fases: precipitación, evapotranspiración real, infiltración y

escorrentía<sup>10</sup>.

El balance hídrico establece la cantidad de agua que entra al ecosistema por medio de la precipitación, la que regresa a la atmósfera por la evapotranspiración y la que es almacenada en el suelo, para ser usada por la vegetación, los excesos o agua de escorrentía y percolación.

La base física del balance hidrológico es la formulación de las ecuaciones de conservación de masa para volúmenes de control o unidades hidrográficas determinadas. En la Ecuación 11 se expresa la equivalencia entre los aportes de agua que entran al volumen de control y la cantidad de agua que sale considerando además las variaciones internas en el almacenamiento de humedad ocurridas durante un periodo de tiempo determinado.

$$I - O = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

$I$ : Entradas  
 $O$ : Salidas  
 $\frac{\Delta S}{\Delta t}$ : Cambio del almacenamiento en el tiempo

Para cuantificar los distintos componentes del balance hídrico en el suelo se describen por la siguiente expresión matemática:

$$P - Esc - ETR = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

$P$ : Precipitación.  
 $Esc$ : Escorrentía.  
 $ETR$ : Evapotranspiración Real.  
 $S$ : Cambio del almacenamiento de agua en el suelo.

A continuación, se presenta la metodología para el cálculo de cada una de las variables a intervenir en el Balance Hídrico a Largo Plazo en la zona de estudio de APE Medina Occidental.

#### - Precipitación y Temperatura

La precipitación es la cantidad de lluvia que cae en un área determinada en unidades de milímetros ( $mm$ ) y la temperatura es una magnitud que mide el nivel térmico en unidades de Centígrados ( $^{\circ}C$ ). Ambas variables se obtuvieron a partir de estaciones climatológicas ubicadas en la zona de estudio o zonas cercanas y de similares características orográficas y meteorológicas a la zona de estudio, a resolución temporal mensual.

<sup>10</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL RESOLUCION NÚMERO 0865 Julio 22 de 2004.

Las estaciones climatológicas que registran las variables a tener en cuenta en el Balance Hídrico, con las respectivas características indicadas en los términos de referencia del Proyecto, son:

**Tabla 2.44 Estaciones hidroclimáticas utilizadas para realizar el Balance Hídrico de las cuencas a intervenir**

CÓDIGO	ESTACIÓN	MUNICIPIO	TIPO ESTACIÓN	COORDENADAS DATUM MAGANA SIRGAS ORIGEN BOGOTA	
				ESTE	NORTE
35035030	Salinas de Upin	Restrepo	CO	1056708,29	967264,83
35045020	Hacienda la Cabaña	Cumaral	CO	1079928,85	967332,63
35055010	El Japón	Paratebueno	CO	1086158,70	975802,03
35065010	Gacheta	Gacheta	CO	1047813,86	1025912,13
35065020	Mambita	Ubalá	CO	1082558,87	1018895,03
35075040	Instituto Agrícola Macanal	Macanal	CP	1084372,80	1041866,33
35085050	Campo Hermoso	Campohermoso	CO	1107997,18	1048548,64
35095020	Don Antonio Cameli	Sabanalarga	CP	1115857,88	1009721,46
35095110	Huerta La Grande	Villanueva	CP	1128735,63	1006617,11

CO: Estación Climatológica Ordinaria / CP: Estación Climatológica Principal

Fuente: (Concolby WSP, 2019)

- Evapotranspiración Real

Es la cantidad de agua que realmente se pierde. Para el cálculo de la Evapotranspiración Real (*ETR*) se debe realizar primero el cálculo de la Evapotranspiración Potencial (*ETP*).

Para esta variable existen diversos métodos, en el presente estudio se utilizó el método de Thornthwaite<sup>11</sup> por la practicidad y la disponibilidad de información adicional para la aplicación de otros métodos de estimación de esta variable. Dicha metodología involucra la temperatura media mensual del aire (°C), número máximo promedio de horas de sol y números días del mes.

Las ecuaciones utilizadas en este método son:

$$ETP_i = K_i * \left[ 16 * \left( \frac{10 * T_i}{I_j} \right)^{a_j} \right] \quad \text{Ecuación 13}$$

$$K_i = \frac{N}{12} * \frac{D}{30} \quad \text{Ecuación 14}$$

$$I_j = \sum_{i=1}^{12} i = \sum_{i=1}^{12} \left( \frac{T_i}{5} \right)^{1.514} \quad \text{Ecuación 15}$$

$$a_j = 675x10^{-9} \cdot I_j^3 - 771x10^{-7} \cdot I_j^2 + 179x10^{-4} \cdot I_j + 0.49239 \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

*ETP<sub>i</sub>*: Evapotranspiración Potencial en *mm* de cada mes

<sup>11</sup> THORNTWHAITE, W. C. 1948. An approach toward a rational classification of climate. The Geographical Review 38 (1): 55-94.

- $K_i$ : Factor de corrección mensual en función del número de días y la latitud de la estación donde se estima el parámetro adimensional. Calculado por la Ecuación 14, donde:  
 $N$ : Número máximo de horas de sol en horas días-1.  
 $D$ : Número de días del mes en análisis.
- $T_i$ : Temperatura media mensual del aire en °C.
- $I_j$ : Índice de calor anual. Calculado como la suma de los índices de calor mensual ( $i$ ) de los 12 meses del año.
- $a_j$ : Exponente en función de  $I_j$ .

- Capacidad máxima de almacenamiento del suelo

La capacidad máxima de almacenamiento del suelo ( $CMA$ ) o capacidad de campo, es el volumen de agua útil que puede retener un suelo o unidad de superficie en  $mm/unidaddesuperficie$ . Es característico de cada tipo de suelo en estudio.

Con algebra de mapas en la zona de estudio de Medina, el balance Hídrico a largo plazo se calcula mes a mes teniendo en cuenta los términos y las reglas definidas a continuación<sup>12</sup>:

- ✓ Almacenamiento de agua útil ( $A$ ): existe cuando la  $P > ETP$ , quedando una reserva de humedad que se acumula mes a mes y no puede ser superior a la capacidad del campo o cantidad máxima de almacenamiento ( $CMA$ ) de agua que puede soportar el suelo en consideración.
- ✓ Escorrentía ( $E$ ): existe si la  $P > ETP$  y si hay un excedente de agua, una vez completado el almacenaje en el suelo. A la suma de la escorrentía producidos mes a mes durante todo el año se le denomina escorrentía anual ( $E$ ).
- ✓ Déficit ( $D$ ): cuando la  $P < ETP$ , se evapora y transpira toda el agua precipitada. La cantidad que hace falta para completar el total de  $ETP$  se toma del almacenamiento y si, aun así, no se completa el valor de  $ETP$  el faltante se considera como déficit.
- ✓ Evapotranspiración Real ( $ETR$ ): es la cantidad de agua que realmente se pierde. Según el método, ocurre en función del agua disponible ( $P + A$ ). Máximo puede ser igual a la  $ETP$ .
- ✓ Cálculo del almacenaje de agua útil ( $A$ ):
  - Se verifica si la  $P$  es mayor o menor a la  $ETP$  en el período considerado. Se busca el mes en el que la diferencia se hace máxima y se adopta  $A = 0$  o  $A = CMA$ , según sea  $P > ETP$  o  $P < ETP$ , respectivamente.

---

<sup>12</sup>A. G.S. Ltda. FORMULACIÓN POMCA RÍO GUAUVIO. Plan de Ordenación y Manejo de la Cueca Hidrográfica. Marzo 2019.

- El cálculo del almacenaje de agua útil de los meses calendario siguientes, es el resultado de la suma del almacenaje del mes anterior más la precipitación del mes en cuestión, constituyen el agua disponible (*Agua disponible*); la diferencia entre esta (*Agua disponible*) y la *ETP* determina el almacenaje:

$$A_{guadisponible} = A_{i-1} + P_i \quad \text{Ecuación 17}$$

$$A = (A_{i-1} + P_i) - ETP \quad \text{Ecuación 18}$$

Realizar una prueba preliminar de cálculo del balance hídrico supone conseguir un valor de arranque para el almacenaje  $A$  consistente; el valor de  $A$  correspondiente al mes fijado como inicial debe ser el mes más seco o el más lluvioso, o sea 0 o la *CMA* en *mm*: “se suponen como límites”. En caso de no ser así, se parte del último valor calculado y se realiza nuevamente toda la operación y así sucesivamente hasta que haya plena coincidencia.

- Si  $A_i > CMA$ , entonces  $A_i = CMA$ ; el excedente de *CMA* es el exceso de agua de ese mes  $E_i$ ; la deficiencia de ese mes, obviamente,  $E_i = 0$ .
- Si  $CMA > A$ , el  $E$  y la  $D$  de ese mes son iguales a cero.
- Si  $A_i < 0$ , la  $D_i = (P_i - ETP_i)$  si  $P < ETP_i$

$$D_i = ETP_i - (P_i + A_{i-1}) \text{ si } (P_i + A_i) < ETP_i$$

- ✓ Cálculo de la variación de almacenamiento de agua útil ( $\Delta A$ )

Es igual a la diferencia entre el valor de almacenamiento de agua útil del mes considerado y el mes anterior.

- ✓ Cálculo de la Evapotranspiración Real (*ETR*):

$$\text{Si } P > ETP \Rightarrow ETR = ETP$$

**Ecuación 19**

$$\text{Si } P < ETP \Rightarrow ETR = P + |\Delta A|$$

**Ecuación 20**

Para los valores anuales debe cumplirse la siguiente relación en el balance hídrico:

$$P + D = ETP + E$$

**Ecuación 21**

- **Caudales para cuencas con áreas aferentes mayor a 2,5 Km<sup>2</sup>**

### Regionalización de Caudales

Es posible que estaciones limnimétricas y/o limnigráficas no se encuentren exactamente en la misma coordenada de los sitios a intervenir las corrientes por las captaciones u ocupaciones de cauce en el APE Medina Occidental y la vía Japón – Medina, sino se encuentren estaciones localizadas en inmediaciones a la zona de estudio, hidrológica y climatológicamente homogéneas.

Se pueden transferir los caudales en los sitios en estudio empleando la metodología de regionalización de caudales de factor de traslado; dicho factor relaciona las áreas y precipitaciones medias de cada cuenca a resolución mensual y se encuentra definido por la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{Sitio Estudio}} = (F_{\text{Reg}}) * (Q_{\text{Estación}})$$

$$Q_{\text{Sitio Estudio}} = \left( \frac{A_{\text{Sitio Estudio}} * P_{\text{Sitio Estudio}}}{A_{\text{Estación}} * P_{\text{Estación}}} \right) * (Q_{\text{Estación}}) \quad \text{Ecuación 22}$$

Donde:

- $Q_{\text{Sitio Estudio}}$ : Caudal diario en el sitio en estudio ( $m^3/s$ ).
- $F_{\text{Reg}}$ : Factor de regionalización.
- $Q_{\text{Estación}}$ : Caudal diario registrado en la Estación Limnimétrica o Limnigráfica ( $m^3/s$ ).
- $A_{\text{Sitio Estudio}}$ : Área aferente al sitio en estudio ( $Km^2$ ).
- $P_{\text{Sitio Estudio}}$ : Precipitación media mensual en el área aferente al sitio en estudio ( $mm$ ).
- $A_{\text{Estación}}$ : Área aferente a la Estación Limnimétrica o Limnigráfica ( $Km^2$ ).
- $P_{\text{Estación}}$ : Precipitación media mensual en el área aferente a la Estación Limnimétrica o Limnigráfica ( $mm$ ).

#### 2.4.3.6.3.5 Análisis de frecuencias de caudales máximos, mínimos y medios para diferentes períodos de retorno

Es de aclarar que de acuerdo con los términos de referencia M-M-INA-01 para los puntos de captación se solicita el análisis de frecuencias de caudales mínimos y medios para períodos de retorno de 1, 2 y 5 años. Por el contrario, para las ocupaciones de cauce se presentaron períodos de retorno de 2,5, 10, 20, 50 y 100 años teniendo en cuenta la pertinencia para la proyección y el diseño de las diferentes obras en cada ocupación.

- **Caudales para cuencas con áreas aferentes mayor a 2,5 Km<sup>2</sup>**

A continuación, se presenta el método para la estimación de los caudales máximos, medios y mínimos esperados para los diferentes períodos de retorno de las series estimadas

- **Caudales máximos**

Con el fin de estimar los caudales máximos esperados para diferentes períodos de retorno de las series estimadas en el APE – Medina Occidental, se utilizaron los máximos caudales diarios de cada mes y se escogió para cada año el máximo valor anual.

Para este análisis se realizó la prueba de bondad de ajuste para las diferentes funciones de distribución probabilística: Log normal, Log Pearson III, EV1 – Max (Gumbel), Gamma y GEV-Max, mediante el uso del software Hydrognomon, desarrollado por el ITIA ResearchTeam de la Universidad de Atenas.

- **Caudales mínimos**

Con el fin de estimar los caudales mínimos esperados para diferentes períodos de retorno

de las series estimadas en el APE – Medina Occidental, se utilizaron los mínimos caudales diarios de cada mes y se escogió para cada año el mínimo valor anual.

Para este análisis se realizó la prueba de bondad de ajuste para las diferentes funciones de distribución probabilística: Log normal, Log Pearson III, EV1 – Min (Gumbel), Gamma y GEV-Min, mediante el uso del software Hydrognomon.

- **Caudales medios**

Con el fin de estimar los caudales medios esperados para diferentes periodos de retorno de las series estimadas en el APE – Medina Occidental, se utilizaron los datos de valores medios mensuales de caudales y se escogió para cada año el promedio valor anual.

Para este análisis se realizó la prueba de bondad de ajuste para las diferentes funciones de distribución probabilística: Normal y Log normal, mediante el uso del software Hydrognomon.

- **Caudales para cuencas con áreas aferentes menores a 2,5 Km<sup>2</sup>**

A continuación, se presenta el método para la estimación de los caudales máximos y medios esperados para los diferentes periodos de retorno de las series estimadas

- **Caudales máximos**

Con el fin de estimar los caudales máximos esperados para diferentes periodos de retorno de las series estimadas en el APE – Medina Occidental, se utilizaron los máximos caudales diarios de cada mes y se escogió para cada año el máximo valor anual.

Para este análisis se realizó la prueba de bondad de ajuste para las diferentes funciones de distribución probabilística: Log normal, Log Pearson III, EV1 – Max (Gumbel), Gamma y GEV-Max, mediante el uso del software Hydrognomon, desarrollado por el ITIA ResearchTeam de la Universidad de Atenas.

- **Caudales medios**

Con el fin de estimar los caudales medios esperados para diferentes periodos de retorno de las series estimadas en el APE – Medina Occidental, se utilizaron los datos de valores medios mensuales de caudales y se escogió para cada año el promedio valor anual.

Para este análisis se realizó la prueba de bondad de ajuste para las diferentes funciones de distribución probabilística: Normal y Log normal, mediante el uso del software Hydrognomon.

- **Dinámica fluvial**

El análisis de dinámica fluvial se realizó con base en imágenes multitemporales Sentinel 2, Ortofoto LIDAR Resolución 0.04m. El objetivo del análisis multitemporal fue determinar si

los cauces a intervenir por el proyecto durante el tiempo han sufrido cambios de su cauce, es decir, si este respecto al cauce actual ha tenido cambios de ubicación y/o en la sinuosidad de este.

#### 2.4.3.6.3.6 Caudal ambiental

De acuerdo con lo establecido en el recurso interpuesto por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA a el Estudio de Impacto Ambiental -EIA- para la modificación de la Licencia Ambiental del Área de Perforación Exploratoria – APE Medina Occidental, referente a los caudales ambientales de los 11 puntos de captación previsto en el área de estudio, en el **Capítulo 5. Caracterización del área de influencia, en el Numeral 5.1.5.9.1.3.1 componente hidrológico - caudal ambiental** se presenta la estimación de los caudales ambiental siguiendo los criterios hidrológicos establecidos en la Metodología para la Estimación y Evaluación del Caudal Ambiental en Proyectos que Requieren Licencia Ambiental 2013. A continuación, se presenta el pronunciamiento de la autoridad ambiental frente al recurso de reposición:

De acuerdo a los argumentos presentados por la Sociedad, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, realiza las siguientes precisiones:

- Es importante dejar en claro que, por términos de referencia no tienen explícito cual es la metodología que se debe utilizar para caudal ambiental, sin embargo, es importante recordar que si se solicita decir cuáles son los caudales característicos y de acuerdo con esa caracterización realizar los análisis de disponibilidad hídrica.
- De acuerdo a la evaluación normativa, actualmente el Decreto 1076, y en ese sentido el concepto es que se debe calcular para el análisis de caudal disponible está relacionado con caudal ambiental y no con caudal ecológico, puesto que esa definición del año 2004, y debido a la evolución normativa y metodología en este caso hablamos de caudal ambiental, también es importante tener en cuenta que no se le está solicitando aplicar toda la metodología completa si no la parte de los criterios hidrológicos, en ese sentido lo que la autoridad necesita revisar es, como esos caudales ambientales no son estáticos como son presentados en el estudio, si no que tiene variación hidrológica y climatológica que se tiene en los diferentes meses del año, de acuerdo a lo anterior queda claro que los estudios deben estar acorde con la normativa que se tiene actualmente.
- Por los argumentos anteriores la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales No repone el Recurso interpuesto por Ecopetrol S.A, por lo tanto, se **CONFIRMA** el Requerimiento No. 14.

De acuerdo con lo anteriormente mencionado, para la estimación y evaluación del caudal ambiental se siguieron los criterios y lineamientos hidrológicos e hidráulicos contenidos en la Metodología para la Estimación y Evaluación del Caudal Ambiental en Proyectos que Requieren Licencia Ambiental 2013, la cual es aplicable a proyectos que dentro de sus actividades requieran la captación de agua de fuentes superficiales, cualquiera que sea su propósito.

#### 2.4.3.6.3.7 Correlación con Fenómenos Macroclimáticos.

Para realizar el análisis de correlación de las series hidroclimatológicas de la zona en estudio con fenómenos macroclimáticos que tienen influencia en la hidroclimatología colombiana, se tendrá en cuenta el Índice Oceánico del Niño (ONI), el cual muestra el comportamiento del fenómeno macroclimático el Niño – Oscilación del SUR (ENSO) en términos cuantitativos.

Para poder comparar dicho índice con las variables de Precipitación Total Mensual y Caudal Medio Mensual, se deberá estandarizar las series registradas de las estaciones a analizar de precipitación y caudal, teniendo en cuenta la estacionalidad, por medio de la siguiente ecuación:

$$X_{STD} = \frac{x_i - \bar{X}}{S_x}$$

Donde:

- $X_{STD}$ : Variable Estandarizada.  
 $x_i$ : Variable por Estandarizar (Precipitación y Caudal) a resolución mensual.  
 $\bar{X}$ : Promedio de la variable  $x_i$  para el mes correspondiente.  
 $S_x$ : Desviación estándar de la variable  $x_i$ . Para el mes correspondiente.

Con graficas de series de tiempo y diagrama de dispersión del índice ONI versus la variable de precipitación y caudal registrada en las estaciones a analizar se identificará la correlación entre el fenómeno macroclimático el Niño – Oscilación SUR (ENSO). En caso de encontrarse correlación con el ENSO se realizará una clasificación de periodos hidrológicos en años húmedos, secos y normal.

#### 2.4.3.7 Calidad del agua

De acuerdo con lo establecido en la solicitud de información adicional interpuesto por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA a el Estudio de Impacto Ambiental - EIA- para la modificación de la Licencia Ambiental del Área de Perforación Exploratoria – APE Medina Occidental, referente a los monitoreos fisicoquímicos de agua superficial, el pronunciamiento es el siguiente:

- A. Complementar el monitoreo fisicoquímico e hidrobiológico de agua superficial para las fuentes de agua susceptibles de intervención (captación 2- Caño vaive, captación 5-caño San Isidro) localizadas en el área de influencia del proyecto, incluyendo todos los parámetros contemplados en el numeral 5.1.5.1 de los TDR M-M-INA incluyendo las cadenas de custodia, certificados de acreditación del laboratorio, reportes de laboratorio y registro fotográfico de las actividades de muestreo.
- B. Presentar un análisis que permita corroborar si la cantidad y ubicación de puntos de caracterización de calidad de aguas de los cuerpos a intervenir por ocupaciones

de cauce presentada, es representativa para el área de influencia del proyecto, teniendo en cuenta los principales drenajes (ríos y quebradas) del APE, justificando la selección de los puntos y en caso de ser necesario, complementar el número de puntos de monitoreo en las ocupaciones de cauce.

En concordancia con el requerimiento de la autoridad ambiental, se planteó una nueva campaña de muestreo fisicoquímico al recurso superficial denominada campaña 2021, donde se hizo una selección de 50 puntos de muestreo, que incluyen los puntos de captación 2 y 5, la caracterización de cuencas hidrográficas y ocupaciones de cauce en una distribución envolvente a la malla vial del proyecto. Es importante destacar que en el área se presentaron zonas en las cuales no fue posible el acceso porque no se tiene el permiso de los propietarios (Anexo 5.1.3 Calidad de agua/campaña 2021/permisos). En la Tabla 2.45 se presenta la relación de los puntos monitoreados en ambas campañas realizadas, en donde se evidencian los puntos que se interceptan y cuales fueron efectivos en el 2021, adicional se evidencia la relación de estos con las actividades a realizar por el proyecto.

**Tabla 2.45. Comparación de puntos monitoreados en la campaña 2020 y 2021.**

ID 2020	ID 2021	Tipo	ESTE	NORTE	Campaña 2020	Campaña 2021
OC-204	AS21	Ocupación	1090300.04	1018857.66	Punto Seco	Punto Efectivo
C8	C8	Captación	1093978.89	1015411.56	Punto Efectivo	Punto Efectivo
C9	C9	Captación	1091922.00	1018969.00	Punto Efectivo	Punto Efectivo
C10	C10	Captación	1087339.00	1013806.00	Punto Efectivo	Punto Efectivo
OC-203	PUNTO 6	Ocupación	1090179.00	1018775.00	Punto Seco	Punto Efectivo
OC-3	PUNTO 8	Ocupación	1090820.00	1019080.00	Punto Seco	Punto Efectivo
SEFS 04	P0	Caracterización de cuenca	1094745.00	1015809.00	Punto Seco	Punto Efectivo
OC-81	P1	Ocupación	1094161.00	1017401.00	Punto Seco	Punto Efectivo
OC-79	P3	Ocupación	1093691.00	1016327.00	Punto Seco	Punto Efectivo
OC-103	P2	Ocupación	1094244.00	1014669.00	Punto Seco	Punto Efectivo
-	P4	Caracterización de cuenca	1094502.00	1014417.00		Punto Efectivo
C3	C3	Captación	1086684.00	1014602.00	Punto Efectivo	Punto Efectivo
OC-06	AS19	Ocupación	1087574.00	1015521.00	Punto Seco	Punto Efectivo
-	AS20	Ocupación	1088562.00	1016718.00	Punto Seco	Punto Efectivo
OC-223	AS22	Ocupación	1089113.00	1017907.00	Punto Efectivo	Punto Efectivo
OC193	AS09	Ocupación	1085723.33	1010979.36	Punto Seco	Punto Efectivo
OC257	AS07	Ocupación	1092575.27	1010821.33	Punto Efectivo	Punto Efectivo
OC91	AS08	Ocupación	1092388.00	1010604.35	Punto Seco	Punto Efectivo
C7	C7	Captación	1093488.25	1011930.58	Punto Efectivo	Punto Efectivo
C1	C10	Captación	1086469.00	1012915.00	Punto Efectivo	Punto Efectivo
-	C2	Captación	1084252.00	1008274.00		Punto Efectivo
C5	C5	Captación	1086043.00	1009424.00	Punto Seco	Punto Efectivo

ID 2020	ID 2021	Tipo	ESTE	NORTE	Campaña 2020	Campaña 2021
C11	C11	Captación	1083436.00	1008744.00	Punto Efectivo	Punto Efectivo
OC-322	PUNTO 10	Ocupación	1087687.00	1007290.00	Punto Efectivo	Punto Efectivo
OC-130	PUNTO 4	Ocupación	1084755.00	1009860.00	Punto Seco	Punto Efectivo
OC-189	PUNTO 1	Ocupación	1087346.00	1006855.00	Punto Seco	Punto Efectivo
OC-264	PUNTO 2	Ocupación	1090176.00	1009539.00	Punto Efectivo	Punto Efectivo
OC-265	PUNTO 3	Ocupación	1089160.00	1008332.00	Punto Efectivo	Punto Efectivo
-	PUNTO 9	Caracterización de cuenca	1085722.00	1010977.00		Punto Efectivo
OC-123	AS18	Ocupación	1086422.00	1009487.00	Punto Seco	Punto Efectivo
-	AS17	Caracterización de cuenca	1085832.00	1009741.00		Punto Efectivo
OC-163	AS4	Ocupación	1086508.00	1006384.00	Punto Seco	Punto Efectivo
OC-128	AS10	Ocupación	1091625.00	1009706.00	Punto Seco	Punto Efectivo
OC-110	AS6	Ocupación	1091063.00	1009569.00	Punto Seco	Punto Efectivo
-	AS11	Caracterización de cuenca	1089122.00	1012247.00		Punto Efectivo
OC-179	AS12	Ocupación	1087729.00	1012047.00	Punto Seco	Punto Efectivo
OC-168	AS13	Ocupación	1088369.00	1012435.00	Punto Seco	Punto Efectivo
OC-172	AS14	Ocupación	1087739.00	1010855.00	Punto Seco	Punto Efectivo
OC-176	PUNTO5	Ocupación	1087594.00	1011430.00	Punto Seco	Punto Efectivo
-	AS16	Ocupación	1085288.00	1008874.00		Punto Efectivo
C4	C4	Captación	1085519.00	1003396.00	Punto Efectivo	Punto Efectivo
C6	C6	Captación	1087328.00	1004697.00	Punto Efectivo	Punto Efectivo
OC-195	AS1	Ocupación	1086234.00	1004943.00	Punto Seco	Punto Efectivo
OC-194	AS2	Ocupación	1087583.00	1004309.00	Punto Seco	Punto Efectivo
OC-153	AS3	Ocupación	1085342.00	1005111.00	Punto Seco	Punto Efectivo
OC-157	AS15	Ocupación	1085689.00	1005412.00	Punto Seco	Punto Efectivo
OC-294	F1	Ocupación	1083015.36	1006515.19	Punto Efectivo	Punto Efectivo
OC-325	F2	Ocupación	1085984.88	1011599.75	Punto Efectivo	Punto Efectivo
OC-330	F3	Ocupación	1087152.67	1014849.21	Punto Efectivo	Punto Efectivo
OC-289	F4	Ocupación	1085195.03	1003900.53	Punto Efectivo	Punto Efectivo

-Punto de monitoreo no existente en la campaña 2020.

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2021

#### 2.4.3.7.1 Etapa Precampo Campaña 2020

De acuerdo con la clasificación establecida por el IDEAM (unidades hidrográficas), se seleccionaron las corrientes hídricas superficiales del APE Medina Occidental, sobre las cuales se llevó a cabo la caracterización fisicoquímica y bacteriológica. La escogencia de

dichos cuerpos de agua se dio teniendo en cuenta aspectos tales como:

- Caracterización de las unidades hidrográficas
- Uso dado a la corriente de agua (consumo, pecuario y/o recreativo)
- Si son o no susceptibles de intervención por el proyecto
- Aproximación a actividades del proyecto

Durante la visita de campo los puntos seleccionados para el monitoreo fueron georreferenciados, con el fin de justificar su representatividad en cuanto a cobertura espacial y temporal, con el fin de establecer la base para la red de monitoreo que permita el seguimiento del ecosistema hídrico durante la duración del proyecto.

Dicha caracterización fue posible ejecutarla en época de sequía, ya que la segunda campaña de monitoreo de agua superficial se vio interrumpida por la Pandemia de Coronavirus – COVID-19, que llevo al gobierno a la adopción de una cuarentena nacional desde el 24 de marzo y la cual se mantiene hasta la fecha de elaboración del presente documento (julio de 2020). Es así como los monitoreos en época lluvia, se llevarán a cabo en el marco de los Planes de Manejo Ambiental Específicos que se ejecuten en el área.

Para la construcción de este componente, se realizó la recopilación y revisión de documentación secundaria. Del mismo modo, se ejecutó la interpretación de las corrientes hídricas que se encuentran dentro del área del proyecto en una imagen satelital cuya resolución espacial es de 50 cm, la cual permite generar la cartografía a escala 1:10.000, con el objeto de definir preliminarmente las unidades hidrográficas y principales cuerpos de agua de la cuenca que abarque el área del proyecto.

Esta información permite obtener una evaluación preliminar del área de estudio y permite establecer hasta donde se debe realizar la caracterización de las corrientes hídricas en la fase de campo.

Por otra parte, se verifica la normatividad vigente que establece los estándares de la calidad del agua para los diferentes usos que puede prestar el recurso hídrico; actualmente se encuentra en vigencia el Decreto 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), que acogió el Decreto 1594 de 1984.

Así mismo, para el desarrollo de este componente se siguieron los lineamientos indicados en los diferentes protocolos y guías desarrolladas por diferentes autoridades ambientales y adoptados mediante resolución por el hoy MADS, entre los cuales se tienen vigentes, el Estudio Nacional del Agua del 2014 (IDEAM), el Reporte de Avance del Estudio Nacional del Agua 2018 (IDEAM) y Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010, así como también en los Términos de Referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para Proyectos de Perforación Exploratoria de Hidrocarburos (M-M-INA-01).

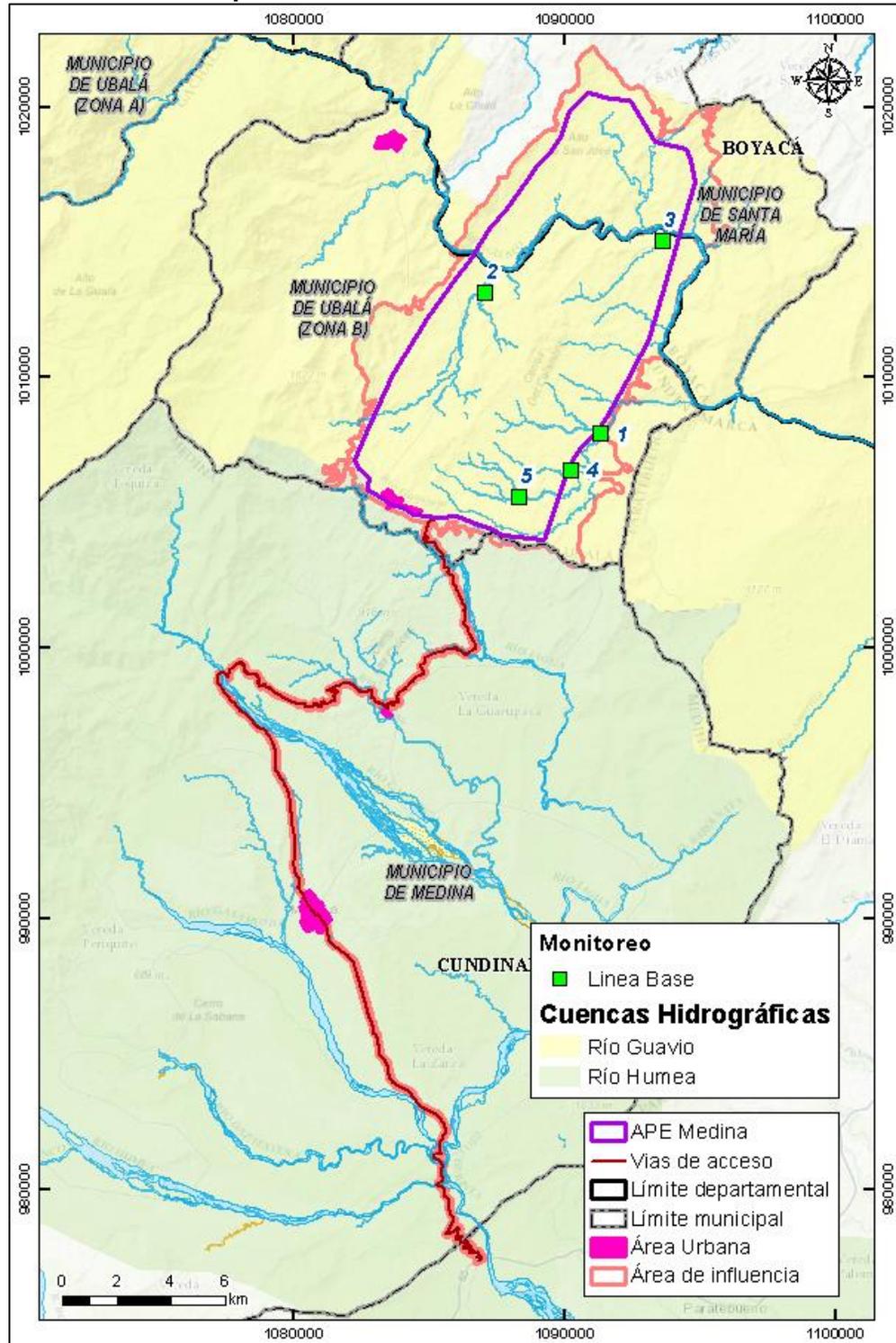
Teniendo en cuenta los insumos mencionados, se realizó la planeación y logística del trabajo de campo, que incluyó la determinación de los parámetros fisicoquímicos,

bacteriológicos e hidrobiológicos a analizar por el laboratorio, la definición preliminar de los puntos de muestreo, la logística en campo para la verificación de los cuerpos de agua, tanto de los sistemas lóticos y lénticos a monitorear y el acceso a los puntos de muestreo.

Para definir los puntos de monitoreo de calidad de agua, fue necesario identificar y establecer los cuerpos de agua lenticos y loticos representativos del área de interés, y que representan la línea base para el estudio. También se identificaron los cuerpos de agua que serán intervenidos por el proyecto (bien sea por ocupación de cauce o captación) y que requieren monitoreo, en cumplimiento a lo establecido en los términos de referencia M-M-INA-01.

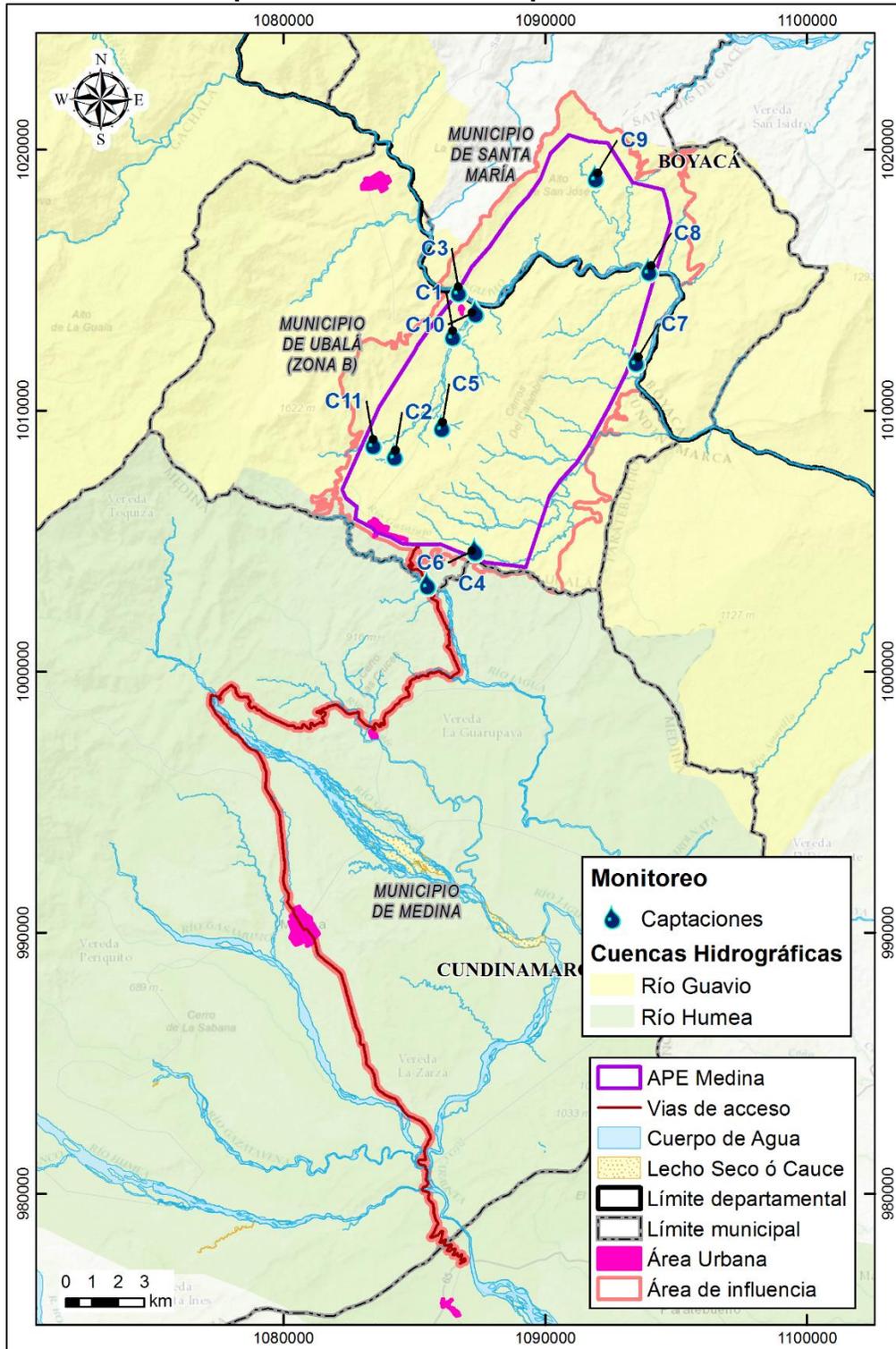
Teniendo en cuenta lo anterior, en total para la solicitud de licencia del APE Medina Occidental se monitorearon 365 puntos, de los cuales cinco (5) son de línea base (Figura 2.24), 11 en las captaciones propuestas (Figura 2.24), dos (2) en los cuerpos lenticos (Figura 2.25) y 347 para los puntos ocupaciones de cauce (Figura 2.26).

**Figura 2.23 Ubicación puntos de monitoreo línea base**



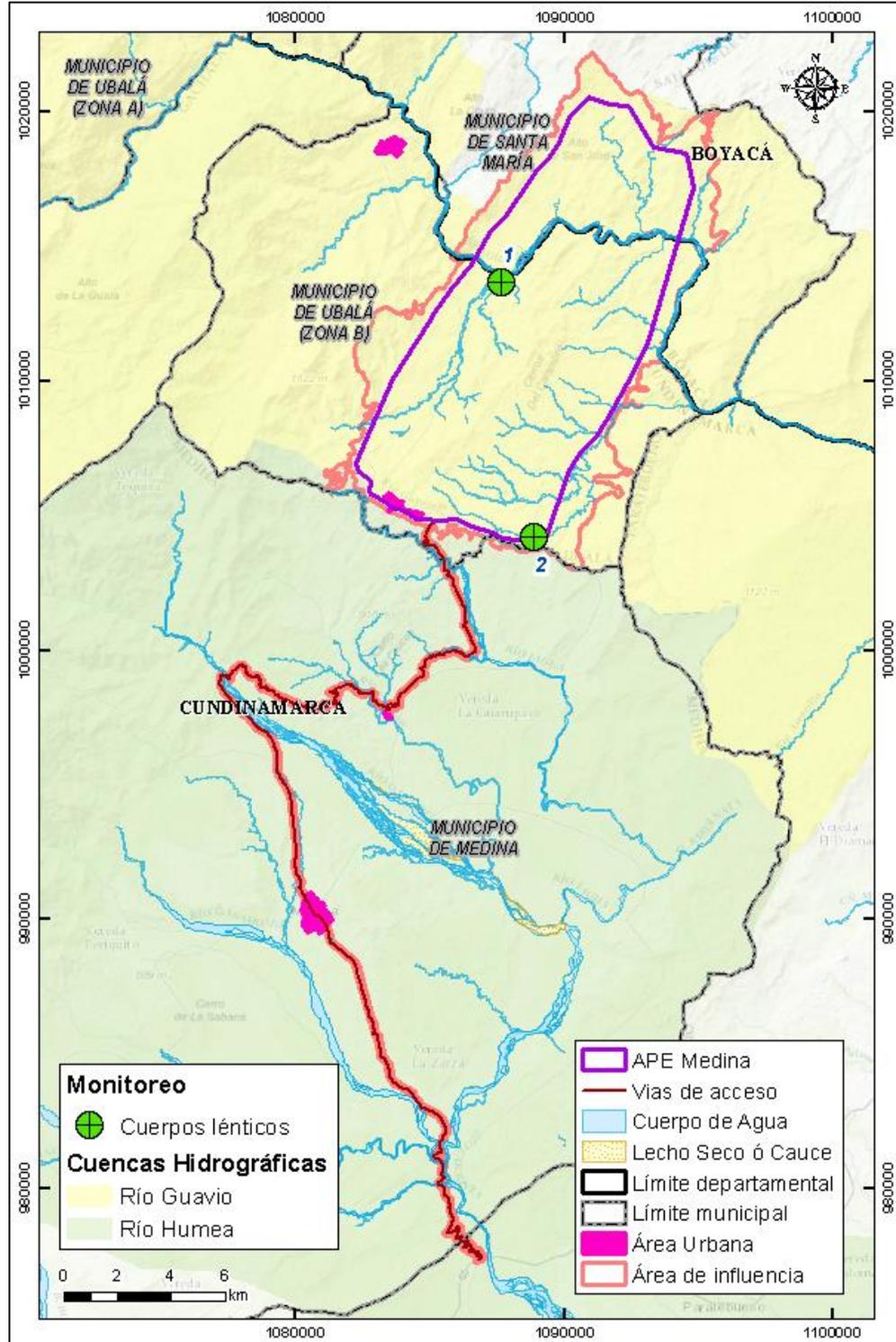
Fuente: Concolby WSP, 2020

**Figura 2.24 Ubicación puntos de monitoreo captaciones**



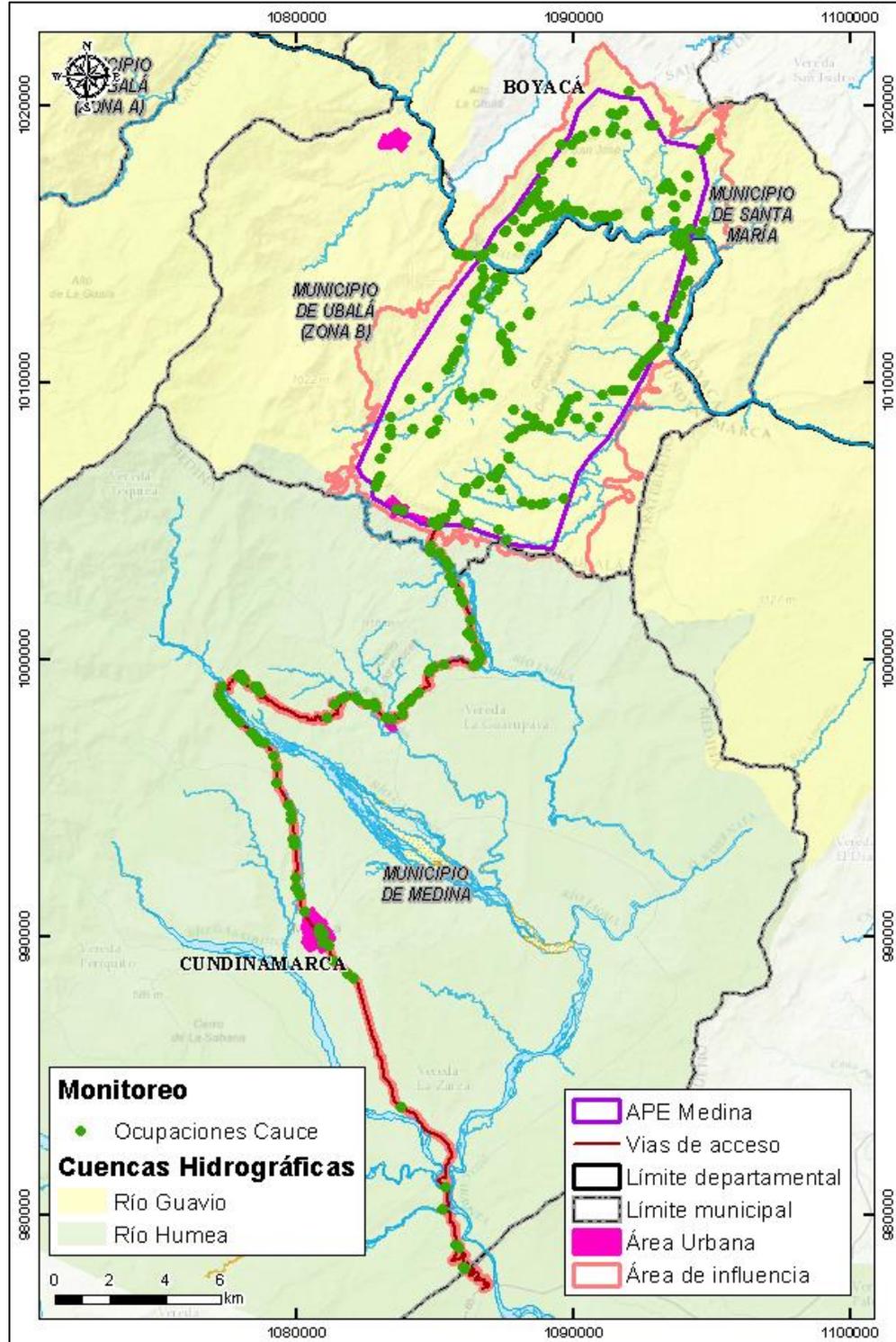
Fuente: Concolby WSP, 2020

**Figura 2.25 Ubicación puntos de monitoreo lénticos**



Fuente: Concolby WSP, 2020

**Figura 2.26 Ubicación puntos de monitoreo de ocupación de cauce**



Fuente: Concolby WSP, 2020

En la Tabla 2.46 y Tabla 2.47 se muestran las coordenadas de los puntos de monitoreo de las diferentes matrices: captaciones, línea base, lenticos y ocupaciones de cauce (336).

**Tabla 2.46 Coordenadas de punto de captación**

INFORME	ID Final (Homologado)*	CAPTACIÓN (ID Campo)*	PUNTO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
				ESTE	NORTE
CAPTACIONES	C1	C1	Río Saguea	1086474,95	1012912,79
	C2	C2	Caño Vaive	1084249,81	1008326,9
	C3	C3	Río Guavio	1086690,93	1014595,37
	C4	C4	Caño Feo (Río Jagua)	1085501,13	1003385,37
	C5	C5	Caño San Isidro	1086053,38	1009414,32
	C6	C6	Río Gazajujo	1087326,05	1004687,64
	C7	C8	Quebrada La Romaza	1093488,06	1011930,32
	C8	C9	Río Guavio	1093979,23	1015411,63
	C9	C10	Quebrada Yacoreña	1091929,93	1018975,33
	C10	C11	Río Saguea	1087339,43	1013804,42
	C11	C12	Río Saguea	1083424,43	1008749,23
LINEA BASE	1		Qda Colorada	1091384,67	1007920,53
	2		Qda El Calambre	1087069,4	1013133,68
	3		Qda La Dorada	1093644,12	1015048,34
	4		Qda San Francisco	1090287,77	1006600,22
	5		Río Perdido	1088371	1005578,16
LÉNTICOS	1		Predio La Palma	1087680,67	1013678,27
	2		Río Gazajujo	1088902,71	1004224,01

(\*) Para el caso de los puntos de captación el ID Campo: Corresponde al ID asignado durante la fase de campo; ID Final (Homologado): Corresponde al ID definitivo de los puntos, posterior al procesamiento de la información de campo.

Fuente: Concolby WSP, 2020

**Tabla 2.47 Coordenadas puntos de monitoreo ocupación de cauce**

ID VIA	NOMBRE	OBSERVACIÓN	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
			ESTE	NORTE
V0-04	Caño Choopal	Monitoreo Satisfactorio	1085797,82	978938,1622
V0-05	Río Humea	Monitoreo Satisfactorio	1085293,944	980178,7167
V0-06	Río Gazamumo	Monitoreo Satisfactorio	1085419,5	981011,3503
V0-07	Caño La Zarza	Monitoreo Satisfactorio	1083810,18	983860,4781
V1-3-02	NN	Monitoreo Satisfactorio	1080865,446	990339,3254
V1-02	Río Gazaguancito	Monitoreo Satisfactorio	1080176,79	991505,9788
V1-03	NN	Monitoreo Satisfactorio	1080093,433	991625,7019
V1-04	NN	Monitoreo Satisfactorio	1080028,527	991791,5225
V1-06	NN	Monitoreo Satisfactorio	1079971,489	993348,9418
V1-08	NN	Monitoreo Satisfactorio	1079906,566	993533,1939
V1-13	Río Gazaguancito	Monitoreo Satisfactorio	1079318,791	995593,8848
V1-15	Caño Santa Lucía	Monitoreo Satisfactorio	1079194,532	996552,2079
V1-17	Caño Choopal	Monitoreo Satisfactorio	1078679,228	997051,8105
V1-19	NN	Monitoreo Satisfactorio	1078453,92	997328,6776
V1-22	Caño Jején	Monitoreo Satisfactorio	1077969,521	997758,2737
V1-51	NN	Monitoreo Satisfactorio	1083385,658	997865,1315
V1-23	NN	Monitoreo Satisfactorio	1077870,759	997877,9827
V1-50	Quebrada La Colorada	Monitoreo Satisfactorio	1083268,439	997938,7362
V1-24	Caño Vijagual	Monitoreo Satisfactorio	1077654,768	998089,7354
V1-25	NN	Monitoreo Satisfactorio	1077537,463	998258,5775
V1-48	Río Gazaduje	Monitoreo Satisfactorio	1082814,766	998438,9939
V1-26	NN	Monitoreo Satisfactorio	1077367,727	998455,0161
V1-46	Caño El Naranjeño	Monitoreo Satisfactorio	1082244,358	998552,065
V1-28	NN	Monitoreo Satisfactorio	1077216,429	998712,9115
V1-29	Río Gazaunta	Monitoreo Satisfactorio	1077364,044	999072,4712
V1-33	Caño Grande	Monitoreo Satisfactorio	1078038,78	999432,5475
V1-31	NN	Monitoreo Satisfactorio	1077955,529	999453,9693
V1-32	NN	Monitoreo Satisfactorio	1078007,915	999472,4523
V1-64	Quebrada La Guarupaya	Monitoreo Satisfactorio	1086435,433	999788,3755
V1-65	NN	Monitoreo Satisfactorio	1086453,882	999831,4035
V1-63	NN	Monitoreo Satisfactorio	1085341,043	999842,4871
V1-70	NN	Monitoreo Satisfactorio	1086508,689	1000455,078
V1-72	Caño San Clavel	Monitoreo Satisfactorio	1086230,71	1000955,509
V1-74	Caño San Agustin	Monitoreo Satisfactorio	1086325,741	1001440,987
V1-78	Caño La Colorada	Monitoreo Satisfactorio	1085683,09	1002804,252
V1-80	NN	Monitoreo Satisfactorio	1085571,913	1002994,594
V1-81	Río Jagua	Monitoreo Satisfactorio	1085494,418	1003393,869
V1-83	Caño Regado	Monitoreo Satisfactorio	1085182,593	1003851,257
V3-1-01	Río Gazajujo	Monitoreo Satisfactorio	1087320,875	1004707,615
V4-C-02	Río Gazajujo	Monitoreo Satisfactorio	1085184,361	1005064,694
V2-02	Caño El Humilladero	Monitoreo Satisfactorio	1083870,919	1005379,694

ID VIA	NOMBRE	OBSERVACIÓN	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
			ESTE	NORTE
V2-1-01	Caño El Humilladero	Monitoreo Satisfactorio	1083624,269	1005434,727
V4-C-08	Caño La Quebrada	Monitoreo Satisfactorio	1085741,704	1005590,61
VP-04	Quebrada Argelia	Monitoreo Satisfactorio	1088204,386	1005731,58
V4-C-10	Río Perdido	Monitoreo Satisfactorio	1086095,555	1006159,317
V4-C-11	NN	Monitoreo Satisfactorio	1086132,49	1006208,509
V2-03	NN	Monitoreo Satisfactorio	1082889,808	1006241,877
V2-04	NN	Monitoreo Satisfactorio	1082932,801	1006392,449
V2-05	Río Gazajuyo	Monitoreo Satisfactorio	1082991,229	1006521,534
VP-02	NN	Monitoreo Satisfactorio	1087201,656	1006584,476
V2-06	NN	Monitoreo Satisfactorio	1083052,778	1006613,758
VP-01	NN	Monitoreo Satisfactorio	1087232,408	1006649,022
V4-C-14	NN	Monitoreo Satisfactorio	1087078,287	1006651,922
V4-C-17	Quebrada San Francisco	Monitoreo Satisfactorio	1087681,71	1007294,645
V2-08	NN	Monitoreo Satisfactorio	1083258,196	1007646,16
V4-C-18	NN	Monitoreo Satisfactorio	1087754,896	1007998,523
V4-C-20	NN	Monitoreo Satisfactorio	1087859,595	1008087,422
V2-09	Quebrada El Bartolo (Caño)	Monitoreo Satisfactorio	1083427,188	1008147,073
V5-03	NN	Monitoreo Satisfactorio	1084937,396	1008250,077
V4-C-21	Quebrada Colorada	Monitoreo Satisfactorio	1088099,801	1008277,236
V5-01	Quebrada El Bartolo (Caño)	Monitoreo Satisfactorio	1084240,721	1008323,049
V5-20	NN	Monitoreo Satisfactorio	1089141,549	1008340,78
VP-15	NN	Monitoreo Satisfactorio	1090624,088	1008388,568
V4-C-23	NN	Monitoreo Satisfactorio	1088543,439	1008466,052
V5-05	NN	Monitoreo Satisfactorio	1085118,801	1008661,921
V2-12	NN	Monitoreo Satisfactorio	1083451,166	1008782,998
V2-13	NN	Monitoreo Satisfactorio	1084137,856	1009388,917
V5-11	NN	Monitoreo Satisfactorio	1086058,049	1009427,878
V5-10	NN	Monitoreo Satisfactorio	1085943,928	1009498,408
V5-27	Caño Seco	Monitoreo Satisfactorio	1090169,666	1009530,834
V5-15	NN	Monitoreo Satisfactorio	1087062,724	1009551,875
V5-31	Quebrada Gaital	Monitoreo Satisfactorio	1091815,397	1009704,791
V5-29	NN	Monitoreo Satisfactorio	1091417,769	1009716,611
V5-37	Quebrada La Cachama	Monitoreo Satisfactorio	1092575,391	1010820,842
V5-1-C-14	Quebrada El Calambre	Monitoreo Satisfactorio	1087631,268	1011036,292
V2-19	NN	Monitoreo Satisfactorio	1085908,157	1011187,967
V2-20	Quebrada Sucia	Monitoreo Satisfactorio	1086015,563	1011612,021
V5-43	NN	Monitoreo Satisfactorio	1093320,287	1011657,638
V5-45	Quebrada La Romaza	Monitoreo Satisfactorio	1093477,155	1011926,938
V2-22	NN	Monitoreo Satisfactorio	1086128,931	1012217,331
V5-2-C-08	NN	Monitoreo Satisfactorio	1092955,707	1012391,112
V5-1-C-22	Quebrada Cuarteles	Monitoreo Satisfactorio	1088430,925	1012539,414
V5-47	NN	Monitoreo Satisfactorio	1093756,551	1012822,164

ID VIA	NOMBRE	OBSERVACIÓN	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
			ESTE	NORTE
V2-24	Quebrada Soya	Monitoreo Satisfactorio	1086390,185	1012868,886
V6-1-C-02	NN	Monitoreo Satisfactorio	1086987,856	1013099,956
V2-25	NN	Monitoreo Satisfactorio	1086463,823	1013166,952
V6-1-C-03	Quebrada El Calambre	Monitoreo Satisfactorio	1087258,81	1013339,878
V2-28	NN	Monitoreo Satisfactorio	1086663,846	1013446,729
V5-49	NN	Monitoreo Satisfactorio	1094011,53	1013513,686
V6-02	Río Saguea	Monitoreo Satisfactorio	1087375,385	1013822,315
V2-30	NN	Monitoreo Satisfactorio	1086761,7	1014134,967
V2-31	NN	Monitoreo Satisfactorio	1086708,863	1014528,125
V2-33	NN	Monitoreo Satisfactorio	1086117,066	1014567,398
V2-32	NN	Monitoreo Satisfactorio	1086258,829	1014576,772
V7-01	Río Guavio	Monitoreo Satisfactorio	1086674,881	1014598,743
V2-34	NN	Monitoreo Satisfactorio	1086070,798	1014601,138
V2-35	NN	Monitoreo Satisfactorio	1085959,495	1014637,878
V2-36	Quebrada La Misericordia	Monitoreo Satisfactorio	1085845,741	1014662,327
V7-03	Quebrada Tominejas	Monitoreo Satisfactorio	1087139,974	1014860,387
V5-3-C-01	Quebrada La Dorada	Monitoreo Satisfactorio	1093685,765	1015276,648
V5-C-08	Río Guavio	Monitoreo Satisfactorio	1093904,479	1015369,076
V7-1-1-C-1	Quebrada La Pilarica	Monitoreo Satisfactorio	1088285,827	1015442,302
V7-04	NN	Monitoreo Satisfactorio	1087543,058	1015444,526
V7-1-01	Quebrada La Pilarica	Monitoreo Satisfactorio	1088180,887	1015574,279
V7-6	Quebrada La Pilarica	Monitoreo Satisfactorio	1087850,786	1015859,598
V7-2-C-16	NN	Monitoreo Satisfactorio	1090781,616	1015998,171
V7-2-C-19	NN	Monitoreo Satisfactorio	1090198,882	1016197,167
V7-08	NN	Monitoreo Satisfactorio	1088189,415	1016200,98
V7-2-C-07	Quebrada El Carmen	Monitoreo Satisfactorio	1092655,237	1016206,232
V7-09	NN	Monitoreo Satisfactorio	1088223,214	1016290,107
VP-22	NN	Monitoreo Satisfactorio	1088861,093	1016370,714
V7-2-C-22	Quebrada Colorada	Monitoreo Satisfactorio	1089730,171	1016408,588
V7-10	NN	Monitoreo Satisfactorio	1088389,362	1016532,987
VP-20	NN	Monitoreo Satisfactorio	1088641,946	1016653,087
VP-28	Quebrada El Carmen	Monitoreo Satisfactorio	1093187,487	1016981,032
VP-29	NN	Monitoreo Satisfactorio	1093273,719	1017033,362
V7-13	NN	Monitoreo Satisfactorio	1088810,836	1017187,814
V7-14	NN	Monitoreo Satisfactorio	1088906,291	1017261,653
V7-15	Quebrada Colorada	Monitoreo Satisfactorio	1088868,806	1017694,764
V7-16	NN	Monitoreo Satisfactorio	1088877,658	1017768,503
V7-17	NN	Monitoreo Satisfactorio	1089087,348	1017931,564
VP-25	NN	Monitoreo Satisfactorio	1089937,921	1017966,35
V7-3-C-08	NN	Monitoreo Satisfactorio	1089958,765	1018586,924
V7-18	NN	Monitoreo Satisfactorio	1089595,097	1018589,57
V7-C-03	NN	Monitoreo Satisfactorio	1091943,028	1018994,792
V7-3-C-02	Quebrada Yacoreña	Monitoreo Satisfactorio	1091394,347	1019080,151

ID VIA	NOMBRE	OBSERVACIÓN	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
			ESTE	NORTE
V7-C-02	NN	Monitoreo Satisfactorio	1092750,133	1019287,611
V7-C-01	NN	Monitoreo Satisfactorio	1092941,184	1019309,348
VP-26	Quebrada Yacoreña	Monitoreo Satisfactorio	1091617,408	1019651,818
V7-20	NN	Monitoreo Satisfactorio	1091824,934	1019811,814
V7-19	Quebrada Yacoreña	Monitoreo Satisfactorio	1092015,132	1020540,118
V0-01	NN	Monitoreo Satisfactorio	1085699,499	978350,896
V0-02	NN	Monitoreo Satisfactorio	1085668,033	978401,072
V0-03	NN	Monitoreo Satisfactorio	1085862,734	978781,5589
V0-08	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1082097,391	988518,8969
V0-09	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1081878,31	988702,9929
V0-10	Caño Busaca	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1081322,895	989172,4428
V0-11	Caño Caracolí	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1081161,995	989755,952
V1-1-01	Caño Guacavía	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1080995,487	989783,4328
V0-12	Caño Guacavía	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1080948,972	990053,7178
V1-3-01	Caño Guacavía	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1081010,579	990106,0025
V1-01	Caño La Moya	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1080328,433	990922,46
V1-05	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1079984,989	992172,4004
V1-07	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1079940,526	993484,0766
V1-09	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1079868,888	994221,2721
V1-10	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1079868,845	994264,279
V1-11	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1079850,156	994457,7933
V1-12	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1079732,683	994786,3745
V1-14	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1079336,721	996165,284
V1-16	Ronda Hídrica de Río Gazaunta	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1078879,654	997000,3997
V1-18	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1078602,665	997166,0112
V1-20	Ronda Hídrica de Río Gazaunta	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1078444,66	997340,9563
V1-21	Ronda Hídrica de Río Gazaunta	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1078404,546	997380,852
V1-52	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1083475,021	997899,0167
V1-40	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1081144,5	997918,1129
V1-53	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1083863,315	998016,1595
V1-49	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1082873,506	998276,2407
V1-54	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1083863,018	998298,7807
V1-47	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1082552,801	998380,3544
V1-41	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1081424,542	998388,4081
V1-42	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1081402,957	998394,53

ID VIA	NOMBRE	OBSERVACIÓN	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
			ESTE	NORTE
V1-55	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1084112,467	998532,514
V1-56	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1084137,112	998547,9
V1-27	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1077290,516	998605,4658
V1-43	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1081655,516	998606,7539
V1-57	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1084183,287	998609,3883
V1-45	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1082127,113	998653,3187
V1-44	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1081781,822	998686,7546
V1-58	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1084417,33	998833,8906
V1-39	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1078714,45	998843,4013
V1-38	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1078683,582	998886,3779
V1-36	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1078510,804	999039,8042
V1-37	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1078615,61	999042,9797
V1-35	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1078165,317	999279,0749
V1-34	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1078156,033	999315,9291
V1-30	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1077918,565	999426,2856
V1-59	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1084820,341	999599,2425
V1-60	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1084869,591	999666,8787
V1-61	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1084872,657	999682,2418
V1-62	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1084965,096	999719,2045
V1-66	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086543,214	999889,8687
V1-67	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086601,747	999923,7245
V1-68	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086681,687	1000114,275
V1-69	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086623,01	1000212,515
V1-71	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086385,01	1000799,006
V1-73	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086267,651	1001001,629
V1-75	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086053,777	1002082,737
V1-76	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086007,418	1002193,278
V1-77	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1085883,522	1002457,335
V1-79	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1085608,926	1002973,131
V1-82	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1085404,823	1003581,163
V1-84	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1084871,189	1003921,576
V1-85	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1084858,663	1004102,81
V3-03	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087583,327	1004308,547
V4-C-01	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1085141,437	1004852,68
V1-86	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1085085,947	1004858,764

ID VIA	NOMBRE	OBSERVACIÓN	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
			ESTE	NORTE
V3-02	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086247,938	1004933,758
V2-01	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1084947,115	1004972,277
V3-01	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086149,244	1004985,874
V4-C-03	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1085249,065	1005089,34
V4-C-04	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1085341,514	1005110,944
V4-C-05	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1085430,887	1005126,401
V4-C-06	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1085689,498	1005412,378
V4-C-07	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1085717,102	1005538,36
VP-05	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1088494,246	1005631,452
VP-06	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1088839,466	1005640,136
VP-07	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1088981,201	1005689,449
VP-08	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1089665,367	1005803,893
V4-C-09	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086080,292	1006024,132
VP-03	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087384,002	1006148,454
V4-C-12	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086508,346	1006384,027
V4-C-13	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086622,319	1006451,737
V4-C-15	Quebrada Argelia	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087330,831	1006839,596
V4-C-16	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087364,648	1006919,505
V2-07	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1083079,835	1007258,902
VP-35	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087694,033	1007300,802
V5-02	Quebrada San Isidro	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1084863,494	1008182,413
V5-04	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1085005,139	1008311,59
V2-10	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1083448,58	1008319,127
V4-C-22	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1088256,942	1008327,487
V5-19	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1088814,696	1008454,072
V4-C-24	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1088592,686	1008527,548
V5-21	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1089511,106	1008620,757
VP-11	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1090124,391	1008701,335
VP-12	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1090161,365	1008713,666
V5-18	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1088589,384	1008721,081
VP-14	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1090913,371	1008779,052
V5-17	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1088351,933	1008822,188
V5-22	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1089621,786	1008866,645
V5-23	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1089609,404	1008912,711
V5-24	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1089677,175	1008946,582

ID VIA	NOMBRE	OBSERVACIÓN	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
			ESTE	NORTE
V5-16	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087855,444	1009036,668
V5-25	Quebrada Samuelera	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1089737,373	1009133,43
V5-26	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1089889,308	1009419,917
V5-12	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086421,689	1009486,649
V5-28	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1091063,481	1009568,739
V5-13	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086862,313	1009610,019
V5-14	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086945,53	1009613,184
V5-09	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1085925,225	1009688,851
V5-30	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1091621,214	1009704,562
V2-14	Quebrada Cahipay	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1084762,726	1009862,68
V5-32	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1092206,154	1010288,94
V5-33	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1092236,914	1010341,201
V5-34	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1092258,424	1010396,524
V2-15	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1085443,547	1010462,463
V2-16	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1085502,061	1010505,536
V5-35	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1092375,323	1010587,129
V5-36	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1092387,638	1010599,432
V5-1-C-10	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087727,073	1010809,072
V2-17	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1085655,836	1010809,832
V5-1-C-11	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087739,349	1010855,166
V5-38	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1092707,813	1010916,233
V5-1-C-12	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087733,112	1010919,671
V2-18	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1085723,457	1010978,867
V5-1-C-13	Quebrada El Calambre	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087634,409	1010984,072
V5-39	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1092874,048	1011088,466
V5-1-C-15	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087652,746	1011122,333
V5-40	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1092914,058	1011137,667
V5-41	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1093064,965	1011239,225
V5-42	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1093117,311	1011282,297
V5-1-C-16	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087590,749	1011435,608
V5-1-C-17	Quebrada El Calambre	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087448,789	1011595,192
V5-1-C-18	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087457,848	1011761,09
V5-44	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1093292,388	1011789,395
V5-2-C-09	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1093190,402	1012016,604
V5-1-C-19	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087728,755	1012047,093

ID VIA	NOMBRE	OBSERVACIÓN	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
			ESTE	NORTE
V2-23	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086135,006	1012297,21
V5-1-C-21	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1088369,401	1012434,895
V5-46	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1093621,308	1012514,795
V5-1-C-23	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1088461,732	1012551,737
V6-1-C-01	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086612,327	1012663,31
V5-2-C-07	Quebrada La Romaza	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1092166,225	1012764,957
V5-48	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1093885,607	1013147,958
V2-26	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086488,404	1013234,564
V2-27	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086531,495	1013286,836
V6-1-C-04	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087508,081	1013675,009
V5-50	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1094180,823	1013698,215
V2-29	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086817,564	1013790,966
V6-01	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087212,066	1013794,482
V6-03	Río Saguea	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087424,691	1013828,515
V6-04	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087480,147	1013847,009
V5-C-01	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1094340,223	1014411,127
V5-C-02	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1094281,412	1014616,883
V7-02	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1086798,097	1014657,249
V5-C-03	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1094244,359	1014672,135
V5-C-04	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1094216,504	1014767,334
V5-C-05	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1094213,369	1014810,339
V5-C-06	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1094200,977	1014862,549
V7-1-02	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1088055,294	1014901,364
VP-17	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1093852,589	1014954,286
VP-16	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1093679,833	1015086,174
V5-C-07	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1094083,475	1015175,755
V7-05	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1087573,79	1015521,361
V7-1-1-C-2	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1088470,653	1015525,152
V7-2-C-02	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1093663,555	1015798,871
V7-1-1-C-3	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1088719,981	1015799,156
V7-1-1-C-4	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1088885,952	1015928,372
V7-1-1-C-5	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1089055,71	1015980,793
V7-2-C-14	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1091055,927	1015989,279
V7-2-C-11	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1091243,915	1016001,79
V7-2-C-13	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1091117,534	1016017

ID VIA	NOMBRE	OBSERVACIÓN	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
			ESTE	NORTE
V7-2-C-15	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1090944,934	1016022,94
V7-2-C-12	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1091151,418	1016032,4
V7-1-1-C-6	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1089292,96	1016036,364
V7-2-C-08	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1092646,183	1016046,475
V7-2-C-10	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1091468,84	1016054,281
V7-2-C-09	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1091579,782	1016063,63
V7-2-C-17	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1090359,247	1016111,338
V7-2-C-06	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1092695,403	1016123,335
V7-2-C-18	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1090272,886	1016166,533
V7-07	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1088158,619	1016179,44
V7-1-1-C-7	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1089536,234	1016211,752
V7-2-C-20	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1090017,023	1016215,386
V7-2-C-21	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1089761,145	1016276,527
V7-2-2-C-1	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1093690,65	1016327,297
VP-23	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1089021,363	1016364,756
VP-24	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1089141,511	1016407,903
V7-2-2-C-2	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1093623,041	1016419,376
VP-21	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1088691,332	1016588,632
V7-11	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1088561,741	1016717,507
V8-C-01	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1094038,441	1016717,873
V8-C-02	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1094032,205	1016776,234
V7-12	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1088706,423	1016865,131
VP-33	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1093572,792	1016935,42
VP-32	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1093582,023	1016947,719
VP-31	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1093517,152	1017070,522
VP-30	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1093430,721	1017181,011
V8-C-03	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1094160,877	1017406,164
V8-C-04	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1094129,993	1017458,351
V7-3-C-07	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1090174,26	1018789,932
V7-3-C-06	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1090300,534	1018860,738
V7-3-C-05	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1090330,976	1018919,142
V7-3-C-03	Quebrada Yacoreña	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1091375,918	1019027,905
V7-3-C-04	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1090824,19	1019085,616
V7-3-C-01	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1091498,974	1019212,374
VP-27	NN	El monitoreo no se pudo realizar ya que el punto se encontraba seco	1091362,764	1019719,098

ID VIA	NOMBRE	OBSERVACIÓN	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
			ESTE	NORTE
V4-C-19	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1087771,352	1008026,665
VP-13	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1090372,914	1008611,376
VP-10	Quebrada Samuelera	No fue posible efectuar el monitoreo	1089989,883	1008712,536
V2-11	Río Saguea	No fue posible efectuar el monitoreo	1083427,26	1008747,606
V5-06	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1085235,791	1008767,347
V5-07	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1085288,018	1008874,453
VP-09	Caño San Isidro	No fue posible efectuar el monitoreo	1085550,482	1009596,134
V5-08	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1085831,84	1009740,56
V5-1-C-01	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1087104,443	1009975,82
V5-1-C-02	Quebrada El Calambre	No fue posible efectuar el monitoreo	1087337,437	1010202,656
V5-1-C-04	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1087572,42	1010427,766
V5-1-C-03	Quebrada El Calambre	No fue posible efectuar el monitoreo	1087548,143	1010427,991
V5-1-C-05	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1087591,055	1010442,336
V5-1-C-06	Quebrada El Calambre	No fue posible efectuar el monitoreo	1087613,738	1010523,616
V5-1-C-07	Quebrada El Calambre	No fue posible efectuar el monitoreo	1087644,867	1010544,857
V5-1-C-08	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1087700,155	1010626,106
V5-1-C-09	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1087736,155	1010684,761
V2-21	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1086037,265	1011845,87
V5-1-C-20	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1087783,192	1012113,231
V5-2-C-02	Quebrada La Dorada	No fue posible efectuar el monitoreo	1089800,429	1012758,979
V5-2-C-03	Quebrada La Dorada	No fue posible efectuar el monitoreo	1090063,782	1012880,944
V5-2-C-05	Quebrada La Dorada	No fue posible efectuar el monitoreo	1090288,852	1012892,608
V5-2-C-04	Quebrada La Dorada	No fue posible efectuar el monitoreo	1090185,199	1012903,658
V5-2-C-06	Quebrada La Dorada	No fue posible efectuar el monitoreo	1090764,909	1012917,881
V5-1-C-24	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1089021,801	1013156,956
V5-2-C-01	Quebrada La Bolsa	No fue posible efectuar el monitoreo	1089666,203	1013208,061
V5-1-C-25	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1089035,555	1013222,976
V5-1-C-26	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1089286,119	1013260,83
V5-1-C-27	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1089429,18	1013352,123
V5-1-C-29	Quebrada La Bolsa	No fue posible efectuar el monitoreo	1089572,843	1013435,982
V5-1-C-28	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1089553,496	1013437,832
V5-1-C-30	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1089716,616	1013493,865
V5-1-C-31	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1089817,779	1013611,23
V5-1-C-32	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1089866,646	1013669,829
V5-1-C-33	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1089872,073	1013714,129
V5-1-C-34	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1089882,165	1013760,423
V5-1-C-35	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1090057,701	1014117,208
V5-1-C-36	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1090111,945	1014172,259
V5-1-C-37	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1090189,411	1014260,701
V5-1-C-38	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1090205,693	1014265,618
V5-1-C-39	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1090288,494	1014336,452
V5-1-C-40	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1090361,351	1014424,406
V5-1-C-41	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1090448,795	1014578,688

ID VIA	NOMBRE	OBSERVACIÓN	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
			ESTE	NORTE
V5-1-C-42	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1090510,387	1014780,67
V5-1-C-43	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1090581,612	1014866,008
V5-1-C-44	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1090816,444	1015061,949
VP-18	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1090751,624	1015092,674
VP-19	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1090756,782	1015174,49
V5-1-C-45	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1090873,034	1015198,406
V7-2-C-01	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1093818,676	1015691,245
V7-2-C-03	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1093538,662	1015836,148
V7-2-C-05	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1093081,896	1016002,477
V7-2-C-04	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1093300,005	1016016,016
VP-34	NN	No fue posible efectuar el monitoreo	1093508,439	1016864,465

Fuente: Concolby WSP, 2020

Los parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos e hidrobiológicos a tomar se determinaron a partir de los lineamientos de los Términos de Referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para Proyectos de Perforación Exploratoria de Hidrocarburos (HM-M-INA-01) de 2014, tomando en cuenta la posible intervención, afectación y usos del recurso hídrico, los parámetros que se analizaron para cada grupo de puntos de monitoreo de calidad de agua (línea base, captación de agua, ocupación de cauce y lentos), se presenta en la Tabla 2.48.

**Tabla 2.48 Parámetros de medición**

PARÁMETROS	LÍNEA BASE LÓTICOS	CAPTACIÓN	OCUPACIÓN	LENTOS
Acidez total	X			
Alcalinidad total	X	X	X	X
Aluminio	X	X		
Arsénico	X	X		
Bario		X		
Berilio		X		
Boro		X		
Bicarbonatos	X			
Cadmio	X	X		
Calcio	X			
Características organolépticas: color	X	X	X	X
Caudal	X	X	X	
Cianuro libre	X			
Cianuro total (CN-)	X	X		
Cloruros	X	X		
Clorofenoles		X		
Cobalto		X		
Cobre		X		
Coliformes fecales (o termotolerantes)	X	X	X	X
Coliformes totales	X	X	X	X
Color Real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	X	X		
Conductividad eléctrica	X	X	X	X
Cromo total	X	X		
Cromo hexavalente		X		
DBO5	X	X	X	X
DQO	X	X	X	X
Difenil policlorados		X		
Dureza Total	X	X	X	X
EscherichiaColi	X			
Fenoles totales	X	X		
Fluor		X		
Fosfatos	X			
Fósforo inorgánico	X			
Fósforo orgánico	X			
Fósforo Total	X	X	X	X
Grasas y Aceites	X	X	X	X
Hidrocarburos totales	X	X	X	X
Hierro Total	X	X		
Magnesio Total	X			
Manganeso Total	X	X		
Material flotante (organoléptico)	X			
Mercurio Total	X	X		
Molibdeno Total		X		
Litio Total		X		
Níquel Total		X		
Nitratos	X	X		
Nitritos	X	X		
Nitrógeno Amoniacal	X	X		
Nitrogeno Total	X	X	X	X
Ortofosfatos (P-PO4-3)	X			
Oxígeno disuelto (In situ)	X	X	X	X

PARÁMETROS	LÍNEA BASE LÓTICOS	CAPTACIÓN	OCUPACIÓN	LENTICOS
pH	X	X	X	X
Plomo Total	X	X		
Plaguicidas Organoclorados		X		
Plaguicidas Organofosforados		X		
Plata Total		X		
Sodio Total	X			
Selenio Total		X		
Sólidos disueltos totales	X	X	X	X
Sólidos sedimentables totales	X	X	X	X
Sólidos suspendidos totales	X	X	X	X
Sólidos totales	X	X	X	X
Sulfatos	X	X		
Sulfuro de Hidrogeno		X		
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	X	X		
Temperatura (In situ)	X	X	X	X
Turbiedad	X	X	X	X
Zinc Total	X	X		
Bentos	X	X	X	X
Fauna íctica	X	X	X	X
Fitoplancton	X			X
Macrófitas	X			X
Perifiton	X	X	X	X
Zooplancton	X			X

Fuente: Concolby WSP, 2020

Las campañas de monitoreo fueron desarrolladas por el laboratorio Corporación Integral del Medio Ambiente CIMA, el cual se encuentra debidamente acreditado para la toma de muestra y análisis de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos. La documentación que acredita el mismo, se presenta en el Anexo 02. Generalidades.

#### 2.4.3.7.2 Etapa de Campo Campaña 2020

Con base en la información obtenida en la etapa precampo, el trabajo de campo tuvo como fin realizar el recorrido y la validación de los puntos de monitoreo, así como el acompañamiento y asesoría del laboratorio contratado para la toma de muestras y mediciones in situ en los puntos avalados para la ejecución de los monitoreos, siguiendo los lineamientos de las guías anteriormente mencionadas y los Términos de Referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para Proyectos de Perforación Exploratoria de Hidrocarburos (M-M-INA-01).

Por otra parte, como se describió anteriormente, en los puntos seleccionados para el monitoreo de cuerpos de agua se confirmó su aproximación a actividades del proyecto, la representatividad para la caracterización del área, los posibles puntos de captación, vías de acceso y con ellos las ocupaciones de cauce.

Igualmente, luego de definir los parámetros y puntos de muestreo, se contrató a la Corporación Integral del Medio Ambiente CIMA, laboratorio con certificación en calidad con las normas ISO 9001:2008; 14001:2004; OSHAS 18001:2007 acreditación NTC ISO/IEC 17025:2005 y ante el IDEAM según Resolución 0668 de 15 de marzo de 2018, quien realizó la toma de muestras de aguas para su respectiva caracterización fisicoquímica y bacteriológica entre el 02 de febrero y el 11 de marzo de 2020.

Los métodos que se llevaron a cabo para la caracterización fisicoquímica, bacteriológica e hidrobiológica, de los cuerpos de agua, se encuentran fundamentados en los textos de la APHA/WWA- WPCF (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods Edición 23 (2017) y en la Normatividad Colombiana ver Tabla 2.49.

**Tabla 2.49 Métodos de evaluación**

CÓDIGO	PARÁMETRO	MÉTODO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
1A1	CAUDAL MICROMOLINETE (In situ)	ASTM 3858-79	0,1 m/s

CÓDIGO	PARÁMETRO	MÉTODO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
1A3	CAUDAL MOLINETE (In situ)	ASTM 3858-79	0,1 m/s
1A7	CONDUCTIVIDAD (In situ)	SM 2510 B	0,1 $\mu\text{s} / \text{cm}$
1A8	OXIGENO DISUELTO (In situ)	SM 4500-O G	0,1
1A9	pH (In situ)	SM 4500-H+ B	0,01
1A10	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (In situ)	SM 2510 B	0,1
1A11	SÓLIDOS SEDIMENTABLES (In situ)	SM 2540F	0,1 mL/L
1A12	TEMPERATURA DE MUESTRA (In situ)	SM 2550 B	0,1 °C
1A15	ACIDEZ	SM 2310 B	5 mg $\text{CaCO}_2\text{L}$
1A23	ALCALINIDAD TOTAL	SM 2320 B	5 mg $\text{CaCO}_2\text{L}$
1A25	BICARBONATOS	SM 2323 B	5 mg $\text{CaCO}_2\text{L}$
2A39	CIANURO LIBRE	ASTM 7237	0,02 mg CN/L
5A40	CLOROFENOLES	EPA 8270 C	(o-clorofenol (LQ: 0.1 $\mu\text{g/L}$ ), m-clorofenol (LQ: 0.02 $\mu\text{g/L}$ ), p-clorofenol (LQ: 0.02 $\mu\text{g/L}$ ); 2,3-diclorofenol (LQ: 0.02 $\mu\text{g/L}$ ); 2,4+2,5-diclorofenol (LQ: 0.005 $\mu\text{g/L}$ ); 2,6- diclorofenol (LQ: 0.0.3 $\mu\text{g/L}$ ); 3,4-diclorofenol (LQ: 0.02 $\mu\text{g/L}$ ); 3,5-diclorofenol (LQ: 0.03 $\mu\text{g/L}$ ); 2,3,4-triclorofenol (LQ: 0.02 $\mu\text{g/L}$ ); 2,3,5+2,4,5-triclorofenol (LQ: 0.02 $\mu\text{g/L}$ ); 2,3,6-triclorofenol (LQ: 0.01 $\mu\text{g/L}$ ); 2,4,6-triclorofenol (LQ: 0.05 $\mu\text{g/L}$ ); 3,4,5-triclorofenol (LQ: 0.01 $\mu\text{g/L}$ ); 2,3,4,5-tetraclorofenol (LQ: 0.01 $\mu\text{g/L}$ ); 2,3,4,6+2,3,5,6- tetraclorofenol (LQ: 0.02 $\mu\text{g/L}$ ); pentaclorofenol (LQ: 0.01 $\mu\text{g/L}$ ); 4-cloro-3-metilfenol (LQ: 0.02 $\mu\text{g/L}$ ))
10A41	CIANURO TOTAL	SM 4500 C	0,1mg/L
1A48	CLORUROS	SM 4500-Cl <sup>-</sup> C	5 mg Cl <sup>-</sup> /L
1A51	COLOR REAL	ONDA SIMPLE SM 2120 C	5 UPC
1A53	COLOR REAL TRES LONGITUDES DE ONDA	ISO 7887: 2011 MÉTODO B	5 UPC
7A61	DBO5	SM 5210 B., ASTM D-888-09, Método C	10 mg O <sub>2</sub> L
1A66	DETERGENTES TENSOACTIVOS (SAAM)	SM 5540 C	0,25 mg/L
1A71	DQO (Demanda Química de Oxígeno)	SM 5220 C	10 mg O <sub>2</sub> / L
1A76	DUREZA TOTAL	EDTA, SM 2340 C	5 mg $\text{CaCO}_2$ L
1A83	FENOLES TOTALES	SM 5530 D	0,1 mg/L
2A84	FLUORUROS	EPA 300	0,05
7A87	FÓSFORO INORGÁNICO	SM 4500-P	0
1A88	FÓSFORO ORGÁNICO	SM 4500-P B / SM 4500-P E	0,05 mg/L
1A89	FÓSFORO TOTAL	SM 4500-P B / SM 4500-P E	0,05 mg/L
1A90	GRASAS Y ACEITES	NTC 3362:2005-06-29, Numeral 4, Método C	1 mg/L
1A96	HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)	NTC 3362:2005-06-29, Numeral 4, Método C / Numeral 7, Método F	1 mg/L
1A106	MATERIAL FLOTANTE	NE	NA
1A109	NITRATOS	Salicilato de Sodio, Análisis de aguas, J Rodier, 9a Edición, 2009	0,3 mg N-NO <sub>3</sub> L
1A110	NITRITOS	SM 4500 NO <sub>2</sub> B	0,01 mg NO <sub>2</sub> L
1A111	NITRÓGENO AMONICAL	SM 4500 – NH <sub>3</sub> B,C	1 mg N/L

CÓDIGO	PARÁMETRO	MÉTODO	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
1A113	NITROGENO TOTAL KJELDHAL	SM 4500-Norg C, 4500- NH <sub>3</sub> B, C	2 mg N/L
1A116	ORTOFOSFATOS	SM 4500-P E, B	0,05 mg P/L
5A118	PCBs (BIFENILOS POLICLORADOS)	EPA 8270c	7 congéneres: #28 (LQ: 0.01 µg/L); #52 (LQ: 0.01 µg/L); #101 (LQ: 0.01 µg/L); #118 (LQ: 0.01 µg/L); #138 (LQ: 0.01 µg/L); #153 (LQ: 0.01 µg/L); #180 (LQ: 0.01 µg/L)
5A122	PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS	EPA 8270c	a-HCH (LQ:0.01 µg/L), b-HCH (LQ:0.01 µg/L), g-HCH (LQ:0.01 µg/L), d-HCH (LQ:0.02 µg/L); Hexaclorobenceno (LQ:0.005 µg/L); Heptacloro (LQ:0.01 µg/L); cis- Heptaclorohepoxido (LQ:0.01 µg/L), trans-Heptaclorohepoxido (LQ:0.01 µg/L); Hexaclorobutadieno (LQ:0.01 µg/L); Aldrin (LQ:0.01 µg/L); Dieldrin (LQ:0.01 µg/L); Endrin (LQ:0.01 µg/L); Isodrin (LQ:0.01 µg/L); Telodrin (LQ:0.01 µg/L); a- endosulfan (LQ:0.01 µg/L), b- endosulfan (LQ:0.01 µg/L); Endosulfansulfato (LQ:0.01 µg/L); a-clordano (LQ:0.01 µg/L), g-clordano (LQ:0.01 µg/L); op-DDT (LQ:0.01 µg/L), pp- DDT (LQ:0.01 µg/L); op-DDD (LQ:0.01 µg/L), pp-DDD (LQ:0.01 µg/L); op-DDE (LQ:0.01 µg/L), pp- DDE (LQ:0.01 µg/L)
5A123	PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS	EPA 8270 C	EtilAzinfos [0.1 µg/L]; MetilAzinfos [0.07 µg/L]; EtilBromofos [0.07 µg/L]; MetilBromofos [0.06 µg/L]; EtilCloropirifos [0.06 µg/L]; MetilCloropirifos [0.1 µg/L]; Cumafos [0.02 µg/L]; Demeton S/Demeton O-etil [0.1 µg/L]; Diacilon [0.04 µg/L]; Diclorvos [0.1 µg/L]; Disulfoton [0.04 µg/L]; Fenitrotion [0.1 µg/L]; Fention [0.1 µg/L]; Malation [0.1 µg/L]; Etilparation [0.2 µg/L]; Metilparation [0.2 µg/L]; Pyrazofos [0.2 µg/L]; Triazofos [0.2 µg/L]
1A139	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SM 2540 D	15 mg / L
1A141	SÓLIDOS TOTALES	SM 2540 B	15 mg / L
1A143	SULFATOS	SM 4500 SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> E	2 mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / L
6A146	SULFURO DE HIDROGENO	NA	NA
1A153	TURBIEDAD	SM 2130 B	0,216 NTU
1A155	ALUMINIO TOTAL	SM 3030 E / SM 3111 D	0,3 mg Al/L

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2021

Los parámetros fisicoquímicos como pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y el caudal se midieron In situ. Para las demás variables a evaluar, se colectaron las muestras de agua, las cuales posteriormente enviadas al laboratorio para su respectivo análisis.

Para ello, las muestras fueron preservadas In situ, empacadas y transportadas siguiendo las normas propuestas en Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater (2017).

Entre las actividades previas a la salida de campo por parte del laboratorio se tuvo que verificar los aspectos relacionados con la disposición de todos los equipos, recipientes, materiales, reactivos, suministros y elementos de protección personal necesarios para el muestreo, de acuerdo con lo señalado en el plan de muestreo. A continuación, se listan tales aspectos:

- **Materiales y Equipos para muestreo Físicoquímico**
  - pH metro, Oxímetro, Conductímetro, (HACH HQ40d)
  - Termómetro
  - Cono Imhoff con soporte

- Geoposicionador satelital (GPS)
- Cámara fotográfica
- Calculadora
- Decámetro
- Recipientes para toma de muestra
- Reactivos de preservación de muestras
- Molinete o Micromolinete
- Mechero
- Papel Filtro

- **Selección y rotulación de recipientes**

Los recipientes de acuerdo con el plan de muestreo fueron rotulados con los siguientes datos: número de muestra, análisis requerido, fecha de toma de la muestra, matriz (tipo de agua) y lugar de muestreo. El rotulo garantizó la identificación, así mismo, los envases evitaron el deterioro de la muestra.

De igual manera, los materiales de control de calidad en campo (blancos y muestras tomadas por duplicado) que requirió el plan de muestreo (RT-5.7-110) fueron rotulados, procesados, tratados y preservados de forma idéntica a las muestras.

- **Calibración y/o verificación de la calibración de equipos de medición**

La calibración y verificación de los equipos de medición de parámetros in situ requeridos (pH metro, conductímetro y/u oxímetro) con las soluciones necesarias, se llevaron a temperatura ambiente antes de ser utilizadas. Cuando los equipos fueron calibrados previamente en el laboratorio o al inicio de la jornada, solamente se verificó su calibración.

Estas operaciones se llevaron a cabo de acuerdo con los manuales instructivos implementados por el laboratorio.

Los resultados de la calibración y de la verificación de cada parámetro se registraron en el formato de parámetros in situ, a su vez se relacionó el lote de los estándares utilizados durante la calibración con el fin de asegurar la trazabilidad de las mediciones realizadas.

- **Ubicación y limpieza del punto de muestreo**

El punto de muestreo se ubicó según las coordenadas dadas, con acompañamiento del profesional de Concolby WSP. Los puntos de muestreo fueron seleccionados de acuerdo al tipo de matriz a analizar (línea base, captaciones, ocupaciones de cauce, lenticos) junto con la representatividad de las características generales del cuerpo de agua y accesibilidad de los mismos, asegurando la integridad de quienes tomaron las muestras.

Una vez ubicado el punto de muestreo se realizó una limpieza de sus alrededores para garantizar la seguridad de las operaciones y evitar la contaminación de las muestras. Según sea el caso, se retiraron los objetos, maleza, residuos y/o sustancias que pudieran obstaculizar la representatividad del sistema de agua.

- **Registro de la información del punto de muestreo**

Durante el monitoreo, se registró la información de cada punto de muestreo en el formato denominado "Parámetros in situ" y en la "Cadena de custodia", los cuales se presentan en el Anexo 5.1.5 Calidad de Agua; la información del cliente, lugar y fecha, equipos de medición, características del sitio de muestreo y sus alrededores y las observaciones a que haya lugar, incluyendo condiciones ambientales, temperatura ambiente, condiciones de monitoreo, tipo de sistema, entre otros.

- **Medición de caudal**

Se tuvieron en cuenta las medidas de seguridad, así como las condiciones de los cuerpos de agua, garantizando la representatividad del aforo.

La ubicación del punto de medición se realizó de acuerdo con las coordenadas previamente establecidas, no obstante, si el punto de medición no presentaba características uniformes

(exceso de rocas, troncos, vegetación y/o cualquier otro obstáculo), se un desplazamiento aguas arriba o aguas abajo hasta encontrar las características de uniformidad en la sección transversal del cuerpo de agua.

La sección transversal en donde se realizó el aforopresentó líneas de flujo uniformes y paralelas a las márgenes del cauce, sin turbulencias, remolinos, contracorrientes y zonas muertas que pudieran afectar la medición de la velocidad.

Además, el tramo en donde se realizó el aforo se caracterizó por poseer pendientes uniformes, con una longitud de por lo menos 5 veces el ancho de la sección transversal y sin lechos fangosos.

Para la determinación del caudal, inicialmente se midió el ancho total del sistema hídrico, posteriormente se definió el número de ubicaciones horizontales, para lo cual se tuvo en cuenta que la sección total de medición se subdivide en secciones parciales transversales y que cada sección parcial no debe contener más del 10% del caudal total.

En cada punto de medición se determinó la profundidad  $P_x$  del sistema hídrico con el micromolinete: Si la profundidad es menor a 0,76 m se establecerá un punto de medición (método un punto) y se ubicará la hélice del micromolinete a 0,6 (60%) de la profundidad total por debajo de la superficie, el valor obtenido se considerará como la velocidad media de la vertical. Si la profundidad del punto es mayor a 0,76 m, se establecerán dos puntos de medición (método dos puntos). Ubicar la hélice del micromolinete a 0,2 (20%) y 0,8 (80%) de la profundidad total por debajo de la superficie. Si la velocidad a 0,2 es inferior a la velocidad a 0,8 se establecerá un punto adicional de medición (método tres puntos), ubicando la hélice del micromolinete a 0,6 de la profundidad total por debajo de la superficie.

Si la profundidad del punto es mayor a 0,76 m, se establecerán dos puntos de medición (método dos puntos). Ubicar la hélice del micromolinete a 0,2 (20%) y 0,8 (80%) de la profundidad total por debajo de la superficie.

La velocidad media de la vertical se calcula con la siguiente expresión:

$$V_x = 0,25(V_{0,2} + 2V_{0,6} + V_{0,8})$$

Calcular el caudal de cada una de las secciones transversales mediante la siguiente expresión:

$$q_x = v_x * L_x * P_x$$

**q<sub>x</sub>**: Caudal de la sección parcial x

**v<sub>x</sub>**: Velocidad media en la ubicación x.

**L<sub>x</sub>**: Ancho de la sección parcial x

**P<sub>x</sub>**: Profundidad en la ubicación x

Calcular el caudal total sumando todos los caudales  $Q_x$  de cada una de las secciones transversales mediante la siguiente expresión:

$$Q = \sum q_x$$

- **Medición de parámetros in situ**

Las mediciones de temperatura, pH, conductividad eléctrica, salinidad, sólidos y oxígeno disuelto se realizaron de la siguiente manera:

- Se sumergió el balde en el cuerpo de agua a muestrear por 3 veces, con el fin de purgar el balde y evitar cualquier contaminación cruzada.
- Se recolectó la muestra suficiente (volumen definido por los parámetros solicitados, volumen de purga para los recipientes, volumen para medición de parámetros in-situ), para llenar cada uno de los recipientes, agitando suavemente la muestra hasta terminar de envasar.
- Las mediciones se efectuaron inmediatamente después de colectada la muestra (en un tiempo no mayor a tres minutos), agregando suavemente una cantidad aproximada entre 300 ml y 500 ml en un recipiente de plástico de boca ancha previamente purgado,

se sumergió el sensor en el recipiente plástico, agitándolo suavemente y midiendo los parámetros del caso, para esta actividad se tuvieron en cuenta los manuales instructivos

- Posteriormente, se proceder a realizar la purga y el envase de la muestra.
- La medición de los parámetros in- situ se realizó en el siguiente orden: Temperatura, Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad Eléctrica, Salinidad y Sólidos Disueltos.
  - **Embalaje de las muestras**

Tan pronto se obtuvo la muestra ésta fue envasada y almacenada con suficiente hielo para garantizar que se alcance una temperatura cercana a 4°C para reducir la volatilización, biodegradación.

No se emplearon hielo seco ni aditivos congelantes, para evitar que las muestras se congelaran además los recipientes podrían destaparse o romperse y se podrían alterar las características de las muestras.

Los recipientes de vidrio se alternaron entre los de plásticos y se colocó hielo entre todos los recipientes.

En la Tabla 2.50 se relacionan los parámetros analizados, tipo de recipiente, capacidad de este y preservante, de acuerdo con el “Standard Methods for examination of water and wastewater. 23rd edition. 2017”.

Las muestras fueron rotuladas, refrigeradas y enviadas vía terrestre para su posterior análisis, siguiendo los procedimientos internos PT-019 v. 4.3-00 (Gestión de muestras) y PL-004 v. 1.2-00 (Procedimiento de recepción e ingreso de muestras al laboratorio).

**Tabla 2.50 Requerimientos de manipulación y preservación de la muestra.**

PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	TAMAÑO MÍNIMO MUESTRA mL	TIPO DE MUESTRA	PRESERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE ANÁLISIS RECOMENDADO
Alcalinidad total	Plástico o vidrio	200	Simple	Refrigerar	24 horas
Cloruros	Plástico o vidrio	50	Simple	No requerida	N.E.
Coliformes fecales	Plástico o vidrio	200	Simple	0,2 mL Tiosulfato 3 % Refrigerar	12 horas
Coliformes totales	Plástico o vidrio	200	Simple	0,2 mL Tiosulfato 3 % Refrigerar	12 horas
Color real	Plástico o vidrio	500	Simple	Refrigerar	48 horas
DBO5	Plástico o vidrio	1000	Simple	Refrigerar	6 horas
DQO	Plástico o vidrio	100	Simple	Analizar lo más pronto posible o agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH < 2 y refrigerar	7 días
Detergentes	Plástico o vidrio	250	Simple	Refrigerar	48 horas
Dureza	Plástico o vidrio	100	Simple	Agregar HNO <sub>3</sub> o H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH < 2	6 meses
Fenoles totales	Plástico o vidrio PTFE	500	Simple	Agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH < 2 y refrigerar	Refrigerar durante almacenamiento y analizar lo más pronto posible
Fluoruros	Plástico	100	Simple	No requerida	28 días
Fósforo total	Plástico o vidrio	100	Simple	Agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH < 2 y refrigerar	28 días
Grasas y aceites	Vidrio de boca ancha	1000	Simple	Agregar HCl o H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH < 2 y refrigerar	28 días
Metales	Plástico con HNO <sub>3</sub> 1 + 1 vidrio con HNO <sub>3</sub> 1 + 1	1000	Simple	Filtrar inmediatamente para metales disueltos Agregar HNO <sub>3</sub> hasta pH < 2	6 meses
Nitratos	Plástico o	100	Simple	Refrigerar y analizar lo	48 horas

PARÁMETRO	TIPO DE RECIENTE	TAMAÑO MÍNIMO MUESTRA mL	TIPO DE MUESTRA	PRESERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE ANÁLISIS RECOMENDADO
	vidrio			más pronto posible	
<b>Nitritos</b>	Plástico o vidrio	100	Simple	Refrigerar y analizar lo más pronto posible	ninguno
<b>Nitrógeno total</b>	Plástico	500	Simple	Agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH < 2 y refrigerar	28 días
<b>pH</b>	Plástico o vidrio	50	Simple	Analizar de inmediato	15 minutos
<b>Sólidos suspendidos totales</b>	Plástico o vidrio	200	Simple	Refrigerar	7 días
<b>Sulfatos</b>	Plástico o vidrio	100	Simple	Refrigerar	7 días
<b>Temperatura</b>	Plástico o vidrio	-	Simple	Analizar de inmediato	15 minutos
<b>Turbidez</b>	Plástico	2000	Simple	Almacenar en la oscuridad, hasta 24 horas, refrigerar, analizar el mismo día	24 horas

Fuente: Standard Methods for examination of water and wastewater. 23st edition.2017.

- **Custodia de las muestras**

Los responsables del muestreo mantuvieron la custodia permanente de las muestras hasta que fueron entregadas al laboratorio y/o al siguiente encargado de la custodia.

Esto implicó la permanente atención a las neveras para asegurar que nadie diferente a los responsables tuviera acceso a las muestras.

Así mismo, se verificaron las condiciones de seguridad de las neveras para garantizar que las muestras no se extraviaran, abrieran, maltrataran o alteraran.

- **Transporte de las muestras al laboratorio**

Se verificó que cada nevera contuviera suficiente hielo para asegurar que la refrigeración se mantuviera hasta la llegada al laboratorio. También se verificó que la tapa de cada nevera quedara bien cerrada y que no se saliera de su sitio durante el viaje.

La manipulación de las neveras fue cuidadosamente, mantenerlas en posición horizontal, no golpearlas, no ubicarlas cerca de productos volátiles o corrosivos y mantenerlas alejadas de fuentes de calor.

Se aseguraron las neveras al vehículo de transporte para que no se maltrataran en el viaje.

Se verificó periódicamente el estado de las muestras y su debida refrigeración, si el hielo se había fundido en su mayor parte se agregó más hielo.

Cada nevera se amarró con cinta de embalaje (ancha transparente) o con zuncho plástico.

El servicio de transporte elegido garantizó la entrega de las muestras al laboratorio en el menor tiempo posible y con un adecuado manejo.

Se registró la hora en que se entregaron las muestras al transportador y se llenó un comprobante de recibo del envío.

- **Muestreo Microbiológico**

Se tomó la muestra en recipientes esterilizados previamente, se descartaron los envases con tapas rotas o que no se ajustara a la boca de este. La muestra se tomó directamente de la fuente sin utilizar baldes.

No se enjuago el envase con la muestra, porque se aumenta la población microbiana.

Se llenó rápidamente el envase dejando dos centímetros entre la boca del envase y la muestra (evitando anaerobiosis y muerte de los microorganismos), sin tocar la boca del envase ni el interior de la tapa, para evitar contaminación cruzada.

La muestra se tomó entre 25cm y 30cm de la superficie de la columna de agua, cuando el cuerpo de agua lo permitió, de lo contrario se tomó la muestra a la mitad de la columna de agua (al tomar la muestra se tuvo la precaución de no remover el sedimento).

#### **2.4.3.7.3 Etapa Post Campo Campaña 2020**

Esta fase de la metodología consistió en el procesamiento de la información de campo, análisis de las muestras en el laboratorio y generación del respectivo informe de resultados, análisis de estos, cálculos e interpretación de los índices de calidad del agua (ICA e ICOS) según los lineamientos establecidos en el Estudio Nacional del Agua del 2014 del IDEAM y los Índices de Contaminación, con el fin de realizar la construcción documental del componente Calidad del Agua. En el Anexo 5.1.3 Calidad de agua\Campaña 2020, se presenta el informe de resultados de los monitoreos desarrollados.

Para los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos se efectuó una interpretación de las concentraciones obtenidas y se realizó una comparación con los criterios establecidos en la normatividad ambiental vigente Decreto 1076 de 2015 (Artículos 2.2.3.3.9.3., 2.2.3.3.9.4., 2.2.3.3.9.5., 2.2.3.3.9.6., y 2.2.3.3.9.10) y los límites

establecidos en la Resolución No. 863 (octubre 26 de 2017), por medio de la cual se ajustan y complementan los objetivos de calidad para las fuentes hídricas superficiales ubicadas en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Guavio — CORPOGUAVIO (presentados en la Tabla 2.51), así como la relación existente entre parámetros y posteriormente la aplicación del índice de calidad de agua.

Finalmente, luego de obtener todos los resultados de los análisis de las muestras y la información levantada se generó la documentación correspondiente al componente de calidad del agua para la modificación de la Licencia Ambiental del Área de Perforación Exploratoria APE Medina Occidental.

**Tabla 2.51 Límites Objetivos de calidad por cada área de drenaje clasificada por usos e indicadores de calidad**

Nº	ZONIFICACIÓN OBJETIVOS DE CALIDAD	ÁREA DE DRENAJE OBJETIVOS DE CALIDAD	ÁREA DE DRENAJE		COTA QUE DELIMITA ÁREA O ZONA CON OBJETIVOS DE CALIDAD (m.s.n.m.)	ZONIFICACIÓN ÁREAS DE DRENAJE	[DQI] (mg/L)	[DRO] (mg/L)	[DST] (mg/L)	pH	Conductividad (µS/m)	N-Total (mg/L)	P-Total (mg/L)	PORCENTAJE SATURACIÓN OXÍGENO DISUELT	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	ICA IDEAM 5 VARIABLES INDICADOR	
			(Km²)	HA													
7	GUATIQUELÁ GUAVIO	RÍO GAZAUNTA RÍO GUACAVÍA RÍO GAZAMUMO RÍO HUMEA RÍO MEDIO RÍO HUMEA RÍO GAZATAVENA RÍO HUMEITA RÍO TROMPETAS RÍO ZAGUEA	436,46	11,31%	> 2300	ZONA ALTA	17	6	36	6,5 - 7,5	140	0,86	0,89	99,0	≤1000	ACEPTABLE	
8			248,86	6,41%													
9			177,89	4,66%	1900 ≤ 2000	ZONA MEDIA ALTA	20	8	46	6,5 - 8	190	0,86	0,11	82,3	≤2000	ACEPTABLE	
10			39,08	2,23%													
11			81,28	2,09%	1000 ≤ 1500	ZONA MEDIA	25	10	66	6,5 - 8	200	1,0	0,130	78,0	≤3000	ACEPTABLE	
12			77,07	1,98%													
13	74,68	1,91%															
14	183,04	4,71%	800 ≤ 1000	ZONA MEDIA BAJA	30	12	90	6,5 - 8,5	230	1,2	0,19	75,0	≤4000	ACEPTABLE			
15	132,86	3,42%	< 600	ZONA BAJA	40	16	110	6,5 - 8,5	240	1,5	0,20	73,0	≤5000	REGULAR			

Fuente: Resolución 863 Corpoguavio, 2017

Para el presente estudio fueron comparados con esta normativa (Res.863 de 2017), los puntos correspondientes a:

- Corpoguavio—Todos los afluentes del Río Gazamumo (24 puntos)
- Corpoguavio – Todos los afluentes del Río Gazaunta (77 puntos)
- Corpoguavio - Todos los afluentes del Río Humea (8 puntos)
- Corpoguavio – Todos los afluentes del Río Saguea (45 puntos)

A su vez, se estimarán los Índices de Calidad de Agua - ICA y los Índices de Contaminación - ICO's, realizando los cálculos de:

- Índice de Contaminación por Mineralización, ICOMI
- Índice de Contaminación por Materia Orgánica, ICOMO
- Índice de contaminación por sólidos suspendidos, ICOSUS
- Índice de contaminación Tráfico, ICOTRO
- Índice de contaminación pH, ICOPH

• **Índice de calidad de agua**

La determinación de la calidad del agua se realizó empleando un “Índice de calidad del agua” o ICA, siendo este un valor numérico que usualmente varía entre 0 a 1.1 a 10 o 1 a 100 y que, a partir de un escala o tabla de comparación, permite definir el nivel de calidad que presentan los cuerpos de agua evaluados. A su vez, dicho valor o índice se calculó con base en los resultados obtenidos en ciertos parámetros fisicoquímicos tales como oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica, pH y/o relación nitrógeno total/fosforo total, entre otros. El uso de uno u otro parámetro dependió del tipo de índice empleado, ya que existen diferentes índices a nivel mundial que emplean para su determinación una serie de parámetros que pueden variar sustancialmente. Entre los ICA más utilizados a nivel nacional se destaca el propuesto por (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM, 2013) en el cual con cinco o seis variables se busca dar un valor aritmético que califica la calidad del agua de una corriente superficial de acuerdo con las mediciones en campo en un tiempo determinado. Para la determinación del ICA por IDEAM se emplearon cinco (5) o seis (6) parámetros fisicoquímicos los cuales son: oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica, pH y/o relación nitrógeno total/fosforo

El cálculo del Índice IDEAM se obtuvo a partir de la siguiente ecuación:

$$ICA_{njt} = \left( \sum_{i=1}^n W_i \cdot I_{ikjt} \right)$$

$ICA_{njt}$ : es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua  $j$  en el tiempo  $t$ , evaluado con base en  $(n)$  variables.

$W_i$ : es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad  $i$ .

$I_{ikjt}$ : es el valor calculado de la variable  $i$  (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo  $j$ , registrado durante la medición realizada en el trimestre  $k$ , del período de tiempo  $t$ .

$n$ : es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador;  $n$  es igual a 5.

En la Tabla 2.52 se resumen las variables involucradas en el cálculo del indicador para los casos en los que se emplearon 5 variables, la unidad de medida en la que se registró cada uno de ellos y la ponderación que tuvieron dentro de la fórmula de cálculo.

**Tabla 2.52 Variables empleadas en el cálculo del indicador para casos de cinco (5) variables**

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	PONDERACIÓN
Oxígeno disuelto OD	% Saturación	0.2
Sólidos suspendidos totales SST	mg/L	0.2
Demanda química de oxígeno DQO	mg/L	0.2
Conductividad eléctrica C.E.	$\mu\text{s/cm}$	0.2
pH	Unidades de pH	0.2

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM, 2013

Para cada una de las variables se construyó una “relación funcional” o “curva funcional” (ecuación) en la que los niveles de calidad de 0 a 1 se representaron en las ordenadas de cada gráfico, mientras que los distintos niveles (o intensidades) de cada variable se dispusieron en las abscisas, trazando en cada gráfico una curva que representara la variación de la calidad del agua respecto a la magnitud de cada contaminante.

Las curvas funcionales adoptadas son las propuestas por Ramírez y Viña para oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (SST), y conductividad eléctrica (CE), la propuesta por Universidad Politécnica de Catalunya (2006) para demanda química de oxígeno (DQO) y la propuesta por el laboratorio del Departamento de Calidad Ambiental de Oregón (Estados Unidos) para pH.

#### Cálculo del valor de cada variable.

El procedimiento general consistió en ingresar el valor que, en una determinada medición hubiese registrado la variable de calidad  $i$ , en la curva funcional correspondiente y estimar el valor  $I_{ikjt}$  cada curva indica en la ordenada la calidad del agua en una escala de 0 a 1; en la abscisa se definieron varios niveles de la variable en particular. Cuando se toman como referencia las curvas desarrolladas por Ramírez y Viña respecto al concepto de contaminación, para traducirlo a términos de calidad, el subíndice se toma como la diferencia entre uno (1) y el índice de contaminación respectivo de la magnitud de la variable.

A continuación, se muestran las ecuaciones de referencia.

#### 1. Oxígeno disuelto (OD):

Esta variable tiene el papel biológico fundamental de definir la presencia o ausencia potencial de especies acuáticas.

Inicialmente se calculó el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto  $PS_{OD}$ :

$$PS_{OD} = \frac{O_x \cdot 100}{C_p}$$

Donde:

$O_x$ : Es el oxígeno disuelto medido en campo (mg/L) asociado a la elevación, caudal y capacidad de reoxigenación.

$C_P$ : Es la concentración de equilibrio de oxígeno (mg/L), a la presión no estándar, es decir, oxígeno de saturación.

Los cálculos para el porcentaje de saturación de oxígeno están incluidos en el subsistema de información denominado Modulo Físicoquímico Ambiental – MFQA, y se puede consultar como cálculo de déficit de oxígeno disuelto para cada muestra a partir de su identificador, que es un código numérico asignado por el Sistema. Luego se importó a la base de datos que contiene la consulta de las demás variables para poder calcular el índice consolidado. Una vez calculado el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, el valor  $IOD$  se calculó con la fórmula:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 \cdot PS_{OD})$$

Cuando el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es mayor al 100%:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 \cdot PS_{OD} - 1)$$

## 2. Sólidos suspendidos totales (SST):

La presencia de sólidos en suspensión en los cuerpos de agua indica cambio en el estado de las condiciones hidrológicas de la corriente. Dicha presencia puede estar relacionada con procesos erosivos, vertimientos industriales, extracción de materiales y disposición de escombros. Tiene una relación directa con la turbiedad.

El subíndice de calidad para sólidos suspendidos se calculó como sigue:

$$I_{SST} = 1 - (-0,02 + 0,003 \cdot SST)$$

Si  $SST \leq 4,5$ , entonces  $I_{SST} = 1$   
 Si  $SST \geq 320$ , entonces  $I_{SST} = 0$

## 3. Demanda química de oxígeno (DQO):

Refleja la presencia de sustancias químicas susceptibles de ser oxidadas a condiciones fuertemente ácidas y alta temperatura, como la materia orgánica, ya sea biodegradable o no, y la materia inorgánica.

Mediante adaptación de la propuesta de la Universidad Politécnica de Catalunya se tuvieron en cuenta las siguientes equivalencias:

Si  $DQO \leq 20$ , entonces  $IDQO = 0.91$   
 Si  $20 < DQO \leq 25$ , entonces  $IDQO = 0.71$   
 Si  $25 < DQO \leq 40$ , entonces  $IDQO = 0.51$   
 Si  $40 < DQO \leq 80$ , entonces  $IDQO = 0.26$   
 Si  $DQO > 80$ , entonces  $IDQO = 0.125$

## 4. Conductividad eléctrica (C.E.):

Está íntimamente relacionada con la suma de cationes y aniones determinada en forma química, refleja la mineralización. Se calculó como sigue:

$$I_{CE} = 1 - 10^{(-3,26 + \text{Log } C.E)}$$

Cuando  $C.E. < 0$  entonces  $I_{CE} = 0$ .

## 5. pH:

Mide la acidez, valores extremos pueden afectar la flora y fauna acuáticas.

- Si  $pH < 4$ , entonces  $I_{pH} = 0,1$
- Si  $4 \leq pH \leq 7$ , entonces  $I_{pH} = 0,02628419 \cdot e^{(pH \times 0,520025)}$
- Si  $7 < pH \leq 8$ , entonces  $I_{pH} = 1$
- Si  $8 < pH \leq 11$ , entonces  $I_{pH} = 1 \times e^{[(pH-8) \times -0,5187742]}$
- Si  $pH > 11$ , entonces  $I_{pH} = 0,1$

## 6. Nitrógeno total/Fósforo total (NT/PT)

Mide la degradación por intervención antrópica; es una forma de aplicar el concepto de saprobiedad empleado para cuerpos de agua lénticos (ciénagas, lagos, etc.) como la posibilidad de la fuente de asimilar carga orgánica; es una relación que indica el balance de nutrientes para la productividad acuícola de las zonas inundables en los ríos neotropicales (desde el norte de Argentina hasta el centro de Méjico).

La fórmula para calcular el subíndice de calidad para NT/PT fue:

- Si  $15 \leq NT / PT \leq 20$ , entonces  $INT / PT = 0.8$
- Si  $10 < NT / PT < 15$ , entonces  $INT / PT = 0.6$
- Si  $5 < NT / PT \leq 10$ , entonces  $INT / PT = 0.35$
- Si  $NT / PT \leq 5$ , o  $NT / PT > 20$ , entonces  $INT / PT = 0.15$

Los valores optativos que puede llegar a tomar el indicador han sido clasificados en categorías, de acuerdo con ellos se calificó la calidad del agua de las corrientes superficiales, al cual se le asoció un color como señal de alerta. En la Tabla 2.53 se registra la relación entre valores y calificación:

**Tabla 2.53 Relación entre valores y calificación**

RANGO DE VALORES DEL INDICADOR	CALIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGU	SEÑAL DE ALERTA
0.00 – 0.25	Muy mala	Rojo
0.26 – 0.50	Mala	Naranja
0.51 – 0.70	Regular	Amarillo
0.71 – 0.90	Aceptable	Verde
0.91 – 1.00	Buena	Azul

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM, 2013

## Restricciones o Limitaciones

Cuerpos de agua superficiales con tipos de contaminación y orígenes de ésta muy diferentes, pueden quedar registrados en una misma categoría de calidad. El número y tipo de variables incluidas en el cálculo y la construcción de las ecuaciones o curvas funcionales para calcular los subíndices de calidad dependen del conocimiento técnico de las instituciones sobre los valores de las variables a las condiciones de línea base o sin intervención, las cuales dependen, entre otras condiciones, de la hidrogeología de los cauces, de las actividades económicas particulares de la zona y de la capacidad operativa e instrumental con la que cuentan.

- **Índices de contaminación**

Se eligieron los índices de contaminación (ICO), como herramienta para caracterizar fisicoquímicamente los drenajes principales. Ramírez & Viña (1998), proponen 4 índices de contaminación: mineralización, materia orgánica, sólidos suspendidos y trofia.

Entre ellos son complementarios, no se correlacionan entre sí y muestran por consiguientes problemas ambientales diferentes. Como limitante, tienen que los rangos máximos dados para algunas variables como conductividad, son estrechos y en el cálculo final reflejan muy alta contaminación, aunque su condición realmente no sea crítica para las condiciones propias de la zona.

Los índices de contaminación representan el posible impacto que algunos parámetros pueden ocasionar sobre el cuerpo de agua, los cuales se calculan relacionando los parámetros fisicoquímicos mediante fórmulas matemáticas. A continuación, en la Tabla 4 se presenta el código de colores de los índices ICO.

**Tabla 2.54 Código de colores índice ICO**

ICO	CONTAMINACIÓN
0,0 a 0,2	Ninguna
> 0,2 a 0,4	Baja
> 0,4 a 0,6	Media
> 0,6 a 0,8	Alta
> 0,8 a 1,0	Muy Alta

Fuente: Ramírez et al, 1997.

Cada índice agrupa las siguientes variables:

Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI): Se expresa con las variables, Conductividad como reflejo de los sólidos disueltos, Dureza que agrupa los cationes calcio y magnesio; y Alcalinidad que agrupa los aniones carbonatos y bicarbonatos.

$$\text{ICOMI} = \frac{1}{3} (\text{I. Conductividad} + \text{I. Dureza} + \text{I. Alcalinidad})$$

Dónde:

ICOMI: Índice de contaminación por mineralización

I. Conductividad: Índice de conductividad

I. Dureza: Índice de dureza

I. Alcalinidad: Índice de alcalinidad

Para el cálculo de cada una de las variables tenemos:

- I. Conductividad Se obtiene de:

$$\text{Log}_{10} \text{I. Conductividad} = - 3,26 + 1,34 \text{Log}_{10} \text{Conductividad } (\mu\text{s/cm}).$$

Entonces:

$$\text{I. Conductividad} = 10^{\text{Log I. Conductividad}}$$

Conductividades mayores 270  $\mu\text{s/cm}$  tienen I. Conductividad = 1.

- I. Dureza Se obtiene de:

$$\text{Log}_{10} \text{I. Dureza} = - 9,09 + 4,40 \text{Log}_{10} \text{Dureza } (\text{mg/L}).$$

Entonces:

$$\text{I. Dureza} = 10^{\text{Log I. Dureza}}$$

Durezas mayores a 110 mg/L tienen I. Dureza = 1

Durezas menores a 30mg/L tienen I. Dureza = 0

- I. Alcalinidad Se obtiene de

$$\text{I. Alcalinidad} = - 0,25 + 0,005 \text{Alcalinidad } (\text{mg/L})$$

Alcalinidades mayores a 250 mg/L tienen I. Alcalinidad = 1

Alcalinidades menores a 50mg/L tienen I. Alcalinidad = 0

Índice de contaminación por Materia Orgánica (ICOMO): Se determina con las variables, demanda bioquímica de oxígeno y Coliformes totales, ya que reflejan fuentes diferentes de contaminación orgánica y porcentaje de saturación de oxígeno que indica la capacidad de respuesta del ecosistema.

$$\text{ICOMO} = \frac{1}{3} (\text{I.DBO} + \text{Coliformes Totales} + \text{I. Porcentaje de Saturación de Oxígeno})$$

Cada subíndice se define de la siguiente forma:

- I. DBO = - 0,05 + 0,70  $\text{Log}_{10}$  DBO(mg/L)

DBO mayores a 30 mg/L tienen I.DBO = 1

DBO menores a 2 mg/L tienen I.DBO = 0

- I. COL. TOT. = - 1,44 + 0,56 Log<sub>10</sub> Col. totales(NMP/mL)

Coliformes totales mayores a 20000 NMP/100mL tienen I. COL. TOT. = 1  
Coliformes totales menores a 500 NMP/100mL tienen I. COL. TOT. = 0

- I. OXÍGENO % = 1 - 0,01 Oxígeno%
- Oxígenos (%) mayores a 100% tienen I. Oxígeno % = 0

Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS): Se determina por la concentración de sólidos suspendidos.

$$\text{ICOSUS} = - 0.02 + 0.003 \times \text{Sólidos Suspendidos (mg/l)}$$

Sólidos Suspendidos mayores a 340 mg/L tienen ICOSUS = 1  
Sólidos Suspendidos menores a 10 mg/L tienen ICOSUS = 0

Índice de contaminación por nutrientes (**ICOTRO**): Se mide por la concentración de Fósforo Total, la cual define por sí mismo una categoría de la siguiente manera:

**Tabla 2.55 Índices de contaminación**

VALOR	CONDICIÓN DE TROFÍA
menor de 0.01 mg/l	Oligotrofia
0.01 a 0.02 mg/l	Mesotrofia
0.02 a 1.0 mg/l	Eutrofia
por encima de 1.0 mg/l	Hipereutrofia

Fuente: Ramírez y viña, 1998

**ICOPH:** Índice de Contaminación por pH indica el grado de contaminación por sustancias ácidas o básicas en el cuerpo de agua. Se calcula con base en la medición de pH in situ en el cuerpo receptor, utilizando la siguiente Ecuación para pH mayor a 7 unidades:

$$\text{ICOPH} = \frac{e^{-31.08 + 3.45 \times \text{pH}}}{1 + e^{-31.08 + 3.45 \times \text{pH}}}$$

Si el pH es menor a 7, entonces el término “pH” se reemplaza en la Ecuación 3 por (14 - pH).

#### 2.4.3.7.4 Etapa Precampo Campaña 2021

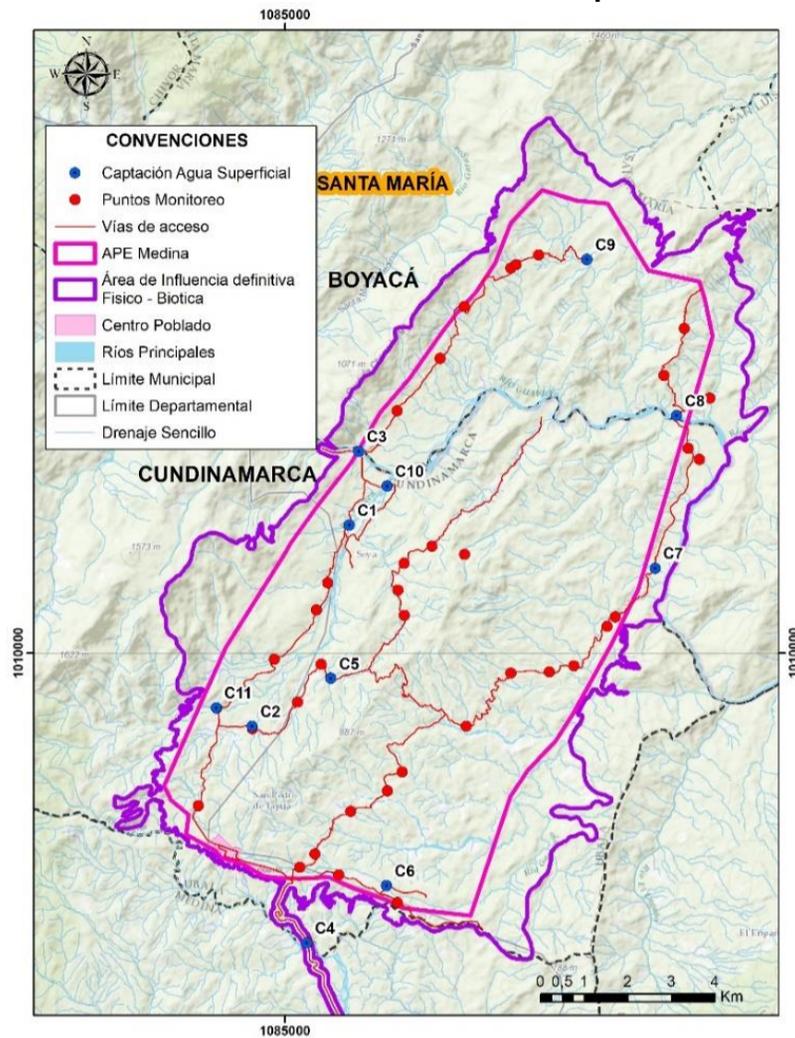
Con el objetivo de caracterizar la calidad del agua en las fuentes superficiales en el área de influencia y teniendo en cuenta lo establecido en los términos de referencia la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para Proyectos de Exploración de Hidrocarburos (M-M-INA-01) del Ministerio de Ambiente, se tomó como referencia las 11 captaciones de agua superficial, las ocupaciones de cauce propuestas para el proyecto y las condiciones observadas durante la visita de Evaluación de realizada por el ANLA durante los días del 25 al 31 de enero del 2021.

Teniendo en cuenta lo anterior, se establecieron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para dicha caracterización, tomando como base los términos de referencia (HI-TER-1-03), en el cual se establecen los parámetros fisicoquímicos a monitorear para caracterizar los cuerpos de agua que puedan ser intervenidos con el desarrollo del proyecto, considerado para ello, los de captación y ocupaciones de cauce para corrientes de régimen permanente, ya que el presente estudio no contempla vertimientos directo a cuerpos de agua; las normas de carácter ambiental asociadas Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, del cual, se identificaron los parámetros de acuerdo a los principales usos del recurso en el área de influencia (consumo humano y doméstico, uso agrícola, uso pecuario, uso recreativo mediante contacto primario y contacto secundario). Todas las actividades y la determinación de criterios sobre las campañas de monitoreo, definición de puntos, muestreos y reporte de resultados, se realizaron con base en los protocolos y manuales para el seguimiento y monitoreo del recurso hídrico superficial y subterráneo definidos por el IDEAM como la Guía de Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas elaborada en el 2004 y el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento del agua IDEAM año 2007.

En la Figura 2.27 se muestra la ubicación de los puntos seleccionados para el monitoreo

de agua superficial, en la **Tabla 2.56** se evidencian las características de los puntos seleccionados.

**Figura 2.27 Localización de Puntos de Monitoreo – Campaña 2021**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2021.

**Tabla 2.56** Coordenadas fuentes hídricas objeto de monitoreo

ID	Microcuenca	Punto De Monitoreo	Coordenadas Magna Sirgas, Origen Nacional		Registro Fotográfico
			Este	Norte	
1	Quebrada El Bartolo	C2	1084252.00	1008274.00	
2	Río Jagua	C4	1085519.00	1003396.00	
3	Caño San Isidro	C5	1086043.00	1009424.00	
4	Afluentes Directos	C6	1087328.00	1004697.00	
5	Afluentes Directos	C11	1083436.00	1008744.00	
6	Quebrada Colorada	PUNTO 6	1090179.00	1018774.99	

ID	Microcuenca	Punto De Monitoreo	Coordenadas Magna Sirgas, Origen Nacional		Registro Fotográfico
			Este	Norte	
7	Quebrada El Carmen	PUNTO 8	1090820.00	1019080.00	
8	Quebrada Cachipay	PUNTO 4	1084755.00	1009860.00	
9	Afluentes Directos	P2	1094244.00	1014669.00	
10	Afluentes Directos	P4	1094502.00	1014417.00	
11	Quebrada Cachipay	PUNTO 9	1085721.99	1010977.00	
12	Río Perdido	PUNTO 1	1087346.00	1006855.00	
13	Caño Seco	PUNTO 2	1090175.99	1009539.00	

ID	Microcuenca	Punto De Monitoreo	Coordenadas Magna Sirgas, Origen Nacional		Registro Fotográfico
			Este	Norte	
14	Quebrada Colorada	PUNTO 3	1089160.00	1008332.00	
15	Quebrada San Francisco	PUNTO 10	1087687.00	1007289.99	
16	Quebrada La Corneta	PUNTO 0	1094745.00	1015809.00	
17	Quebrada La Corneta	PUNTO 1	1094161.00	1017401.00	
18	Afluentes Directos	PUNTO 3	1093690.99	1016327.00	
19	Afluentes Directos	C10	1087339.00	1013806.00	

ID	Microcuenca	Punto De Monitoreo	Coordenadas Magna Sirgas, Origen Nacional		Registro Fotográfico
			Este	Norte	
20	Afluentes Directos	C1	1086469.00	1012914.99	
21	Río Guavio	C3	1086684.00	1014602.00	
22	Caño San Isidro	AS 18	1086421.41	1009486.04	
23	Caño San Isidro	AS 17	1085832.00	1009741.00	
24	Quebrada El Calambre	AS12	1087728.99	1012047.00	
25	Quebrada El Calambre	AS14	1087739.00	1010854.99	
26	Afluentes Directos	AS 2	1087583.00	1004309.00	

ID	Microcuenca	Punto De Monitoreo	Coordenadas Magna Sirgas, Origen Nacional		Registro Fotográfico
			Este	Norte	
27	Afluentes Directos	AS 1	1086234.00	1004943.00	
28	Río Perdido	AS 4	1086508.00	1006384.00	
29	Quebrada La Dorada	AS 11	1089122.00	1012247.00	
30	Quebrada Cuarteles	AS 13	1088369.00	1012435.00	
31	Caño La Quebrada	AS 15	1085689.00	1005411.99	
32	Afluentes Directos	AS 3	1085341.99	1005111.00	

ID	Microcuenca	Punto De Monitoreo	Coordenadas Magna Sirgas, Origen Nacional		Registro Fotográfico
			Este	Norte	
33	Quebrada Gaital	AS 10	1091625.00	1009706.00	
34	Caño Seco	AS 6	1091063.00	1009569.00	
35	Quebrada La Pilarica	AS 19	1087574.00	1015521.00	
36	Drenaje NN2	AS 20	1088562.00	1016718.00	
37	Quebrada Colorada	AS 22	1089113.00	1017907.00	
38	Quebrada Cachipay	AS9	1085723.33	1010979.35	

ID	Microcuenca	Punto De Monitoreo	Coordenadas Magna Sirgas, Origen Nacional		Registro Fotográfico
			Este	Norte	
39	Quebrada La Cachama	AS7	1092575.27	1010821.33	
40	Quebrada La Cachama	AS8	1092388.00	1010604.35	
41	Quebrada El Calambre	PUNTO 5	1087594.00	1011430.00	
42	Caño San Isidro	AS16	1085288.00	1008874.00	
43	Quebrada El Carmen	C9	1091922.00	1018969.00	
44	Quebrada Colorada	AS21	1090300.04	1018857.67	

ID	Microcuenca	Punto De Monitoreo	Coordenadas Magna Sirgas, Origen Nacional		Registro Fotográfico
			Este	Norte	
45	Rio Guavio	C8	1093978.89	1015411.56	
46	Quebrada La Romaza	C7	1093488.24	1011930.57	
47	Afluentes Directos	F1	1083015.36	1006515.19	
48	Quebrada Sucia	F2	1085984.89	1011599.75	
49	Quebrada Tominejas	F3	1087152.67	1014849.22	
50	Río Jagua	F4	1085194.85	1003900.52	

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2021.

Los parámetros analizados para determinar la calidad de agua de las fuentes superficiales susceptibles de intervención (Captaciones y ocupaciones de cauce) y localizados en el área de influencia del proyecto, fueron los establecidos en los términos de referencia para la elaboración de estudios de impacto ambiental para proyectos de Exploración de Hidrocarburos (M-M-INA-01) del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y las normas de carácter ambiental asociadas; realizando su respectiva comparación con los criterios de calidad para la destinación del recurso hídrico del área de influencia constituidos en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2016, sección 9, capítulo 3, título 3, parte 2, libro 2, artículos 2.2.3.3.9.4 (destinación del recurso para consumo humano y doméstico, para su potabilización se requiere desinfección), artículo 2.2.3.3.9.5 (destinación del recurso para uso agrícola), artículo 2.2.3.3.9.6 (destinación del recurso para uso pecuario), artículo 2.2.3.3.9.7 ( fines recreativos mediante contacto primario) artículo 2.2.3.3.9.8 (fines recreativos mediante contacto secundario), expedido por Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS. A continuación, en la Tabla 2.57 se relacionan los parámetros monitoreados en cuerpos de agua superficiales.

**Tabla 2.57 Parámetros monitoreados en cuerpos de agua**

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	REFERENCIA MONITOREO	METODO
ALCALINIDAD TOTAL	mg CaCO <sub>3</sub> /L	VOLUMETRICO	Índice de Contaminación por Mineralización	SM 2320 B
ALUMINIO	mg Al/L	E.A.A.	Decreto1076/2015 (Uso agrícola y pecuario)	SM 3030 E, SM 3111 D
ARSENICO TOTAL	mgAs/L	DIGESTION ACIDO NITRICO/ACIDO CLORHIDRICO - E.A.A.	Decreto1076/2015 (Consumo humano y doméstico, agrícola, pecuario)	SM 3114 B (4D)
BARIO	mg Ba/L	E.A.A.	Decreto1076/2015 (Consumo humano y domestico)	SM 3030 E, SM 3111 D
BERILIO TOTAL	mg Be/L	DIGESTION ACIDO NITRICO - E.A.A. LLAMA DIRECTA OXI	Decreto1076/2015 (Uso agrícola)	SM 3030 E, SM 3111 D
BIFENILOS POLICLORADOS - PCBs	mg/L	EXTRACCION LIQUIDO-LIQUIDO / (GC / ECD)		US-EPA 3510 C, REV 3 DIC 1996 - SW-846, US-EPA 8082 A, REV 1 FEB 2007
BORO	mg B/L	COLORIMETRICO CURCUMINA	Decreto1076/2015 (Uso pecuario)	SM 4500-B B
CADMIO	mg Cd/L	E.A.A.	Decreto1076/2015 (Consumo)	SM 3030 E, SM 3111 B

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	REFERENCIA MONITOREO	METODO
			humano, doméstico, agrícola, pecuario)	
CIANURO TOTAL	mg CN/L	DESTILACION - VOLUMETRICO	Decreto1076/2015 (Consumo humano y domestico)	SM 4500CN B, C, D
COBALTO	mg Co/L	E.A.A.	Decreto1076/2015 (Uso agrícola)	SM 3030 E, SM 3111 B
COBRE	mg Cu/L	E.A.A.	Decreto1076/2015 (Consumo humano, doméstico, agrícola, pecuario)	SM 3030 E, SM 3111 B
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES)	NMP/100mL	SUSTRATO ENZIMATICO	Decreto1076/2015 (Consumo humano, domestico, recreativos)	SM 9223 B
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	SUSTRATO ENZIMATICO	Decreto1076/2015 (Consumo humano, domestico, recreativos)	SM 9223 B
COLOR APARENTE	UPC	ESPECTROFOTOMETRICO - LONGITUD DE ONDA SIMPLE	Resolución 0421 de 2014.	SM 2120 C
COLOR VERDADERO - LONGITUD DE ONDA 436nm	m-1	DETERMINACION DE COLOR VERDADERO USANDO INSTRUMENT	Decreto1076/2015 (Consumo humano y domestico)	ISO 7887 2012 METODO B
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	µS/cm	ELECTROMETRICO	Resolución 0421 de 2014.	SM 2510 B
CROMO HEXAVALENTE	mg/L	COLORIMETRICO	Decreto1076/2015	SM 3500 Cr B
CROMO TOTAL	mg Cr/L	E.A.A.		SM 3030 E, SM 3111 B
DBO5	mg O2/L	INCUBACION 5 DIAS - ELECTRODO DE MEMBRANA	Indice de Contaminación por Materia Orgánica	SM 5210 B, SM 4500-O G
DQO	mg O2/L	REFLUJO CERRADO - VOLUMETRICO	Indice de Calidad de agua	SM 5220 C

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	REFERENCIA MONITOREO	METODO
DUREZA TOTAL	mg CaCO <sub>3</sub> /L	VOLUMETRICO - EDTA	Índice de Contaminación por Mineralización	SM 2340 C
FENOLES	mg/L	DESTILACION - EXTRACCION CON CLOROFORMO	Decreto1076/2015 (Consumo humano, domestico, recreativos)	EPA 9065, REV 0, SEPTIEMBRE 1986.
FLUORUROS	mg F-/L	ELECTRODO ION SELECTIVO		SM 4500 F - C
FOSFATOS	mg P-PO <sub>4</sub> -3/L	ACIDO ASCORBICO		SM 4500 PO4 - E
FOSFORO TOTAL	mg P/L	ACIDO ASCORBICO	Índice de Contaminación por Trofia	SM 4500 P - B, E
GRASAS Y ACEITES	mg/L	PARTICION - INFRARROJO	Resolución 0421 de 2014.	SM 5520 C
HIDROCARBUROS AROMATICOS POLINUCLEARES - HAPS	mg/L	EXTRACCION LIQUIDO-LIQUIDO / ( GC/FID)		US-EPA 3510 C,REV 3 DIC 1996 - US-EPA 8100 REV 0, SEP 1986
HIERRO TOTAL	mg Fe/L	E.A.A.	Decreto1076/2015 (Uso agrícola)	SM 3030 E, SM 3111 B
LITIO	mg Li/L	E.E.A.	Decreto1076/2015 (Uso agrícola)	SM 3030 E, SM 3111 B
MANGANESO	mg Mn/L	E.A.A.	Decreto1076/2015 (Uso agrícola)	SM 3030 E, SM 3111 B
MERCURIO	mg Hg/L	E.A.A. - VAPOR FRIO	Decreto1076/2015 (Consumo humano, doméstico y pecuario)	SM 3112 B
MOLIBDENO TOTAL	mg Mo/L	DIGESTION ACIDO NITRICO - E.A.A. LLAMA DIRECTA OXI	Decreto1076/2015 (Uso agrícola)	SM 3030 E, SM 3111 D
NIQUEL	mg Ni/L	E.A.A.	Decreto1076/2015 (Uso agrícola)	SM 3030 E, SM 3111 B
NITRATO	mg N-NO <sub>3</sub> /L	COLORIMETRICO	Decreto1076/2015 (Consumo humano, doméstico y pecuario)	ISO 7890-3:1988
NITRITOS	mg N-NO <sub>2</sub> /L	COLORIMETRICO	Decreto1076/2015 (Consumo	SM 4500 NO2 - B

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	REFERENCIA MONITOREO	METODO
			humano, doméstico y pecuario)	
NITROGENO AMONIACAL	mg NH <sub>3</sub> -N /L	DESTILACION - VOLUMETRICO		SM 4500 NH <sub>3</sub> B, C
NITROGENO TOTAL (NTK+NO <sub>2</sub> + NO <sub>3</sub> )	mg N/L	CALCULO		
NITROGENO TOTAL KJELDAHL	mg N/L	SEMI MICRO KJELDAHL, DESTILACION - VOLUMETRICO		SM 4500 Norg C, SM 4500-NH <sub>3</sub> B, C
OXIGENO DISUELTO	mg O <sub>2</sub> /L	LUMINISCENCIA	Decreto1076/2015	ISO 17289: JULIO 2014
PESTICIDAS ORGANOCORADOS	mg/L	EXTRACCION LIQUIDO - LIQUIDO / (GC/uECD)		EPA 3510 C, REV 3 DIC 1996 - EPA 8081 B, REV 2 FEB 2007
PESTICIDAS ORGANOFOSFORADOS	mg/L	EXTRACCION LIQUIDO- LIQUIDO / (GC/NPD)		EPA 3510 C, REV 3 DIC 1996 - EPA 8141 B, REV 2 FEB 2007
pH	UNIDADES	ELECTROMETRICO	Decreto1076/2015 (Consumo humano, doméstico, agrícola y recreativos) Resolución 0421 de 2014.	SM 4500H+ B
PLATA	mg Ag/L	E.A.A.	Decreto1076/2015 (Consumo humano y domestico)	SM 3030 E, SM 3111 B
PLOMO	mg Pb/L	E.A.A.	Decreto1076/2015 (Consumo humano, doméstico, agrícola y pecuario)	SM 3030 E, SM 3111 B
SELENIO TOTAL	mg Se/L	E.A.A. - GENERADOR DE HIDRUROS MANUAL	Decreto1076/2015 (Consumo humano, doméstico y agrícola)	SM 3114 B
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	SECADO 180°C	Resolución 0421 de 2014.	SM 2540 C

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	REFERENCIA MONITOREO	METODO
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	VOLUMETRICO (CONO IMHOFF)	Resolución 0421 de 2014.	SM 2540 F
SOLIDOS SUSPENDIDOS INORGANICOS	mg/L		Resolución 0421 de 2014.	SM 2540 D
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	SECADO A 103-105°C	Resolución 0421 de 2014.	SM 2540 D
SULFATOS	mg SO4-2/L	TURBIDIMETRICO	Decreto1076/2015 (Consumo humano y domestico)	SM 4500-SO4 E
SULFURO DE HIDROGENO	mg S2- / L		Decreto1076/2015 (Preservación de flora y fauna)	SM 4500 S-2 H
TEMPERATURA MUESTRA	°C	TERMOMETRICO	Resolución 0421 de 2014.	SM 2550 B
TENSOACTIVOS (SAAM)	mg LAS/L	COLORIMETRICO	Decreto1076/2015 (Consumo humano y domestico)	SM 5540 C
TURBIEDAD	NTU	NEFELOMETRICO	Decreto1076/2015 (Consumo humano, doméstico, recreativos)	SM 2130 B
ZINC	mg Zn/L	E.A.A.	Decreto1076/2015 (Consumo humano, doméstico, agrícola, pecuario)	SM 3030 E, SM 3111 B

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2021.

La caracterización Físicoquímica y microbiológica de las fuentes de agua superficial para la modificación de la Licencia Ambiental del Área de Perforación Exploratoria-APE Medina Occidental, fue realizado por la empresa MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. De acuerdo con lo anterior, los parámetros monitoreados y procedimientos de muestreo está acreditado pro el IDEAM según la resolución 1809 del 20 de diciembre de 2019, en cumplimiento con el Decreto MADS 1076 de 2015, capítulo 9, sección1.

#### 2.4.3.7.5 Etapa de Campo Campaña 2021

La caracterización físicoquímica de las fuentes de agua superficiales para Área de Perforación Exploratoria APE Medina Occidental fue realizada por MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental SAS. De acuerdo con lo anterior, los análisis de cada uno de los parámetros monitoreados y el procedimiento de muestreo está acreditado por el IDEAM según Resolución 0775 del 14 de septiembre del 2020, en cumplimiento del Decreto MADS 1076 de 2015, Capítulo 9, Sección 1. (Anexo 5.1.3 Calidad de agua\Campaña 2021\Anexo 3. Resolución de Acreditación)

La caracterización se llevó a cabo en 50 puntos de monitoreo desde el 3 al 12 de marzo de 2021 (Anexo 5.1.3 Calidad de agua\Campaña 2021\Anexo 1. Soportes de Campo).

#### **2.4.3.7.6 Etapa Post Campo Campaña 2021**

La evaluación de los resultados fisicoquímicos de las aguas superficiales consistió en su comparación con los criterios establecidos en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 en sus artículos 2.2.3.3.9.3 (Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico), 2.2.3.3.9.4 (Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico), 2.2.3.3.9.5 (Criterios de calidad para uso agrícola) y 2.2.3.3.9.6 (Criterios de calidad para uso Pecuario) debido a que las fuentes objeto de monitoreo son utilizadas por algunos usuarios para consumo doméstico, pecuario y agrícola.

#### **2.4.3.8 Usos del agua**

En el presente apartado se describe la metodología sugerida para identificar los usos y usuarios actuales y proyectados de las diferentes fuentes hídricas superficiales afectadas por el proyecto y determinar los posibles conflictos sobre el recurso hídrico en el proyecto.

Tomando como base lo solicitado por los términos de referencia M-M-INA-01, se realizó el inventario de usos y usuarios actuales y potenciales, de los cuerpos de agua que pretenden ser intervenidos por el proyecto, los cuales tendrán una incidencia por actividades de captación u ocupación de cauce.

Adicionalmente se verificaron los posibles conflictos de uso tanto por la disponibilidad del recurso, teniendo en cuenta el análisis de caudales mínimos para diferentes periodos de retorno, como por uso del agua y estimando la demanda teniendo en cuenta el inventario de usos y usuarios.

La metodología implementada se orientó hacia la identificación de los usos y usuarios actuales del recurso hídrico superficial, en las zonas objeto de aprovechamiento o intervención para la solicitud de la modificación en la Licencia Ambiental del APE Medina Occidental. El procedimiento metodológico utilizado, se describe a continuación:

##### **2.4.3.8.1 Etapa Precampo**

Se consultó inicialmente el estudio de impacto ambiental de 1998 mediante el cual se obtuvo la licencia ambiental para el APE Medina Occidental, adicionalmente se realizó la consulta de manera formal, a las autoridades ambientales regionales (Corpoguavio y Corpochivor), en cuanto a las concesiones y permisos de vertimiento actualmente vigentes sobre los cuerpos de agua que se encuentran en el área de interés.

En esta primera fase, se identifican los usos actuales (Figura 2.28) y proyectados de los cuerpos de agua en el área de estudio a partir de información solicitada y recopilada en Corporaciones.

Figura 2.28 Formato para toma de datos en campo de Usos del Agua

FICHA DE CARACTERIZACIÓN USO Y USUARIOS DEL AGUA FOR-USOS DEL AGUA-01		1/1
		
<b>A. INFORMACIÓN OPERACIONAL</b>		
1. Número del Formulario	<input type="text"/>	
2. Comisión	<input type="text"/>	
3. Fecha (aaaa/mm/dd)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5. Profesional que diligenció	<input type="text"/>	
<b>B. INFORMACIÓN GENERAL</b>		
6. Departamento	<input type="text"/>	
7. Municipio	<input type="text"/>	
8. Vereda	<input type="text"/>	
<b>C. IDENTIFICACIÓN DEL USO</b>		
9. Captación superficial <input type="checkbox"/>	10. Captación subterránea <input type="checkbox"/>	11. Vertimiento <input type="checkbox"/>
pasar a: D, luego E, F, H y J		
<b>D. REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>		
<b>E. COORDENADAS DE LOCALIZACIÓN</b>		
ESTE: <input type="text"/>	NORTE: <input type="text"/>	
<b>F. IDENTIFICACIÓN DEL CUERPO DE AGUA SUPERFICIAL</b>		
12. Nombre del cuerpo de agua (Región): <input type="text"/>		
13. Tipo de corriente:		
Cuerpo léntico	<input type="checkbox"/>	Única
Cuerpo lótico	<input type="checkbox"/>	Única
14. Tipo cuerpo léntico:		
Jagüey	<input type="checkbox"/>	Única
Embalse	<input type="checkbox"/>	Única
Humedal	<input type="checkbox"/>	Única
Laguna	<input type="checkbox"/>	Única
Ciénaga	<input type="checkbox"/>	Única
Pantano	<input type="checkbox"/>	Única
Estero	<input type="checkbox"/>	Única
Otra	<input type="checkbox"/>	Única
cual?	<input type="checkbox"/>	Única
15. Tipo cuerpo lótico:		
Río	<input type="checkbox"/>	Única
Caño	<input type="checkbox"/>	Única
Quebrada	<input type="checkbox"/>	Única
Arroyo	<input type="checkbox"/>	Única
C. de agua intermitente	<input type="checkbox"/>	Única
Canal	<input type="checkbox"/>	Única
<b>G. IDENTIFICACIÓN AGUA SUBTERRÁNEA</b>		
16. Tipo de captación:		
Fozo	<input type="checkbox"/>	Única
Aljibe	<input type="checkbox"/>	Única
Manantial	<input type="checkbox"/>	Única
Otro	<input type="checkbox"/>	Única
Cual? <input type="text"/>		
<b>H. INFORMACIÓN CAPTACIÓN SUPERFICIAL O SUBTERRÁNEA</b>		
17. Caudal estimado de captación (consulta con propietario) <input type="text"/> litros/día		
18. Margen (solo aplica a superficial):		
Derecha	<input type="checkbox"/>	Única
Izquierda	<input type="checkbox"/>	Única
19. Tipo de captación:		
Motobomba	<input type="checkbox"/>	Única
Flotante - gravedad	<input type="checkbox"/>	Única
Lateral	<input type="checkbox"/>	Única
Sumergida	<input type="checkbox"/>	Única
Uso directo	<input type="checkbox"/>	Única
20. Permiso de captación:		
SI	<input type="checkbox"/>	Única
NO	<input type="checkbox"/>	Única
No. <input type="text"/>		
21. Tipo de conducción:		
Tubería	<input type="checkbox"/>	Única
Manguera	<input type="checkbox"/>	Única
Canal	<input type="checkbox"/>	Única
22. Tipo de tratamiento:		
Cribado	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Desarenador	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Físico - químico	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Biológico	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Filtrado	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Desinfección	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Sin tratamiento	<input type="checkbox"/>	Múltiple
23. Tipo de almacenamiento:		
Reservorios	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Tanques	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Canecas	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Ninguno	<input type="checkbox"/>	Múltiple
24. Tipo de uso:		
Consumo Humano y doméstico	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Preservación de flora y fauna	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Agrícola	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Pecuario	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Recreativo	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Industrial	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Piscícola	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Riego	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Navegación y transporte acuático	<input type="checkbox"/>	Múltiple
* Número de personas que viven en la casa: <input type="text"/>		
25. Observación <input type="text"/>		
<b>I. INFORMACIÓN VERTIMIENTO</b>		
26. Caudal estimado de vertimiento (consulta con propietario) <input type="text"/> litros/día		
27. Tipo de tratamiento:		
Pretratamiento (a)	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Pozo Séptico	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Trampa de grasas	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Lagunas de estabilizaci	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Humedal	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Lodos activados	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Sin Tratamiento	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Otro	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Cual?	<input type="checkbox"/>	Múltiple
28. Tipo de descarga:		
Tubería	<input type="checkbox"/>	Única
Canal abierto	<input type="checkbox"/>	Única
Campo de infiltración	<input type="checkbox"/>	Única
Red de alcantarillado	<input type="checkbox"/>	Única
Ecorrentía	<input type="checkbox"/>	Única
29. Tipo de flujo del vertimiento:		
Continuo	<input type="checkbox"/>	Única
Periódico	<input type="checkbox"/>	Única
Esporádico	<input type="checkbox"/>	Única
30. Tipo de flujo del vertimiento:		
SI	<input type="checkbox"/>	Única
NO	<input type="checkbox"/>	Única
No. <input type="text"/>		
31. Vertimiento:		
Doméstico	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Agrícola	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Pecuario	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Industrial	<input type="checkbox"/>	Múltiple
Otro	<input type="checkbox"/>	Múltiple
cual?	<input type="checkbox"/>	Múltiple
<b>J. CONFLICTO POR USO</b>		
32. Evidencias de conflictos por uso del agua:		
SI	<input type="checkbox"/>	Única
NO	<input type="checkbox"/>	Única
33. Causas de conflicto por uso: <input type="text"/>		

Fuente: Concolby WSP, 2020

#### 2.4.3.8.2 Etapa de campo

Para determinar los usos del agua y la demanda hídrica superficial necesaria para la determinación de los posibles conflictos por el recurso hídrico, fue necesario realizar una encuesta de usos y usuarios empleando el formato presentado en la Figura 2.28.

Inicialmente se visitaron los puntos de captación propuestos para la solicitud de la modificación de la licencia ambiental del APE Medina Occidental, así como las ocupaciones de cauce a incluir, con el fin de establecer las áreas sobre las cuales se realiza el inventario de usuarios.

Se realizaron recorridos alrededor de los cuerpos de agua a aprovechar y/o intervenir, tomando 1 kilómetro aguas arriba y 1 kilómetro aguas abajo, visitando los usuarios identificados, para recopilar información acerca de la fuente de agua que aprovechan, el número de personas que se radican en la vivienda, los usos que le dan al agua (doméstico, pecuario, agrícola, entre otros), así como el manejo de los residuos sólidos y domésticos. Lo anterior, se recopiló mediante el diligenciamiento de formatos digitales tipo encuesta, que se utilizaron en cada uno de los predios.

Dentro de la información consultada mediante la encuesta, se pretendió establecer las dinámicas de consumo de agua de la población asentada en el área de estudio, es decir si empleaban agua superficial y el volumen o caudal destinado a cada uno de los usos en sus predios.

#### 2.4.3.8.3 Etapa Post Campo

La tercera etapa en la metodología consiste en el procesamiento de la información de campo con el fin de realizar la construcción documental del apartado usos del agua que hace parte del componente de hidrología, se establece la demanda actual del recurso y conflictos, sobre los cuerpos de agua a intervenir y aprovechar por el proyecto, con base a la información recopilada en las etapas anteriores.

Además, se identifican los posibles conflictos actuales y potenciales sobre la disponibilidad y usos del agua, teniendo en cuenta el análisis de frecuencia de caudales mínimos para diferentes periodos de retorno, así como el cálculo del índice de escasez.

- **Análisis de frecuencias de caudales mínimos**

En este análisis se determinan las probabilidades de no excedencia de los caudales máximos y mínimos para las fuentes hídricas superficiales que atraviesan el área de estudio del proyecto para diferentes periodos de retorno; cabe resaltar que las series de caudales mínimos se ajustan mediante una distribución teórica de Gumbel, cuya función de densidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[ -\frac{x-u}{\alpha} - \exp \left( -\frac{x-u}{\alpha} \right) \right]$$

Y su función de distribución es

$$f(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Dónde,  $\alpha$  y  $u$  son parámetros de distribución.

- **Demanda Hídrica**

La demanda hídrica total fue determinada por la sumatoria de los consumos domésticos, agrícolas y pecuarios, en el área de influencia no hay demanda industrial. La unidad de estudio para la cual se determinaron dichas variables fueron las cuencas aferentes a las 312 ocupaciones de cauce, posteriormente se cuantificaron las coberturas o usos del suelo en 12 categorías (ver Tabla 2.58). A partir de la cobertura “pastos” se determinó el área potencial para la actividad pecuaria (ganadería).

Las coberturas o uso actual del suelo para el territorio de las unidades territoriales se definieron con base en las siguientes fuentes de información: a) información recolectada en campo, b) Información de los POMCAS de los ríos Guavios y Humea que datan del año 2017. La razón por la cual se toma información de los POMCA es que la extensión de las cuencas hidrográficas asociadas al área de influencia excede el área de influencia físico – biótica del proyecto.

- **Demanda por uso doméstico**

El consumo doméstico se basó en el número total de habitantes por vereda, posteriormente se calculó el consumo según el artículo 43 “Dotación neta máxima” Resolución 330 de 2017, donde la dotación máxima se define así:

**Tabla 2.58 Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida**

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
> 2.000 m.s.n.m	120
1.000 – 2.000 m.s.n.m	130
< 1.000 m.s.n.m	140

Fuente: Resolución 0330 de 2017

- **Demanda por uso Agrícola**

Demanda por uso agrícola: la demanda agrícola se determinó mediante la fórmula siguiente:

$$D_a = \left[ \frac{(K_c * ETP) - \left(\frac{Pp * K_e}{100}\right)}{K_r} \right] * A$$

Dónde:

$D_a$  Requerimiento del agua de cultivo (m<sup>3</sup>/s)

$K_c$	Coefficiente del cultivo
$ETP$	Evapotranspiración de referencia potencial (mm/año)
$K_r$	Coefficiente de eficiencia de riego
$K_e$	Coefficiente de escurrimiento
$Pp$	Precipitación media anual (mm/año)
$A$	Area cultivada (m <sup>2</sup> )

Las variables  $K_c$ ,  $K_r$  y  $K_e$  fueron determinadas según los POMCA de los ríos Guavio y Humea

- **Demanda por uso pecuario**

A partir de la cobertura “pastos” se determinó el potencial número de cabezas de ganado, el cual se determinó según los datos de FEDEGAN (Fedegán - Fondo Nacional del Ganado, 2014) donde se define que la densidad del ganado en Cundinamarca es 0,79 Cabezas/ha

- **Cálculo del índice de escasez**

El índice de escasez es el resultado de la presión que se ejerce sobre el recurso hídrico por actividad doméstica, agrícola, pecuaria e industrial versus la oferta hídrica de la cuenca, por lo tanto, para efectos del estudio se debe abarcar toda el área de la cuenca aguas arriba del tramo interceptado por el área de influencia.

Posterior al cálculo de la demanda actual y potencial, se realiza la comparación de dichos resultados con los caudales máximos calculados para diferentes periodos de retorno (2, 3, 5, 10, 20, 50 y 100años), con el fin de establecer si existe algún tipo de conflicto con respecto a la oferta. Otra forma de establecer el conflicto de agua por disponibilidad es mediante el cálculo del índice de escasez.

La Resolución 865 de 22 de julio de 2004, define el índice de escasez como la relación porcentual entre la demanda de agua del conjunto de actividades sociales y económicas con la oferta hídrica disponible, teniendo en cuenta que se deben mantener flujos adecuados para garantizar la calidad de las aguas y el caudal ecológico. El índice de escasez es un indicador de la suficiencia o insuficiencia de la oferta hídrica de una determinada área (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004).

El índice de escasez se puede expresar mediante la fórmula:

$$Ie = D/O * 100$$

Dónde:

- Ie – Es Índice de escasez (%)
- D – Es la demanda hídrica (m<sup>3</sup>)
- O – Es la oferta hídrica neta disponible (m<sup>3</sup>)

Con el fin de determinar si existe algún tipo de conflicto por disponibilidad mediante el cálculo del índice por uso, se debe interpretar el resultado con la definición que se presentan en la Tabla 2.59.

**Tabla 2.59 Categorías e interpretación del índice por uso**

CATEGORÍA	RANGO ÍNDICE DE ESCASEZ	COLOR	DEFINICIÓN
Alta	>50 %	Rojo	Demanda Alta
Media alta	21 – 50 %	Naranja	Demanda Apreciable
Media	11 – 20 %	Amarillo	Demanda Baja
Mínima	1 – 10 %	Verde	Demanda muy Baja
No Significativa	< 1 %	Azul	Demanda no Significativa

Fuente: Resolución 0865 de 2004, numeral 5.3

### 2.4.3.9 Hidrogeología

El estudio de hidrogeología del APE Medina Occidental tiene como objetivo dar cumplimiento a los requerimientos del Estudio de Impacto Ambiental, con base en los Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – Proyectos de Perforación exploratoria de Hidrocarburos (MADS, 2014) y la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010.

El propósito de este capítulo es describir las etapas necesarias para la identificación y caracterización de las unidades hidrogeológicas presentes en el Área de Influencia del APE Medina Occidental. Esta caracterización reúne información de varios procesos los cuales involucran una etapa de precampo, campo y post campo. Los cuales están enfocados a la identificación y caracterización del agua subterránea y los acuíferos presentes en el área de influencia, de manera que se pueda establecer una línea base que sirva como punto de referencia para el posterior monitoreo de este recurso en términos de calidad y cantidad.

#### 2.4.3.9.1 Etapa Precampo

En esta etapa se realizó la recopilación y análisis de información secundaria para lo cual se consultaron estudios de diferentes entidades (Ver Tabla 2.60, relacionadas con los aspectos geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos que incluyen información hidro geoquímica, geofísica, geoquímica y caracterización de aguas subterráneas emitidas por entidades oficiales (IDEAM, SGC, Corporaciones Autónomas Regionales - CORPOCHIVOR Y CORPOGUAVIO); como información base se tiene la Cartografía Geológica Plancha 229 escala 1:100.0000, Plancha 5-09 Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia, escala 1:500.000. y Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2010-2014-2018), con base en esto se definen las características hidrogeológicas regionales del Área de Influencia del Proyecto.

**Tabla 2.60 Relación de información secundaria utilizada en la caracterización hidrogeológica.**

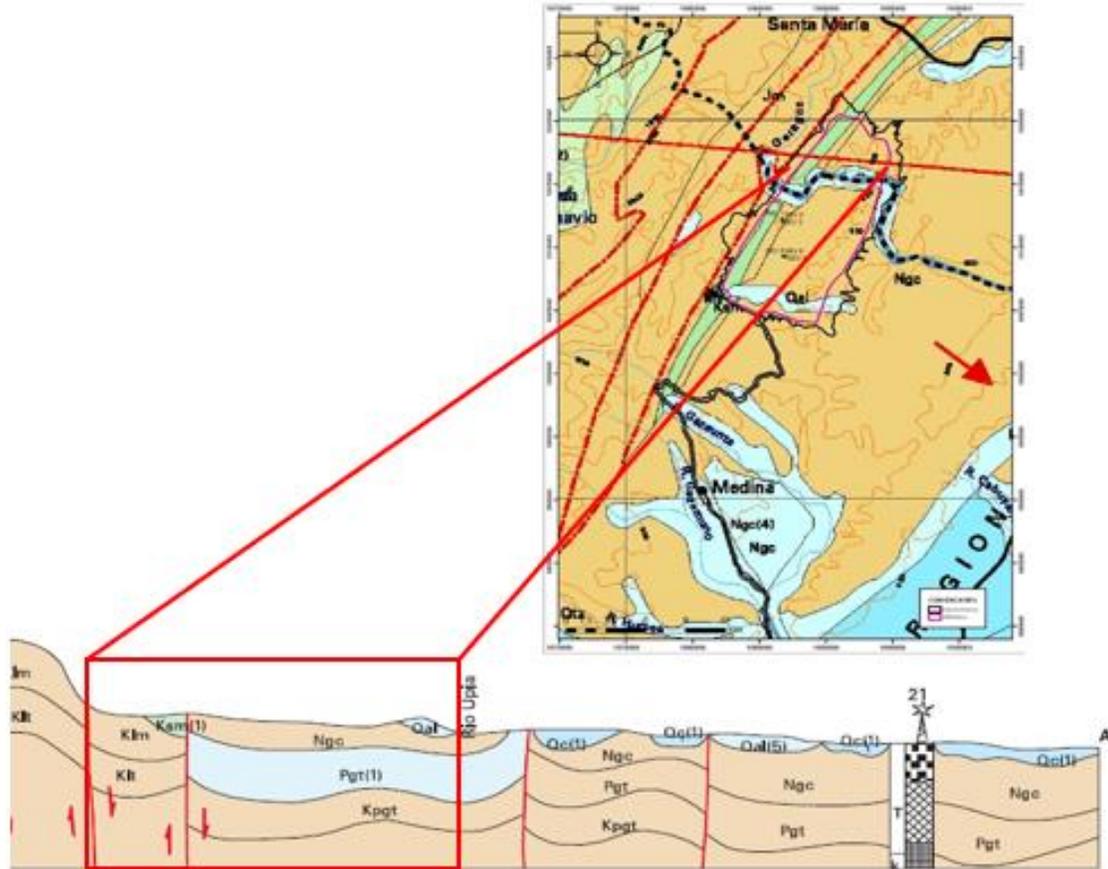
TITULO	FUENTE	OBSERVACIONES
Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia en escala 1:500.000	INGEOMINAS, 2000	Se realiza un acercamiento a la caracterización del área teniendo en cuenta esta cartografía regional
Plancha Geológica 229	SGC	Se interpreta la litología característica de cada unidad hidrogeológica.
Estudio Nacional del Agua 2010, 2014, 2018	IDEAM 2010, 2014, 2018	Se identifican la provincia hidrogeológica a la cual pertenece el proyecto, la columna hidrogeológica generalizada, y la presencia de sistemas acuíferos.
POMCA-Río Guavio	CAR,CORPORINOQUIA,CORPOCHIVOR, CORPOGUAVIO 2017	Se realiza un análisis del mapa hidrogeológico presentado, para identificar las unidades hidrogeológicas a escala 1:100.000
Modelo Hidrogeológico Conceptual del Municipio de Yopal -Departamento de Casanare	SGC, 2018	Se tomaron los parámetros hidráulicos utilizados para la caracterización de las unidades hidrogeológicas
Modelo hidrogeológico de Boyacá Centro	SGC, 2016	Se tomaron los parámetros hidráulicos utilizados para la caracterización de las unidades hidrogeológicas
Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca del Río Guatiquía	CORMACARENA, 2018	Se realiza análisis del contexto hidrogeológico y de las unidades hidrogeológicas
EIA Proyecto UPME, Subestación Chivor	CONSORCIO AMBIENTAL CHIVOR, 2016	Se realiza análisis del contexto hidrogeológico y de las unidades hidrogeológicas
Memoria de la Cartografía geofísica Método Magnético Plancha 229 Gachala. Escala 1:100.000	INGEOMINAS, 2009	Muestra las anomalías magnéticas que permitieron elaborar un modelamiento estructural, en el cual se concluye que el Sinclinal de Nazareth es amplio y presenta la mayor carga sedimentaria de la zona de estudio. De igual manera se evidencia que la Fallas de Tesalia es inversa y presenta un levantamiento de aproximadamente 3 kilómetros.
Modelo Hidrogeológico conceptual y Matemático para el municipio Castilla La Nueva, Departamento del Meta	Martinez, C. (2018)	Se realiza análisis del contexto hidrogeológico y de las unidades hidrogeológicas con el fin de la elaboración del modelo hidrogeológico conceptual y el modelo numérico con Feflow V 7.0. Se tomaron los parámetros

TITULO	FUENTE	OBSERVACIONES
		hidráulicos utilizados para la caracterización de las unidades hidrogeológicas
<b>Structural framework of the Edwards Aquifer recharge zone</b>	Ferrill, & Sims. (2004)- GSA Bulletin, 407–418.	Identifican la importancia de los rasgos estructurales en para las zonas de recarga.
<b>Effects of geological structures on groundwater flow and quality</b>	Senthilkumar. (2015).Journal of Earth System Science, 405-418.	Identifican la influencia de los rasgos estructurales y la geometría de las cuencas sedimentarias para las zonas de recarga y las direcciones de flujo.
<b>Orogenic wedge advance in the northern Andes: Evidence from the Oligocene-Miocene sedimentary record of Medina Basin, Eastern Cordillera, Colombia.</b>	Parra et al. (2008). Geological Society of America Bulletin.	Se identifica la evolución sedimentaria de la cuenca de Medina,
<b>Revisión de puntos de agua subterránea en el Municipio de Ubalá Cundinamarca</b>	Ecopetrol, 2018	Se toma la información de los 6 sondeos eléctricos verticales, realizados en la Formación Caja

Fuente: Concolby WSP, 2020

En la Figura 2.29 se observa el área de estudio sobre el Atlas de aguas subterráneas de Colombia, se puede observar que la información para el área donde se localiza el APE Median Occidental se encuentra a una escala pequeña que no permite identificar características estructurales o hidrogeológicas, por lo cual se refino la escala de trabajo con los trabajos de campo.

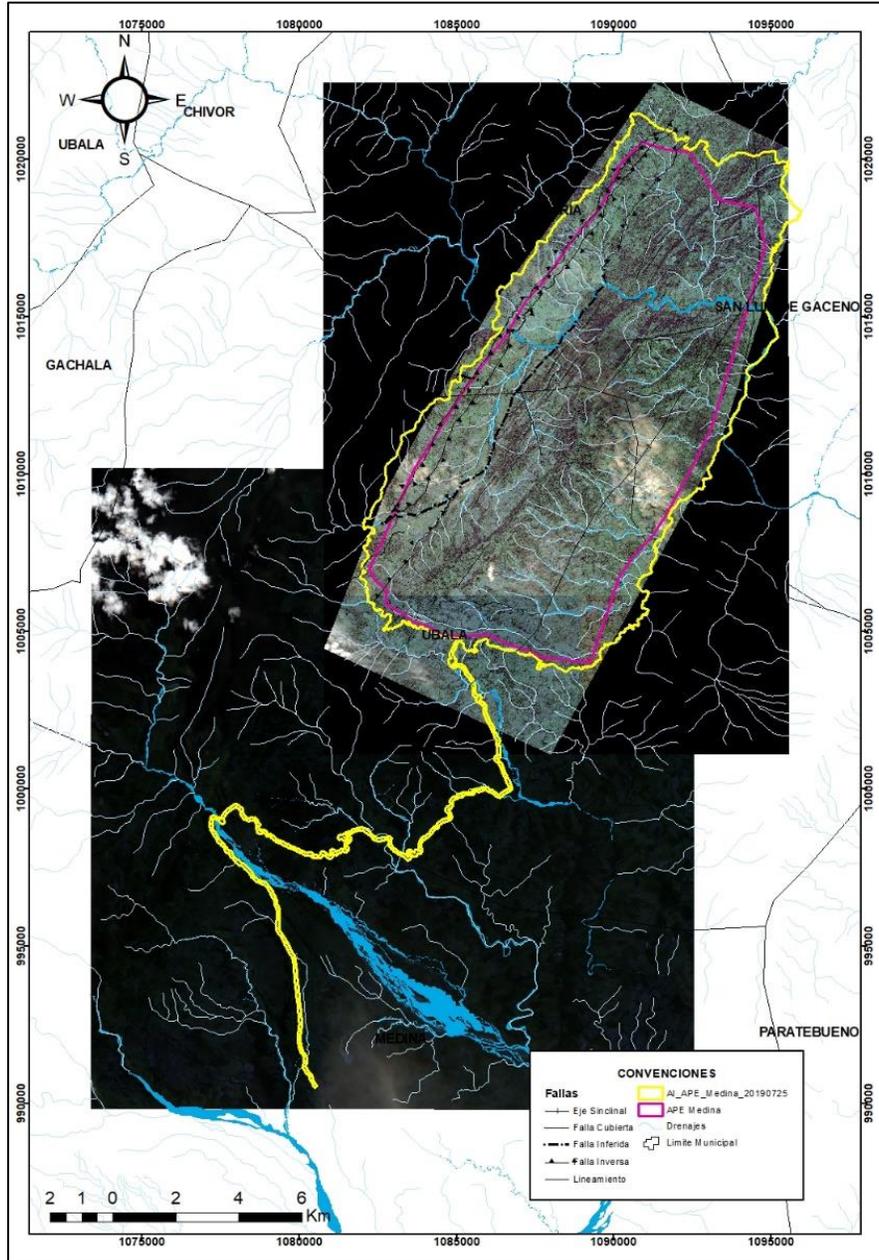
**Figura 2.29** AI Medina Occidental y el Atlas Hidrogeológico de Colombia



Modificado de: INGEOMINAS, 2000

Se realizó el análisis del Modelo Digital de Elevación Alos Palsar 12.5, DEM de 5 metros, se analizó el mosaicoworldview (Figura 2.30), el cual junto con las características estructurales y geomorfológicas del área permitieron identificar las zonas con cambios de pendientes y podrían ser sitios de posibles manantiales.

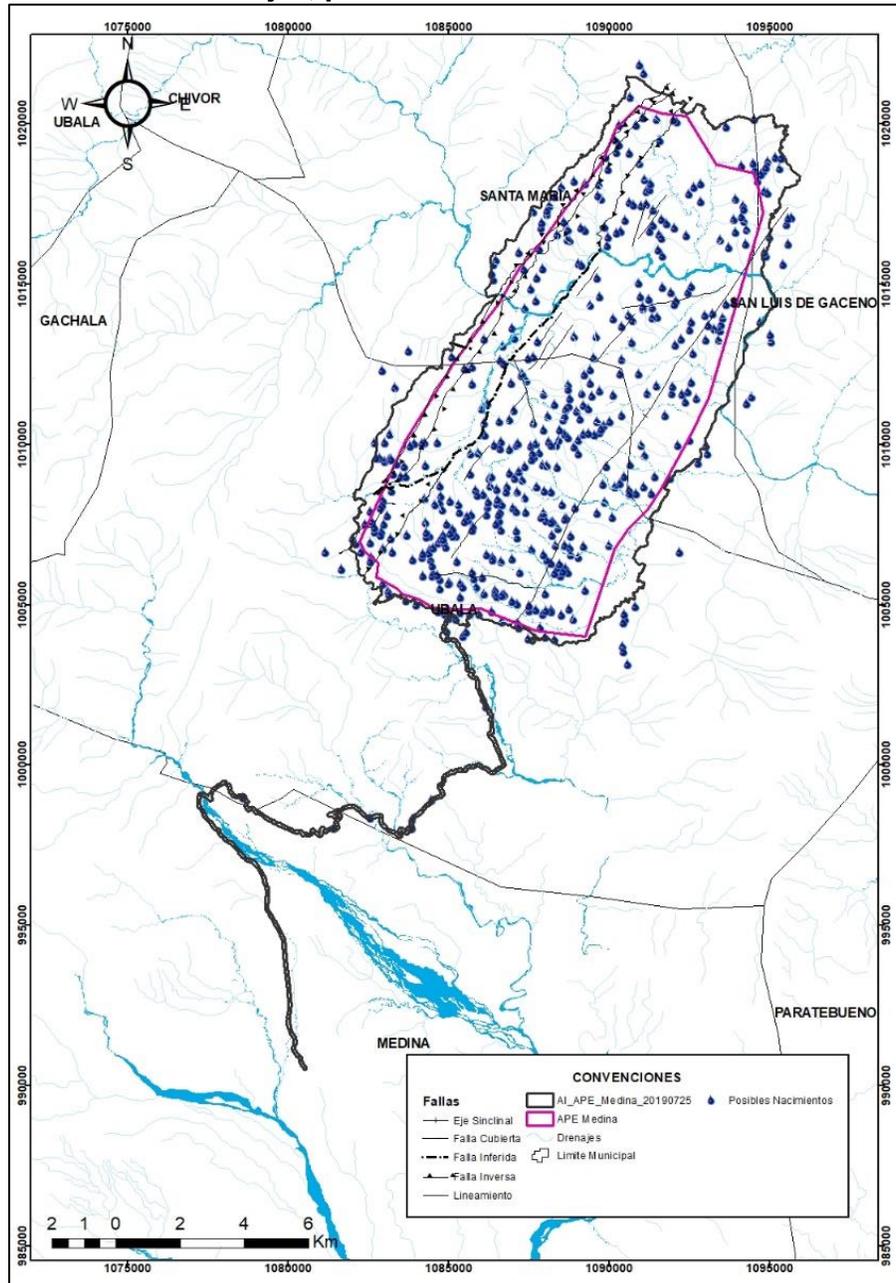
**Figura 2.30 Imagen Worldview 2017 AI APE Medina Occidental**



Fuente: Concolby WSP, 2020

También se realizó con ayuda del Software ArcGis la identificación de los posibles puntos inicio de los drenajes (Figura 2.31), con el fin de identificar lugares con mayores densidades de puntos o algún tipo de alineamientos que se pudieran asociar a características estructurales. Esta información junto con las características geomorfológicas del drenaje se identificó el sector conocido como “Los Callejones” en la vereda la Romanza, sitio que presenta mayor densidad de inicio de drenajes y cambios fuertes de pendiente.

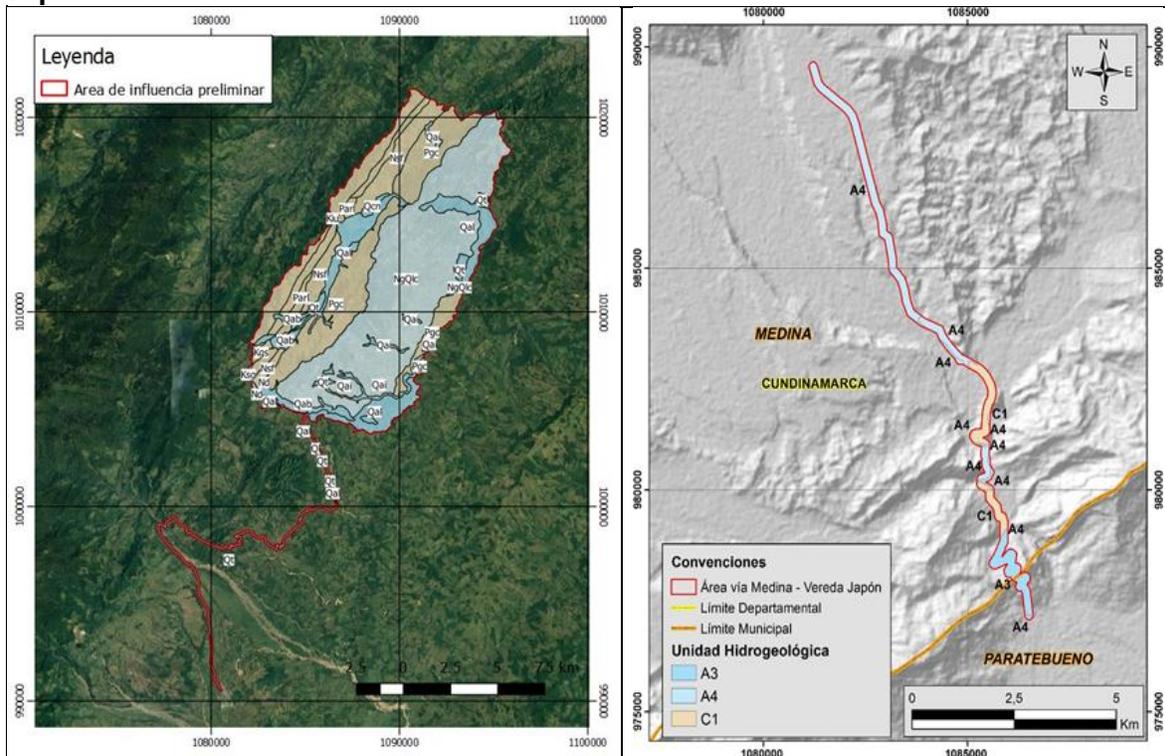
**Figura 2.31 Inicio de drenajes, posibles manantiales**



Fuente: Concolby WSP, 2020

Tomando como base la información secundaria de litología, geomorfología y geología estructural se realizó el mapa preliminar de unidades hidrogeológicas (Figura 2.32), en el cual se identifican de manera preliminar acuíferos de Tipo A1, Sedimentos y rocas con flujo intergranular, B1 Rocas con flujo esencialmente intergranular a través de fracturas y C1 Sedimentos y rocas con limitados recursos de aguas subterráneas.

**Figura 2.32 Mapas hidrogeológico preliminar del APE Medina Occidental y Vía Japón- Medina**



Fuente: Concolby WSP, 2020

Para la campaña de geofísica se planteo la adquisición de 10 SEVs distribuidos en el área del proyecto, con mayor densidad en la Formación La Corneta, al ser esta que tiene más exposición del área del proyecto, se plantearon sondeos eléctricos verticales tipo AB/2 250-300 m, buscando alcanzar una profundidad aproximada de 100 m.

Los puntos de muestreo de hidrogeoquímica para esta etapa no se tienen definidos, ya que no se tiene un inventario de puntos de agua inicial para el área del proyecto, pero la campaña de hidrogeoquímica debe monitorear las unidades hidrogeológicas principales.

El plan de trabajo se elaboró con el fin de tener el mayor cubrimiento del área e identificar los puntos hidrogeológicos del área del proyecto, para lo cual se plantearon 26 días de recolección de información, divididos en dos comisiones cada una con 13 días de trabajos de campo.

Para los trabajos de la campaña de geoelectrica se plantea un rendimiento de 2 SEV diarios.

#### 2.4.3.9.2 Etapa de Campo

Esta etapa se basó en el reconocimiento de las unidades hidrogeológicas aflorantes y en la

recolección de información de usos y usuarios, tendencias de uso, estado sanitario de captaciones, parámetros de calidad fisicoquímica de las aguas subterráneas captadas y otras variables que contempla el “Formulario Único Nacional Para Inventario de Puntos de Agua Subterránea” IDEAM-INGEOMINAS. En cada punto hidrogeológico identificado en esta etapa se diligencio el formato FUNIAS, para un total de 118 formatos levantados en campo, los cuales se presentan en el Anexo 1 del capítulo 5.1.6 Hidrogeología.

El reconocimiento de las unidades hidrogeológicas reconocidas en campo se realizó con base en las características geológicas y estructurales,

- **Inventario de puntos de agua**

El inventario de puntos de agua se realizó durante tres fases de campo

Para los trabajos de campo se realizaron 3 comisiones

- La primera del 5 al 17 de diciembre del 2019 con tres comisiones cubriendo diferentes áreas, la vía medina
- La segunda del 4 al 11 de enero del 2020
- La tercera del 29 de febrero al 5 de marzo del 2020

Con el fin de identificar los manantiales en el área del proyecto, ya que por el contexto geológico -estructural del área y uso de agua son los puntos hidrogeológicos más representativos, se realizó la diferenciación de la zona de afloramiento del agua subterránea, los cuales deben aflorar en roca a diferencias de los flujos subsuperficiales que afloran en suelo o en roca meteorizada y deben tener flujo de agua.

A los manantiales identificados en campo se les realizo la medición del caudal con por medio de un tubo de PVC, un recipiente aforado (Figura 2.33 A) y un cronometro, también se realizó la medición de Temperatura, pH, Conductividad, eléctrica y solidos totales disueltos, esto con ayuda de un multiparámetro Hanna 98129 (Figura 2.33 B).

**Figura 2.33 Instrumentos usados en inventario de puntos de agua.**



A. Instrumentos de aforo en campo  
Fuente: Concolby WSP, 2020

B. Multiparametro

La información levantada en cada punto de agua fue recolectada para cada punto en su respectivo FUNIAS.

Materiales y equipos para el inventario de puntos de agua:

1. Tablet dentro de la cual se encuentran en formato digital el formulario FUNIAS La Aplicación AvenzaMaps con los mapas preliminares de geología, geomorfología, e hidrogeología, y los puntos de nacimientos de quebradas. La aplicación CarryMap que permite geo posicionarse con la cartografía base (geología preliminar, geomorfología, hidrogeología, Modelos de sombras).
2. Multiparámetro tipo Hanna Hanna 98129, para medir temperatura, pH, Conductividad Eléctrica y TDS.
3. Para la medición de caudal en los manantiales Tubo de PVC, recipiente aforado y cronometro.
4. Brújula y martillo geológico
5. GPS
6. Cámara fotográfica

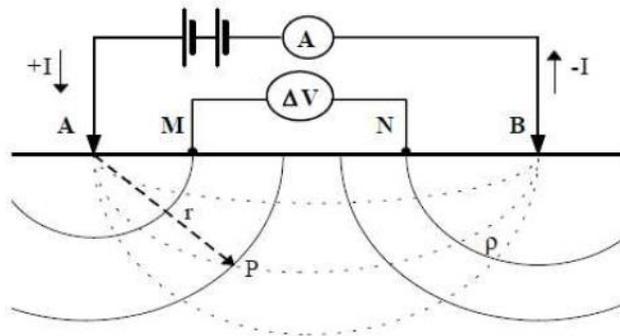
- **Campaña geofísica**

La campaña de geofísica se realizó durante los días 13 al 18 de diciembre del 2019, los sondeos se localización con el fin de tener cubrimiento del área estudio, principalmente la del acuífero La Corneta ya que esta unidad hidrogeológica representa el 40,23% del área del proyecto y también presenta la mayor cantidad de puntos hidrogeológicos identificados en el área.

Los SEVs se orientaron teniendo en cuenta la dirección de rumbo de las diferentes unidades hidrogeológicas; se realizaron 10 SEVs tipo AB/2 250 - 300 metros de configuración Schlumberger el cual permite tener una buena resolución, alcanzando una profundidad de prospección de 85 metros. Esto como consecuencia a la topografía presente en el área de estudio la cual corresponde a pendientes escarpadas con presencia de pendientes mayores a 45 grados correspondiente a unidades del piedemonte plegadas y falladas.

El método para la ejecución de los SEV's se realizó con base en la configuración Schlumberger - Simétrico Cuadripolo (Ver Figura 2.34), la cual consiste en hacer circular en el terreno una corriente (que en este caso es continua) para medir los valores de voltaje (V) y corriente (I) respectivos; los contrastes que se presentan están de acuerdo con las características geoelectricas de los materiales encontrados en el subsuelo. (Dispositivo Schlumberger - Simétrico Cuadripolo)

**Figura 2.34** Dispositivo Schlumberger - Simetrico Cuadripolo



Fuente: Orellana E., 1982

Materiales y equipos para la realización de los SEVs:

1. Los SEV's se efectuaron con equipo DUK-2<sup>a</sup> Multi-electrode Electrical Resistivity Tomography de 60 Canales (Figura 2.35)
2. Electrodo
3. GPS
4. Camara fotografica

**Figura 2.35** Sondeo Eléctrico vertical



Fuente: INGEOMAD SAS; 2020

- **Campaña hidrogeoquímica**

La selección de los puntos de muestreo se realizó con el fin de tener una caracterización base de las principales unidades hidrogeológicas, se realizaron 2 muestreos a lo largo del sinclinal Nazareth el primero en la vereda Balcones, el segundo sobre le eje de del sinclinal, el tercero en la Formación Caja que es la segunda con mayor área de afloramiento en el área, una cuarta cerca al sistema de falla de Tesalia donde aloran unidades Paleógena y Cretácicas, y la quinta en el sector NE del área del proyecto donde se cruzan las Falla de Tesalia y el rio Guavio.

Durante los trabajos de toma de muestras se realizaron durante los 26 al 29 de febrero del 2020.

El muestreo y análisis de laboratorio fue realizado por el laboratorio Corporación Integral del Medio Ambiente – CIMA, acreditado por el IDEAM, el cual tomo las muestras, mediante un muestreo puntual para cada punto.

#### Materiales y Equipos para muestreo hidrogeoquímico

- pH metro, Oxímetro, Conductímetro,
- Termómetro
- (GPS)
- Cámara fotográfica
- Recipientes para toma de muestra
- Reactivos de preservación de muestras
- La toma de muestras y transporte de las mismas garantizo la cadena de custodia.

#### **2.4.3.9.3 Etapa Poscampo**

Durante esta etapa se sistematizo, consolido y analizo la información recolectada en campo con el fin de elaborar el capítulo de hidrogeología.

- **Inventario de puntos de agua**

Para el APE Medina Occidental durante los trabajos de campo se identificaron 109 manantiales, 7 aljibes y 2 pozos, con la información de temperatura, pH, Conductividad Eléctrica y STD, se la interpolación y análisis de estos parámetros por medio de mapas. Esta información se levantó en campo mediante los formatos de los FUNIAS -Formulario Único Nacional de Aguas Subterráneas- los cuales se presentan en el Anexo 1 del capítulo 5.1.6 Hidrogeología.

Con el objetivo de identificar tendencias o anomalías que se pudieran asociar a las características hidrogeológicas del área de estudio se realizó la interpolación de los diferentes parámetros medidos en campo, por medio de la herramienta IDW (InverseDistanceWeighted), en el Software ArcGis, este método se usó gracias a que presupone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de muestra.

Los manantiales se clasificaron de acuerdo con la temperatura de Bogomolov (1966) y Schoeller (1962), de igual manera se clasificaron de acuerdo a su contexto geológico de acuerdo a BRYAN, (1919) la cual se basa en la predominancia de características geológicas, tales como la estratigrafía, o las características estructurales.

En el area del proyecto se identificaron manantiales de tipo Colapso, de colpaso y fracturados.

Con la medicion de caudales se realizo la clasificacion de manantiales de acuerdo a su tasa

de descarga de acuerdo a Meinzer (1923), esta clasificación se basa en 8 órdenes de magnitud siendo el primero el de caudal menor y el 8 el mayor, para el área de estudio se encuentran manantiales tipo identificaron 4 tipos de manantiales de acuerdo a su tasa de descarga (v,vi,vii y viii)

Se presenta un análisis de usos y usuarios de los puntos hidrogeológicos, en la cual se observa que el uso predominante es como abrevaderos del ganado.  
Nacidos los cuales no se

En el área del proyecto la comunidad identifica otros puntos como

- **Zonas potenciales de recarga y direcciones de flujo**

Se realizó el mapa de zonas de zonas potenciales de recarga de acuerdo a la metodología Matus(2007, la cual usa la siguiente ecuación:

$$ZR = [0.27(Pen) + 0.23(Ts) + 0.12(Tr) + 0.25(Cve) + 0.13(Us)]$$

Donde:

- Pend: Pendiente
- Ts: Tipo de suelo
- Tr: Tipo de roca
- Cve: Cobertura vegetal permanente
- US: Usos del suelo

Las direcciones de flujo para el APE Medina Occidental se realizaron a partir de las zonas potenciales de recarga, las características estructurales y las zonas de descarga, esto al no existir datos piezométricos que permitan calcular las superficies piezométricas.

- **Campaña geofísica**

La información adquirida en campo se interpretó. La interpretación e inversión matemática se realizó mediante el software Cadaniense GEOGIGA RIMAGER e IP2WIN que permite realizar inversiones del modelo en 2D.

El principio matemático de los SEVs es averiguar la distribución vertical de resistividades bajo el punto sondeado; con ese resultado se pueden interpretar cada una de las capas geoelectricas de subsuelo y la presencia de niveles asociados a acuíferos; se pueden estimar además, según los valores de resistividad la calidad del agua, es decir la proporción de iones disueltos en ella y la permeabilidad de la roca.

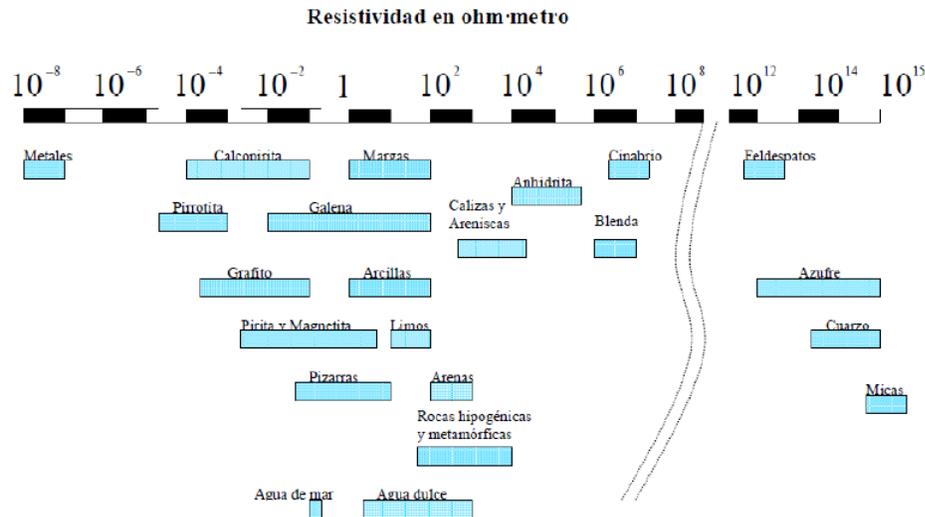
Con la información de los SEVs se construyeron columnas geoelectricas para identificar los niveles que presentan probabilidad de presencia de agua subterránea, la información de los SEVs permitió diferenciar flujos subsuperficiales de manantiales.

Los datos de la distribución de las resistividades obtenidos, permiten establecer que se presentan unidades geoelectricas correlacionables con presencia de aguas subterráneas,

como lo indican los SEV's realizados con profundidades promedio de 85 m aproximadamente.

Se identificaron 10 unidades geoelectricas asociables con las siguientes litologías: suelo residual, suelo residual con flujo subsuperficial, gravas matriz soportadas de bloques y guijos en matriz de arena gruesa, gravas de bloques y guijos matriz soportada en matriz de arena gruesa con probabilidad de saturación de agua, limos arenosos, limos arcillosos, arcillas, arenas saturadas, gravas de bloques clastosoportadas con matriz de arena gruesa, bloques y clastos de cuarcitas, gravas de bloques clastosoportadas con matriz de arena gruesa a conglomerática, (Orellana E., 1982). (Figura 2.36).

**Figura 2.36 Resistividad de los Geomateriales**



Fuente: Orellana E., 1982

Adicional a esto se utilizó la información de una primera campaña de geoelectrica realizada en el 2018 por Ecopetrol, en la cual se realizaron 6 SEVs en la Formación Caja.cundaria.

Con la información de la curva de campo procesada y la correlación de las unidades geoelectricas con la litología se construyó la columna geoelectrica para cada SEVs, con los cuales se construyeron dos perfiles geoelectricos.

Adicionalmente se construyó un tercer perfil integrando la información de la campaña geoelectrica del presente EIA con la de una campaña realizada en el 2018 por Ecopetrol.

- **Parámetros hidráulicos**

La definición de las propiedades hidráulicas de las diferentes unidades hidrogeológicas presentes en el área del proyecto se realizó a partir de información secundaria, en una mayor medida a partir de informes y estudios sobre las unidades identificadas y en una menor proporción en literatura especializada.

- **Campaña hidrogeoquímica**

La caracterización hidroquímica de los acuíferos que conforman el Área de Influencia del APE Medina W se hizo a través de dos campañas de muestreo fisicoquímico en época de estiaje el primero corresponde a Enero - Marzo 2020 donde se monitorearon 5 puntos de agua subterránea y la campaña Febrero – Marzo 2021 donde se complementó el muestreo existente con 23 puntos de descarga de agua subterránea.

La primera campaña se diseñó con una distribución a lo largo del sinclinal de Nazareth, con el objetivo de caracterizar el núcleo de la estructura, y el segundo muestreo se diseñó con el objetivo de densificar la caracterización hidroquímica de las unidades hidrogeológicas que presentan descarga natural y/o antrópica y su distribución se sintetiza en la Tabla 2.61 y Figura 2.37.

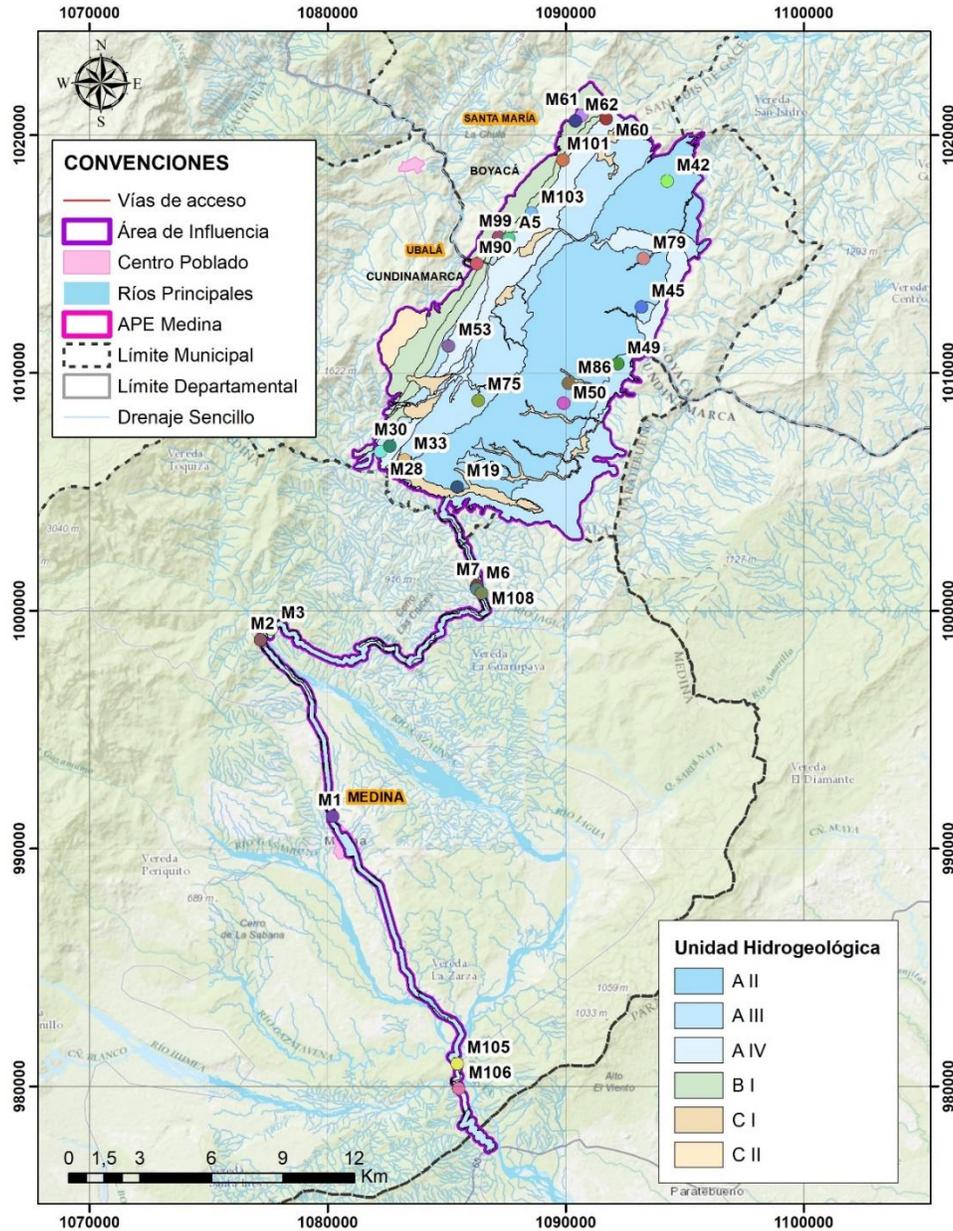
**Tabla 2.61. Relación muestreo fisicoquímico para los acuíferos A y B**

ACUÍFERO	TIPO	Número de puntos inventario de puntos de agua	Muestreo 2020	Muestreo 2021	Total, muestreo por unidad	Porcentaje de monitoreo por unidad
Acuífero La Corneta	A II	42	M86, M42	M19, M50	4	9.52%
Acuífero Caja	AIII	31	M75	M2, M3, M33, M49, M6, M7	7	22.58%
Acuífero Areniscas del limbo		8		A5, M28, M30	3	37.50%
Acuífero Terrazas aluviales	A IV	6		M1, M108, M45	3	50.00%
Acuífero Diablo		3		M105	1	33.33%
Acuífero Llanura aluvial		2	M90	M79	2	100.00%
Acuífero San Fernando		5	M53	M106, M60	3	60.00%
Acuífero Guadalupe	B I	7		M101, M103	2	28.57%
Acuífero Une		14		M61, M62, M99	3	21.43%
<b>Total</b>		<b>118</b>	<b>5</b>	<b>23</b>	<b>28</b>	<b>23.73%</b>

Fuente: ASI SAS, 2021

En la Tabla 2.61 no se relacionan las unidades hidrogeológicas tipo C que se comportan como acuitardos o como acuíferos, ya que estos al tener bajas y muy bajas permeabilidades no transmiten el agua subterránea a través de su columna litológica ni generan descargas del recurso.

**Figura 2.37. Localización puntos hidrogeológicos monitoreados.**



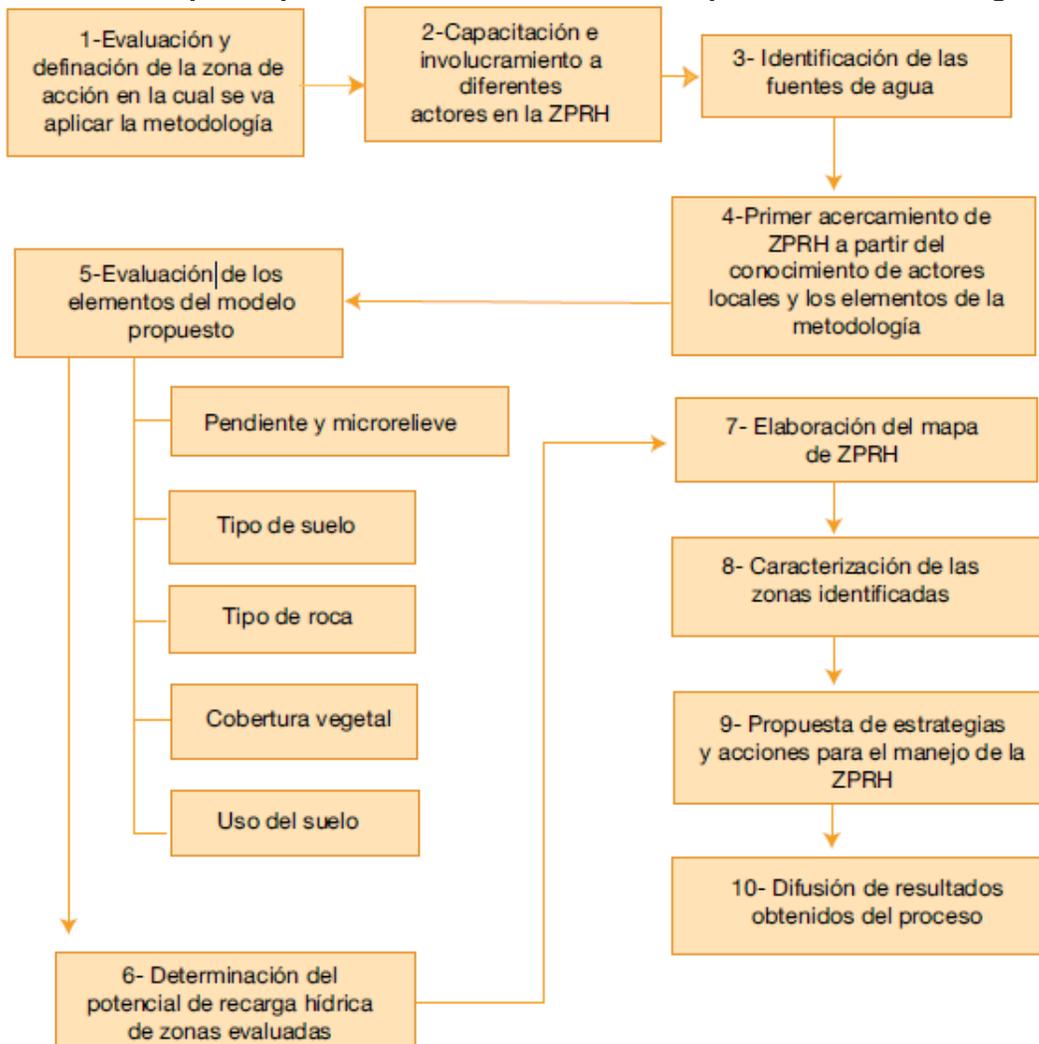
Fuente: ASI SAS, 2021

- **Zonas potenciales de recarga**

Para el área del proyecto se realizó el mapa de zonas potenciales de recarga de acuerdo con la metodología Matus (2007), que está soportado en ponderaciones de 1 a 5 para los siguientes parámetros: Pendiente (Pend), Tipo de suelo (Ts), tipo de roca (Tr), cobertura vegetal permanente (Cve) y se evaluó el uso del suelo (Us); con estas ponderaciones se obtiene el mapa de zonas de recarga potencial para el área de influencia. (Figura 2.38).

Se realizó una zonificación previa del área, teniendo en cuenta las características estructurales y geomorfológicas del área con el fin de adaptar la metodología propuesta a las características hidrogeológicas observadas en campo, considerando que las estructuras geológicas como lineamientos, fallas, fracturas y estratificación actúan como portadores o como barreras para el flujo de agua subterránea. A partir de estas características se definieron zonas hidrogeológicas homogéneas.

**Figura 2.38 Esquema para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica**



Fuente: Matus, 2007.

Para determinar el potencial de recarga hídrica se emplea la ecuación siguiente.

$$ZR = [0.27(Pen) + 0.23(Ts) + 0.12(Tr) + 0.25(Cve) + 0.13(Us)]$$

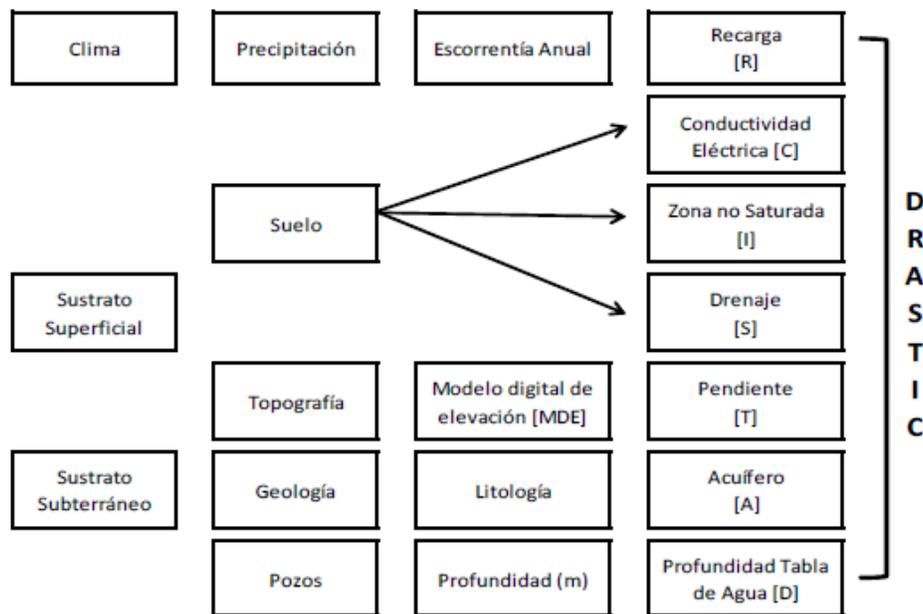
Donde:

- Pend: Pendiente
- Ts: Tipo de suelo
- Tr: Tipo de roca
- Cve: Cobertura vegetal permanente
- US: Usos del suelo

- **Vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos**

Para el área del proyecto se calculó la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos de acuerdo con la metodología DRASTIC (MinAmbiente, 2010), en la Figura 2.39 se observa las variables a ponderar en el método DRASTIC.

**Figura 2.39 Variables de evaluación del método DRASTIC.**



- D: Profundidad del agua subterránea
- R: Recarga neta
- A: Litología y estructura del medio acuífero
- S: Tipo de suelo
- T: Topografía
- I: Naturaleza de la zona no saturada
- C: Conductividad hidráulica del acuífero

Y se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$iV_{DRASTIC} = (D_r \times D_w) + (R_r \times R_w) + (A_r \times A_w) + (S_r \times S_w) + (T_r \times T_w) + (I_r \times I_w) + (C_r \times C_w)$$

*r*: factor de clasificación o valoración  
*w*: factor de ponderación

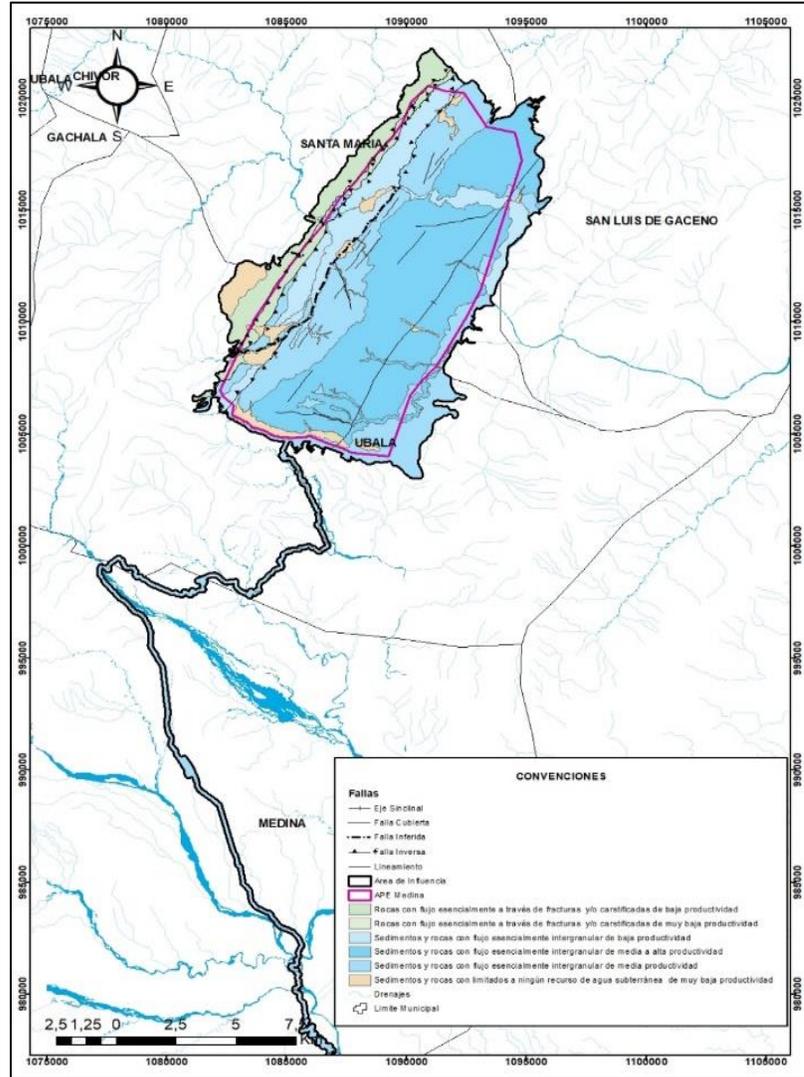
Para la evaluación de la vulnerabilidad se calculó la recarga neta por medio de Balance Hídrico en el cual la evapotranspiración se calculó por la metodología Thornthwaite.

- **Mapa de Unidades Hidrogeológicas**

Con el análisis de la información se realizó el mapa de unidades hidrogeológicas la homologación de unidades litológicas a unidades hidrogeológicas se realizó con base en la metodología de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH) “Leyenda Internacional de los Mapas Hidrogeológicos” (UNESCO, 1983) y lo reportado en el Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia (INGEOMINAS, 2014), tomado como base el mapa geológico escala 1.10.000 elaborado para el presente estudio, con lo cual se elaboró el Mapa de Unidades Hidrogeológicas del APE Medina Occidental.

Para el área de estudio se encontraron las siguientes unidades hidrogeológicas (Figura 2.40)

**Figura 2.40 Mapa de unidades hidrogeológicas APE Medina Occidental**



Fuente: Concolby WSP, 2020

**Tabla 2.62 Resumen unidades hidrogeológicas del APE Medina Occidental**

SISTEMA ACUÍFERO		CARACTERÍSTICAS	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS
<b>A. SEDIMENTOS Y ROCAS CON FLUJO ESENCIALMENTE INTERGRANULAR</b>			
<b>A II</b>	Acuíferos de media a alta productividad	Acuíferos continuos de extensión local o regional compuestos por alternancia de capas conglomeráticas con intercalaciones de limolitas, arcillolitas y arenitas.	Formación La Corneta
<b>A III</b>	Acuíferos de media productividad	Acuíferos continuos de extensión local o regional que corresponden a capas de arenitas arcillosas, lodolitas, arcillolitas arenosas y conglomerados.	Fm Caja, Fm Areniscas del Limbo, Terrazas Aluviales
<b>A IV</b>	Acuíferos de baja productividad	Acuíferos locales discontinuos de extensión local conformados principalmente por lentes de arenas y arcillolitas.	Fm. Diablo, Fm San Fernando, Llanura Aluvial
<b>B ROCAS CON FLUJO ESENCIALMENTE A TRAVÉS DE FRACTURAS Y/O CARSTIFICADOS</b>			
<b>B I</b>	Acuíferos de baja productividad	Sistemas acuíferos de extensión regional continuos, compuestos por lodolitas intercalados por limolitas silíceas.	Grupo Guadalupe, Fm Une
<b>C. SEDIMENTOS Y ROCAS CON LIMITADOS RECURSOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS</b>			
<b>C I</b>	Acuíferos con limitados a ningún recurso de agua subterránea	Acuíferos locales discontinuos compuestos por niveles de gravas, arenas, arcillas y lodos.	Abanicos intramontano incisados, Aluvión Intramontano, Cono de deyección, Derrubio de ladera
<b>C II</b>	Acuíferos de muy baja productividad	Unidades hidrogeológicas con muy baja permeabilidad, que se comportan como acuíferos tipo C (acuicludos).	Formación Fomeque, Fm Chipaque

Fuente: Concolby WSP, 2020

Los parámetros hidráulicos de las unidades hidrogeológicas se tomaron de información secundaria, debido a que en el APE Medina Occidental no se identificaron pozos aptos en los cuales realizar pruebas de bombeo.

- **Modelo Hidrogeológico Conceptual**

El modelo hidrogeológico conceptual del APE Medina Occidental se construyó con base en el análisis de la información hidrogeológica, mapa de unidades hidrogeológicas, información de sondeos eléctricos verticales, perfiles geoeléctricos y magnetometría<sup>13</sup>, con el análisis de esta información se construyó el modelo geométrico que base para la construcción del modelo hidrogeológico conceptual, el cual se realizó con ayuda del Software Geomodelr en la versión libre, el cual realiza modelos 3D por medio de la interpolación de secciones geológicas, gracias a lo cual se observan las características de la cuenca hidrogeológica del APE Medina Occidental.

<sup>13</sup>Memoria de la Cartografía geofísica Método Magnético Plancha 229 Gachalá. Escala 1:100.000

#### 2.4.3.10 Geotecnia

La caracterización geotécnica del APE Medina Occidental tiene como objetivo dar cumplimiento a los requerimientos del Estudio de Impacto Ambiental, con base en la en los Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – Proyectos de Perforación exploratoria de Hidrocarburos (MinAmbiente, 2014) y la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010.

El propósito de este capítulo es describir las etapas necesarias para la caracterización y evaluación geotécnicas presentes en el Área de Influencia del APE Medina Occidental. Esta caracterización reúne la información de varios procesos los cuales involucran una etapa de pre-campo, campo y post campo. Los cuales están enfocados a caracterización geotécnica del área APE.

Dentro de las actividades del presente estudio, se encuentra la zonificación geotécnica, la cual permitirá agrupar en zonas de comportamiento geotécnico homogéneo.

La zonificación geotécnica consiste en la división del terreno en zonas geotécnicamente homogéneas, calificadas de acuerdo con las condiciones de estabilidad que pueden afectar el área de estudio, para lo cual en un ambiente SIG, se definen áreas con características similares en cuanto a litología (geología), geomorfología, hidrogeología, cobertura de la tierra, densidad de drenajes, densidad de fallas (tectónica) y pendientes.

Al incorporar los factores detonantes precipitación y amenaza sísmica se obtiene la amenaza relativa (zonificación geotécnica) a la ocurrencia de procesos erosivos y de remoción en masa, calificada desde muy baja a muy alta, de acuerdo con el esquema metodológico de la figura modificado de VARGAS (1999) <sup>14</sup>.

##### 2.4.3.10.1 Etapa Precampo

Estudio de las variables geoambientales o factores del terreno. Análisis y cartografía de variables como geología, geomorfología, hidrogeología, cobertura de la tierra, pendientes, fallas, drenajes, precipitación y sismicidad; de las cuales se obtienen los mapas según su peso.

Implementación del SIG. Sobre el mapa base digital del área de estudio se digitaliza la información temática georreferenciada, con bases de datos y atributos de cada unidad cartográfica de parámetro. Los mapas a incorporar tienen topología de línea (por ej. drenajes) y polígonos (unidades cartográficas temáticas).

---

<sup>14</sup>Estudio Geoambiental y Zonificación de Amenazas por Erosión y Remoción en Masa en la Cuenca del Río Teusacá. Sabana de Bogotá. Colombia. X Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería. Sociedad Colombiana de Ingenieros, Santa Fe de Bogotá, D.C., noviembre de 1999.

#### **2.4.3.10.2 Etapa de Campo**

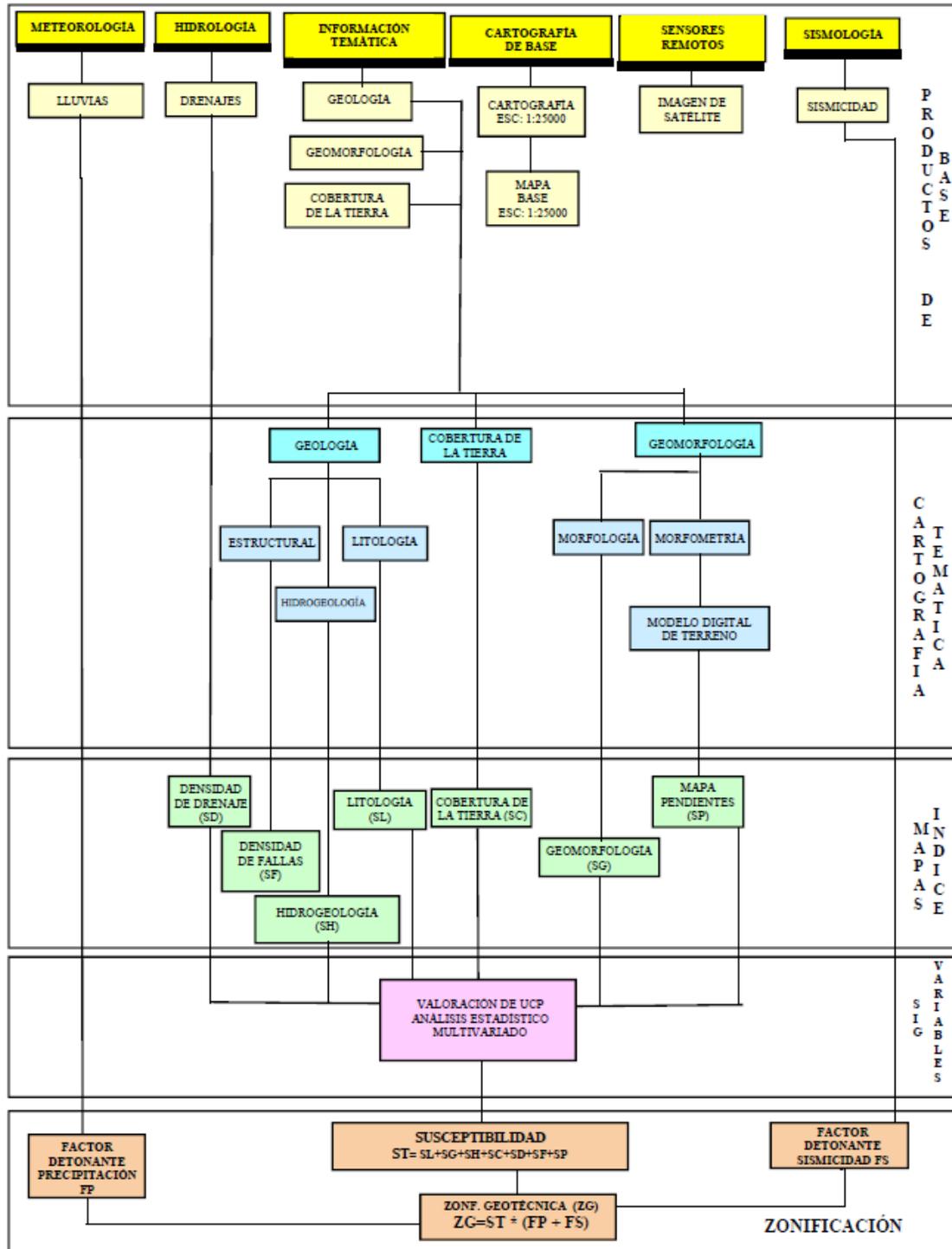
Esta etapa se basó en el reconocimiento de las variables geo ambientales o factores del terreno, como geología, geomorfología, fallas, cobertura de la tierra, pendientes, intensidad de erosión, drenajes, precipitación y sismicidad.

#### **2.4.3.10.3 Etapa PostCampo**

- Evaluación de variables. Con base en las características del área de estudio, de la densidad y calidad de los datos, se evalúa la información obtenida y se establece el método más conveniente para el análisis y determinación del peso de las variables hacia la estabilidad geotécnica.
- Modelación de susceptibilidad. Con base en la calificación semi-cuantitativa de las Unidades Cartográficas de Parámetro (UCP), se realizó la modelación multivariada de variables en función de la susceptibilidad, para la obtención de la zonificación geotécnica. La susceptibilidad es el grado de propensión de un terreno a generar uno o varios procesos amenazantes. Su principal característica es que es definida a partir del estudio y evaluación de los factores intrínsecos del terreno.
- Identificación de factores detonantes. Se consideraron como factores externos que pueden detonar procesos de erosión, inundaciones y procesos de remoción en masa, las variables de Precipitación y Amenaza Sísmica.

La zonificación geotécnica se establece en cinco categorías, las cuales reflejan la conjugación de las variables incorporadas al análisis, incluyendo los factores intrínsecos de precipitación y sismicidad. A continuación, en la Figura 2.41, se presenta la metodología generalizada para la realización de la zonificación geotécnica.

Figura 2.41 Diagrama metodológico para obtener la zonificación geotécnica



Fuente: Modificado de Vargas, G (1999).

### 2.4.3.11 Modelación de variables

Con base en las características del área de interés, de la densidad y calidad de los datos, se evalúa la información obtenida y se establece el método más acorde para el análisis y determinación del peso de las variables hacia los procesos erosivos y de remoción en masa (heurístico).

Las unidades de cada mapa índice (antes mapa temático) se convierten en Unidades Cartográficas de Parámetro (UCP). Este valor asociado a un atributo cartográfico (nombre de la unidad cartográfica de parámetro), se recodifica o se reemplaza en un SIG (ArcGis10), de tal forma que a cada UCP se le asigna un valor entre 1 y 5, como se presenta en la Tabla 2.63. Este proceso se realiza en un formato Raster en el cual cada UCP está conformada por un conjunto de píxeles de igual valor.

**Tabla 2.63 Categorías y valores de susceptibilidad para análisis de las variables**

CATEGORÍA DE SUSCEPTIBILIDAD	PESO
Muy Baja	1
Baja	2
Moderada	3
Alta	4
Muy Alta	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017.

Teniendo en cuenta el conocimiento y las características de cada unidad de parámetro respecto a su grado de influencia o "calificación" en la inestabilidad del terreno se procede a la calificación de cada unidad cartográfica de parámetro (UCP).

El peso es el grado de propensión de un terreno a generar o no uno o varios fenómenos amenazantes. Cada categoría nos da la incidencia de las variables que intervienen en la susceptibilidad del terreno hacia los procesos erosivos y de remoción en masa.

#### Susceptibilidad general del terreno

Durante el proceso de evaluación de la amenaza por procesos erosivos y de remoción en masa, se elabora un mapa de susceptibilidad general del terreno mediante un análisis estadístico multivariado (Sistema de Evaluación Numérica), en el cual son sumados digitalmente los siete (8) mapas de susceptibilidad (Superposición de Mapas e Integración Espacial de Información), que representan los factores intrínsecos que condicionan la generación y reactivación de estos procesos. Este procedimiento se realizó utilizando el SIG ArcGis10, así:

$$ST = SL + SG + SH + SC + SD + SF + SP$$

Dónde:

ST = Susceptibilidad del terreno a los procesos erosivos y de remoción en masa.

SL = Susceptibilidad del parámetro litología.

SG = Susceptibilidad del parámetro geomorfología.

SH = Susceptibilidad del parámetro hidrogeología.  
SC = Susceptibilidad del parámetro cobertura de la tierra.  
SD = Susceptibilidad del parámetro densidad de drenajes.  
SF = Susceptibilidad del parámetro densidad de fallas.  
SP = Susceptibilidad del parámetro pendiente.

### **Litología O Geología (SL)**

Uno de los factores a considerar en la estimación de la susceptibilidad a los procesos de inestabilidad es la litología de los materiales aflorantes, debido a que la génesis, composición y estructura de estos definen su resistencia al corte y propensión a este tipo de procesos por el aumento de los esfuerzos cortantes, lo cual incide en la susceptibilidad del terreno al desarrollo de procesos erosivos y procesos de remoción en masa.

### **Geomorfología (SG)**

La evaluación de susceptibilidad para las unidades geomorfológicas presentes en el área de interés se desprende sobre la base de dos factores que benefician la inestabilidad; dichos factores corresponden a la topografía (relacionada con la pendiente del terreno) y los aspectos edáficos, representados por los procesos erosivos de los suelos, que se presentan de forma generalizada.

### **Hidrogeología (SH)**

Las unidades hidrogeológicas se agrupan conformando unidades de roca de acuerdo con su productividad, capacidad para almacenar y transmitir aguas subterráneas y valorar la posible afectación del recurso hídrico subterráneo, frente a las actividades que se deriven del proyecto.

### **Cobertura de la Tierra (SC)**

Las coberturas vegetales son elementos naturales de protección del suelo contra la erosión; la vegetación juega un papel muy importante en el proceso de erosión hídrica, pues controla la energía de las gotas de lluvia, mejora la capacidad de infiltración del suelo y disminuye la escorrentía. Los componentes aéreos como hojas y tallos absorben parte de la energía de las gotas de lluvia, del agua en movimiento y del viento.

### **Densidad de Drenajes (SD)**

La densidad de drenaje proporciona la información respecto a la abundancia de escurrimiento, y es un indicador de la respuesta de la cuenca ante un evento de precipitación; entre mayor sea esta densidad, más rápida es la velocidad de evacuación del agua.

### **Densidad de Fallas (SF)**

El estado de fracturamiento de las rocas depende de la presencia y magnitud de las fallas

geológicas, fracturas y sistemas de diaclasamiento; las cuales permiten en los macizos rocosos el desarrollo de procesos de meteorización de las rocas, y desarrollo de zonas de debilidad de estas, que las hacen más susceptibles a fallamiento e inestabilización del terreno. Para la evaluación de la de susceptibilidad se consideran los rasgos estructurales que afectan la zona de estudio.

### **Pendientes (Sp)**

El grado de inclinación de las laderas naturales, favorece o disminuye la resistencia al corte de los diferentes materiales que conforman un área determinada. Para la zona de interés se establecieron nueve (5) categorías de susceptibilidad, donde a las montañas de pendientes escarpadas y muy escarpadas se les asigna el peso más alto (5), mientras que para a los terrenos ligeramente planos y planos como llanuras y depósitos de terraza se les asigna el peso más bajo (1).

#### **2.4.3.11.1 Factores detonantes**

En la actividad de análisis de los factores detonantes se establece la frecuencia, distribución, magnitud y recurrencia de los factores externos que pueden detonar el proceso, para el caso de procesos erosivos y de movimientos en masa los factores detonantes analizados son la precipitación y la sismicidad.

### **Precipitación (Fp)**

El componente de escorrentía de la precipitación usualmente es considerado un agente de erosión superficial o de erosión lineal con formación de surcos y cárcavas. La escorrentía tiene un efecto importante en la movilización de los materiales arrancados por los deslizamientos someros y profundos y en la generación de deslizamientos en las márgenes de las corrientes, por erosión lateral y socavación de orillas.

### **Sismicidad (Fs)**

Este factor detonante se determina con base en los resultados del Mapa de Amenaza Sísmica de Colombia, el cual presenta una zonificación de la amenaza sísmica en términos de aceleración horizontal máxima en roca, que representa un modelo probabilístico para el movimiento del terreno que podría esperarse por la ocurrencia de sismos en Colombia.

#### **2.4.3.11.2 Mapa de zonificación geotécnica**

Con base en la interacción de los factores intrínsecos y los factores detonantes, se establece la amenaza relativa del terreno. Para la elaboración del mapa de amenaza relativa se emplearon como factores detonantes la precipitación y la amenaza sísmica, empleando el siguiente algoritmo:

$$ZG=ST * (FP + FS)$$

Dónde:

ZG = Zonificación Geotécnica (Amenaza relativa del terreno por procesos erosivos y de remoción en masa).

ST = Susceptibilidad total del terreno a los procesos erosivos y de remoción en masa.

FP = Factor detonante por precipitación.

FS = Factor detonante por sismicidad.

Al realizar esta suma y multiplicación de mapas en el ambiente SIG, se debe realizar una reclasificación en cinco (5) categorías. Al terminar la zonificación geotécnica el producto deber ser un mapa que nos muestre la realidad de campo.

Como Resultado se encontró que el 69,08% del área de influencia definitiva se encuentra en una amenaza relativa a la generación de procesos en masa Media y una estabilidad geotécnica moderada (Tabla 2.64)

**Tabla 2.64 Leyenda del mapa de zonificación geotécnica**

SIMBOLO	AMENAZA RELATIVA	ESTABILIDAD GEOTÉCNICA	DESCRIPCIÓN
IIIB	Muy Baja	Muy Alta	Zonas donde no se presentan procesos erosivos y de remoción en masa. Se caracteriza por un predominio de terrazas aluviales depósitos aluviales. Las unidades geomorfologías presentes en estas áreas corresponden a Planicies en su mayoría, seguidos de llanuras de inundación. La cobertura de la tierra corresponde a coberturas de bosques de galería, cultivos permanentes y cultivos arbustivos, tejido urbano continuo. Las pendientes predominantes se caracterizan por estar a nivel y ligeramente inclinadas (0 – 1 %). Los rangos de precipitación son bajos, de 3600 - 3700 mm/año. La amenaza sísmica es alta e intermedia, según NSR-10 con un valor Aa =0,20 a 0,30.
IIIA	Baja	Alta	Zonas en donde las condiciones del terreno no presentan mayores riesgos de generación procesos erosivos y de remoción en masa. Se caracteriza por un predominio de litologías cuaternarias Paleógenas y Neógenas. Las unidades geomorfologías presentes en estas áreas son planicies producidas por depósitos fluviales y unidades de tipo denudacionales como lomos. La cobertura de la tierra corresponde a mosaico de cultivos, pastos arbolados y vegetación secundaria alta. Las pendientes predominantes se caracterizan por estar a nivel y ligeramente inclinadas (3 – 7 %). La amenaza sísmica es alta e intermedia, según NSR-10 con un valor Aa =0,20 a 0,30.

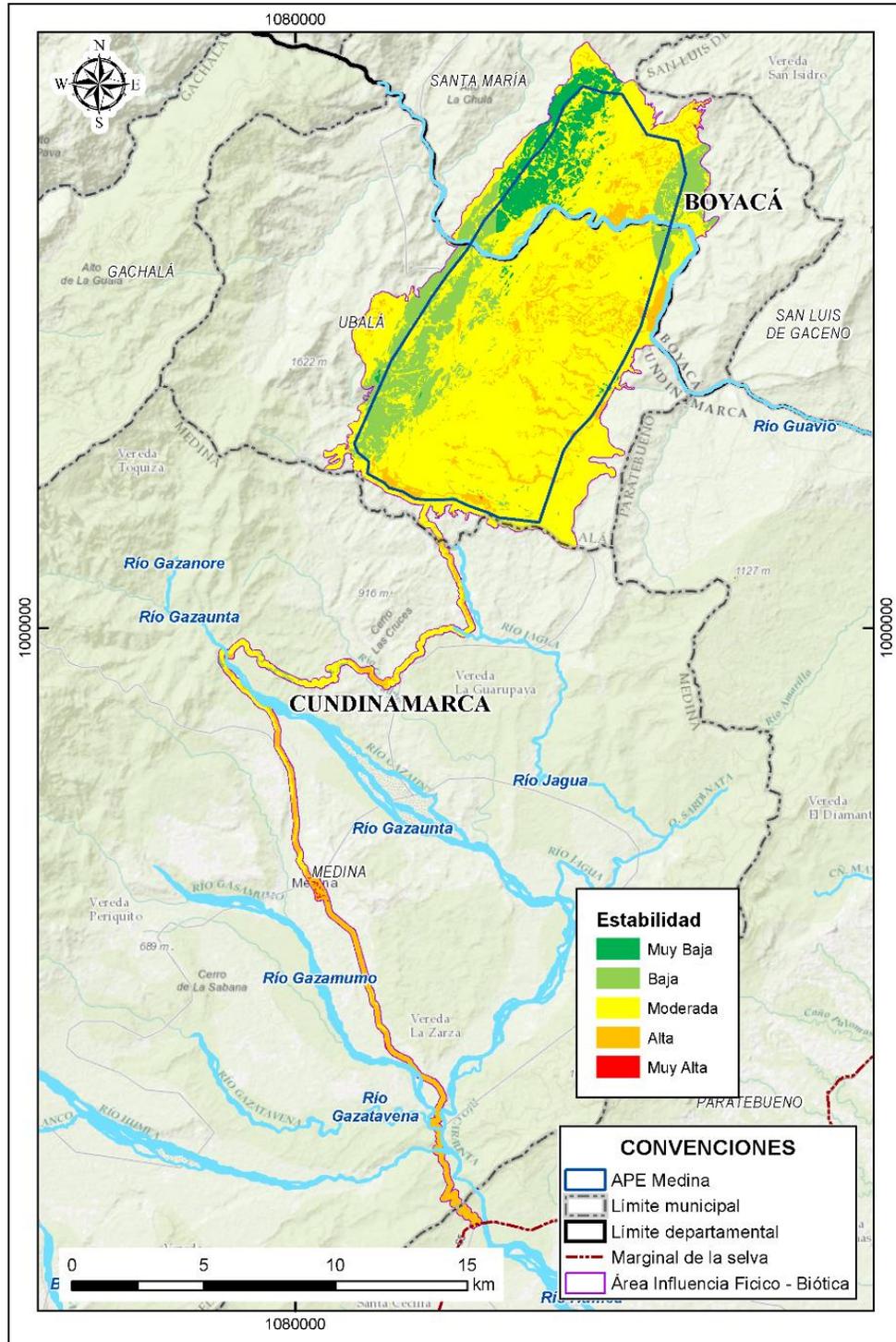
185

SIMBOLO	AMENAZA RELATIVA	ESTABILIDAD GEOTÉCNICA	DESCRIPCIÓN
II	Media	Moderada	Zonas en donde el terreno presenta algunas condiciones para generar procesos erosivos y de remoción en masa. Se caracteriza por un predominio de rocas sedimentarias. La cobertura de la tierra corresponde a zonas con construcciones rurales, mosaico de pastos, bosque fragmentado, algunas tierras erosionadas. Las pendientes que caracterizan están entre 7 - 12%. Los rangos de precipitación que predominan son de 3700 – 3800 mm/año con algunas. La amenaza sísmica es alta, según NSR-10 con un valor $A_a = 0,20$ a $0,30$ .
IB	Alta	Baja	Zonas en donde la mayoría de las condiciones del terreno son propensas a generar PRM. Se caracteriza por un predominio rocas aflorantes presentan intercalaciones de litologías duras y blandas, con alta densidad de fallas y drenaje, dispuestas en relieves de origen estructural-denudacional. Las pendientes que caracterizan están entre 12 - 50%. Los rangos de precipitación que predominan son de 3800 – 3850 mm/año. La amenaza sísmica es alta, según NSR-10 con un valor $A_a = 0,20$ a $0,30$ .
IA	Muy Alta	Muy Baja	Zonas en donde el terreno presenta todas las condiciones para generar procesos erosivos y de remoción en masa. Se caracteriza rocas predominantemente cretácicas y depósitos coluviales, con una alta densidad de fallas y de drenaje, dispuesta en laderas de pendientes escarpadas a muy escarpadas. Coberturas vegetales nulas o que generen poca cohesión del suelo como pastos limpios. Las pendientes que caracterizan están entre 50 - 75%. Los rangos de precipitación que predominan son de 3800 – 3850 mm/año con algunas. La amenaza sísmica es alta, según NSR-10 con un valor $A_a = 0,30$ .

Fuente: Concolby WSP, 2020

En la Figura 2.42 presenta la zonificación geotécnica dentro del área de influencia del proyecto.

**Figura 2.42** Mapa de zonificación geotécnica a procesos erosivos y de remoción en masa



Fuente: Concolby WSP, 2020

## 2.4.3.12 Componente atmosférico

### 2.4.3.12.1 Clima

Para la caracterización climatológica del área de estudio se realiza el análisis con base en la información disponible de registros del IDEAM. Como primer paso, se identifican las estaciones meteorológicas cercanas al área de influencia y se seleccionan de acuerdo con la cantidad de información y teniendo en cuenta que la distribución geográfica sea representativa para el área de influencia. Las estaciones meteorológicas objeto de análisis se indican en la Tabla 2.65

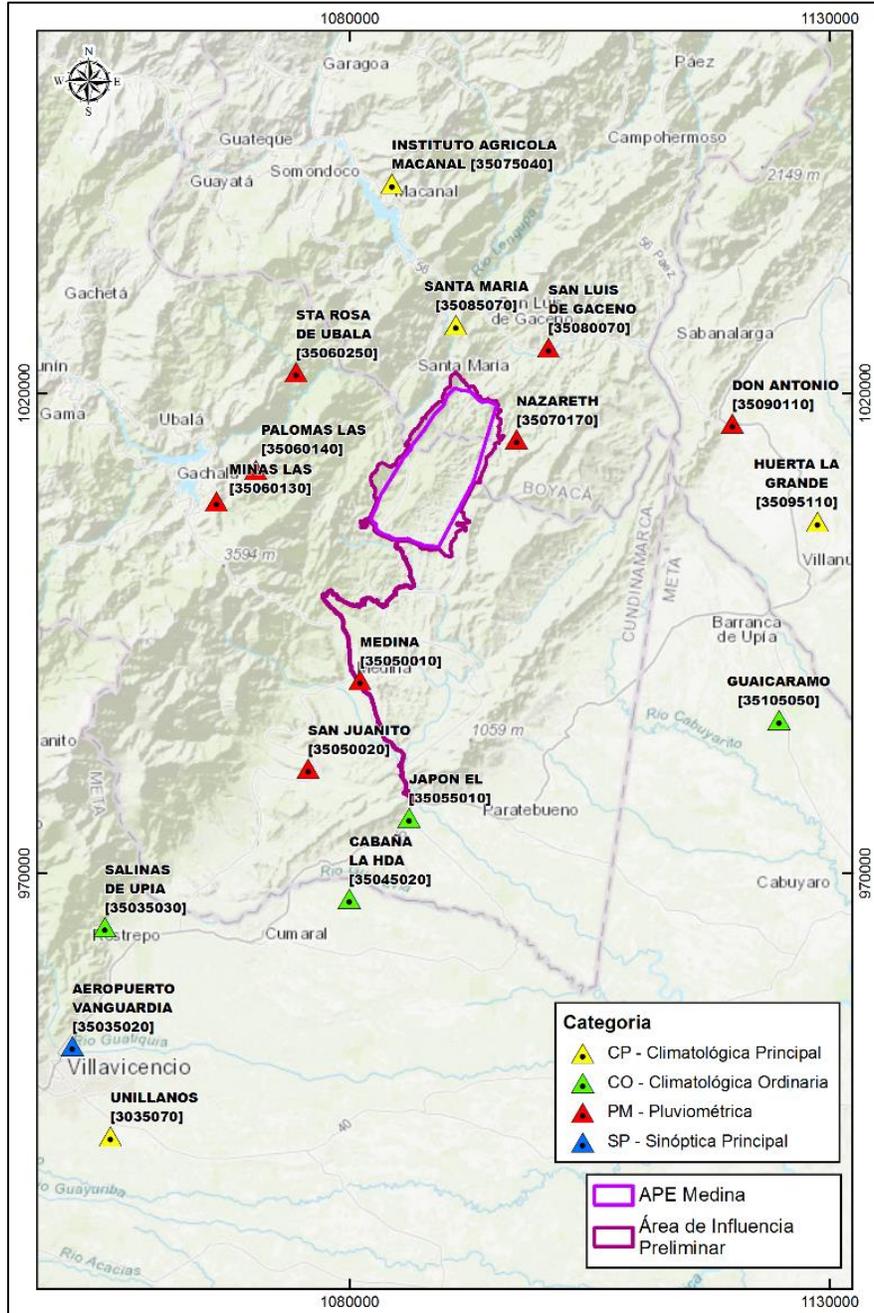
**Tabla 2.65 Estaciones Meteorológicas en la zona del proyecto**

CÓDIGO ESTACION	NOMBRE	CAT	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTA	
					NORTE(m)	ESTE (m)
35085070	Santa María	CP	Boyacá	Santa María	1027153,07	1091051,82
35055010	El Japón	CO	Cundinamarca	Paratebueno	975802,05	1086158,75
35045020	Hacienda La Cabaña	CO	Meta	Cumalar	967332,68	1079928,85
35105050	Guaicaramo	CO	Meta	Barranca de Upía	985992,50	1124744,87
35095110	Huerta La Grande	CP	Casanare	Villanueva	1006617,15	1128735,60
35035030	Salinas de Upia	CO	Meta	Restrepo	964372,80	1054468,35
35070170	Nazareth	PM	Boyacá	Santa María	1015225,90	1097356,59
35080070	San Luis De Gaceno	PM	Boyacá	San Luis de Gaceno	1024790,59	1100688,06
35060250	Santa Rosa De Ubalá	PM	Cundinamarca	Ubalá	1022216,57	1074361,03
35060140	Las Palomas	PM	Cundinamarca	Gachalá	1012053,80	1070188,53
35060130	Las Minas	PM	Cundinamarca	Gachalá	1008760,18	1066058,31
35050010	Medina	PM	Cundinamarca	Medina	990127,56	1081062,97
35050020	San Juanito	PM	Cundinamarca	Medina	980906,57	1075645,52
35090110	Don Antonio	PM	Casanare	Sabanalarga	1016855,20	1119854,02
35035020	Aeropuerto Vanguardia	SP	Meta	Villavicencio	951991,76	1051065,62
3035070	Unillanos	CP	Meta	Villavicencio	942572,69	1055021,74
35075040	Instituto Agrícola Macanal	CP	Boyacá	Macanal	1041866,34	1084372,80

\*CP: Climatológica Principal, CO: Climatológica Ordinaria, PM: Pluviométrica, SP: Sinóptica Principal

Fuente: Información tomada del IDEAM por ConcolBy WSP, 2020

**Figura 2.43 Ubicación Estaciones Meteorológicas en la zona del proyecto**



Fuente: Concol by WSP, 2020

Los parámetros establecidos como base para el análisis en los términos de referencia M-M-INA-01, adoptados mediante Resolución 0421 del 30 de marzo de 2014, se indican a continuación:

- Temperatura superficial, promedio, temperatura máxima diaria registrada, temperatura mínima diaria registrada.
- Presión atmosférica promedio mensual.
- Precipitación: media diaria, mensual y anual; y su distribución en el espacio.
- Humedad relativa: media, máximas y mínima mensual.
- Viento (Rosa de vientos): Dirección, velocidad y frecuencias en que se presentan.
- Brillo solar
- Nubosidad
- Evaporación

A partir de esta información, se analiza para cada una de las estaciones los datos registrados para cada uno de los parámetros requeridos y se determina el comportamiento general para el área de influencia del proyecto contando con información de por lo menos los últimos 10 años disponibles para cada estación (con excepción de la variable vientos en la estación 35085070 Santa María – AUT) como se detalla en la Tabla 2.66

**Tabla 2.66 Periodicidad de los datos de las Estaciones meteorológicas**

CÓDIGO ESTACIÓN	NOMBRE	CATEGORÍA	BRILLO SOLAR	EVAPORACIÓN	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN	HUMEDAD RELATIVA	NUBOSIDAD	VIENTOS
35085070	SANTA MARÍA - AUT	CP			2005-2019				2017-2019
35035030	SALINAS DE UPIN - AUT	CO			2008 – 2019				
35055010	EL JAPÓN	CO	1968-2017	1970-2017	1969-2017	1968-2017	1968-2017	1968-2017	
35045020	HACIENDA LA CABAÑA	CO	1982-2017	1979-2017	1979-2017	1979-2017	1979-2017	1979-2017	
35105050	GUAICARAMO	CO	1994-2017	1993-2017	1993-2017	1993-2017	1993-2017	1993-2017	
35095110	HUERTA LA GRANDE	CP	1995-2017	1995-2017	1995-2017	1995-2017	1995-2017	1995-2017	
35070170	NAZARETH	PM				1972-2017			
35080070	SAN LUIS DE GACENO	PM				1975-2016			
35060250	SANTA ROSA DE UBALA	PM				1972-2016			
35060140	LAS PALOMAS	PM				1972-2017			
35060130	LAS MINAS	PM				1975-2017			
35050010	MEDINA	PM				1969-2017			

CÓDIGO ESTACIÓN	NOMBRE	CATEGORÍA	BRILLO SOLAR	EVAPORACIÓN	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN	HUMEDAD RELATIVA	NUBOSIDAD	VIENTOS
35050020	SAN JUANITO	PM				1968-2017			
35090110	DON ANTONIO	PM				1995-2017			
35075040	INSTITUCIÓN AGRÍCOLA MACANAL	CP							1983 – 2012
35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	SP							1981 - 2018
35035070	UNILLANOS	CP							1983 - 2014

Fuente: Información tomada del IDEAM por ConcolBy WSP, 2020

- **Presión atmosférica**

Debido a que las estaciones meteorológicas del IDEAM consultadas no registran valores de presión atmosférica, para su cálculo se utilizó una simplificación de la ley de los gases ideales con una temperatura estándar de 20°C y utilizando la altura calculada a partir del modelo de elevación digital (DEM) del área de influencia:

$$P = 101,3 \left( \frac{293 - 0,0065z}{293} \right)^{5,26}$$

Dónde:

P: Presión atmosférica [kPa]

z: Elevación sobre el nivel del mar [m]

- **Procesamiento y análisis de información**

La caracterización de cada parámetro atmosférico incluyó un análisis mensual multianual, un análisis interestacional y un análisis que relaciona el comportamiento mensual multianual con el de otros parámetros para poder comprender las condiciones en las que se desarrollan los fenómenos climáticos.

Con el fin de identificar puntos anómalos en las series de tiempo de los parámetros Temperatura y Precipitación, variables de entrada para la clasificación climática, se elaboraron diagramas de caja (Box plot) para detectar puntos que se salen de los bigotes, los cuales se denominan valores atípicos o *outliers*. Para confirmar que dichos puntos corresponden a puntos anómalos o muy alejados de los promedios multianuales dentro de la serie de tiempo, se desarrolló la prueba estadística no paramétrica de Grubbs para aquellas series mensuales en las que se encontraron outliers en los diagramas de caja.

En la prueba de Grubbs se escogió un intervalo de confianza del 95% y las hipótesis que maneja son las siguientes:

- Hipótesis nula (Ho): No existen outliers en la serie de tiempo (p-value>0,05)
- Hipótesis alternativa (Ha): El valor máximo o mínimo es un outlier en la serie de tiempo (p-value<0,05)

- **Interpolación IDW**

La interpolación mediante distancia inversa ponderada (IDW) determina los valores de celda o a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de puntos de muestra. La ponderación es una función de la distancia inversa. La superficie que se interpola debe ser la de una variable dependiente de la ubicación. Esta interpolación se realizó mediante el programa ArcMap para las variables de temperatura y precipitación, con la finalidad de generar los mapas de isotermas e isoyetas a partir de los promedios mensuales multianuales, los cuales son variables de entrada para la definición de zonificación climática.

$$P_p = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{P_i}{d_i^2} \right)}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{d_i^2} \right)}$$

Donde:

Pp= Valor de punto evaluado

Pi= Valor de punto de referencia

Pi= Distancia de punto de referencia al punto evaluado

- **Rosas de vientos**

Para la generación de las rosas de vientos se utilizó el software WRPLOT View recomendado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos. Los datos de entrada de las estaciones meteorológicas consultadas, específicamente dirección y velocidad del viento, se introducen con una frecuencia horaria permitiendo obtener rosas de vientos diurnas, nocturnas y totales en periodos mensuales multianuales.

- **Zonificación Climática**

En cuanto a la zonificación climatológica, cuya base es la correlación existente entre los gradientes de temperatura y altitud topográfica, se realiza con base en la información de los valores medios multianuales de los parámetros precipitación y temperatura de las diferentes estaciones, insumo para la generación de los mapas de isotermas e isoyetas, los cuales al cruzarse, a través de herramientas de ARCGIS, dan como resultado unidades espaciales cuyos polígonos relacionan un rango de precipitación con un rango termal, y que pueden clasificarse de acuerdo a las categorías que se presentan en la Tabla 2.67, las cuales corresponden a las propuestas por el método Caldas-Lang modificado que tiene en cuenta la altura sobre el nivel del mar, la precipitación anual y la temperatura.

**Tabla 2.67 Rangos definidos por Caldas Lang para la clase de clima**

ALTITUD	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN
Cálidos (0-800 msnm)	>24 °C	Árido (0-500 mm/año)
		Muy seco (500 - 1000 mm/año)
		Seco (1000 - 2000 mm/año)
		Húmedo (2000 - 3000 mm/año)
		Muy húmedo (3000 - 7000 mm/año)
		Pluvial (>7000 mm/año)
Templados (800 - 1800 msnm)	Entre 18°C y 24°C	Muy seco (500 - 1000 mm/año)
		Seco (1000 - 2000 mm/año)
		Húmedo (2000 - 3000 mm/año)
		Muy húmedo (3000 - 7000 mm/año)
		Pluvial (>7000 mm/año)
Fríos (1800-2800 msnm)	Entre 12°C y 18°C	Muy seco (500 - 1000 mm/año)
		Seco (1000 - 2000 mm/año)
		Húmedo (2000 - 3000 mm/año)
		Muy húmedo (3000 - 7000 mm/año)
Muy fríos (2800 - 3700 msnm)	Entre 6°C y 12 °C	Muy seco (500 - 1000 mm/año)
		Seco (1000 - 2000 mm/año)
		Húmedo (2000 - 3000 mm/año)
		Muy húmedo (3000 - 7000 mm/año)
Extremadamente fríos (3700 - 4500 msnm)	Entre 1,5°C y 6 °C	Muy seco (500 - 1000 mm/año)
		Seco (1000 - 2000 mm/año)
		Húmedo (2000 - 3000 mm/año)
		Muy húmedo (3000 - 7000 mm/año)
Nival (>4500 msnm)	<1,5°C	Muy seco (500 - 1000 mm/año)
		Seco (1000 - 2000 mm/año)

Fuente: Concolby WSP, 2019

#### 2.4.3.12.2 Inventario de fuentes de Emisiones atmosféricas

##### 2.4.3.12.2.1 Etapa Precampo

El primer paso de la metodología consiste en la identificación preliminar de fuentes de emisión existentes en el área de estudio (asentamientos poblacionales y vías de acceso, principalmente) por medio de imágenes satelitales georreferenciando su ubicación en el mapa temático preliminar que fue generado como insumo base para la verificación y complementación de información en campo por medio de un formulario digital (Tablets) cuya información se dispone en el Anexo 5/ 5.1 Medio Abiótico / Formulario de campo fuentes contaminantes.

Así mismo, se realizó la consulta virtual de la existencia de inventarios formales de fuentes de emisión formales en las bases de datos del Sistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE (administrado por el IDEAM).

##### 2.4.3.12.2.2 Etapa de campo

Se realizó un recorrido por el área de influencia del proyecto con el fin de verificar y validar las fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos, así como identificar y

georreferenciar nuevas fuentes. Igualmente, se realiza la identificación de los potenciales receptores de interés mediante la ubicación y georreferenciación de asentamientos humanos (viviendas, infraestructura social, económica, cultural y/o recreativa), zonas agropecuarias y áreas con elementos naturales susceptibles.

Se empleó la aplicación CarryMap para Tablet y de GPS para la visualización de los mapas preliminares y la georreferenciación de fuentes de emisión, así como de la aplicación GeoODKCollect para formularios digitales de colecta de datos, lo cual constituye una herramienta de apoyo a la toma de datos en campo facilitando la captura de información.

#### **2.4.3.12.2.3 Etapa Post Campo**

La información capturada por las comisiones de campo es descargada y procesada para su depuración, análisis y correcta clasificación teniendo en cuenta los conceptos establecidos en el Decreto 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), según el cual las fuentes de emisión son clasificadas según su localización en fuentes fijas y fuentes móviles.

- Fuente Fija: Fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa. Las fuentes fijas pueden ser, de acuerdo con su forma de descarga, puntual, dispersa, o áreas-fuente.
- Fuente Móvil: Es la fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza. Las fuentes móviles pueden ser aéreas, terrestres, fluviales y marítimas. Se realiza la georreferenciación de los trazados de las fuentes móviles y sus respectivos aforos.

Así mismo, el Decreto 1076 de 2015 define las fuentes puntuales como fuentes fijas que emiten contaminantes al aire por ductos o chimeneas y las dispersas o difusas como aquellas en que los focos de emisión se dispersan en un área.

De acuerdo con el origen de la fuente, las fuentes fijas se pueden clasificar en dos grandes categorías: fuentes antropogénicas y fuentes naturales; siendo las primeras aquellas que emiten compuestos a la atmósfera con intervención directa del hombre y las segundas, aquellas que emiten compuestos a la atmósfera generadas por procesos bióticos y abióticos, sin intervención directa del hombre.

Otro tipo de clasificación de fuentes de emisiones atmosféricas se realiza por su extensión, dentro de las que se encuentran el área-fuente y fuentes lineales.

- Área-Fuente: Es una determinada zona o región, urbana, suburbana o rural, que, por albergar múltiples fuentes fijas de emisión, es considerada como un área especialmente generadora de sustancias contaminantes del aire.
- Fuentes Lineales: Se definen como todos los puntos sensores que describen una línea, que vendría a ser una sucesión de fuentes puntuales, un ejemplo son las carreteras.

En cualquier caso, tanto en el levantamiento de información en campo como en la etapa post campo, tienen en cuenta los lineamientos dados en la “Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas” y la “Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010”.

#### **2.4.3.12.3 Calidad del Aire**

Para el desarrollo de este componente se siguieron los lineamientos indicados en los diferentes protocolos y guías desarrolladas por las autoridades ambientales y adoptados mediante resolución por el hoy MADS, entre los cuales se pueden mencionar el Protocolo para el Seguimiento y el Monitoreo de la Calidad del Aire del 2010 elaborado por el hoy MADS y adoptado mediante la Resolución 650 de 2010, y el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas del hoy MADS ajustado por la Resolución 2154 de 2010, así como los Términos de Referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos (M-M-INA-01), adoptados mediante Resolución 0421 del 30 de marzo de 2014.

##### **2.4.3.12.3.1 Etapa Precampo**

Previo al trabajo de campo, se realizó la consulta virtual en la base de datos de Subsistema de Información sobre la Calidad de Aire – SISAIRE (administrado por el IDEAM), acerca de estudios realizados sobre la calidad del aire en el área de influencia del proyecto.

Por otra parte, se verificó la normatividad vigente que establece los estándares de la calidad del aire y que actualmente se encuentra en la Resolución 2254 del 1 de noviembre 2017 la cual deroga la Resolución 601 de 2006 y la Resolución 610 de 2010. Igualmente, los lineamientos para el diseño de Sistemas De Vigilancia De Calidad Del Aire Industrial (SVCAI) indicados en el manual de diseño del Protocolo para el Seguimiento y el Monitoreo de la Calidad del Aire.

En esta etapa se establecieron unos puntos de monitoreo preliminares que fueron verificados y validados en campo, para que posteriormente su ubicación fuera informada al laboratorio contratado para la ejecución de los monitoreos de calidad del aire. Para la selección de cada uno de los puntos se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- La presencia de fuentes de emisión
- La presencia de receptores
- La dirección del viento en la zona

Durante la fase de campo cada uno de los puntos seleccionados para el monitoreo fueron georreferenciados, con el fin de justificar su representatividad en cuanto a cobertura espacial y temporal, con el fin de establecer la base para la red de monitoreo que permita el seguimiento de la calidad del aire durante la duración del proyecto.

En la Tabla 2.68, se presenta la relación de puntos propuestos para el de monitoreo de calidad de aire, así como el criterio de selección que se tuvo para cada punto.

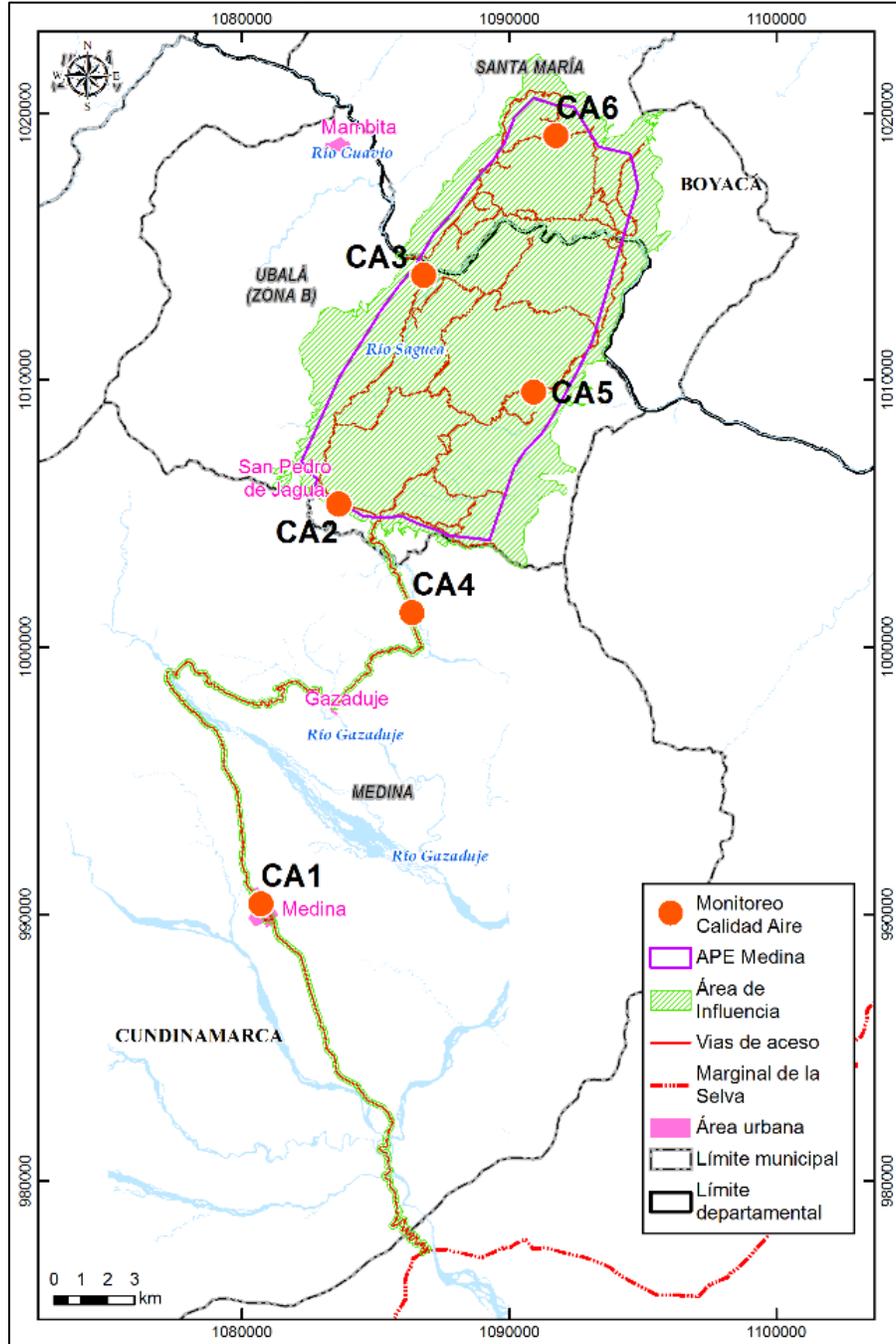
**Tabla 2.68 Relación de puntos de monitoreo de calidad del aire**

No.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS MAGNA-SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
			NORTE	ESTE
CA1	Medina	Casco urbano de Medina (Cundinamarca)	990385,244	1080705,087
CA2	San Pedro	Centro poblado de la Inspección San Pedro de Jagua, municipio de Ubalá (Cundinamarca)	1005354,836	1083605,859
CA3	Soya	Caserío de la vereda Soya, municipio de Ubalá (Cundinamarca)	1013935,322	1086792,745
CA4	La Granjita	Cerca de la vía que conduce desde Medina hasta San Pedro de Jagua	1001302,785	1086359,800
CA5	La Florida	Sector escuela rural de la vereda Gibraltar, municipio de Ubalá (Cundinamarca)	1009537,838	1090909,403
CA6	Ceiba Grande	Vereda Ceiba Grande, municipio de Santa María (Boyacá),	1019148,153	1091742,520

Fuente: Concol by WSP, 2020

En la Figura 2.44 se muestra la ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de aire y ruido.

**Figura 2.44 Localización geográfica de los puntos de monitoreo**



Fuente: Concol by WSP, 2020

Se verificó en la normatividad vigente los estándares de la calidad del aire que actualmente se encuentra establecidos en la Resolución 2254 del 1 de noviembre 2017 con el fin de determinar los contaminantes a analizar y los métodos de muestreo más acordes a los tiempos de exposición allí establecidos. De esta forma, se realizó la caracterización de la

calidad del aire en el área de influencia con una campaña de monitoreo de 18 días entre el 21 de enero y 08 de febrero de 2020 por parte del laboratorio Corporación Integral del Medio Ambiente – CIMA acreditado mediante Resolución 0668 del 15 de marzo del 2018 del IDEAM.

Los contaminantes evaluados fueron material particulado (PM10), material particulado (PM2.5), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), Compuestos Orgánicos Volátiles (BTEX) y Ozono (O<sub>3</sub>). Los monitoreos se realizan teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire del IDEAM en sus manuales de diseño y operación.

#### 2.4.3.12.3.2 Etapa de Campo

Para la localización de las estaciones de calidad de aire en campo, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- La distancia entre la estación de calidad de aire y el obstáculo más cercano fue de al menos dos veces la diferencia de altura entre el obstáculo y la toma de la muestra.
- Los equipos de muestreo estaban ubicados mínimo a 1,20 metros desde el nivel del suelo.
- No se instalaron cerca (menos de 10 metros) de fuentes fijas puntuales de emisión.
- Presentaban un radio de 270° libre de restricciones de flujo alrededor del muestreador.

Las metodologías de muestreo acreditadas por el laboratorio CIMA para la evaluación de calidad del aire en el área de estudio son principalmente las estipuladas por la US EPA e-CFR título 40 parte 50. En la Tabla 2.69 se presentan los métodos de muestreo y análisis utilizados por el laboratorio CIMA para cada uno de los contaminantes objeto de estudio

**Tabla 2.69 Métodos de muestreo y análisis utilizados**

PARÁMETRO	MUESTREO	MÉTODO DE ANÁLISIS	REFERENCIA
Material particulado menor a 10 micras (PM10)	Hi-vol – PM10	Gravimétrico	US EPA CFR Titulo 40, Parte 50 Apéndice J
Material particulado 2.5 micras (PM2.5)	Low-Vol – PM2.5	Gravimétrico	US EPA e-CFR Titulo 40, Parte 50 Apéndice L: PM2.5
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Tren de muestreo Andersen	Colorimétrico (Pararosanilina)	US EPA CFR Titulo 40 Parte 50 Apéndice A-2 Pararosanilina
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Analizador Horiba APNA 370	Método Automático Equivalente US EPA RFNA-0506-157	US EPA CFR Titulo40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice F, Quimioluminiscencia en fase gaseosa RFNA -0506- 157
Ozono (O <sub>3</sub> )	Tren de muestreo Andersen	Colorimétrico (Yoduro de Potasio)	Methods of Air sampling and analysis: 411 3Ed
Monóxido de carbono (CO)	Analizador Horiba APMA 370	Método automático Equivalente US EPA RFCA-0506-158	US EPA CFR, Título 40, Capítulo 1, Subcapítulo C Parte 50. Apéndice C, Infrarrojo no dispersivo, Método equivalente automatizado RFCA -0506-

PARÁMETRO	MUESTREO	MÉTODO DE ANÁLISIS	REFERENCIA
			158
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos)	Bomba de Bajo Caudal	Cromatografía de gases	US EPA-TO-17 TubosAbsorbentes

Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente - CIMA, 2020

A continuación, se describen las metodologías definidas para el monitoreo de calidad del aire y caracterización del área de influencia.

- **Determinación de Material Particulado menor a diez micras (PM-10) – Muestreador de alto volumen (Hi- Vol)**

El método de muestreo y análisis corresponde al método de referencia US EPA CFR Titulo 40 Parte 50 Apéndice J: PM 10.

La muestra de aire se succiona por 24 +/- 1 horas y se hace pasar a través de un impactador que clasifica las partículas y solo deja pasar las que tienen un diámetro aerodinámico menor a 10 micras. Las partículas llegan al filtro de celulosa el cual se pesa en las mismas condiciones de humedad y temperatura antes y después de ser expuesto, para determinar el peso neto ganado.

El volumen de muestra se calcula con base en las mediciones de flujo y tiempo de muestreo.

La medición de flujo requiere de una calibración previa del equipo con respecto a un medidor patrón.

- **Determinación de Material Particulado menor a 2.5 micras (PM-2.5) – Muestreador bajo volumen (Low – Vol)**

El método de muestreo y análisis corresponde al método de referencia US EPA e- CFR Titulo 40 Parte 50 Apéndice L: PM 2.5.

La muestra de aire se succiona mediante un motor eléctrico a una rata de flujo constante al cabezal, posteriormente se dirige al impactador o separador de partículas, donde el material particulado PM 2.5 es separado para su recolección en un filtro de politetrafluoroetileno (PTFE).

Cada filtro es pesado antes y después de la recolección de la muestra, en un ambiente con la temperatura y humedad controlada, de esta forma se determina el peso neto ganado por PM -2.5. El volumen total de aire muestreado es determinado por la medida del flujo a una temperatura y presión ambiente y a un tiempo total de muestreo. Por último, la concentración másica de PM-2.5 en el aire es calculada como la masa total de partículas en un rango de PM-2.5 dividido por el volumen total de aire muestreado, este resultado es expresado en microgramo por metro cúbico de aire.

Es importante mencionar que al iniciar el muestreo se procede a realizar la verificación de la temperatura ambiente, la temperatura del filtro, la presión barométrica, Los sensores de

temperatura ambiente y del filtro son de alta precisión, estos se encuentran de la siguiente manera: uno al interior del escudo de radiación y el segundo se sitúa en la parte delantera del soporte del filtro.

- **Determinación de Dióxidos de Azufre**

El Dióxido de Azufre se mide por el método de referencia de la Resolución 19622 de 1985 que corresponde al US EPA CFR Título 40 Parte 50 Apéndice A-2.

La muestra de aire para análisis de SO<sub>2</sub> se toma de manera simultánea con la de partículas mediante el tren de muestreo tipo Andersen, usando la bomba de vacío para hacer pasar el aire por 24 horas a través de burbujeadores con soluciones absorbentes de tetracloromercurato de potasio.

El SO<sub>2</sub> reacciona con el tetracloromercurato de potasio para formar un complejo estable a oxidantes fuertes, pero térmicamente inestable, razón por la cual la muestra debe manejarse a temperatura de laboratorio o inferior a ésta. El complejo formado se hace reaccionar con ácido sulfámico, formaldehído y pararrosanilina para formar el ácido metilsulfámico de pararrosanilina, de color rojo intenso. La absorbancia se mide en espectrofotómetro a 548 mm

- **Determinación de Dióxidos de Nitrógeno**

Para la determinación de dióxido de nitrógeno se empleó un analizador automático Horiba APNA-370 (Método Automático Equivalente RFCA-0506-157 de acuerdo con el método de referencia US EPA CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice F) que utiliza el método de quimioluminiscencia a presión reducida (CLD) con modulación de flujo cruzado.

El aire que es succionado por el analizador desde el medio ambiente es filtrado y dividido en dos líneas de flujo, cada uno de las cuales llega a una respectiva cámara. En una de las líneas de flujo la muestra de aire filtrado no sufre ningún tipo de sometimiento a energías radiantes, ni a agentes químicos, es decir, que correspondería al valor blanco o testigo. En la segunda línea de flujo, se incita a la reducción del NO<sub>2</sub> a NO mediante acción catalítica. La primera línea de flujo llega a una cámara de reacción, donde se determina la concentración total de NO<sub>x</sub>, y la segunda, finaliza en una cámara de reacción diferente a la anterior donde se determina la concentración de NO. La concentración de NO<sub>2</sub> es obtenida por la diferencia matemática entre las concentraciones de NO<sub>x</sub> y NO.

- **Determinación de Ozono**

Principio del método: El aire con ozono se hace pasar a través de un burbujeador pequeño que contenga 10 mL de Yoduro de potasio al 1% en una solución buffer 0.1M de Fosfato. Esta solución absorbente se ubica en el Rack de tres gases. El análisis se realiza en el laboratorio, el color amarillo del yodo se lee en un espectrofotómetro a 352 nanómetros.

Los siguientes pasos constituyen el procedimiento de muestreo:

- i. Limpieza de los equipos. Toda la vidriería debe tratarse con solución limpiadora de dicromato de potasio, seguido por 3 enjuagues con agua corriente y 3 enjuagues con agua destilada.
- ii. Toma de las muestras. Ensamblar un tren con un burbujeador pequeño, rotámetro y bomba de vacío. Usar conexiones en vidrio antes del burbujeador.
- iii. Pipetear exactamente 10 mL de solución absorbente y pasar al burbujeador pequeño. Tomar muestra a un flujo de 0.5 a 3 L/min. Registrar el volumen de aire muestreado. Si las temperaturas y presiones del aire de muestra difieren mucho de 25 ° C y 760 mmHg, medir y registrar estos valores.

Se debe muestrear suficiente aire de tal modo que se absorba el equivalente de 1 a 15  $\mu$ L de ozono. Si ocurre evaporación apreciable, agregar agua destilada para restaurar el volumen a la marca de graduación de 10 mL.

- **Determinación de Monóxido de Carbono**

Para la determinación de monóxido de carbono se empleó un analizador automático (Método Automático Equivalente RFCA-0506-158 de acuerdo con el método de referencia US EPA CFR, Título, 40, Parte 50. Appendix C to Part 50—Measurement Principle and Calibration Procedure for the Measurement of Carbon Monoxide in the Atmosphere (Non-Dispersive Infrared Photometry).

El analizador de monóxido de carbono (CO) en aire ambiente, que emplea como principio de medición el análisis por infrarrojo no dispersivo (IRND). Este analizador permite medir continuamente las concentraciones de CO en aire ambiente. Para la determinación de monóxido de carbono el analizador usa el efecto de modulación, que ocurre en la absorción infrarroja del gas de muestra, cuando el gas en mención y el gas cero son enviados alternativamente a la célula de medida con un caudal fijo usando una válvula solenoide que actúa a una frecuencia de 1 Hz. A menos que la concentración del gas del componente medido cambie en la célula, la salida del detector se vuelve cero, por consiguiente, esencialmente la deriva del cero no ocurre. Posterior a encender el equipo, se procede a realizar los ajustes respectivos (desbloquear el teclado, ajustar fecha actual, y ajuste del rango de salida analógica) posterior a esto se realiza la conexión de la unidad del gas span gas de calibración, después se introduce la concentración del gas span, se ejecuta la calibración manual y finalmente se realizan las mediciones en continuo.

- **Determinación de BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos)**

Para la determinación de los BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos) en el aire ambiente se utiliza como referencia el método US EPA-TO-17 Tubos Absorbentes, se emplean bombas de bajo caudal Escort ELF marca MSA® para hacer pasar aire ambiente a través de tubos de carbón activado Carbopack o Carboxen marca Supelco®, los cuales absorben vapores orgánicos e hidrocarburos.

La bomba se calibra previamente para garantizar un flujo de aire a través del tubo de carbón activado, de 0.0667 litros/min, se selecciona un tubo adsorbente sellado que en su

recámara contenga más de 200 mg. con un tamaño de malla de (60/80), se revisan cada una de las conexiones del tren de muestreo y posteriormente se habilita el tubo de carbón activado rompiendo las puntas del mismo, insertando el tubo listo en el manifold, Para el tren de muestreo se selecciona un flujo de 66,7 mL/min, de tal forma que muestree 4 L en un periodo de 1 hora.

El equipo para analizar las muestras de hidrocarburos adsorbidas en los tubos Carbopack de carbón activado, en el laboratorio es un cromatógrafo con el cual se realiza la cromatografía de gases.

#### 2.4.3.12.3.3 Etapa Post Campo

Esta etapa de la metodología consistió en el procesamiento de la información de campo, análisis de las muestras recolectadas en el monitoreo de la calidad del aire y generación de su respectivo informe de resultados, análisis de los resultados obtenidos en la campaña de monitoreo, cálculos y comparación normativa teniendo en cuenta los lineamientos del Protocolo para el Seguimiento y el Monitoreo de la Calidad del Aire del 2010 con el fin de realizar la construcción documental del componente Calidad del Aire.

Los resultados obtenidos durante los monitoreos de calidad del aire son comparados con los límites máximos de admisión que están establecidos en la Resolución 2254 del 2017 del MADS. Los límites para concentraciones de contaminantes en el aire ambiente se toman del artículo 2 de la Resolución en mención: “Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire”. Los límites son establecidos a condiciones de referencia, tal como se muestra en la Tabla 2.70

**Tabla 2.70 Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio**

CONTAMINANTE	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
PM 2.5	µg/m <sup>3</sup>	25	Anual
		37	24 horas
PM-10	µg/m <sup>3</sup>	50	Anual
		75	24 horas
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	50	24 horas
		100	1 hora
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	60	Anual
		200	1 hora
O <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	100	8 horas
CO	µg/m <sup>3</sup>	5000	8 horas
		35000	1 hora

Fuente: Resolución 2254 del MADS, 2017

#### 2.4.3.12.4 Ruido

Para realizar la caracterización de los niveles de ruido en área de influencia y teniendo en cuenta los requisitos establecidos en los Términos de Referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos (M-M-INA-01), adoptados mediante Resolución 0421 del 30 de marzo de 2014 así como la

normatividad vigente aplicable, se realizó un monitoreo de ruido ambiental llevado a cabo por el laboratorio Corporación Integral del Medio Ambiente – CIMA acreditado mediante Resolución 0668 del 15 de marzo del 2018 del IDEAM.

#### 2.4.3.12.4.1 Etapa Precampo

Previo al trabajo de campo, se realiza la consulta de fuentes de información secundaria que relacionaran los niveles de ruido ambiental existentes en el área de influencia del proyecto, tales como los planes de ordenamiento y desarrollo municipales, planes de gestión ambiental regional, entre otros. Durante la etapa de *scouting* se establecen los potenciales puntos de monitoreo de ruido identificados como sectores con receptores de ruido, los cuales fueron validados en la fase de campo y así mismo las principales fuentes de emisión.

Para la selección de cada uno de los puntos se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- La presencia de fuentes de emisión
- La presencia de receptores
- La escogencia de blancos para verificar las variaciones en la generación de ruido en la zona
- La distribución espacial de los puntos para la generación de isotermas

Durante la fase de campo cada uno de los puntos seleccionados para el monitoreo fueron georreferenciados, con el fin de justificar su representatividad en cuanto a cobertura espacial y temporal, con el fin de establecer la base para la red de monitoreo que permita el seguimiento de los niveles de ruido durante la duración del proyecto.

Por otra parte, se verificó la normatividad vigente que establece los estándares de Ruido Ambiental y que actualmente se encuentra en vigencia la Resolución 627 de 2006 del hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) la cual modifica la Resolución 601 de 2006.

De esta manera, se determinaron diez (10) puntos de monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia, cuya ubicación se describe a continuación:

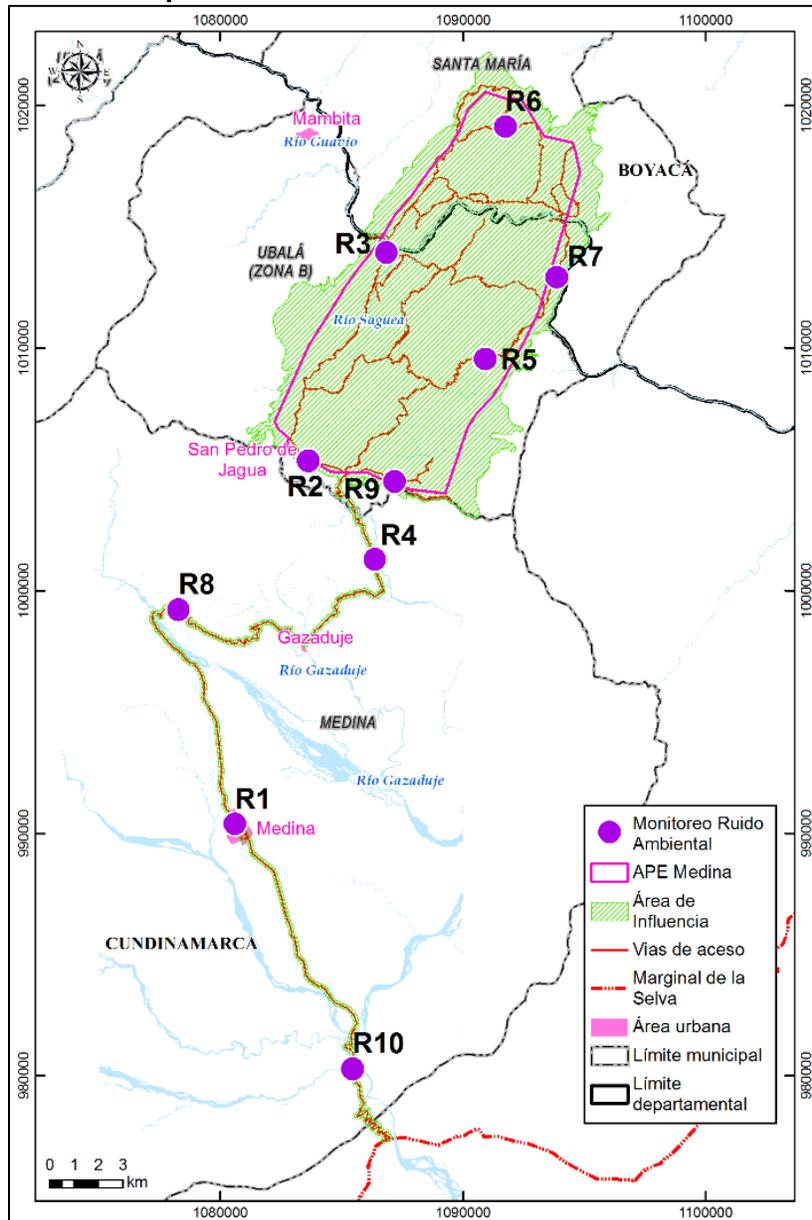
**Tabla 2.71 Puntos de medición de ruido ambiental**

PUNTO	NOMBRE	COORDENADAS MAGNA-SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
		NORTE	ESTE
R1	Casco urbano Medina	990382,059	1080591,021
R2	Casco urbano San Pedro de Jagua	1005354,836	1083605,859
R3	Caserío Vereda Soya	1013941,514	1086835,887
R4	Vía Medina - San Pedro (Sector Caño San Agustín)	1001296,638	1086356,724
R5	Vereda Gibraltar (Sector Escuela Rural)	1009537,838	1090909,403
R6	Vereda Ceiba Grande	1019132,793	1091742,539
R7	Vía Vereda Balcones	1012917,513	1093851,983
R8	Vía Medina - San	999223,880	1078267,097

PUNTO	NOMBRE	COORDENADAS MAGNA-SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ	
		NORTE	ESTE
	Pedro (Vereda Fátima)		
R9	Vereda El Carmen (Vía Gazajujo)	1004513,922	1087179,297
R10	Vereda El Japón (Vía Medina)	980292,536	1085444,911

Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente - CIMA, 2020

**Figura 2.45 Ubicación puntos de monitoreo de ruido ambiental**



Fuente: Concol by WSP, 2020

#### 2.4.3.12.4.2 Etapa de Campo

Como parte del recorrido realizado en campo, se realizó la identificación y georreferenciación de asentamientos poblacionales, viviendas e infraestructura socioeconómica, que se considere potencial fuente generadora de ruido o puntos susceptibles a presentar impactos por alteración en los niveles de presión sonora.

- **Metodología de monitoreo de ruido ambiental**

El monitoreo de ruido ambiental se realizó siguiendo el procedimiento estipulado en el Capítulos III del Anexo 3 de la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el cual corresponde a las normas ANSI S1.

Para el monitoreo de ruido ambiental, el laboratorio contratado CIMA (acreditado mediante Resolución 0668 del 15 de marzo del 2018 del IDEAM) instaló las respectivas estaciones con los equipos previamente calibrados y tomando registros en horarios diurnos y nocturnos por lo menos dos (2) días a la semana, considerando días hábiles y no hábiles (festivos o domingos). El estudio se realizó entre los días 09 y 11 de febrero de 2020 considerando el horario diurno entre las 7:01 a las 21:00 horas y el horario nocturno entre las 21:01 a las 7:00 horas.

Se realiza una calibración acústica del micrófono del sonómetro y luego se ubica el micrófono a una altura de 4,00 m, las mediciones se toman empleando la escala de ponderación A (dBA) y en respuesta lenta (slow). Cada medición, debe constar de cinco mediciones parciales distribuidas en tiempos iguales, cada una de las cuales debe tener una posición orientada del micrófono, norte, sur, este, oeste y vertical.

La información recolectada describe los parámetros descritos en la Tabla 2.72:

**Tabla 2.72 Datos Generales de la medición de ruido ambiental**

PARÁMETROS DEL ESTUDIO	
# LocQuest	El número de archivo en la memoria del sonómetro QUEST
L1 (Leq), dBA	Nivel continuo equivalente de ruido en el periodo de medición (resultado de la medición)
Lmax, dBA	Máximo nivel puntual de ruido encontrado dentro del periodo de medición.
Lmin. dBA	Mínimo nivel puntual de ruido encontrado dentro del periodo de medición.
L10.dBA	Nivel Sonoro que se sobrepasa durante el 10% del tiempo de medición.
L90.dBA	Nivel Sonoro que se sobrepasa durante el 90% del tiempo de medición.
Horarios	Las lecturas diurnas se realizaron entre las 7:01 y las 21:00, y las nocturnas entre las 21:01 y las 7:00, cumpliendo así con los horarios establecidos en la normatividad.

Fuente: Corporación Integral del Medio Ambiente - CIMA, 2020

#### 2.4.3.12.4.3 Etapa Poscampo

Posteriormente, se realiza el informe de análisis de resultados integrándolo al documento de caracterización ambiental, y presentando los mapas de isófonas conforme a lo establecido en los términos de referencia M-M-INA-01. Los resultados de presión sonora

en el área de influencia se compararon con los estándares máximos señalados en la Resolución 0627 de 2006 del MADS los cuales se indican en la Tabla 2.73 donde se resalta el sector aplicable *Sector D - Zona suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderado*.

**Tabla 2.73 Estándares máximos permisibles de niveles de Ruido Ambiental**

SECTOR	SUBSECTOR	ESTÁNDARES MÁXIMOS PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL EN DB(A)	
		Diurno	Nocturno
<b>Sector A. Tranquilidad y Silencio</b>	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
<b>Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado</b>	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes. Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.	65	50
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
<b>Sector C. Ruido Intermedio Restringido</b>	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	50
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	80	70
<b>Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado</b>	Residencial suburbana.	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Fuente: MAVDT, 2006

Los conceptos, realización y análisis de los mapas de ruido (Isofonas) se basan en la metodología parametrizada en el anexo 5 de la Resolución 627 de 2006, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy MADS. El método de interpolación de puntos dispersos utilizado fue el IDW, el cual usa una técnica de distancia inversa ponderada.

#### 2.4.4 Medio Biótico

La metodología para cualificar, cuantificar e integrar los componentes relacionadas con el medio biótico en el área de influencia del APE Medina, se efectuó teniendo en cuenta los

lineamientos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, en los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos (2014), la Metodología general para la presentación de estudios ambientales, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010 y el Permiso de Estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de Elaboración de Estudios ambientales otorgado a Consultoría Colombiana S.A. mediante la Resolución 00911 del 28 de mayo de 2019 de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA.

En la caracterización del medio biótico se realizó la identificación, descripción y especialización de ecosistemas estratégicos, sensibles y áreas protegidas, así como de las condiciones ecológicas actuales del área de estudio a través de diferentes aproximaciones como zonas de vida, biomas, provincias y distritos biogeográficos, ecosistemas, coberturas de la tierra, fragmentación, fauna asociada y ecosistemas acuáticos, así como la generación de información cartográfica a escala 1:10.000.

Para el componente flora se realizó la caracterización de los ecosistemas a través de un inventario estadístico a partir del cual se realizó la descripción florística y estructural de las unidades ecosistémicas, y para el componente faunístico se determina la presencia de especies asociadas a las unidades de ecosistemas de acuerdo con los grupos de anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

#### **2.4.4.1 Ecosistemas Terrestres**

##### **2.4.4.1.1 Zonas de vida**

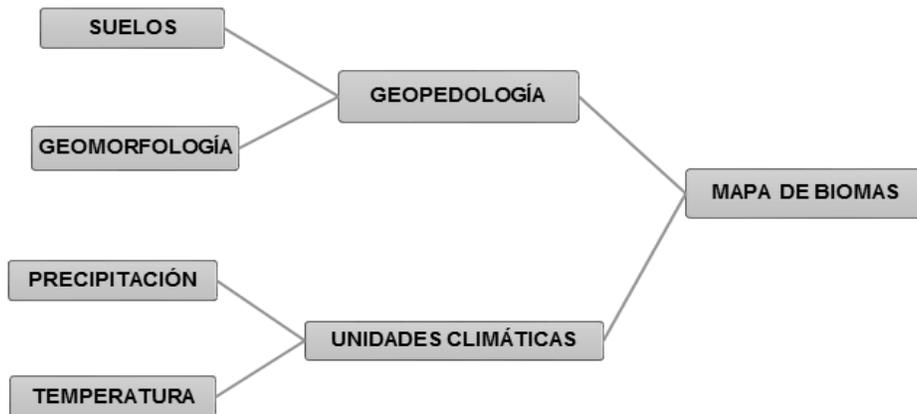
La caracterización ecológica del área de estudio del proyecto se efectuó mediante el Sistema de Clasificación de las Formaciones Vegetales o Zonas de Vida Naturales del Mundo, el cual fue elaborado por el Dr. Leslie Holdridge y se fundamenta en la relación que existe entre las condiciones bioclimáticas (temperatura y precipitación), la vegetación natural y la altitud. Este Sistema se basa en un modelo matemático, expresado en una configuración tridimensional, denominada Diagrama Bioclimático. Dado lo anterior, para obtener la información de las zonas de vida para el área de estudio se utilizará como referencia el mapa de Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia de Espinal, publicado por el IGAC, 1977.

##### **2.4.4.1.2 Biomas**

Para la identificación de biomas a la escala del estudio se tomó como referencia la propuesta metodológica del mapa Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia IDEAM, 2007. Una vez revisada esta información, se tomó como insumo la información temática elaborada para el proyecto a escala 1:10.000, específicamente se usaron los mapas de geomorfología, suelos y zonificación climática, siendo también la imagen usada para la elaboración del mapa de coberturas de la tierra un insumo importante para la delimitación de los biomas.

Posteriormente, se cruzó este mapa con la capa de geomorfología (Ver anexo cartográfico), y para confirmar la delimitación de las zonas de Helobioma se utilizó el mapa de suelos elaborado para el Proyecto (Ver anexo cartográfico), verificando la presencia de suelos cuya taxonomía indicara un régimen acuico (Oxyaquic). Finalmente, y entendiendo que el proceso de definición de biomas debe ser coherente con la información primaria tomada en campo, se consideró necesario revisar la delimitación del Helobioma, con base en la imagen usada para la delimitación de coberturas y los puntos de control de estas en campo, la cual permite diferenciar zonas de anegamiento, que en la cartografía del Proyecto a escala 1:10.000 no hubieran sido fácilmente identificables. En la Figura 2.46, se presenta el flujo metodológico usado para la construcción de esta capa.

**Figura 2.46 Esquema metodológico para la elaboración de Biomas**



Fuente: Adaptado (IDEAM et al., 2007)

#### 2.4.4.1.3 Cobertura de la Tierra

Mediante la interpretación de un mosaico de imágenes WorldView se elaboró el mapa de cobertura de la tierra a escala 1:10.000, en el cual de manera integral y sintética se presenta la información referente a las unidades de cobertura de la tierra conforme a la metodología Corine Land Cover para Colombia (CLCC) y la leyenda estructurada a escala 1:25.000 conforme a los lineamientos de IDEAM, 2.010.

La metodología para el mapeo de coberturas de la tierra tiene su base en la interpretación visual de imágenes de satélite, teniendo como base los elementos pictórico-morfológicos de las imágenes digitales de sensores remotos.

Para la digitalización de la interpretación visual se utilizó el software ArcGIS en su módulo ArcMap, el cual facilita en su módulo Editor, realizar edición a la capa de coberturas. La definición de las unidades de cobertura y uso del suelo se realizará tomando como guía la metodología Corine Land Cover para Colombia (CLCC) a escala 1:100.000 (IDEAM *et.al.*, 2010)

Las características de las imágenes con cubrimiento en el área de estudio, utilizadas en la interpretación, se presentan en la Tabla 2.74 tanto el proceso de interpretación en pantalla

como la revisión de control de calidad se realizó a una escala 1:2.500 lo cual permitió la generación de la cartografía preliminar a escala 1:10.000 empleando un área mínima cartografiada de 0.25 ha para territorios naturales y seminaturales y un área < 0.25 ha variable para territorios artificializados, esto debido a la importancia de algunos terrenos artificializados tales como: viviendas rurales y/o cuerpos de agua artificiales.

**Tabla 2.74 Especificaciones de las imágenes utilizadas para la generación de la cartografía de cobertura de la tierra**

NO.	IMAGEN/ SENSOR	CUBRIMIENTO	AÑO	RESOLUCIÓN ESPACIAL
1	WorldView	Área de influencia biótica	Diciembre 2017	0,5 m
2	WorldView	Vía de acceso	Octubre 2017	0,5 m

Fuente: ConcolBy WSP 2019

El marco metodológico del ANLA (2016) establece la organización de los datos en una estructura de geodatabase la cual permite tener un control en la disposición y almacenamiento de los datos y facilita la realización de los controles de calidad temático, topológico y semántico del archivo digital

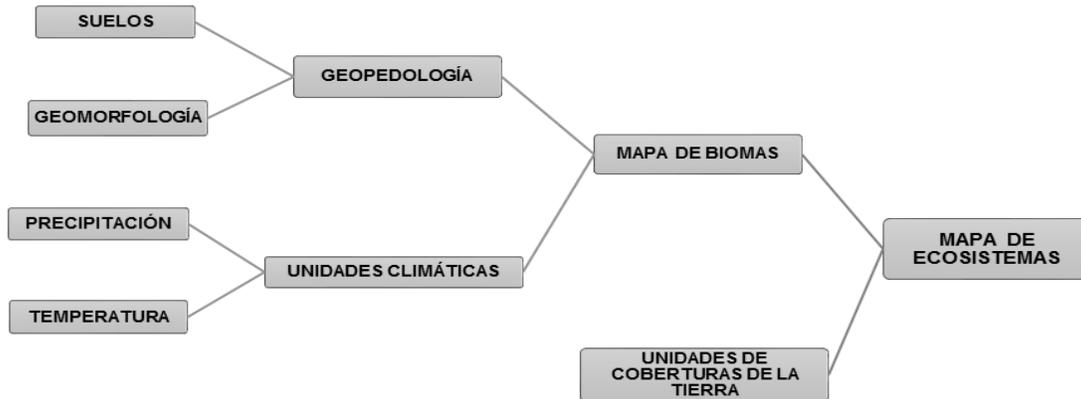
#### 2.4.4.1.4 Ecosistemas

Se generó la cartografía a escala 1:10.000 de los ecosistemas presentes en el área de influencia integrando la información de biomas, clima, geomorfología-suelos y cobertura de la tierra.

El mapa de ecosistemas tiene como propósito plasmar la síntesis de las relaciones ecológicas más significativas que tienen lugar en un determinado espacio geográfico. La leyenda del mapa constituye una síntesis de los diferentes tipos de ecosistemas y facilita la comprensión de los procesos genéticos responsables de la estructura biofísica y funcionamiento de los ecosistemas a escala 1:10.000.

La integración de la información se realizó a través de herramientas SIG en las cuales se superponen las capas de información de biomas, geomorfología-suelos, así como la generada para las Coberturas de la Tierra y Clima (Figura 2.47).

**Figura 2.47 Esquema metodológico para la elaboración del mapa de ecosistemas.**



Fuente: Adaptado (IDEAM et al., 2007)

#### 2.4.4.2 Flora

La metodología empleada para el desarrollo del componente de flora durante la fase de campo, precampo y post campo se presenta a continuación.

##### 2.4.4.2.1 Etapa Precampo

###### 2.4.4.2.1.1 Determinación de muestreo estadístico

El tamaño de la muestra (número de parcelas) se calculó en función del máximo error de muestreo requerido (15%), se usó la fórmula que se presenta a continuación:

$$n = \frac{(t_{\alpha/2, gl})^2 * (CV\%)^2}{(E\%)^2 + \frac{(t_{\alpha/2, gl})^2 * (CV\%)^2}{N}}$$

Donde:

$t_{\alpha/2, gl}$  es un valor de t-Student definido a una significancia alpha media ( $\alpha/2$ ), y con n-1 grados de libertad (gl)

CV%= coeficiente de variación estimado de la población a muestrear

E%= error de muestreo en porcentaje máximo requerido a un nivel de confiabilidad establecido (1- $\alpha$ ) 100%

N= Tamaño de la población (área por cobertura evaluada)

Primero se calculó el tamaño de la muestra “n” usando el valor de t-Student utilizando los grados de libertad del inventario preliminar. Una vez calculado el tamaño de la muestra, se volvió a calcular nuevamente, pero esta vez utilizando un valor para  $t_{\alpha/2, n-1}$ . Este proceso se repito hasta que el valor estimado de la muestra no cambio.

Para corroborar que la información colectada en campo cumpliera con los requerimientos de probabilidad y error establecidos, diariamente durante la etapa de campo se realizaron los cálculos de volumen para las parcelas y se aplicó la fórmula de error relativo de

muestreo que se presenta a continuación.

$$Er\% = ((t * E) / \bar{X}) * 100$$

Dónde:

t= Grados de libertad (n-1), probabilidad (95%)

E= error estándar

$\bar{X}$ = Media de los volúmenes totales

De acuerdo con lo anterior se estableció el número de parcelas (tamaño de la muestra), teniendo en cuenta el tamaño de la población (área de la cobertura natural), la covarianza de los muestreos; definida por medio del volumen total por parcela obtenido mediante información secundaria y el valor que arroja la tabla t de Student, obtenido con un alfa conocido y los grados de libertad.

#### 2.4.4.2.1.2 Estadígrafos para el cálculo del error del volumen total

Para determinar el error de muestreo por ecosistema natural y seminatural se realizaron los cálculos estadísticos de tendencia central que se presentan en la Tabla 2.75, empleados para determinar la variabilidad o dispersión de los datos de las muestras obtenidas en campo con respecto al total de la población.

**Tabla 2.75 Estadígrafos para el cálculo del error estadístico.**

ESTADÍGRAFO	ECUACIÓN	DESCRIPCIÓN
Media	$\bar{x} = \frac{\sum X_i}{n}$	Dónde: X <sub>i</sub> = Volúmenes totales de las parcelas n= Tamaño de la muestra.
Desviación Estándar	$S = \sqrt{\frac{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}{n - 1}}$	Dónde: n= Tamaño de la muestra.
Coficiente de Variación	$Cv\% = \left(\frac{S}{\bar{x}}\right) * 100$	Donde: S= Desviación estándar $\bar{X}$ = Media de los volúmenes totales
Error Estándar	$E = S \sqrt{n}$	Dónde: S= Desviación estándar n= Tamaño de la muestra.
Límites de confianza	$L = (\bar{x} \pm t * E)$	Donde: t= Grados de libertad (n – 1), probabilidad (95%) $\bar{X}$ = Media de los volúmenes totales E= Error estandar
Error relativo de muestreo	$Er\% = (t * E) / \bar{x} * 100$	Donde: t= Grados de libertad (n – 1), probabilidad (95%) $\bar{X}$ = Media de los volúmenes totales E= Error estandar

Fuente: Concolby WSP, 2019

#### 2.4.4.2.2 Etapa de campo

A continuación se presenta el número consolidado de parcelas levantadas y el error de muestreo correspondiente, para cada uno de los ecosistemas identificados en el área de influencia del proyecto.

**Tabla 2.76 Número de parcelas y error de muestreo por ecosistema**

BIOMA	COBERTURA	NÚMERO PARCELAS	VOLUMEN MUESTREADO (M3)	ERROR (E%)
Helobioma de la Amazonia - Orinoquia	Bosque de galería y ripario	9	177,95	6,11
	Vegetación secundaria alta	8	43,93	14,61
	Vegetación secundaria baja	17	6,51	10,73
	Pastos arbolados	12	94,29	11,62
Orobioma de la Amazonia - Orinoquia	Bosque de galería y ripario	10	201,72	4,59
	Bosque Denso Alto de Tierra Firme	11	235,44	6,93
	Bosque Fragmentado	14	231,5	7,34
	Vegetación secundaria alta	13	118,87	10,69
	Vegetación secundaria baja	25	10,96	6,61
	Pastos arbolados	17	134,89	6,97
Zonobioma de la Amazonia - Orinoquia	Bosque de galería y ripario	6	117,7	6,18
	Bosque Denso Alto de Tierra Firme	10	193,18	10,52
	Bosque Fragmentado	6	98,76	5,46
	Vegetación secundaria alta	11	108,93	14,7
	Vegetación secundaria baja	14	4,48	8,36
	Pastos arbolados	11	85,64	8,91

Fuente: Concol by WSP, 2021.

El trabajo de campo tuvo como propósito realizar la verificación de las unidades de cobertura interpretadas y que presentan mayor incertidumbre en su identificación y delimitación, es decir, que requirieron realizar un control temático.

En la medida que se avanzó en la interpretación se identificaron las áreas con mayores dificultades y dudas que no pueden ser despejadas con información secundaria o por experiencia del control de calidad.

El trabajo de campo tiene tres etapas: la preparación del trabajo de campo, la verificación en campo de la información interpretada y la realización de las correcciones encontradas como resultado de las comprobaciones de campo.

Los puntos obligados de control de campo corresponden a las coberturas que no pudieron ser identificadas por el intérprete ni control de calidad.

Una vez definida y aprobada la ruta para la verificación de campo, se realizó el desplazamiento y la observación de las unidades a comprobar.

Se empleó la aplicación GeoODKCollect para Tablet, y formularios digitales de colecta de datos, lo cual constituye una herramienta de apoyo a la toma de datos en campo que facilita

la captura y permite incorporar observaciones específicas.

El procedimiento para su utilización será el registro de un punto GPS y una fotografía digital en cada uno de los sitios de verificación. Como información de apoyo en campo, la Tablet deberá tener los siguientes shapes:

- Shape de la interpretación
- Shape de puntos obligados de verificación de coberturas
- Vías
- Centros Poblados

Con base en el mapa de coberturas inicial y los puntos de control tomados en campo, se llevó a cabo la actualización cartográfica, de esta manera se modifican polígonos y se rectifica la definición de las unidades de cobertura. Luego de la actualización y reprocesamiento, de nuevo se verificaron y consolidaron las bases de datos, se realizó el proceso de validación de topología y consistencia lógica, se calcularon áreas y finalmente se obtuvo el mapa de coberturas de la tierra final, de acuerdo con la metodología Corine LandCover (IDEAM, 2010) adaptada para Colombia y a las especificaciones cartográficas dadas por la ANLA, dentro de la guía metodológica de estudios ambientales.

#### 2.4.4.2.2.1 Caracterización florística y estructural

El objetivo de este proceso metodológico es recopilar la información básica sobre los métodos de muestreo y análisis utilizado en estudios de coberturas vegetales, teniendo en cuenta los aspectos técnicos y legales establecidos actualmente por parte de las entidades ambientales, así como el instructivo CAL-INS\_02-CAR-FLO-VER\_00 Metodología para la caracterización de flora terrestre de Consultoría Colombiana S.A.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, se realizó la caracterización de la vegetación a partir de los ecosistemas identificados en el área de estudio a escala 1:10.000.

En la Tabla 2.77 se presenta la forma y tamaño de parcelas para el muestreo de la vegetación de tipo arbóreo, arbustivo y herbáceo.

**Tabla 2.77 Unidades de muestreo para la Vegetación Terrestre**

UNIDADES FLORÍSTICAS	CATEGORÍA	UNIDAD DE MUESTREO	ESFUERZO DE MUESTREO
Bosque y Vegetación secundaria alta	Fustales	Parcelas de muestreo de 0,1 ha (1000 m <sup>2</sup> ), en rectángulo de 100 x 10 m (1 ha).	Se realizará la caracterización de la vegetación terrestre con 5 parcelas por ecosistema, o el número requerido por los términos de referencia establecidos por la Autoridad Ambiental.
	Latizales	Parcelas de muestreo en cuadrantes de 5 x5m (0,025 ha).	
	Brinzal	Parcelas de muestreo en cuadrantes de 2 x2m (0,0004 ha).	
Vegetación secundaria	Fustal	Parcelas de muestreo en cuadrantes de 10 x 10m	Se realizará la caracterización de la vegetación terrestre con 5

UNIDADES FLORÍSTICAS	CATEGORÍA	UNIDAD DE MUESTREO	ESFUERZO DE MUESTREO
baja		(0,01 ha).	parcelas por ecosistema, o el número requerido por los requerimientos de los términos de referencia establecidos por la Autoridad Ambiental.
	Latizal	Parcelas de muestreo de 5m x 5m (0,025 ha)	
	Brinzal	Parcelas de muestreo de 2m X 2m (0,0004 ha)	
Herbazales	Estrato herbáceo y rasante.	Para herbazales en los cuales la presencia de gramíneas tipo macolla, se realizarán parcelas de 2x2m	Se realizará la caracterización con 20 parcelas por ecosistema, o el número requerido por los términos de referencia establecidos por la Autoridad Ambiental
		Para misceláneos de herbáceas de porte bajo y arbustos dispersos, se establecerán parcelas de 5x5 m	Se realizará la caracterización con 5 parcelas por ecosistema, o el número requerido por los términos de referencia establecidos por la Autoridad Ambiental

Fuente: Concol By WSP 2019.

- **Tamaño y forma de las parcelas**

La unidad de muestreo corresponde a parcelas, cuya forma y tamaño varía de acuerdo con su fisonomía en las siguientes categorías:

- Bosque y vegetación secundaria alta
- Vegetación secundaria baja
- Herbazales

- **Bosque y vegetación secundaria alta**

La forma de las parcelas para las unidades florísticas de bosque y vegetación secundaria alta presentan forma rectangular, dado que esta garantiza una menor relación área perímetro, lo que genera un menor efecto borde, adicionalmente, estas parcelas son fáciles de establecer y se pueden subdividir en parcelas de menor tamaño que permiten el muestreo de otros tipos de vegetación (Vallejo- Joyas *et al*, 2005). El tamaño varía de acuerdo con las características con las coberturas o los ecosistemas, tal como se presenta en Tabla 2.78.

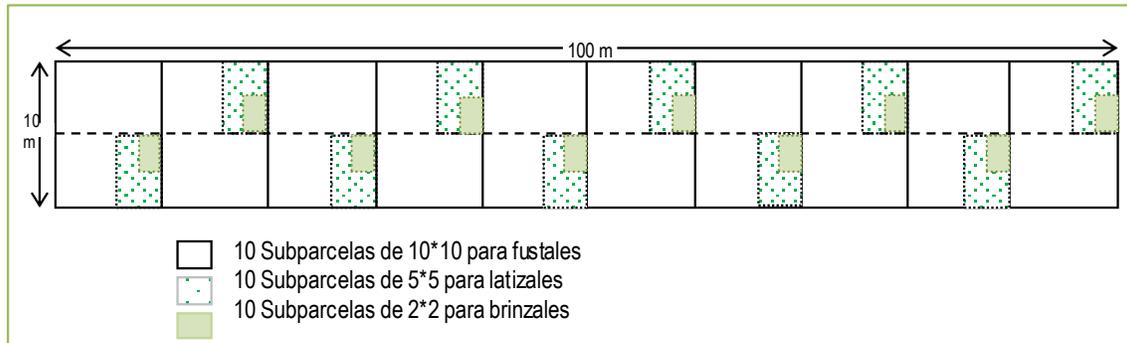
**Tabla 2.78 Criterios para la diferenciación de fustales, latizales y brinzales**

CATEGORÍA	CATEGORÍA DE TAMAÑO	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN	TAMAÑO	ÁREA(M <sup>2</sup> )
Renuevo o plántula	CT1	Altura menor a 30 cm	2 x 2 m	4 m <sup>2</sup>
Brinzal	CT2	Altura entre 30.1 a 150 cm		
Latizal	CT3	Altura > 150cm y DAP<10 cm	5 x 5 m	25 m <sup>2</sup>
Fustal		DAP>10 cm	10x100 m	1000 m <sup>2</sup>

Fuente: Guía Técnica de Inventarios Forestales, MADS 2002

Para la vegetación de bosque y vegetación secundaria alta se utilizarán parcelas de 0.1 ha de forma rectangular y dimensiones de 100\*10m (ver Figura 2.48).

**Figura 2.48 Esquema del establecimiento semitemporal de parcelas para la caracterización de ecosistemas con coberturas de bosque y vegetación secundaria alta**



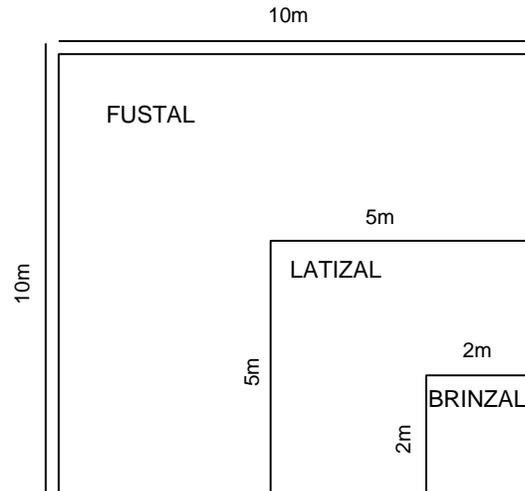
Fuente: ConcolBy WSP 2019 (modificada de Vallejo- Joyas *et al*, 2005)

Se realizó el muestreo de fustales, latizales y brinzales en parcelas anidadas cuyo criterio de tamaño y área de muestreo se detalla en la Tabla 2.77.

- **Vegetación secundaria baja**

Para vegetación secundaria baja y arbustales, se utilizaron parcelas de diez por diez metros (0,01 ha) para la medición de fustales, de cinco por cinco metros (0.025 ha) para la medición de latizales, mientras que para especies en estado brinzal se realizaron parcelas de dos por dos metros (0.0004 ha), este tamaño de parcela es sugerido en la metodología establecida por Quesada (2000) y CATIE *et al.* (1998), para este tipo de coberturas (Ver Figura 2.49).

**Figura 2.49 Esquema del establecimiento semitemporal de parcelas para la caracterización de vegetación secundaria baja**

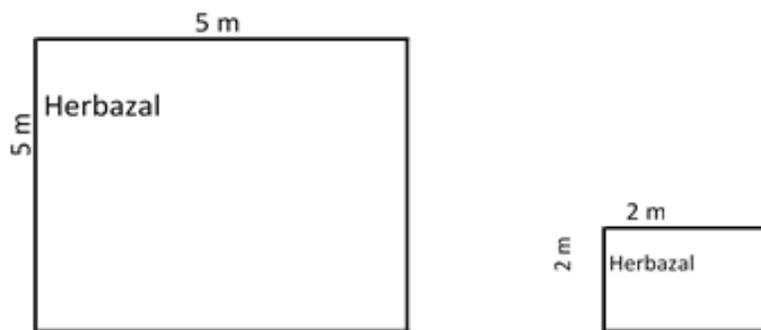


Fuente: ConcolBy WSP 2019

- **Herbazales**

Para herbazales se levantaron parcelas de 2x2m y de 5x5m; y se realizará un total de 20 parcelas por ecosistema o el número requerido por los términos de referencia establecidos por la autoridad ambiental (Ver Figura 2.50).

**Figura 2.50 Esquema del establecimiento semitemporal de parcelas para la caracterización de herbazales**



Fuente: Concol By WSP 2019

A continuación, se presenta el procedimiento para el establecimiento de parcelas en campo:

- **Ubicación de las unidades de muestreo**

Las parcelas se ubicaron de manera preferencial dentro del área de aprovechamiento

forestal o área de intervención del proyecto y en todos los ecosistemas o coberturas de la tierra que requieren caracterización.

Solo se ubicaron parcelas de muestreo fuera del área de aprovechamiento para aquellos ecosistemas que no tienen representación dentro del área de aprovechamiento forestal o que por fuerza mayor no puedan ser realizadas en el área de aprovechamiento forestal.

Para la ubicación de los sitios de muestreo se consideraron los siguientes aspectos: Condiciones de orden público, permisos de acceso de propietarios, condiciones topográficas que pongan en riesgo las actividades de los profesionales en campo, vías de acceso y estado de conservación de los fragmentos a muestrear.

En campo la captura de coordenadas de ubicación de parcelas se realizó haciendo uso del dispositivo digital GPS.

- **Demarcación**

Para efectuar la demarcación, se localizó el vértice de la unidad de muestreo o parcela y a partir de él se trazó el eje central de la unidad de muestreo o línea guía, utilizando estacas, jalones o cintas. Se verificó que la parcela quedara en su totalidad dentro de la franja del área de aprovechamiento forestal y dentro del ecosistema o cobertura muestreado.

- **Abscisado**

En cada una de las líneas guía, se absciso cada 10 metros, trazando de esta manera la longitud de la unidad de muestreo y colocando estacas identificadas con pintura o cintas de colores marcadas con la nomenclatura alusiva al lugar de ubicación.

- **Medición de variables**

Se realizó la medición de CAP, altura total y altura comercial de cada uno de los individuos presentes en las parcelas en las categorías de fustal y latizal y el conteo del número de individuos en la categoría de brinzal., así como los datos dendrológicos y fotografías de campo que se requerían.

Las cuadrillas en campo trabajaron de manera paralela, en diferentes puntos del área de estudio, cada equipo de trabajo o cuadrilla estuvo conformada por un profesional idóneo y dos auxiliares de campo. A cada una de las cuadrillas se les asignó una letra del alfabeto (ver Tabla 2.79), esta codificación hizo parte de la marcación de las parcelas.

**Tabla 2.79 Identificación de las comisiones en campo**

CUADRILLA	LETRA DE IDENTIFICACIÓN
1	D
2	E
3	F
4	G

Fuente: ConcolBy WSP 2019

Con el fin de identificar las parcelas, se hizo una marca en un árbol que permitió una identificación rápida y evidente de la siguiente manera (P1, P2...), se marcaron numéricamente de forma consecutiva acompañado del código de la comisión correspondiente, ejemplo:

Cuadrilla 1:

P1-D

P2-D

P3-D

Una vez localizado el punto de muestreo por cada una de las cuadrillas, se inició con el establecimiento de la parcela de acuerdo con las especificaciones de tamaño y forma descritas en los numerales anteriores. Se uso fibra sintética con la longitud en metros de acuerdo con el esquema de parcela establecido, señalando el eje de la parcela (ver Fotografía 2.4)

**Fotografía 2.4 Delimitación de la parcela**



Coordenadas: E:1.090.450,798 N: 1.009.456,229

Fuente: Concol By WSP 2019

Posteriormente, se procedió a realizar la marcación de la parcela y la marcación de los respectivos árboles de categoría fustal, La marcación de árboles se realizó de forma alfanumérica consecutiva en cada una de las parcelas (Ver Fotografía 2.5).

**Fotografía 2.5 Identificación de las parcelas e individuos fustales**



Coordenadas: E: 1.087.812,367, N: 1.009.228,951  
Fuente: Concol By WSP 2019

Para efectos de fácil seguimiento se demarcaron con pintura y en forma consecutiva los fustales localizados desde la parcela A hasta la n, tal como se muestra en la Fotografía 2.6, es decir, número de parcela, código de cuadrilla y la numeración del árbol. Durante el proceso de marcación de la parcela y de los individuos de tipo fustal y latizal (en caso de requerirse) se usó pintura de tránsito pesado, con el fin de garantizar la permanencia. Para la marcación se generó una superficie adecuada a una altura visible y tratando de tener el mismo sentido de orientación. Los latizales se marcaron con una "X". Los individuos de tipo brinzal no fueron marcados debido al tamaño de estos.

**Fotografía 2.6 Marcación de parcela e individuos**



Coordenadas: E:1.092.146,251, N: 1.020.247,546  
Fuente: Concol By WSP 2019

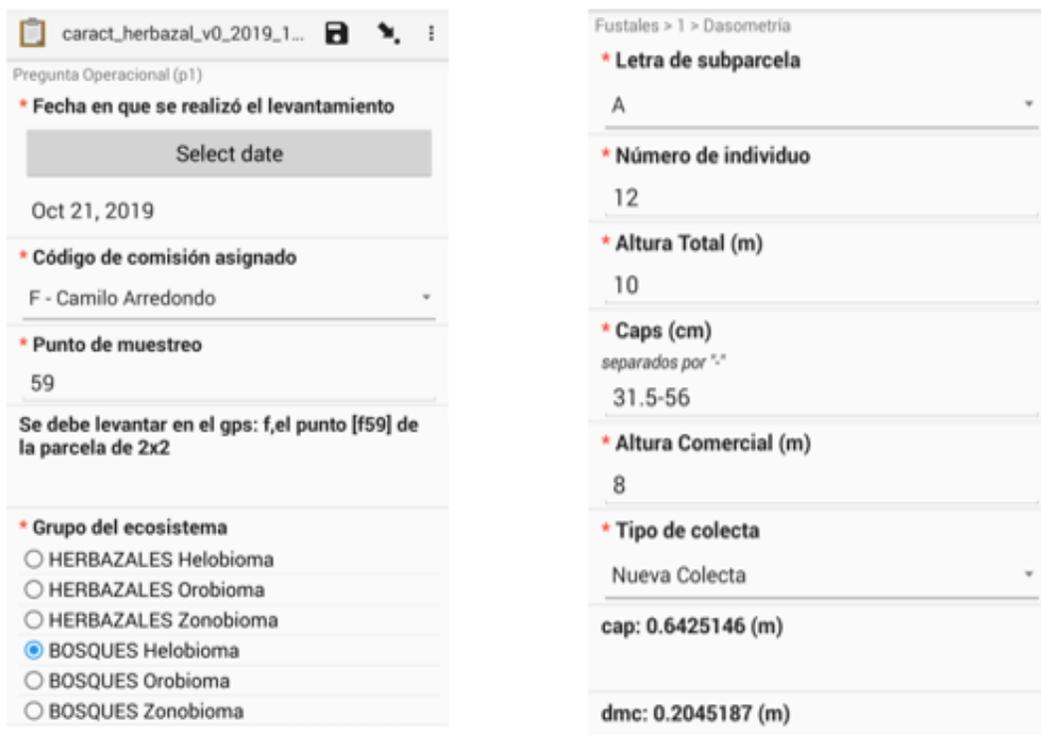
- **Toma y registro de datos de campo**

La información dasométrica de cada elemento fue capturada utilizando la herramienta Open Data Kit (ODK), es un conjunto de herramientas que permiten recopilar datos a través de dispositivos móviles Android y enviar datos a un servidor online. Optimiza el proceso de recopilación de datos con ODK Collect sustituyendo los formularios en papel tradicionales por formularios electrónicos que permiten subir texto, datos numéricos, GPS, fotos.

Con la parcela establecida se procedió a dar inicio al proceso de recolección de información primaria mediante el uso de formatos de campo.

Para fustales se realizó el inventario y medición de todos los individuos con diámetro  $\geq 10$  cm diámetro a la altura de pecho (DAP a 1,3 m del suelo), teniendo en cuenta que la parcela de 10x100 m se divide en 10 subparcelas de 10x10 m, la información se levantó de forma ordenada, evaluando una subparcela a la vez. El formato de campo es presentado en la Figura 2.51 (Formato para la caracterización forestal estado fustal).

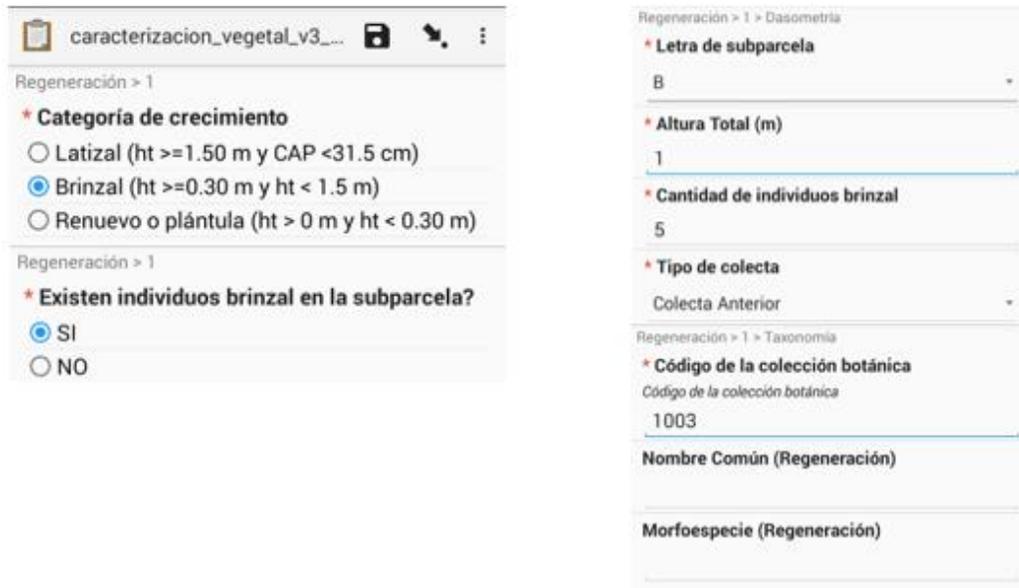
**Figura 2.51 Formato para la caracterización forestal estado fustal**



Fuente: Concol By WSP 2019

Para la regeneración natural los datos se consignaron en el formato establecido. Ver la Figura 2.52

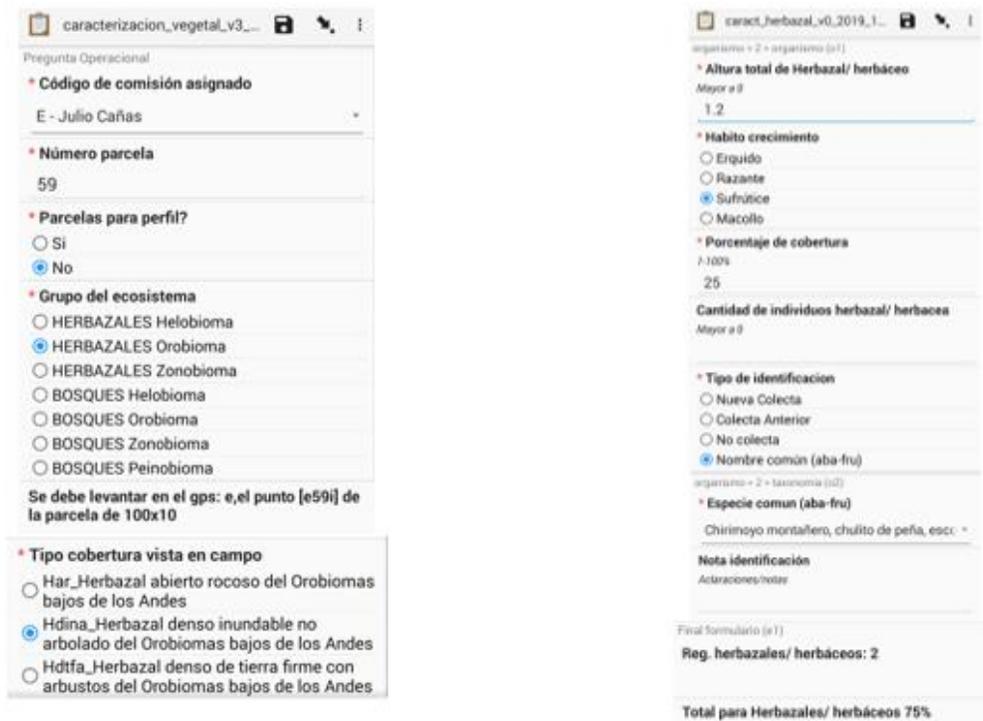
Figura 2.52 Formato para la caracterización forestal de la regeneración natural



Fuente: ConcolBy WSP 2019

Para los herbazales los datos se consignaron en el formato establecido. Ver Figura 2.53)

Figura 2.53 Formato para la caracterización herbazal



Fuente: ConcolBy WSP 2019

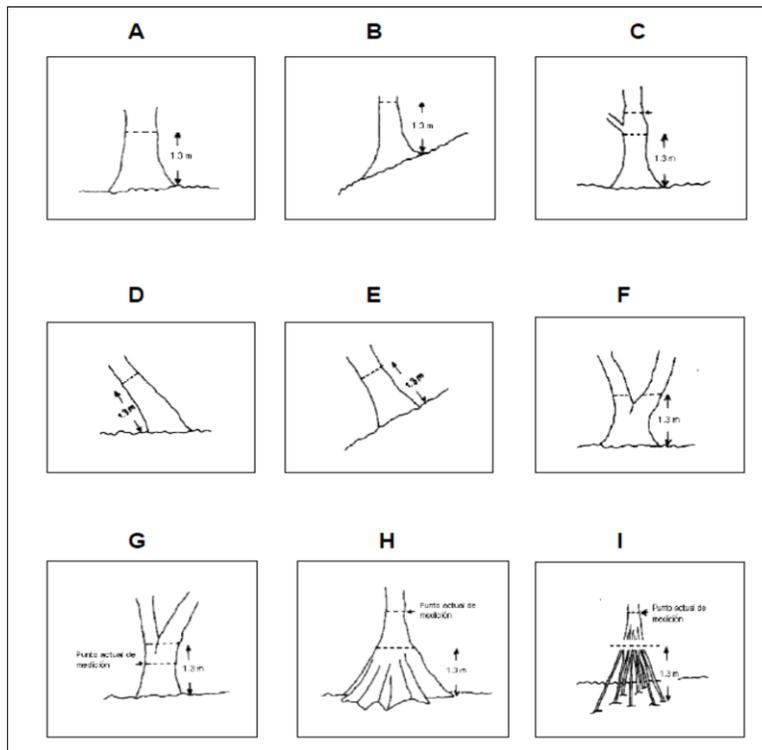
- **Definición de atributos para la caracterización vegetal**

*Identificación de especies:* se identificó a un nivel taxonómico detallado (nivel de especie) los individuos inventariados. En el caso en el que no se identificó la especie en campo se colectó una muestra para su identificación (este procedimiento se detalla más adelante en el apartado: Colección del Material botánico)

*Toma del diámetro a la altura del pecho (DAP):* Corresponde a la medida del diámetro del tallo del individuo a una altura a 1,3 m del suelo. Esta medida se utilizó para el cálculo del área basal y volumen. En la Figura 2.54 se presentan las recomendaciones a tener en cuenta para realizar la medición de DAP y se relaciona la fórmula con la cual se determinó esta variable:

$$DAP = CAP / \pi$$

**Figura 2.54 Recomendaciones para la medición de diámetros de árboles deformados, bifurcados e inclinados**



Fuente: Melo y Vargas, 2003.

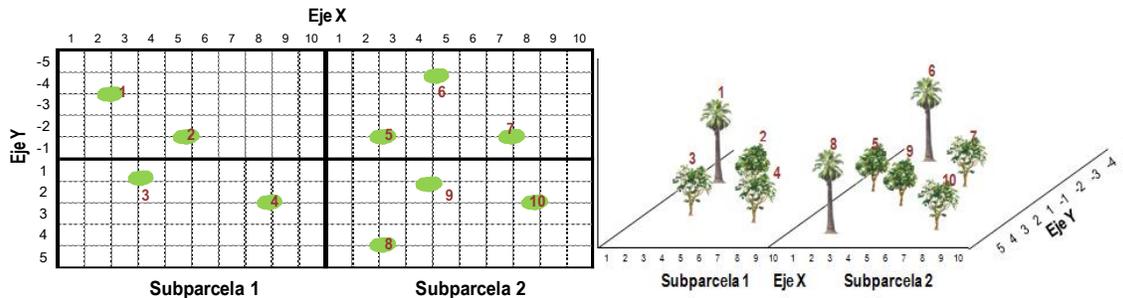
- **Toma de altura de los individuos**

**Altura total:** Es la longitud que se presenta desde la base del árbol sobre la superficie del suelo hasta su ápice.

**Altura comercial:** Es la longitud desde la base del árbol hasta la primera ramificación.

*Toma de datos de perfil de vegetación:* Con el fin de obtener los datos necesarios para realizar los perfiles de vegetación, dentro de cada una de las diez (10) subparcelas de 10m x 10m, se tomó la posición espacial bajo un plano de coordenadas cartesianas, en la Figura 2.55 se observan dos (2) subparcelas con el fin de graficar el desarrollo del trabajo en campo. En el formulario de caracterización vegetal, en la ficha: Perfil de caracterización, se registraron los datos de ubicación de cada uno de los árboles presentes en las 10 subparcelas, marcando con un punto el lugar en el que se localiza cada individuo.

**Figura 2.55 Localización de individuos para perfil de vegetación**



Fuente: ConcolBy WSP 2019

- **Colección del material botánico**

Teniendo en cuenta la Resolución 00911 del 2019 por la cual la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA-, otorga a la empresa Consultoría Colombiana S.A permiso de estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de Estudios Ambientales, para los proyectos en sectores de energía (líneas, termoeléctricas, presas, represas, embalses, transvases de la cuenca), infraestructura (vías, puertos, tratamiento de aguas residuales y rellenos sanitarios), minero e hidrocarburos a nivel nacional, y de acuerdo a lo establecido en el artículo cuarto de dicha resolución, la empresa informó por escrito a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA-, quince (15) días hábiles previos a la salida de campo en la cual se adelantaron las actividades de recolección de ejemplares botánicos.

*Descripción de la planta:* datos descriptivos de la planta que se puedan perder una vez llevado a cabo el proceso de herborización, tales como habito y/o forma de vida (hierba, arbusto, árbol o liana), altura, características de la corteza, coloración de hojas, flores y frutos y de cada una de sus partes, presencia de exudados y en general características organolépticas de la planta. Cuanto más detallada sea la descripción más enriquecedora será la etiqueta que acompañará el espécimen y más fácil e idónea será su identificación.

*Localidad:* lugar en que se realiza la colecta, registrando en lo posible las coordenadas geográficas, se hará referencia al departamento, municipio, la vereda (como mínimo) y de ser posible el nombre de referentes geográficos cercanos, como quebradas, ríos, montañas, etc.

*El hábitat:* datos del lugar de colecta haciendo una descripción del hábitat en el que se

encuentra el espécimen colectado, haciendo referencia al tipo de ecosistema, la vegetación dominante y el nombre de las especies con las que cohabita.

*Altitud:* a la cual es colectado el ejemplar.

*Nombres comunes y usos:* en casos en los que se cuente con el apoyo de personas de la comunidad que conozcan la vegetación del lugar, es muy importante recolectar información referente a nombres comunes y usos de las plantas.

*Nombres del colector o colectores:* datos del nombre del o los colectores, empezando por el nombre del colector principal, acompañado de un número de colección consecutivo.

*Fecha:* fecha de colecta, esta será útil entre otras cosas para identificar tiempos de floración y fructificación de las plantas colectadas.

La información colectada de cada una de las muestras botánicas se asoció a un número de colección en la libreta de campo, dado que esta información se transcribió en las etiquetas que acompañaron a los ejemplares en el proceso de identificación. A continuación, se muestra en la Figura 2.56 el tipo de etiquetas que se utilizaron en el desarrollo del estudio:

**Figura 2.56 Modelo Etiqueta**

CONSULTORIA COLOMBIANA S.A (CONCOL)			
Código de Colección:	<input type="text"/>	Comisión/ Subzona:	<input type="text"/>
Familia:	<input type="text"/>		
Nombre científico / morfoespecie	<input type="text"/>		
Nombre común:	<input type="text"/>	Usos:	<input type="text"/>
Descripción: <input type="text"/>			
Localización: Colombia, Departamento: <input type="text"/> , Municipio: <input type="text"/> , Corregimiento: <input type="text"/> , Vereda: <input type="text"/> .			
Waypoint	<input type="text"/>	Parcela/ Ecosistema	<input type="text"/>
Altitud	<input type="text"/>	m	Fecha <input type="text"/> <input type="text"/> 2019
		Caracterización Forestal "P1329".	

Fuente: Concol By WSP 2019

Para garantizar la calidad de las muestras botánicas en el caso de árboles y arbustos, se tomaron cuando fue posible, ramas reproductivas, cuidando de que la muestra contuviera al menos dos entrenudos e inflorescencias y/o infrutescencias (Ver Fotografía 2.7 y Fotografía 2.8).

**Fotografía 2.7**  
**identificación**

**Proceso**



Coordenadas: E: 1.088.266,790, N: 1.016.473,919  
Fuente: ConcolBy WSP 2019

**Fotografía 2.8** **Proceso** **colecta**  
**de muestras botánicas**



Coordenadas: E:1.089.874,137,N: 1.019.146,216  
Fuente: ConcolBy WSP 2019

Una vez la muestra se colecto, se depositó en bolsas independientes con un número de identificación, relacionado en la libreta de campo, es recomendable tomar muestras suficientes para al menos un exicado y su duplicado. Cada muestra se depositó en un costal de fibra buscando acomodarlas de manera que se mantuvieran en las mejores condiciones durante su transporte al sitio de prensado.

- **Prensado y secado del material vegetal**

Con el fin de que las muestras botánicas se conservaran en las mejores condiciones es indispensable que una vez colectado el material en campo, esté sea prensado el mismo día o a lo sumo al día siguiente. Las muestras se prensaron en hojas de papel periódico de formato 60 x 30 cm doblado por la mitad, acomodadas en un plano, manteniendo hasta donde sean posibles las características de la planta en vivo.

El material vegetal se preno por medio del aplanado de la muestra botánica dejando hojas por el haz y otras por el envés. Las flores y los frutos se distribuyeron equitativamente permitiendo que quedaran en el primer plano. Cada muestra se colocó por separado dentro del papel periódico y se marcó en el papel con lápiz de cera su respectivo número de colección.

Una vez el material se encuentro prensado, se hicieron paquetes de entre 20 a 30 cm de altura, los cuales se envolvieron con tres (3) hojas dobles de papel periódico, de manera que uno de los lados del paquete de periódico en las que se encontraban las muestras se mantuvieran descubiertas. A continuación, sobre este paquete se ejerció presión y se aseguró con un nudo en cruz lo más ajustado posible, para ser depositadas en el paquete en bolsas plásticas de calibre cuatro, una vez acomodadas las muestras se esparció alcohol al 75% como se muestra en la Fotografía 2.9, la bolsa de alcoholizar se selló con doble nudo utilizando cuerda de nylon.

**Fotografía 2.9** Proceso de prensado y alcoholizado de muestras botánicas



Fuente: ConcolBy WSP 2019

Para el secado, se colocaron las muestras individuales entre cartones y separadas por láminas de aluminio corrugado, una vez apiladas varias muestras se colocaron sobre la prensa metálica del horno, la prensa se ajustó lo más fuertemente posible. El secado del material se llevó a cabo en el horno de flujo de aire a una temperatura de 60 a 80 grados centígrados por 36 horas.

El material se colectó, prensó y seco de acuerdo con las normas estándares internacionales y se entregó a especialistas para su determinación botánica.

#### **2.4.4.2.3 Etapa Post Campo**

##### **2.4.4.2.3.1 Identificación del material vegetal**

Cuando las muestras se encontraban en un herbario certificado, se etiquetaron y separaron a nivel de familias botánicas, unificando los morfos con las mismas características, esto con el fin de tener una aproximación a una categoría taxonómica más específica.

Posteriormente y por medio del uso de literatura botánica, de las diferentes herramientas con las que cuenta la misma, (claves taxonómicas, descripciones, ilustraciones etc.) y mediante el uso de equipos que respaldan esta labor (estereoscopios, etc.) se pudo lograr una determinación taxonómica a nivel de especie si se contaba con todas las características diagnósticas que lo permitieron. De no ser posible contar con los órganos diagnósticos de la planta, que corresponden a los caracteres reproductivos (flor y fruto), se realizó un ejercicio de comparación con especímenes depositados en el herbario donde se realizó el proceso de identificación y mediante la técnica de comparación se determinaron las muestras al nivel taxonómico más detallado posible (Ver Fotografía 2.10). Se acudió también a la información disponible en herbarios virtuales que contaban con colecciones realizadas en los sitios del muestreo, a los catálogos florísticos, listas de flora y flora identificada en las zonas de estudio o de las zonas aledañas para confirmar y tener certeza en la identidad de las muestras.

Una vez se realizó la determinación, los especímenes que se encontraban fértiles se montaron y depositaron en un herbario certificado y sirvieron como registro de la flora presente en el área de estudio del proyecto. El material infértil no se incluyó en la colección, sin embargo, se conservó como material testigo de la realización del estudio de flora.

226

**Fotografía 2.10** Proceso de identificación de muestras botánicas



Fuente: ConcolBy WSP 2019

#### 2.4.4.2.3.2 Análisis florístico y estructural

Con la información recopilada en campo y la identificación completa en herbario, se procedió a determinar la composición de cada uno de los ecosistemas definidos inicialmente. El estudio de la estructura se realizó a partir del análisis de la estructura vertical, horizontal de la vegetación inventariada. Para el análisis de la estructura vertical se usaron los diagramas de perfil, los cuales permitieron caracterizar e identificar las relaciones y asociaciones entre especies, familias y comunidades (Melo & Vargas, 2003). El análisis de la estratificación del perfil del bosque se realizó identificando y estableciendo pisos sociológicos de acuerdo con la altura total de la vegetación inventariada, para esto, se diferenciaron estratos o pisos forestales. Así mismo, se construyó el diagrama de dispersión de copas propuesto por Ogawa *et al.*, (1965, citado por Melo y Vargas, 2003), el cual permitió visualizar la presencia de estratos en el bosque.

Para la evaluación de la estructura horizontal, se calcularon los índices abundancia, frecuencia y dominancia y la suma relativa de estos para hallar el índice de Valor de Importancia, así mismo se calcularon índices para determinar la distribución de las especies, como el grado de agregación de las especies e índices para análisis de biodiversidad como Margaleff, Shannon & Wiener y el coeficiente de mezcla. Los parámetros estructurales e índices de diversidad que se utilizaron se presentan en la Tabla 2.80.

**Tabla 2.80** Parámetros estructurales e índices de diversidad

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	FÓRMULA Y/O RANGOS DE ANÁLISIS
Abundancia absoluta	Es el número de árboles por especie contabilizados en el inventario.	$A_a = N^{\circ} \text{ de individuos por especie}$
Abundancia relativa	Es la relación porcentual en que participa cada especie frente al número total de	$A_r = \frac{N^{\circ} \text{ de individuos por especie}}{N^{\circ} \text{ de individuos en el área muestreada}} \times 100$

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	FÓRMULA Y/O RANGOS DE ANÁLISIS
	árboles.	
Frecuencia absoluta	Es la relación porcentual de la presencia o ausencia de una especie en cada una de las unidades de muestreo, se agrupan en cinco clases.	$F_a = \frac{N^{\circ} \text{ de unidades de muestreo en que ocurre una especie}}{N^{\circ} \text{ total de unidades de muestreo}} \times 100$ <p>I Fa=1-20 Muy poco frecuentes            II Fa=20.1-40 Poco frecuentes            III Fa=40.1-60 Frecuentes            IV Fa=60.1-80 Bastante frecuentes            V Fa=80.1-100 Muy frecuentes</p>
Frecuencia relativa	Es la relación porcentual de la frecuencia absoluta de una especie dividida entre la sumatoria de todas las frecuencias absolutas de todas las especies	$F_r = \left( \frac{F_a \text{ de una especie}}{\sum F_a} \right) \times 100$
Dominancia absoluta	Es el grado de cobertura de las especies como expresión del espacio ocupado por ellas, siendo expresada como la sumatoria del área basal de todos los individuos de una especie.	$D_a = \sum \text{de las áreas basales de toos los individuos una especie tomados en la muestra}$
Dominancia relativa	Es la relación porcentual entre el área basal de una especie y la sumatoria total de las dominancias absolutas de todas las especies tomadas en la muestra.	$D_r = \frac{\text{Área basal total por especie}}{\sum \text{Áreas basales en el área muestreada}} \times 100$
Índice de Valor de Importancia IVI	Es la sumatoria de los parámetros expresados en porcentaje de la abundancia, frecuencia y dominancia, el valor máximo es de 300 y se presenta cuando solamente hay una especie presente en el área muestreada.	$I.V.I. = A_r(\%) + F_r(\%) + D_r(\%)$ <p>Ar%: Abundancia relativa            Fr% : Frecuencia relativa            Dr%: Dominancia relativa</p>
Densidad	Corresponde al número de árboles registrados por unidad de área total de muestreo. Este dato es importante ya que muestra la influencia de la especie en el ecosistema:	$D = \frac{N^{\circ} \text{ de árboles}}{\text{Área total del mustreo (ha)}}$
Coefficiente de mezcla	Es la relación entre el número de especies y el número de individuos.	$C.M. = \frac{N^{\circ} \text{ de especies}}{N^{\circ} \text{ de individuos}}$

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	FÓRMULA Y/O RANGOS DE ANÁLISIS
Grado de agregación	Determina la distribución espacial de las especies.	$G_a = \frac{D \text{ (Densidad observada)}}{d \text{ (Densidad esperada)}}$ $D = \frac{N^\circ \text{ total de árboles por especie}}{N^\circ \text{ total de parcelas muestreadas}}$ $d = -\log\left(\frac{1-F}{100}\right)$ $F = \text{frecuencia absoluta de la especie}$ <p>Conforme a este sistema los valores de D/d significan:</p> <p><math>D/d &gt; 1</math>: indica tendencia al agrupamiento</p> <p><math>D/d &gt; 2</math>: significa que la especie tiene una distribución agregada</p> <p><math>D/d &lt; 1</math>: indica que la especie se encuentra dispersa</p>
Clases diamétricas	Permiten agrupar los diámetros medidos en el inventario para facilitar el procesamiento de los datos.	Las clases diamétricas se establecen a partir de un DAP de 10 cm y son las siguientes: I 10-19,9 cm      IV 40-49,9 cm II 20-29,9 cm      V 50-69,9 cm III 30-39,9 cm      VI 60-69,9 cm
Estructura vertical – Método cuantitativo - Ogawa	Se detecta la presencia de estratos mediante la elaboración de una gráfica de dispersión de puntos, ubicando en las ordenadas la altura total y en las abscisas las alturas hasta la base de la copa, la aparición 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 los estratos del bosque ya que existe una continua sucesión desde el sotobosque hasta el dosel superior	
Estructura vertical - Método cualitativo – Perfil	Consiste en la elaboración de un diagrama de perfil de la vegetación, el cual presenta la distribución de los individuos dentro de la parcela, para lo cual se debe tener registro de los DAP, las alturas comercial y total, proyección de copas y posición en coordenadas de cada uno de los árboles, así como su especie correspondiente. El perfil se construirá a partir de un plano coordenado atendiendo a la dimensión de las parcelas de 100 x 10m.	
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. (TROPENBOS, 1991).	$VF = \frac{n}{N}$ <p>VF= Valor Fitosociológico  n= Número de individuos del sustrato  N=Número total de individuos de todas las especies.</p> $PSa = VF(i) * n(i) + VF(m) * n(m) + VF(s) * n(s)$ <p>PSa= Posición Sociológica Absoluta de la especie  VF= Valor fitosociológico del sustrato  n= N° de Individuos de cada especie  i: inferior; m: medio; s: superior</p> $PS\% = PSa / \Sigma PSa$ <p>PS%= Posición sociológica relativa</p>
Regeneración natural	La regeneración natural según LAMPRECHT (1990), implica el desarrollo de un estado más productivo del bosque; de esta manera	$RN\% = \frac{A\%RN + F\%RN + CT\%RN}{3}$ <p>Dónde:  RN%=Regeneración natural relativa.</p>

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	FÓRMULA Y/O RANGOS DE ANÁLISIS
	un buen desarrollo de la regeneración determina que se presenten unas cantidades suficientes de semillas viables, así como unas condiciones micro climático y edáfico adecuado para su germinación y desarrollo.	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.
Volumen	Permitió conocer las existencias volumétricas totales y comerciales obtenidas en el área de estudio.	<p><b>Volumen Total</b></p> <p><b>V. TOT = AB * Ht * ff</b></p> <p>Dónde:</p> <p>V. TOT = Volumen total (en m3); AB = Área Basal (en m2); Ht = Altura total (en m); ff = Factor forma igual a 0,7</p> <p><b>Volumen comercial:</b></p> <p><b>V. COM = AB * Hc * ff</b></p> <p>Dónde:</p> <p>V. COM = Volumen Comercial (en m3); AB = Área Basal (en m2); Hc= Altura total (en m); ff = Factor forma igual a 0,7</p>
Índice de Simpson	Determino la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de la misma especie	$\lambda = \sum p_i^2$ Donde pi = abundancia proporcional de la especie i (# individuos de la especie i/N
Índice de Margalef	Para medir la riqueza o variedad de especies, relacionan el número de especies con el número de individuos en una comunidad dada.	$D_{mg} = \frac{(S - 1)}{\ln N}$ Dónde: N = Número total de individuos, S = Número de especies
Índice de diversidad de Shannon & Wiener	Es igualmente una medida de la diversidad o riqueza en especies de una población dada	$H' = - \sum P_i \ln P_i$ y $\sum P_i = 1$ Dónde: Pi=abundancia proporcional de la especie i, lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Fuente: Concol By WSP 2019

#### 2.4.4.2.3.3 Análisis de las especies de importancia económica, ecológica y cultural

La metodología usada para la identificación y posterior análisis de las especies de importancia económica, ecológica y cultural correspondió a una evaluación cuantitativa de

230

la importancia del uso de las plantas, mediante la metodología de sumatoria de usos (Boom, 1990), el número de usos es sumado dentro de cada categoría de uso, para evaluar el valor de uso de una especie. Esta es la forma más rápida de cuantificar datos etnobotánicos y ha sido la más usada hasta el momento (Marín, *et al.*, 2005). La ventaja principal de esta metodología es la rapidez de su aplicación y que suministra información cuantitativa confiable para grandes áreas. La metodología consiste en que cada uso mencionado por los diferentes auxiliares de campo se suma al valor total de la importancia de cada especie, independientemente de la categoría de uso. Las categorías de uso utilizadas se toman con base en las definidas por (Cárdenas, *et al.*, 2002) y corresponden a las relacionadas en la Tabla 2.81, se considera que la categorización de los usos responde a una importancia económica y cultural de las especies.

**Tabla 2.81 Categorías de uso e importancia utilizadas para las especies de flora**

Categoría de Uso	Definición
Alimento (Al)	Incluye especies cultivadas y del bosque, usadas como comestibles.
Artesanal (Ar)	Incluye especies utilizadas como fibras para cestería, pulpa para elaboración artesanal de papel, maderas para talla, semillas y recipientes.
Aserrió (As)	Especies maderables empleadas en procesos de transformación industrial como ebanistería, chapas, triplex y otros.
Colorante (Cl)	Plantas usadas para obtener tintes naturales.
Combustible (Cm)	Plantas utilizadas para leña o carbón.
Construcción (Ct)	Especies usadas en la edificación de viviendas, como vigas, cercas, techos, amarres, etc.
Cultural (Cu)	Especies que son utilizadas en actividades sociales o rituales.
Forraje (F)	Plantas que sirven para alimento animal.
Medicinal (M)	Plantas usadas para tratar o prevenir enfermedades.
Ornamental (O)	Incluye especies con uso actual o potencial en el ornato y decoración de espacios.
Psicotrópicas (P)	Incluye especies que producen efectos sobre el sistema nervioso.
Tóxico (T)	Incluye especies empleadas como venenos para cacería, pesca o que se reconocen como nocivas para el hombre o animales.
Otros (Ot)	Incluye especies con usos específicos y que no pueden ser catalogadas en las otras categorías de uso definidas en este trabajo.

Fuente: Cárdenas, *et al.*, 2002

#### 2.4.4.2.3.4 Categorías de amenaza y endemismos

Con el fin de identificar si dentro del área de intervención para un proyecto dado, hay presencia de especies con alguna categoría de amenaza y/o endémicas, una vez se tuvo plenamente la identificación botánica, se procedió a hacer la revisión de la Resolución 1912 del 2017 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, así como las Resoluciones de orden regional que se tengan para las especies de flora. Adicionalmente, se hizo la revisión de los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres CITES, las listas rojas preliminares ([www.iucnredlist.gov](http://www.iucnredlist.gov)) y libros rojos de plantas de Colombia del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt IAvH.

Metodología para la evaluación de especies con categoría de veda nacional y/o regional

A continuación, se presenta los métodos, actividades y requerimientos de trabajo que A.

implemento y tuvo en cuenta para realizar la caracterización de especies de plantas vasculares, no vasculares y líquenes de hábito epífita, terrestre y/o rupícola, así como especies forestales y helechos arborescentes, que puedan llegar a encontrarse en el área de afectación del proyecto que se encuentran bajo las categorías de veda nacional y/ regional.

#### **2.4.4.2.3.5 Especies forestales y helechos arborescentes**

Para determinar si dentro del área de aprovechamiento forestal o área de afectación del proyecto se encuentran especies arbóreas y helechos arborescentes con categoría de veda nacional y/o regional, se realizó censo de los individuos en categoría fustal a partir de 10 cm de DAP. Para brinzales y latizales se obtuvo la información a partir de las parcelas de muestreo de flora.

#### **2.4.4.3 Flora arbórea en veda regional**

En el presente numeral se describe la metodología empleada para identificación y caracterización de especies forestales con categoría de veda regional según la Resolución N.º 495 del 2 de septiembre del 2015 expedida por la Corporación Autónoma Regional de Chivor -CORPOCHIVOR. El esfuerzo de muestreo se enfoca en aquellas coberturas vegetales dentro del área de influencia que se traslapen con la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Chivor -CORPOCHIVOR.

##### **2.4.4.3.1 Fase precampo**

###### **2.4.4.3.1.1 Determinación del tipo de muestreo**

La selección del método para situar las unidades muestrales, se refiere al patrón espacial que ellas tendrán, una vez ubicadas en la zona de estudio. La distribución de las parcelas o unidades de muestreo, por unidad de cobertura vegetal, se realizó con el método de muestreo aleatorio simple (M.A.S), el cual constituye la base de la mayoría de los tipos de muestreo.

En este caso (M.A.S), la población se divide en **N** unidades de muestreo, de las cuales se toman al azar **n** muestras, de tal forma, que cada combinación de las **n** muestras, tengan la misma probabilidad de ser escogidas. Las formas de tomar las muestras pueden ser al azar, por observación empírica o por tablas de números aleatorios (Gómez, 1989), buscando dejar los puntos de muestreo lo mejor distribuidos dentro del área de estudio.

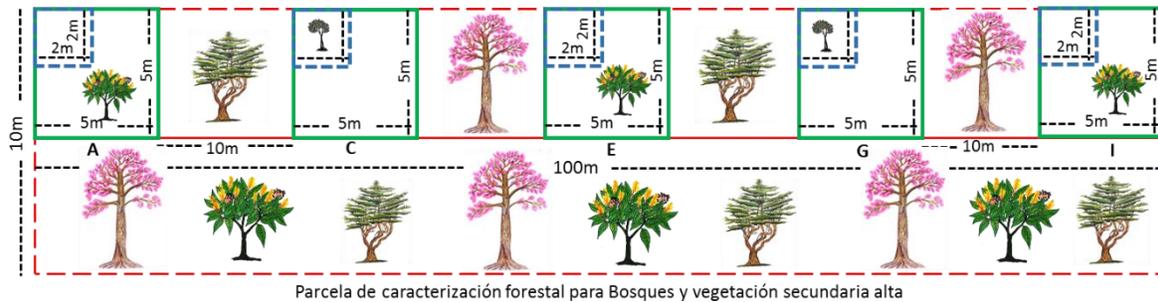
###### **2.4.4.3.1.2 Forma y tamaño de las parcelas**

La forma de la unidad de muestreo fue rectangular, por ser la más práctica a utilizar en coberturas vegetales y en la cual se tiene en cuenta el efecto de borde que se puede generar. Estas formas de parcelas, permitió hacer un barrido en línea recta, sin incurrir en prolongados desplazamientos laterales, facilitando la evaluación de los atributos y las variables objeto de estudio. Coberturas de bosques y vegetación secundaria alta, se establecieron parcelas rectangulares de 100m de longitud por 10m de ancho, subdividida

en 10 segmentos, en la cual

se registraron todos individuos fustales (DAP mayor o igual a 10 cm), mientras que para muestrear los latizales (Altura > 150cm y DAP < 10 cm) se establecieron cinco parcelas de 25m<sup>2</sup> y dentro de estas parcelas de 4m<sup>2</sup>, en las cuales se registraron los individuos en estado brinzal (Altura entre 31 a 150 cm) y renuevo (Altura menor a 30 cm) (Figura 2.57).

**Figura 2.57 Esquema del establecimiento semitemporal de parcelas para la caracterización de ecosistemas con coberturas de bosque y vegetación secundaria alta**

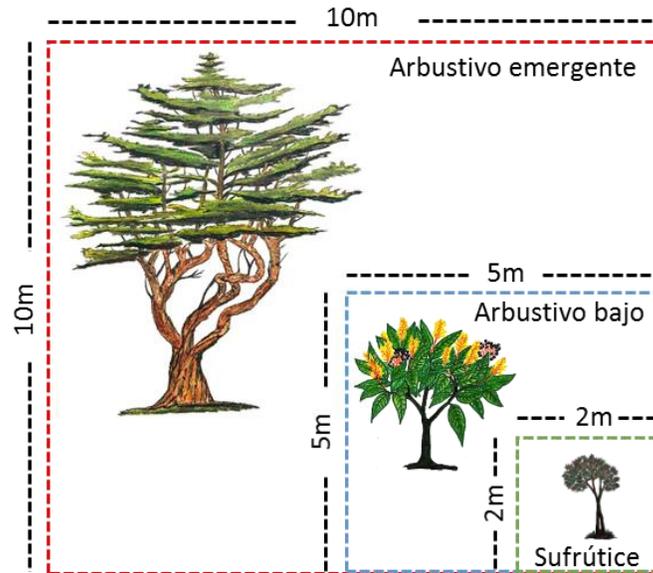


Fuente: ConCol by WSP, 2019

Para coberturas de vegetación secundaria baja y arbustales con presencia de árboles (DAP > 10cm; h > 5m) se establecieron parcelas de diez por diez metros (0,01 ha), mientras que para la medición de individuos arbustivos de porte bajo (DAP < 10cm; h > 1.5m) fue de cinco por cinco metros (0,0025ha), y para elementos de porte herbáceo pero tallo lignificado (0.7 > h < 1.5m) las parcelas fueron de dos por dos metros (0,0004ha), como se muestra en la

Figura 2-58.

**Figura 2-58 Esquema del establecimiento semitemporal de parcelas para la caracterización de vegetación secundaria baja y arbustiva**



Fuente: ConCol by WSP, 2019

En herbazales se realizaron parcelas cuyo tamaño varió en función del tamaño, hábito de agregación y presencia de elementos arbustivos, los cuales se presentan en la Tabla 2-82 y

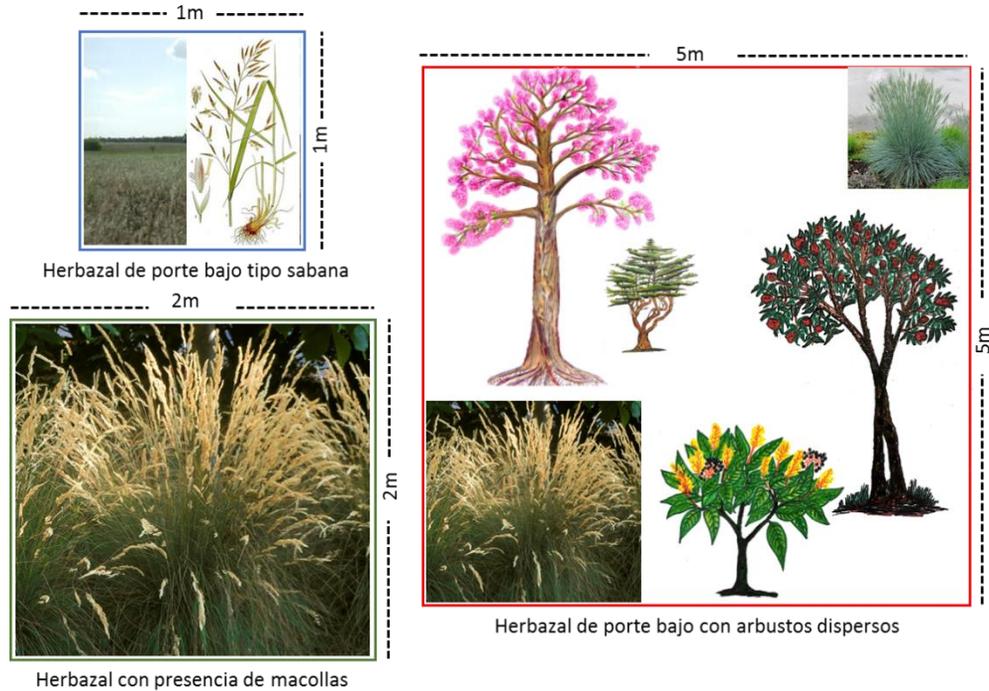
Figura 2-59.

**Tabla 2-82 Unidades de muestreo en herbazales**

<b>Formación vegetal</b>	<b>Tamaño de la parcela</b>
<b>Herbazales de porte bajo, tipo sabana</b>	Parcelas de 1x1m
<b>Herbazales con presencia de herbáceas tipo macolla</b>	Parcelas de 2x2m
<b>Herbazales con presencia de arbustos dispersos</b>	Parcelas de 5x5 m

Fuente: Concol by WSP, 2019

**Figura 2-59 Esquema de establecimiento semitemporal de parcelas para la caracterización de vegetación herbácea y rasante**



Fuente: Concol by WSP, 2019

#### 2.4.4.3.1.3 Deteminación del número de unidades muestrales por cobertura vegetal

El número de parcelas o de unidades de muestreo por unidad de cobertura vegetal, se calculó a través del método estadístico cuya intensidad de muestreo garantizara un error de muestreo inferior al 15 %, con una probabilidad del 95 %. Cuanto mayor sea el número de unidades muestrales, más precisa será la estimación de las variables considerada. Para estimar este número se realizó un muestreo piloto, en la cual se dio a conocer la variabilidad de volúmenes y especies de acuerdo con el tipo de cobertura vegetal.

#### 2.4.4.3.2 Etapa de campo

El trabajo de campo permitió validar y actualizar la cartografía preliminar, mediante la toma de los puntos de control en las diferentes unidades de cobertura. La determinación de las rutas de acceso a los sitios de muestreo se realizará con base en la información cartográfica disponible, en las actualizaciones y ajustes durante los recorridos por vías, caminos, senderos, trillas, entre otros.

Dicho trabajo de campo contó con la colaboración de personas de la comunidad de las diferentes veredas de la zona.

#### **2.4.4.3.2.1 Demarcación y/o delimitación de las unidades de muestreo**

Para efectuar la delimitación de cada parcela de muestreo, se fijó un eje central, con una cuerda de poliuretano, manila, pita o nylon, la cual se midió con una cinta métrica a los 100, y cada 10 m.

#### **2.4.4.3.2.2 Inventario de individuos arbóreos**

##### ✓ Fustales

En cada parcela o unidad de muestreo, se inventariaron todos los individuos en estado fustal (diámetros mayores o igual a 10 cm), registrando la siguiente información:

- Número de individuo: se marcó un número consecutivo en cada individuo arbóreo, con pintura amarilla a base de aceite.
- Nombre común: se identificó hasta cuando fue posible (in situ), pues correspondía al nombre dado en la región al individuo arbóreo, para lo cual se contó con la ayuda de personal de la zona.
- Circunferencia a la altura del pecho (CAP): corresponde a medir el grosor o circunferencia del árbol, con una cinta métrica, a una altura de 1,3 m del piso.
- Altura total: se estimó la longitud del árbol desde el suelo hasta su ápice.
- Altura comercial: se estimó la longitud del árbol desde el tocón hasta donde inicia la copa del árbol.

Cada una de las parcelas de 100x10 fue referenciada, tomando su punto inicial y final.

##### ✓ Latizales

En cada subparcela de 5 x 5 m, se inventariaron todos los individuos en estado latizal (diámetros menores de 10 y mayores a 2,5 cm), registrando la siguiente información:

- Nombre común: se identificó hasta cuando fue posible (in situ), pues correspondía al nombre dado en la región al individuo arbóreo, para lo cual se contó con la ayuda de personal de la zona.
- Circunferencia a la altura del pecho (CAP): corresponde a medir el grosor o circunferencia del árbol, con una cinta métrica, a una altura de 1,3 m del piso.
- Altura total: se estimó la longitud del árbol desde el suelo hasta su ápice.

##### ✓ Brinzales

En cada subparcela de 2 x 2 m, se inventariaron todos los individuos en estado brinzal (diámetros menores o iguales a 2,5 cm), registrando la siguiente información:

- Número de individuos por cada especie: se realizó un conteo de los individuos brinzales presentes por especie.

- Nombre común: se identificó hasta cuando fue posible (in situ), pues correspondía al nombre dado en la región al individuo arbóreo, para lo cual se contó con la ayuda de personal de la zona.

#### 2.4.4.3.2.3 Colección y preservación de muestras botánicas

Se realizó la colecta de las muestras botánicas con la ayuda de un cortarramas o bajarramas, consignado en la libreta y etiqueta de campo como mínimo los siguientes datos:

- **Descripción de la planta:** hábito y/o forma de vida (hierba, arbusto, árbol o liana), altura, características de la corteza, coloración de hojas, flores y frutos y de cada una de sus partes, presencia de exudados y en general características organolépticas de la planta.
- **Localidad:** lugar donde se realizó la colecta, registrando las coordenadas geográficas, departamento, municipio, la vereda (como mínimo) y de ser posible el nombre de referentes geográficos cercanos, como quebradas, ríos, montañas, etc.
- **Hábitat:** datos del lugar de colecta haciendo una descripción del hábitat en el que se encontró el espécimen colectado, haciendo referencia al tipo de ecosistema, la vegetación dominante y el nombre de las especies con las que cohabita.
- **Altitud:** a la cual fue colectado el ejemplar.
- **Nombres comunes y usos.**
- **Nombres del colector:** datos del colector empezando por el nombre del colector principal, acompañado de un número de colección consecutivo.
- **Fecha de colecta:** con el fin de identificar tiempos de floración y fructificación de los ejemplares colectados.

#### 2.4.4.3.2.4 Prensado del material vegetal

Con el fin de conservar las muestras botánicas en las mejores condiciones fue indispensable que una vez colectado el material en campo, fuera prensado el mismo día o a lo sumo al día siguiente. Las muestras fueron prensadas en hojas de papel periódico de formato 60 x 30 cm doblado por la mitad, acomodadas en un plano, manteniendo hasta donde sean posibles las características de la planta en vivo.

El material vegetal fue prensado por medio del aplanado de la muestra botánica dejando hojas por el haz y otras por el envés. Las flores y los frutos se distribuyeron equitativamente de tal manera que quedaran en el primer plano. Cada muestra se colocó por separado dentro del papel periódico y marcado en el papel con lápiz de cera su respectivo número de colección.

Una vez prensado el material, se hicieron paquetes de entre 20 a 30 cm de altura, los cuales se envolvieron con tres (3) hojas dobles de papel periódico, de manera que uno de los lados del paquete de periódico en las que se encuentran las muestras se mantuvo descubierto.

A continuación, sobre este paquete se ejerció presión y se aseguró con un nudo en cruz lo más ajustado posible, para depositarlas en el paquete en bolsas plásticas de calibre cuatro, una vez acomodadas las muestras se esparció alcohol al 75%, la bolsa alcoholizada se selló con doble nudo utilizando cuerda de nylon (Fotografía 2.9).

#### **2.4.4.3.2.5 Coberturas de la tierra para el área del proyecto en jurisdicción de CORPOCHIVOR**

Para el área del proyecto en jurisdicción de CORPOCHIVOR se registraron 22 tipos de coberturas de la tierra, siendo la más abundante la correspondiente a Pastos Limpios con 1004.16ha, seguido de Bosque de galería y/o ripario con 658,71ha, Bosque Denso Alto de Tierra Firme con 654,36ha y Vegetación secundaria alta con 163.78ha (Tabla 2-83,

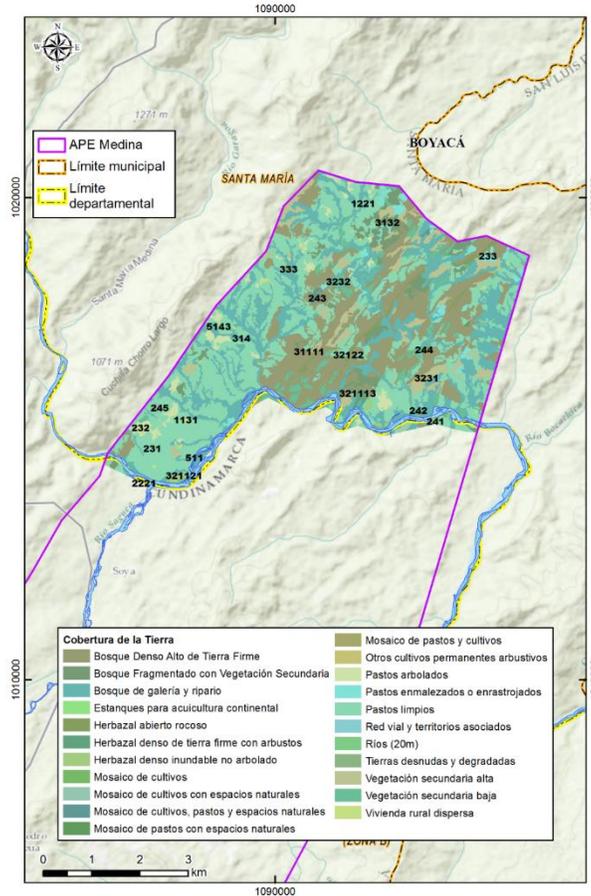
Figura 2-60).

**Tabla 2-83 Coberturas de la tierra registradas en el área del proyecto con jurisdicción de CORPOCHIVOR**

Cobertura de la Tierra	Código	Área (ha)	Área (%)
Bosque de galería y ripario	314	658,71	5,74%
Bosque Denso Alto de Tierra Firme	31111	654,36	5,70%
Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria	3132	112,56	0,98%
Estanques para acuicultura continental	5143	0,13	0,00%
Herbazal abierto rocoso	32122	22,60	0,20%
Herbazal denso de tierra firme con arbustos	321113	7,51	0,07%
Herbazal denso inundable no arbolado	321121	10,79	0,09%
Mosaico de cultivos	241	1,94	0,02%
Mosaico de cultivos con espacios naturales	245	3,63	0,03%
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	243	5,58	0,05%
Mosaico de pastos con espacios naturales	244	2,06	0,02%
Mosaico de pastos y cultivos	242	0,74	0,01%
Otros cultivos permanentes arbustivos	2221	0,20	0,00%
Pastos arbolados	232	69,40	0,60%
Pastos enmalezados o enastrojados	233	61,03	0,53%
Pastos limpios	231	1004,16	8,75%
Red vial y territorios asociados	1221	1,23	0,01%
Ríos (20m)	511	99,31	0,87%
Tierras desnudas y degradadas	333	2,78	0,02%
Vegetación secundaria alta	3231	163,78	1,43%
Vegetación secundaria baja	3232	82,87	0,72%
<b>Total</b>		<b>2973,45</b>	<b>25,91%</b>

Fuente: ConCol by WSP, 2019

**Figura 2-60 Coberturas de la tierra registradas en el área del proyecto con jurisdicción de CORPOCHIVOR.**



Fuente: ConCol by WSP, 2019

#### 2.4.4.3.2.6 Intensidad de muestreo

Para evaluar la flora arborea en veda regional presente en las coberturas vegetales del área de influencia del Área de Perforación Exploratoria Medina Occidental que presenta traslape con la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Chivor – CORPOCHIVOR, se realizó un total de 98 parcelas distribuidas sobre las coberturas vegetales naturales, vegetaciones secundarias y coberturas antropizadas presentes en el área de influencia las cuales se relacionan en la **Tabla 2.84**, mientras en la **Figura 2.61** se presenta la distribución espacial.

**Tabla 2.84 Coordenadas de las parcelas muestreadas para la caracterización de la flora arborea en veda en jurisdicción de CORPOCHIVOR.**

Codigo Parcela	Cobertura	Cota	Fecha	Coordenada Datum Magna Sirgas Origen Bogotá	
				Este	Norte
A0561		504,574	24/10/19	1088417,84	1015740,06

Codigo Parcela	Cobertura	Cota	Fecha	Coordenada Datum Magna Sirgas Origen Bogotá		
				Este	Norte	
C238	Bosque de galería y ripario	751,150146	24/10/19	1089569,11	1018551,97	
C240		756,677734	24/10/19	1089573,89	1018525,21	
C247		698,037842	24/10/19	1089177,05	1017798,78	
C248		698,037842	24/10/19	1089165,87	1017790,48	
C249		679,532471	24/10/19	1089115,17	1017812,85	
C298		506,736694	24/10/19	1087170,52	1014813,91	
C300		499,526978	24/10/19	1086901,48	1014578,53	
C306		487,510498	24/10/19	1086754,11	1014638,61	
C348		626,179688	24/10/19	1091823,74	1020117,71	
E1-I_184		527,158	24/10/19	1091982,37	1018844,08	
E1-I_36		527,158	24/10/19	1091982,37	1018844,08	
E1-J_38		527,158	24/10/19	1091982,37	1018844,08	
E10-A_3		632,006	24/10/19	1091971,94	1020414,44	
E11-G_413		598,192	24/10/19	1090852,79	1019651,77	
E11-G_414		598,192	24/10/19	1090852,79	1019651,77	
E11-J_40		598,192	24/10/19	1090852,79	1019651,77	
E2-A_2		516,486	24/10/19	1091941,2	1018390,98	
E2-A_4		516,486	24/10/19	1091941,2	1018390,98	
E2-A_5		516,486	24/10/19	1091941,2	1018390,98	
E2-C_205		516,486	24/10/19	1091941,2	1018390,98	
E2-C_206		516,486	24/10/19	1091941,2	1018390,98	
E2-E_49		516,486	24/10/19	1091941,2	1018390,98	
F7-E_19		459,401	24/10/19	1088421,24	1014572,49	
F9-B_7		499,162	24/10/19	1088322,78	1015777,45	
G9-A_4		418,335	24/10/19	1092225,17	1015345,46	
G9-B_12		418,335	24/10/19	1092225,17	1015345,46	
G9-C_17		418,335	24/10/19	1092225,17	1015345,46	
B0571		Bosque Denso Alto de Tierra Firme	444,315	24/10/19	1093666,49	1015829,45
C236			747,064453	24/10/19	1089706,72	1018741,45
C307			488,231567	24/10/19	1086729,72	1014648,68
C308	489,913818		24/10/19	1086716,51	1014659,28	
C309	489,913818		24/10/19	1086726,9	1014671,01	
D65-J_41	437,945		24/10/19	1093080,47	1016666,65	
E13-I_467	689,709		24/10/19	1090759	1020010,04	
E5-B_11	555,739		24/10/19	1092535,93	1019089,04	
E5-D_22	555,739		24/10/19	1092535,93	1019089,04	
E6-C_19	587,75		24/10/19	1092847,6	1019584,61	
E6-C_294	587,75		24/10/19	1092847,6	1019584,61	
E6-E_299	587,75		24/10/19	1092847,6	1019584,61	
E6-F_30	587,75		24/10/19	1092847,6	1019584,61	
F13-D_20	533,049		24/10/19	1089905,21	1017084,5	
G7-J_29	503,615		24/10/19	1094315,78	1015659,87	
C280	Bosque Fragmentado con		574,98999	24/10/19	1088113,56	1016105,74
C354			558,166992	24/10/19	1091573,4	1019450,18

Codigo Parcela	Cobertura	Cota	Fecha	Coordenada Datum Magna Sirgas Origen Bogotá		
				Este	Norte	
E12-C_428	Vegetación Secundaria	589,865	24/10/19	1091656,03	1019388,14	
E4-I_44		575,912	24/10/19	1092447,64	1019072,9	
E7-G_328		622,602	24/10/19	1092405,27	1019477,79	
E8-E_349		667,835	24/10/19	1092487,41	1019990,82	
E8-F_17		667,835	24/10/19	1092487,41	1019990,82	
E9-H_28		675,241	24/10/19	1092383,94	1020507,89	
C262		Pastos arbolados	622,093994	24/10/19	1088823,4	1017121,03
C263	630,746094		24/10/19	1088768,53	1016988,26	
C264	629,784668		24/10/19	1088763,02	1016963,67	
C265	632,187988		24/10/19	1088735,02	1016909,16	
C266	632,908936		24/10/19	1088740,01	1016916,41	
C267	631,226807		24/10/19	1088732,69	1016907,52	
C268	629,063721		24/10/19	1088718,77	1016880,31	
E36-F_10	915,912		24/10/19	1090453,18	1020519,12	
C239	Pastos limpios		754,274414	24/10/19	1089536,04	1018510,01
C243			732,64502	24/10/19	1089537,19	1018155,37
C245		705,728271	24/10/19	1089321,75	1018001,56	
C246		705,007324	24/10/19	1089313,69	1017994,23	
C251		652,13501	24/10/19	1088891,22	1017827,52	
C258		645,165527	24/10/19	1088865,48	1017673,9	
C260		612,96167	24/10/19	1088872,43	1017216,83	
C261		612,000488	24/10/19	1088853,84	1017192,26	
C269		626,660156	24/10/19	1088677,75	1016835,12	
C270		625,939209	24/10/19	1088630,89	1016777,13	
C271		627,621582	24/10/19	1088488,34	1016622,46	
C272		628,342773	24/10/19	1088478,9	1016617,46	
C288		557,926514	24/10/19	1087975,63	1015959,46	
C291		557,926514	24/10/19	1087904	1015877,95	
C294		549,755371	24/10/19	1087491,41	1015378,54	
C295		549,034424	24/10/19	1087492,61	1015375,94	
C296		546,150635	24/10/19	1087460,49	1015330,44	
C299		496,883423	24/10/19	1086945,38	1014586,51	
C346		636,033203	24/10/19	1091871,26	1020285,5	
C349		622,334473	24/10/19	1091840,58	1019996,97	
C350		615,605225	24/10/19	1091817,8	1019891,74	
C352		556,965332	24/10/19	1091781,35	1019715,01	
C353		557,205566	24/10/19	1091780,3	1019713,24	
C347		Red vial y territorios asociados	626,419922	24/10/19	1091813,26	1020137,31
C355			548,313477	24/10/19	1091640,66	1019149,96
C274		Vegetación secundaria alta	605,27124	24/10/19	1088364,44	1016450,88
C275			605,27124	24/10/19	1088363,8	1016444,82
C276			583,160889	24/10/19	1088243,9	1016301,03
C277			580,517334	24/10/19	1088232,71	1016295,62
C278			579,315674	24/10/19	1088232,46	1016295,22





Fuente: ConCol by WSP, 2019

### 2.4.4.3.3 Postcampo

#### 2.4.4.3.3.1 Secado de material colectado

Para el secado se colocaron las muestras individuales entre cartones separadas por láminas de aluminio corrugado, una vez apiladas varias muestras se colocaron sobre la prensa metálica del horno, la prensa fue ajustada lo más fuertemente posible. El secado del material se llevó a cabo en el horno de flujo de aire a una temperatura de 60 a 80 grados centígrados por 36 horas. El material fue colectado, prensado y secado de acuerdo con las normas estándares internacionales y fue entregado a especialistas para su determinación botánica.

#### 2.4.4.3.3.2 Identificación del material vegetal

De no ser posible contar con los órganos diagnósticos de la planta, que corresponden a los caracteres reproductivos (flor y fruto), se acudió a la información disponible en herbarios virtuales que cuentan con colecciones realizadas en los sitios del muestreo, a los catálogos florísticos, listas de flora y flómulas de las zonas de estudio o de las zonas aledañas para confirmar y tener certeza en la identidad de las muestras (Fotografía 2.10).

Posteriormente por medio del uso de literatura botánica (claves taxonómicas, descripciones, ilustraciones etc.) y mediante el uso de equipos que respaldan esta labor se logró una determinación taxonómica a nivel de especie.

Las identificaciones fueron realizadas por profesionales botánicos con experiencia en sistemática, preservación y manejo de colecciones botánicas (**Anexo 5.2.1 Flora / Flora Arborea Veda Regional / 3 HV de Profesionales - Certificados**). Con los registros obtenidos en campo, se generaron bases de datos que fueron depuradas con lo que se logró, finalmente, documentar los individuos de especies forestales y helechos arbóreos en

veda nacional presentes en el Área de Perforación Exploratoria – APE Medina Occidental.

### 2.4.4.3.3 Procesamiento de la información tomada en campo

- **Análisis estructural**

El análisis estructural de ecosistemas boscosos depende de la estructura horizontal y vertical, contemplando el análisis de regeneración natural. El análisis de estructura horizontal vertical del bosque nos permite identificar el estado en el que se encuentra el bosque permitiendo conocer el número de individuos, la composición biológica, las características específicas del bosque, los rasgos físicos del mismo, entre otros factores. Para valorar el estado sucesional del bosque mediante el conocimiento de la regeneración natural (Samaniego, 2001), se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros estructurales:

- **Estructura horizontal**

Con ayuda de indicadores de medición, se estableció la distribución espacial de las especies del bosque, para determinar la dispersión o agrupamiento de los individuos, además de conocer la cantidad de estos por unidad de superficie (Tabla 2-85).

**Tabla 2-85 Estructura horizontal**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	FORMULA												
<b>Abundancia Absoluta</b>	Es el número de árboles por especie contabilizados en el inventario, 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 de individuos encontrado en el muestreo.	$Aa = \text{número de individuos por especie en el área muestreada}$												
<b>Abundancia Relativa</b>	La abundancia relativa, es la relación porcentual en que participa cada especie frente al número total de árboles.	$\left( \frac{\text{Nº de individuos por especie}}{\text{Nº de individuos en el área muestreada}} \right)$												
<b>Frecuencia Absoluta</b>	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.  Para la frecuencia absoluta se utilizaron las clases definidas por (Melo , Martínez, & Huertas, 1997) generando los histogramas de frecuencia.	$F = \frac{U}{T} * 100$ <p>U = número de unidades de muestreo en que ocurre una especie T = número total de unidades de muestreo</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CLASE</th> <th>RANGO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muy poco frecuente</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>Poco frecuente</td> <td>20,1-40</td> </tr> <tr> <td>Frecuente</td> <td>40,1-60</td> </tr> <tr> <td>Bastante frecuente</td> <td>60,1-80</td> </tr> <tr> <td>Muy frecuente</td> <td>80,1-100</td> </tr> </tbody> </table>	CLASE	RANGO	Muy poco frecuente	1-20	Poco frecuente	20,1-40	Frecuente	40,1-60	Bastante frecuente	60,1-80	Muy frecuente	80,1-100
CLASE	RANGO													
Muy poco frecuente	1-20													
Poco frecuente	20,1-40													
Frecuente	40,1-60													
Bastante frecuente	60,1-80													
Muy frecuente	80,1-100													

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	FORMULA
<b>Frecuencia relativa</b>	Es el porcentaje de la frecuencia absoluta de una especie en relación con la suma de las frecuencias absolutas de las especies presentes	$FR = \frac{Fa}{Ft} * 100$ <p>Fa = Frecuencia absoluta Ft = Suma de las frecuencias absolutas</p>
<b>Dominancia absoluta</b>	También denominada grado de cobertura de las especies, que es la expresión del espacio ocupado por ellas., 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.	$D = \Sigma \left[ \left( \frac{\pi}{4} \right) * DAP^2 \right]$ <p><math>\pi = 3.141593</math> DAP = Diámetro a la altura del pecho</p>
<b>Dominancia Relativa</b>	Se define como la relación porcentual entre el área basal de una especie y la sumatoria total de las dominancias absolutas de todas las especies registradas en el inventario	$\left( \frac{\text{Area basal de la especie}}{\text{area basal en el área muestreada}} \right) * 10$
<b>Índice de valor de importancia (I.V.I.)</b>	El índice de valor de importancia (Becerra, 1971) 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	$I.V.I = AR + FR + DR$ <p>AR: Abundancia relativa FR: Frecuencia relativa DR: Dominancia relativa</p>

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	FORMULA
<b>Grado de agregación</b>	El grado de agregación es una variable que indica cuanto 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	$Ga = Do / De$ <p>Do: Densidad observada: Número total de árboles por especie / Número total de parcelas muestreadas.            De: Densidad esperada: <math>-\ln(1-F/100)</math>            F: Frecuencia absoluta.            Ln: Logaritmo natural o Neperiano (en base e)</p> <p><math>GA \geq a 1</math> y <math>&lt; 2</math>, indica tendencia al agrupamiento.  <math>GA \geq a 2</math>, Indica que la especie tiene una distribución agrupada.  <math>GA &lt; a 1</math>, Indica que la especie se encuentra dispersa.</p>
<b>Distribución es por intervalos de clase</b>	De una manera general, una distribución diamétrica y altimétrica, 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.15	$C = \frac{(X \max - X \min)}{M}$ <p>n: número total de individuos del grupo            M: número de intervalos</p> $M = 1 + 3.3 (\text{Log } n)$
<b>Diámetro a la altura del pecho</b>	La medición del DAP se realizó tomando el diámetro del fuste a una distancia desde el suelo de 1,3 m. Cuando los árboles se ramifican por debajo de 1,3 m se utiliza la fórmula del diámetro cuadrático promedio, empleada por la FAO y el CATIE (2001).	$DAP = \sqrt{\sum DAPi^2}$ <p>Dónde:  <math>\sum DAPi^2</math> es la sumatoria del cuadrado de cada uno de los diámetros medidos.  <math>DAPi^2</math> es el diámetro de cada tallo a 1,3 metros elevado al cuadrado.</p>
<b>Área Basal</b>	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.	$AB = \frac{\pi}{4} \times (DAP)^2$ <p><math>\pi = 3.141593</math>            DAP = Diámetro a la altura del pecho</p>
<b>Volumen</b>	Este parámetro es la resultante más importante del inventario forestal, como indicador del potencial o capacidad de producción del bosque; el volumen que se obtiene se refiere a árboles en pie y se calcula sobre la base del DAP, la altura y el factor de forma.  El factor de forma o mórfico a emplearse, corresponde a <b>0.7</b> de acuerdo a lo	$V = \frac{\pi * d^2}{4} * h * f$ <p>Dónde:            V: Volumen del árbol            d: Diámetro a la altura del pecho al cuadrado            h: Altura del fuste</p>

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	FORMULA
	documentado en el libro “Compilación de Tablas de Volumen para árboles en pie” preparado por el Ingeniero Forestal Francisco N Posada del INDERENA, Subgerencia de Bosques y Aguas, División Administración de Bosques , mayo/89 y el documento “Manual de Inventario Forestal para Bosques Tropicales” de la FAO 1974, los cuales describen a través de ensayos, que las especies latifoliadas del trópico arrojan un valor equivalente a 0.7 en su factor de forma.	f: Factor de forma

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, OIMT, 2002

#### ▪ Estructura vertical

Se determinó la estructura de la vegetación, determinando la posición sociológica usando intervalos de clase siguiendo la metodología propuesta por (Rangel & Lozano, 1986) para la distribución de variables de altura se definieron tres estratos arbóreos los cuales contemplan: el superior (Es), el medio (Em) y el inferior (Ei), como se observa a continuación (Tabla 2-86):

**Tabla 2-86 Categorización de clases y frecuencia de la vegetación.**

SÍMBOLO	LIMITE DE VARIACIÓN	ESTRATO
<b>Es</b>	>10,1 m	Estrato superior (dominante)
<b>Em</b>	5,1 - 10 m	Estrato medio (codominante)
<b>Ei</b>	3 – 5 m	Estrato inferior (dominado)

Fuente: ConCol by WSP, 2019

De igual manera se realizó el análisis vertical de la vegetación siguiendo los lineamientos planteados en el diagrama de Ogawa para ilustrar la vegetación y realizar un perfil de las especies en los diferentes ecosistemas analizados. Además, se desarrolla un análisis de posición sociológica para cuantificar la importancia de las especies distribuidas en los diferentes estratos de la vegetación (Tabla 2-87).

**Tabla 2-87 Variables estudiadas en la estructura vertical**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	FORMULA
<b>Diagrama de Ogawa</b>	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	N/A

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	FORMULA
	puntos desde el sotobosque hasta el dosel16.	
<b>Posición sociológica</b>	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. Se contempla dividir la población muestreada en tres estratos para lo cual es preciso calcular la diferencia entre los valores extremos de la variable altura, es decir, el valor del individuo con mayor altura menos el valor del individuo con menor altura. Siguiendo la metodología de Finol (1976), se asigna un valor fitosociológico a cada substrato, dividiendo el número de individuos de cada substrato por el número de individuos de todas las especies.	$PSa = VF(i) * n(i) + VF(m) * n(m) + VF(s) * n(s)$ <p>PSa= Posición sociológica absoluta de la especie            VF= Valor fitosociológico del substrato            n= N° de Individuos de cada especie            i: inferior; m: medio; s: superior</p> <p>La PS% de cada especie, se expresa como porcentaje sobre la sumatoria total de los valores absolutos:</p> $PS\% = PSa / \sum PSa$

Fuente: ConCol by WSP, 2019

- **Regeneración natural**

La evaluación de la regeneración natural se realizó con el propósito de conocer la oferta futura de los productos del bosque. Para el análisis de la regeneración natural se realizó un muestreo diagnóstico con la utilización de parcelas de tamaño pequeño (5X5m y 2x2m), la información levantada en campo sirvió como insumo para el análisis de las especies catalogadas en las categorías de latizales, brinzales y renuevos (Tabla 2-88) para las cuales se analizaron variables como: abundancia y frecuencia.

**Tabla 2-88 Categorías de tamaño para la caracterización de regeneración natural**

Categoría	Categoría de Tamaño	Criterio de Clasificación	Tamaño	Área(m <sup>2</sup> )
<b>Renuevo o plántula</b>	CT1	Altura menor a 30 cm	2 x 2 m	4
<b>Brinzal</b>	CT2	Altura entre 31 a 150 cm		
<b>Latizal</b>	CT3	Altura > 150cm y DAP<10 cm	5 x 5 m	25
<b>Fustal</b>		DAP>10 cm	10x100 m	1000

Fuente: Guía Técnica de Inventarios Forestales, MADS 2002

- **Especies endémicas, en veda, en categoría de amenaza o de importancia ecológica**

Se realizó un análisis integral de la flora dirigido hacia la verificación de la clasificación taxonómica, estableciendo la presencia de especies amenazadas, endémicas, en veda, de

importancia ecológica, económica y cultural para la comunidad.

El listado de especies amenazadas presentado es resultado del cruce de las especies inventariadas con los diferentes listados de especies amenazadas vigentes para Colombia:

- i. CITES (<https://cites.org/esp/app/appendices.php>)
- ii. UICN (<http://www.iucnredlist.org>)
- iii. Libros Rojos de Plantas de Colombia (vol. 1, vol. 2, vol. 3, vol. 4, vol. 5)
- iv. Resolución 1912 del 15 de septiembre de 2017 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). “Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones”
- v. Resolución N.º 495 del 2 de septiembre del 2015 por la cual se establece prohibiciones y vedas al aprovechamiento forestal en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Chivor -CORPOCHIVOR.

Finalmente, con el listado de especies con algún grado de amenaza generada en la consulta anterior, se realizó la búsqueda de estas especies en los sistemas de información: Sistema de Información sobre biodiversidad de Colombia (SiB) y Global Biodiversity Information Facility (GBIF); con el fin de verificar la información reportada y complementarla de ser necesario.

#### **2.4.4.4 Flora epífita**

##### **2.4.4.4.1 Vasculares**

A continuación, se presenta la metodología para la caracterización especies forestales y helechos arbóreos en veda nacional presentes en las diferentes coberturas del Área de Perforación Exploratoria – APE Medina Occidental:

##### **2.4.4.4.1.1 Etapa Precampo**

Durante el desarrollo de esta fase se realizó la planeación general de las actividades a ejecutarse y el mecanismo para el procesamiento de la información colectada, en la que se contempló: cronograma de trabajo, metodología de levantamiento de información, capacitación, preparación de elementos para colección de material vegetal y recepción de información.

##### **2.4.4.4.1.2 Etapa de campo**

El levantamiento de la información de campo fue desarrollado por una cuadrilla que realizó diferentes recorridos en el Área de Perforación Exploratoria – APE Medina Occidental, con el fin de verificar la presencia de especies forestales y helechos arbóreos en veda nacional en estado fustal (DAP  $\geq$  10 cm), latizal (Altura > 1,50 cm, DAP < 10 cm) y brinzal (Altura 0,30 – 1,5 m, DAP no aplica). Y, por otra parte, se tuvo en cuenta la información obtenida de las comisiones de flora que realizaron parcelas de caracterización dentro del APE.

La numeración se realizó mediante la marcación con pintura de aceite (color amarillo), en la corteza del fuste hasta conformar una superficie que garantice una mayor la permanencia de esta, para que posteriormente pueda ser corroborada por los demás actores del proyecto y las entidades pertinentes.

La marcación se realizó de forma consecutiva con el prefijo VF (veda forestal) y el número consecutivo, ejemplo: VF 1, VF 2, VF 3...

- **Colección del material botánico**

Se realizó la colecta de las muestras botánicas con la ayuda de un cortarramas o bajarramas (Fotografía 2.11), consignado en la libreta y etiqueta de campo (Figura 2.62) como mínimo los siguientes datos:

- **Descripción de la planta:** hábito y/o forma de vida (hierba, arbusto, árbol o liana), altura, características de la corteza, coloración de hojas, flores y frutos y de cada una de sus partes, presencia de exudados y en general características organolépticas de la planta.
- **Localidad:** lugar donde se realizó la colecta, registrando las coordenadas geográficas, departamento, municipio, la vereda (como mínimo) y de ser posible el nombre de referentes geográficos cercanos, como quebradas, ríos, montañas, etc.
- **Hábitat:** datos del lugar de colecta haciendo una descripción del hábitat en el que se encontró el espécimen colectado, haciendo referencia al tipo de ecosistema, la vegetación dominante y el nombre de las especies con las que cohabita.
- **Altitud:** a la cual fue colectado el ejemplar.
- **Nombres comunes y usos**
- **Nombres del colector:** datos del colector empezando por el nombre del colector principal, acompañado de un número de colección consecutivo.
- **Fecha de colecta:** con el fin de identificar tiempos de floración y fructificación de los ejemplares colectados.

**Figura 2.62 Modelo de etiqueta de campo**

WSP			
Código de Colección:	<input type="text"/>	Comisión	<input type="text"/>
Familia:	<input type="text"/>		
Nombre científico /morfoespecie	<input type="text"/>		
Nombre común:	<input type="text"/>	Usos:	<input type="text"/>
Descripción:	<input type="text"/>		
Localización: COLOMBIA, Departamento: <input type="text"/> , Municipio: <input type="text"/> , Vereda: <input type="text"/>			
Waypoint	<input type="text"/>	Parcela/ Cobertura	<input type="text"/>
Altitud	<input type="text"/> m	Fecha	<input type="text"/> <input type="text"/> 2019
	Levantamiento de veda Nacional y Regional para la modificación de la Licencia Ambiental del área de perforación exploratoria – APE Medina Occidental y su vía de acceso		

Fuente: Concolby WSP, 2019

Una vez colectadas las muestras, estas fueron depositadas en bolsas plásticas ziploc independientes con un número de identificación que estuviera relacionado en la libreta de campo.

**Fotografía 2.11 Colecta de muestras botánicas**



Coordenadas: E: 1081826,84; N: 998694,16  
Fuente: Concolby WSP, 2019

- **Prensado del material vegetal**

Con el fin de conservar las muestras botánicas en las mejores condiciones fue indispensable que una vez colectado el material en campo, fuera prensado el mismo día o a lo sumo al día siguiente. Las muestras fueron prensadas en hojas de papel periódico de formato 60 x 30 cm doblado por la mitad, acomodadas en un plano, manteniendo hasta

donde sean posibles las características de la planta en vivo.

El material vegetal fue prensado por medio del aplanado de la muestra botánica dejando hojas por el haz y otras por el envés. Las flores y los frutos se distribuyeron equitativamente de tal manera que quedarán en el primer plano. Cada muestra se colocó por separado dentro del papel periódico y marcado en el papel con lápiz de cera su respectivo número de colección.

Una vez prensado el material, se hicieron paquetes de entre 20 a 30 cm de altura, los cuales se envolvieron con tres (3) hojas dobles de papel periódico, de manera que uno de los lados del paquete de periódico en las que se encuentran las muestras se mantuvo descubierto.

A continuación, sobre este paquete se ejerció presión y se aseguró con un nudo en cruz lo más ajustado posible, para depositarlas en el paquete en bolsas plásticas de calibre cuatro, una vez acomodadas las muestras se esparció alcohol al 75%, la bolsa alcoholizada se selló con doble nudo utilizando cuerda de nylon (Fotografía 2.12).

**Fotografía 2.12** Proceso de prensado y alcoholizado de las muestras botánicas



Fuente: Concolby WSP, 2019

#### **2.4.4.4.1.3 Etapa Poscampo**

- **Secado del material colectado**

Para el secado se colocaron las muestras individuales entre cartones separados por láminas de aluminio corrugado, una vez apiladas varias muestras se colocaron sobre la prensa metálica del horno, la prensa fue ajustada lo más fuertemente posible. El secado del material se llevó a cabo en el horno de flujo de aire a una temperatura de 60 a 80 grados centígrados por 36 horas. El material fue colectado, prensado y secado de acuerdo con las normas estándares internacionales y fue entregado a especialistas para su determinación botánica.

- **Identificación del material vegetal**

De no ser posible contar con los órganos diagnósticos de la planta, que corresponden a los

255

caracteres reproductivos (flor y fruto), se acudió a la información disponible en herbarios virtuales que cuentan con colecciones realizadas en los sitios del muestreo, a los catálogos florísticos, listas de flora y flómulas de las zonas de estudio o de las zonas aledañas para confirmar y tener certeza en la identidad de las muestras (Fotografía 2.13).

Posteriormente por medio del uso de literatura botánica (claves taxonómicas, descripciones, ilustraciones etc.) y mediante el uso de equipos que respaldan esta labor se logró una determinación taxonómica a nivel de especie.

Las identificaciones fueron realizadas por profesionales botánicos con experiencia en sistemática, preservación y manejo de colecciones botánicas. Con los registros obtenidos en campo, se generaron bases de datos que fueron depuradas con lo que se logró, finalmente, documentar los individuos de especies forestales y helechos arbóreos en veda nacional presentes en el Área de Perforación Exploratoria – APE Medina Occidental.

#### **Fotografía 2.13 Proceso de identificación de muestras botánicas**



Fuente: Concolby WSP, 2019

#### **2.4.4.4.2 No Vasculares**

##### **2.4.4.4.2.1 Etapa Precampo**

Durante esta fase, se revisó la información secundaria de las especies en veda objeto de estudio, presentes en el área de ejecución del proyecto. Se realizaron las siguientes actividades:

**Conformación del equipo de trabajo de campo:** el equipo de trabajo de vedas estuvo conformado por 2 comisiones, cada una por un profesional especialista en plantas vasculares (bromelias y orquídeas), un profesional en plantas no vasculares (hepáticas, musgos, líquenes y anthoceros) y un auxiliar de campo cada uno. A cada una de las cuadrillas se les asignó un identificador (Tabla 2.89), con los que se marcaron los árboles (forófitos) revisados por cada una de ellas.

**Tabla 2.89 Identificación de las comisiones en campo**

COMISIÓN	IDENTIFICADOR
1	EP - A
2	EP - B

Fuente: Concolby WSP, 2019

**Selección puntos de muestreo:** de acuerdo con las características bióticas del APE (coberturas y zonas de vida), se determinaron los puntos a caracterizar. Se realizó el muestreo de epífitas, rupícolas y terrestres sobre coberturas naturales, seminaturales y territorios agrícolas. Los puntos de muestreo se codificaron numéricamente de manera secuencial, cada punto de muestreo tiene dos parcelas, uno correspondiente al sustrato epífita y uno del sustrato terrestre/rupícola.

**Cartografía:** se elaboraron mapas temáticos de la zona de estudio que ayudaron a la orientación en campo y que a su vez también fueron subidos a la tablet. La información en cada plano básicamente contenía el área del proyecto, información veredal o centros poblados, vías de acceso, drenajes y localización de los puntos de muestreo, coberturas de la tierra y zona de vida.

**Códigos de colección – Códigos Verhoeff:** (Gradstein, Nadkarni, Kromer, Holz, & Noske, 2003) generación y asignación de códigos Verhoeff (es un número de control a partir del cual se codificaron las especies colectadas) a cada una de las comisiones de campo, con el fin de facilitar el reconocimiento de estas, al momento del diligenciamiento de la información en el aplicativo GeoODK y la libreta de campo.

**Preparación de los formularios digitales de campo:** se adoptó GeoODKCollect como herramienta de captura de información digital en campo, recoge los datos obtenidos de las morfoespecies observadas, así como de sus forófitos. GeoODK es una aplicación para sistema operativo Android de código abierto, que permitió realizar capturas de información en campo georreferenciada. La información capturada fue enviada a un servidor “ODK Aggregate” configurado para el proyecto. Este servidor fue el encargado de recibir la información y almacenarla en una base de datos PostgreSQL para luego realizar los diferentes análisis de la información y reportes necesarios para la consolidación de los resultados presentados más adelante.

#### 2.4.4.4.2.2 Etapa de campo

- **Muestreo del sustrato epífita**

El muestreo para las especies epífitas se realizó teniendo como referencia el Protocolo para un Análisis Rápido y Representativo de la Diversidad de Epífitas (*RRED – Analysis*) propuesto por (Gradstein, Nadkarni, Kromer, Holz, & Noske, 2003), según el cual se mide con base en el muestreo de una hectárea de bosque ocho (8) forófitos maduros para especies vasculares y líquenes, y cinco (5) forófitos para briofitos. Esta metodología fue adaptada, de tal manera que en cada punto de muestreo se realizó el levantamiento de 8 forófitos en una hectárea en los cuales se evaluaron las especies vasculares y no vasculares.

- **Selección de forófitos**

Se escogieron forófitos con las siguientes condiciones:

- Especies arbóreas con Diámetro a la Altura del Pecho - DAP  $\geq$  10 cm.
- Forófitos con buena representatividad de epífitas: en el caso de que uno de los árboles seleccionados resultará una especie de poca afinidad para el establecimiento de epífitas, se seleccionó el siguiente forófito y así sucesivamente hasta garantizar la evaluación del forófito con mejores condiciones y diversidad en epífitas.
- Coronas (dosel) de los forófitos no superpuestas, por lo tanto, los forófitos estuvieron separados 12,5 m aproximadamente entre ellos.
- Forófitos sin ritidoma (conjunto de tejidos muertos del tallo de las plantas leñosas que forma la parte exterior de la corteza que se resquebraja y se desprende).
- Se evitaron forófitos al margen del bosque, para el caso de las coberturas naturales.
- Forófitos con cortezas rugosas.

- **Georreferenciación y marcado de forófitos**

Se realizó la georreferenciación del forófito con ayuda de GPS (Global Positioning System) (Fotografía 2.14). Los árboles evaluados fueron marcados con pintura de tráfico pesado color amarillo a una altura visible empleando como codificación la información presentada en la Tabla 2.89, seguida del número consecutivo del individuo (

Fotografía 2.15).

**Fotografía 2.14 Georreferenciación de puntos de muestreo**



Fuente: Concolby WSP, 2019

**Fotografía 2.15 Numeración de forófitos en campo**



Coordenadas: E: 1080015,41; N: 992312,62

Fuente: Concolby WSP, 2019

Se registró la información asociada al forófito como nombre común, morfoespecie, datos dasométricos (DAP, altura total), se colecta la muestra y se le asigna su respectivo código de colección (Fotografía 2.16).

**Fotografía 2.16 Toma de datos dasométricos del forófito**



Coordenadas: E: 1086857,79; N: 1005730,68

Fuente: Concolby WSP, 2019

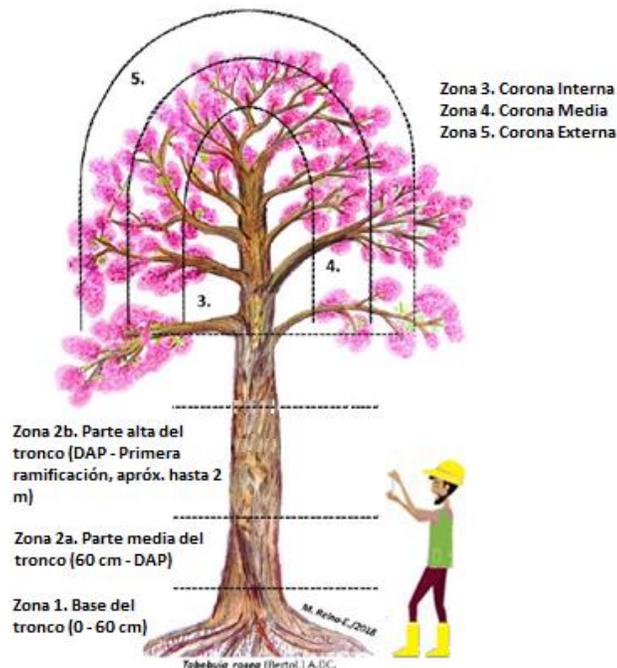
- **Distribución vertical**

De acuerdo con Johansson (1974), el árbol hospedero es el área muestral que sostiene fracciones de la comunidad epífita. En este sentido, la caracterización se realizó dividiendo el árbol hospedero en cinco (5) zonas como se muestra en la Figura 2.63

- **Zona 1 - Base del Tronco:** Incluye desde las raíces hasta 60 centímetros la altura del tronco.

- **Zona 2a - Parte media del Tronco:** A partir de los 60 cm del anterior estrato hasta donde se cumple el diámetro a la altura del pecho (DAP).
- **Zona 2b - Parte alta del Tronco:** A partir del DAP hasta donde se inicia la primera ramificación, aproximadamente hasta 2 m.
- **Zona 3 - Corona Interna:** A partir de la primera ramificación incluyendo todo el dosel de ramas bajas.
- **Zona 4 - Corona Media:** Refiere todo el conjunto del dosel de las ramas medias.
- **Zona 5 - Corona Externa:** Refiere todo el conjunto de ramas altas o externas

**Figura 2.63 Estratos del forófito**



Fuente: Concolby WSP, 2019. Adaptado de Johansson 1974

- **Epífitas vasculares**

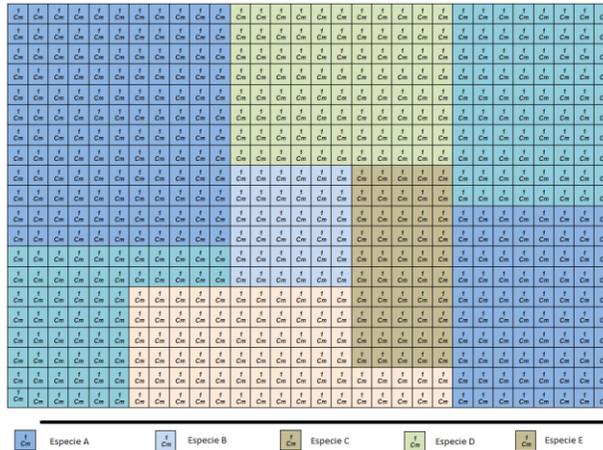
En el caso de las epífitas vasculares, la abundancia de las especies se expresa como el número de individuos que crece sobre el árbol hospedero (Wolf, Gradstein, & Nadkarni, 2009). Por lo tanto, durante la caracterización de las especies de epífitas vasculares, se realizó el conteo de todos los individuos por especie encontrados en cada uno de los estratos del forófito.

Para el caso de los estratos altos, específicamente las coronas interna, media y externa, al no poder acceder a ellos directamente se implementó el uso de desjarretadora para la toma de muestras botánicas, apoyada por el uso cámaras fotográficas con zoom óptico de 50x y 60x, como mecanismo de observación directamente sobre el forófito (hospedero).

- **Epífitas no vasculares**

Para la caracterización de las especies no vasculares en forófitos arbóreos se evaluó un área máxima de 1.600 cm<sup>2</sup> en cada uno de los estratos 1, 2a, 2b; con el fin de registrar las morfoespecies a través de la implementación de una plantilla de acetato de 40 cm x 40 cm (Figura 2.64).

**Figura 2.64** Plantilla de acetato para estimar la abundancia (cm<sup>2</sup>) de especies no vasculares



Fuente: Concolby WSP, 2019

En los formularios se registró la información correspondiente a: fecha, georreferenciación, número de forófito, especie de forófito, estrato en el forófito, morfoespecie, abundancia, código de colección (forófito y especie no vascular), y observaciones o características adicionales que se utilizaron en el proceso de determinación del material colectado (Fotografía 2.17).

**Fotografía 2.17** Levantamiento de información en campo



Coordenadas: E: 1080002,18; N: 992881,29E: 1085712,32; N 1008124,82  
Fuente: Concolby WSP, 2019. Adaptado de Johansson 1974

- **Muestreo para sustrato terrestre/rupícola**

Para el muestreo especies vasculares y no vasculares en los sustratos terrestre y rupícola se realizó a el levantamiento de una parcela de 1 x 1 m (dentro de las parcelas de caracterización de epífitas) registrando los datos de abundancia para especies vasculares y se estimó la cobertura en cm<sup>2</sup> de especies no vasculares con ayuda de una cuadrícula de acetato de 40 x 40 cm.

Se realizó la georreferenciación en el centroide de la parcela empleando GPS, para la toma de datos y colecta, se consideraron los diferentes sustratos, tales como, suelo, rocas y troncos en descomposición, como se presenta en la Figura 2.65.

**Figura 2.65 Parcela para levantamiento de flora vascular y no vascular de hábito terrestre y rupícola**



Fuente: Concolby WSP, 2019

- **Colecta, prensado y secado del material botánico**

- **Colecta del material botánico:** para el caso de muestras de gran tamaño, se tomaron muestras fértiles que ocuparon una hoja de papel periódico, se recolectaron con una parte del rizoma, tallo, hojas y sus estructuras reproductivas (flores y frutos). Para el caso de ejemplares botánicos de porte pequeño, se tomaron desde su raíz, para aquellas que crecen en macolla se recolectó toda o parte de la macolla incluyendo sus raíces y tubérculos, en caso de especies estoloníferas se tomó muestra de los tallos subterráneos. Para el caso de las especies de la familia Orchidaceae, adicionalmente a la recolección de las hojas, flores y frutos, se recolectaron los bulbos, los rizomas, las raíces u otras partes subterráneas que fueron importantes para su identificación.
- **Alcoholizado – Prensado – Transporte:** una vez fue tomada la muestra botánica, se depositó en una bolsa plástica independiente con el formato de etiqueta diligenciado y asociando cada colección en la libreta de campo. Cada muestra se depositó en un costal de fibra buscando acomodarlas de manera que se

mantuvieran en las mejores condiciones, no se dejaron muestras a la intemperie (Fotografía 2.18).

**Fotografía 2.18      Prensado de un ejemplar de orquídea**



Fuente: Concolby WSP, 2019

Después, se procedió al prensado del material. Para ello, cada muestra se dispuso entre hojas de papel periódico de formato 60 x 30 cm doblado por la mitad, acomodando las hojas dejando ver tanto el envés como el haz y dejando las estructuras reproductivas en el primer plano de la muestra. Cada muestra se marcó en el papel con lápiz de cera con el número de colección asociado a los datos tomados en la libreta de campo.

El material prensado se apiló en paquetes de 20 a 30 cm de altura y con la ayuda tres o cuatro hojas dobles de papel periódico fueron envueltos, de manera que la cara abierta de las hojas de periódico en las que se encontraban las muestras se mantuviera descubierta, de esa forma sobre este paquete se ejerció presión y con la ayuda de una cuerda se procedió a su amarre, con un nudo en cruz lo más ajustado posible. Se juntaron hasta tres paquetes por bolsa de formato 100 x 70 de calibre 5 a 7, una vez acomodadas las muestras, sobre estas se esparció alcohol al 75%, hasta que quedó empapado todo el material, luego se selló la bolsa de alcoholizar con doble nudo utilizando cuerda de nylon.

- **Colecta, transporte y preservación de especies no vasculares epifitas, rupícolas y terrestres**

Considerando la morfología de las plantas no vasculares, se retiró una muestra de la superficie (corteza del árbol, roca, suelo) en un tamaño representativo (palma de la mano) en lo posible con sus estructuras reproductivas con ayuda de una navaja o cuchillo. Éstas se dispusieron en bolsas de papel, debidamente marcadas con los datos de la parcela, marcado del forófito y fecha de colecta, paralelo a este proceso se realizó el registro de datos en la libreta de campo y se tomó el correspondiente registro fotográfico.

Las muestras colectadas en el día y depositadas en las bolsas de papel, se transportaron

en una malla o bolsa de fique, evitando cualquier afectación al material y manteniéndolo en buenas condiciones. Luego en la noche las bolsas de papel de una libra se dejaron abiertas debidamente organizadas en una caja de cartón mientras fueron transportadas a su destino final.

Luego las muestras se depositaron en bolsas ziploc y fueron organizadas en cajas de cartón debidamente selladas y etiquetadas, que fueron enviadas a Bogotá donde se llevó a cabo el proceso de secado y determinación (Fotografía 2.19).

**Fotografía 2.19 Muestras de no vasculares colectadas en campo**



Fuente: Concolby WSP, 2019

**2.4.4.4.2.3 Etapa Poscampo**

- **Determinación taxonómica**

La determinación de las muestras (morfoespecies) colectadas en campo fue realizada por profesionales especializados en la determinación de epífitas vasculares y no vasculares, quienes realizaron el proceso de determinación taxonómica y comparación en colecciones de referencia con el fin de determinar los especímenes hasta el nivel de género o especie (teniendo en cuenta el nivel de complejidad de cada grupo), a partir de claves taxonómicas provenientes de literatura especializada tales como: Bernecker (1999), Burghardt&Gradstein (2008), Chaparro & Aguirre (2002), Churchill & Linares (1995), Costa (2008), Feldberg&Heinrichs (2006), Fulford (1963, 1966), Gradstein (1994, 2001), Silva (2007), Uribe & Aguirre (1995, 1997) y Gradstein& Uribe & (2011), Benzing (1990), García & Galeano (2006), Julio Betancur (2001), Smiths &Downs (1977) entre otros y equipos de laboratorio como el microscopio MOTIC BA 310 E.

- **Análisis de la información**

La información obtenida en campo fue digitalizada y procesada en el programa Excel, para así posteriormente poder calcular los análisis estadísticos de los datos en paquetes estadísticos (PAST® y Estimates® Versión 9.1.0), con el fin de determinar los principales índices de diversidad que definieron la biodiversidad de especies presentes en el Área de

Perforación Exploratoria – APE Medina Occidental, para lo cual se tuvo en cuenta los siguientes parámetros e índices estadísticos:

- **Riqueza**
- **Riqueza específica (S)**

La riqueza específica es una de las formas más sencillas de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes en un área determinada. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario que permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de una comunidad.

- **Curva de acumulación de especies**

La curva de acumulación de especies es el número de especies acumuladas a lo largo de una medida de esfuerzo de muestreo. Cuanto mayor sea el esfuerzo de muestreo, mayor será el número de especies colectadas. Las curvas de acumulación de especies permiten: 1. Dar fiabilidad a los inventarios biológicos y posibilitar su comparación; 2. Una mejor planificación del trabajo de muestreo, tras estimar el esfuerzo requerido para conseguir inventarios fiables; 3. Extrapolar el número de especies observado en un inventario para estimar el número total de especies que estarían presentes en una zona.

Las curvas de acumulación de especies se realizaron teniendo en cuenta los siguientes datos:

- El número total de especies registradas por cobertura y el número total de muestras trabajadas.
- Generación de una la matriz de datos de presencia-ausencia.
- La matriz presencia ausencia es cargada en el programa estadístico “EstimateS” y se introduce el número de aleatorizaciones deseadas (100 que es lo recomendado).
- Se utilizan métodos no paramétricos, los cuales son utilizados cuando no se asume una distribución estadística conocida a ningún modelo determinado. Estos se emplean generalmente cuando no se tienen datos del número de individuos, ya que no hay manera de conocer cómo se comporta la distribución de individuos por especie (Villareal H. , y otros, 2006).

Se utilizaron métodos no paramétricos, los cuales fueron utilizados cuando no se asume una distribución estadística conocida a ningún modelo determinado. Estos se emplean generalmente cuando no se tienen datos del número de individuos, ya que no hay manera de conocer cómo se comporta la distribución de individuos por especie. A continuación, se presenta la descripción de los estimadores evaluados (tomados de Moreno, 2001):

- **Chao 1:** es un estimador del número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras en la muestra, S es el número de especies en una muestra, a es el número de especies que están representadas solamente por un único individuo en esa muestra y b es el número de especies representadas por

266

exactamente dos individuos en la muestra.

$$Chao\ 1 = S + \frac{a^2}{2b}$$

- **Chao 2:** estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número total de especies únicas (que sólo aparecen en una muestra) y el número de especies duplicadas (que aparecen compartidas en dos muestras).

$$Chao_2 = S + \frac{L^2}{2M}$$

- **Jackknife de primer orden:** se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestra (L). Es una técnica para reducir el sesgo de los valores estimados, en este caso para reducir la subestimación del verdadero número de especies en una comunidad.

$$Jack\ 1 = S + L \frac{m - 1}{m}$$

- **Bootstrap:** estima la riqueza de especies a partir de la proporción de muestras que contienen a cada especie. Este estimador de la riqueza de especies se basa en  $p_j$ , la proporción de unidades de muestreo que contienen a cada especie  $j$ .

$$Bootstrap = S + \sum (1 - p_j)^n$$

- **Diversidad**
- **Índice de diversidad de Margalef**

Este índice 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 (Magurran, A. E., 1998). Valores inferiores a 2,0 son considerados como 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 (Margalef, 1995). Se expresa como:

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Dónde:

S = Número de especies

N = Número total de individuos

- **Índice de Simpson - Dominancia**

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de

la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, A. E., 1998); (Peet, 1974). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como  $1 - \lambda$  (Lande, 1996). Se expresa como:

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

Dónde:

Pi = 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.

- **Índice de Equidad - Shannon-Wiener:**

Este término refiere a qué tan uniformemente están distribuidos los individuos entre las especies. El índice de Shannon-Wiener: Indica la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra; mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenece un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, A. E., 1998); (Peet, 1974); (Baev & Penev, 1995); y asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Se expresa como:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

El valor siempre se presenta con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). Para su interpretación, el índice de Shannon tiene como valor de referencia a 1 para alta diversidad y 5 para baja diversidad.

- **Estructura**
- Abundancia

Este parámetro es calculado para especies vasculares, la abundancia absoluta (Aa) corresponde al número de individuos por especie. La abundancia relativa se refiere a la proporción porcentual de cada especie en el número total de individuos

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

Dónde:

Aa=Abundancia absoluta

At= Abundancia total de individuos reportados para el ecosistema o cobertura evaluado

- **Frecuencia**

Frecuencia absoluta  $Fa$ : informa sobre la existencia o falta de una especie determinada en la unidad de muestreo

$$Fa = \left( \frac{U}{AT} \right) * 100$$

Dónde:

U= Número de unidades de muestreo en el que la especie ocurre

T= Número total de unidades de muestreo

Frecuencia relativa  $Fr$ : 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

$$FRr = \left( \frac{Fa}{Ft} \right) * 100$$

Dónde:

Ft= suma de las frecuencias absolutas

- **Cobertura**

La cobertura está dada por la ocupación de un organismo, en briófitos y líquenes se utiliza para determinar la abundancia en individuos que visiblemente es difícil determinar los límites entre ellos dentro de una comunidad de especies.

La cobertura absoluta se refiere a la ocupación de una especie determinada en el área muestreada, mientras que la cobertura corresponde al área proporcional de cada especie en relación con el área total de muestreo.

$$Cr = \left( \frac{Ca}{Ct} \right) * 100$$

Donde:

Cr=Cobertura relativa

Ca=Cobertura absoluta

Ct= Cobertura total

#### **2.4.4.5 Análisis de Fragmentación**

##### **2.4.4.5.1 Fase Precampo**

La fragmentación de los ecosistemas es un proceso a nivel de paisaje en el cual un ecosistema se subdivide en porciones más pequeñas, geométricamente más complejas y

aisladas, como resultado tanto de procesos naturales como de actividades humanas. Este proceso conlleva cambios en la composición, estructura y función del paisaje y puede ser medida, con base en una caracterización previa de los ecosistemas presentes, mediante diversos tipos de índices de fragmentación (Terborgh J. , 1989), (Whitcom, R.F., C.S, 1981).

Dichas porciones denominadas parches, surgen como resultado de la acción antrópica sobre los ecosistemas de la zona, alterando su estructura y composición de las coberturas y afectando de la misma manera a la fauna propia de cada zona.

Mediante la interpretación de un mosaico de imágenes WorldView se elaboró el mapa de cobertura de la tierra a escala 1:10.000, en el cual de manera integral y sintética se presenta la información referente a las unidades de cobertura de la tierra conforme a la metodología Corine LandCover para Colombia (CLCC) y la leyenda estructurada a escala 1:25.000 conforme a los lineamientos de IDEAM, 2.010.

La metodología para el mapeo de coberturas de la tierra tiene su base en la interpretación visual de imágenes de satélite, teniendo como base los elementos pictórico-morfológicos de las imágenes digitales de sensores remotos.

Para la digitalización de la interpretación visual se utilizó el software ArcGIS en su módulo ArcMap, el cual facilita en su módulo Editor, realizar edición a la capa de coberturas. La definición de las unidades de cobertura y uso del suelo se realizará tomando como guía la metodología Corine LandCover para Colombia (CLCC) a escala 1:100.000 (IDEAM et.al., 2010)

Se identificaron un total de 24 coberturas de la tierra de las cuales 8 corresponden a coberturas naturales (Bosque de galería, bosque denso alto de tierra firme, Bosque fragmentado, Vegetación secundaria alta, Vegetación secundaria baja, Herbazal denso de tierra firme con arbustos y Herbazal denso inundable no arbolado).

#### 2.4.4.5.2 Fase de campo

Durante la fase de campo se verifico la interpretación de coberturas realizada a partir de puntos control como se observa en la Tabla 2.90.

**Tabla 2.90 Puntos de verificación de coberturas**

PUNTO	COORDENADAS	
	ESTE	NIRTE
1	1092290	1020360
2	1091810	1020550
3	1089940	1020360
4	1092290	1020610
5	1092490	1020470
6	1092010	1020280
7	1091980	1019130
8	1091870	1018270
9	1091850	1018000

PUNTO	COORDENADAS	
	ESTE	NIRTE
10	1091860	1018040
11	1092320	1020120
12	1092210	1015340
13	1091360	1015530
14	1084770	999050
15	1082880	998257
16	1085050	1010090
17	1084710	1005110
18	1085480	1003390
19	1086470	1000610
20	1085940	1000000
21	1085020	999729
22	1084780	999040
23	1083540	998020
24	1082830	998443
25	1081020	997994
26	1078170	999263
27	1077420	999049
28	1077420	998345
29	1078670	997075
30	1079070	996760
31	1079310	995908
32	1083040	1007060
33	1083150	1007350
34	1083330	1007920
35	1083350	1007860
36	1083440	1008190
37	1087060	1013860
38	1087150	1013820
39	1083520	1005270

Fuente: Concolby WSP, 2019

### 2.4.4.5.3 Fase de Post Campo

#### 2.4.4.5.3.1 Definición de unidades de análisis

La evaluación de la fragmentación generada por la intervención del proyecto en la fase post campo inició con la definición de áreas homogéneas de carácter natural, los cuales en este caso corresponden a los ecosistemas, que para tales efectos se denominaran clases. Dicho sea de paso, tales áreas comparten características homogéneas no solo en términos de vegetación sino también en cuanto a geomorfología, suelos, etc.

Para cada clase se construyeron dos (2) escenarios a partir de la composición de su cobertura vegetal natural i) el escenario actual, el cual hace referencia a la composición actual, con su dinámica natural y social y; ii) el escenario de comparación, basado en la

modificación que el paisaje ha sufrido en la región, con el fin de realizar un análisis de la dinámica de los ecosistemas naturales.

Construidos los mapas de ecosistemas para los dos (2) escenarios en cada uno de los paisajes en los que se estratificó el área de estudio, se realizó la evaluación de una serie de métricas de paisaje. Estas métricas miden indicadores de estado de fragmentación, permiten evaluar el estado de cada ecosistema en su condición actual y su comportamiento en el tiempo.

La diferencia neta y/o la diferencia relativa entre estas métricas o indicadores de fragmentación para cada clase en sus dos escenarios se convierten en una medida objetiva del efecto de fragmentación diferencial.

#### 2.4.4.5.3.2 Indicadores de fragmentación para el área de estudio (Métrica del paisaje)

El indicador de fragmentación de los ecosistemas es un indicador de estado, que da una visión de la composición y configuración de los ecosistemas, a través de medidas de área, forma o borde de los fragmentos. Estos factores determinan la dinámica de los procesos ecológicos al interior de los ecosistemas y se convierten en una herramienta de análisis para tener en cuenta en la toma de decisiones para el manejo de los recursos naturales (IAvH, 2002) y por lo tanto para cada nivel de alteración del paisaje se sugieren medidas de gestión diferentes.

Los indicadores de fragmentación se obtuvieron mediante la aplicación V-LATE, la cual permite cuantificar la estructura y distribución de los fragmentos dentro del paisaje. La interpretación de cobertura se realizó con la aplicación ArcMap de ArcGis en formato Vector. Los índices se calcularon a nivel de clase, los cuales representan el patrón y distribución espacial dentro del paisaje de un tipo de clase (McGarigal et al, 1995).

Un indicador provee información sobre un fenómeno no medible directamente y permite hacer comparaciones del fenómeno en el tiempo y en el espacio. En este caso cuantifica y simplifica el fenómeno ya que permite conocer la estructura de estos ecosistemas en relación con tamaño, formas, número de clases y heterogeneidad. El análisis de métricas del paisaje se realizó para ecosistemas naturales y seminaturales presentes en el área de estudio.

En la Tabla 2.91 se detallan los índices de estado tenidos en cuenta para el análisis de fragmentación.

**Tabla 2.91 Índices de estado utilizados para la evaluación**

Tipo	Índice	Descripción
AREA	NP	Numero de parches en el paisaje
	CA	Área (ha) por clase
	MPS	Tamaño medio del fragmento(ha)
FORMA	MSI	Media del índice de forma
	MPAR	Relación Perímetro – Área
	MFRACT	Dimensión-Fractal
AREA CORE	NCA	Numero de áreas Core
	TCCA	Total área Core (Ha)

Tipo	Índice	Descripción
	(CAI):	Índice de área Core (%)

Fuente: Concolby WSP, 2019

De la amplia gama de indicadores, se seleccionaron solo aquellos indicadores que en nuestro criterio facilitan tener una visión regional. Los índices seleccionados son de tamaño, forma, borde y área interior o área core, efectuando los cálculos para cada tipo ecosistema en particular.

Los índices se calcularon a nivel de clase, los cuales representan el patrón y distribución espacial dentro del paisaje de un tipo de clase (McGarigal et al, 1995).

#### 2.4.4.5.3.3 Índices de estado de área

Los índices de estado de Área presentan las características de dimensión y número de fragmentos que conforman el área de estudio y permite disponer de una primera aproximación general. La composición del paisaje está representada por el número de parches, el tamaño medio del parche y el área de cada una de las clases.

**Tabla 2.92 Métrica número de parches (fragmentos) de la clase**

ÍNDICE	FORMULA	DESCRIPCIÓN
<b>Numero de Parches</b>	$NP = n_i$ <p>siendo <math>n_i</math>, el número de fragmentos de la clase (cobertura vegetal) <math>i</math> dentro del paisaje</p>	El número de fragmentos de una clase particular es una medida simple de la extensión de la subdivisión o fragmentación del paisaje. Aun cuando esta es una medida de gran importancia para diversos procesos de análisis ecológico, es limitado su análisis por sí solo, por no aportar información relativa a área, forma, extensión, densidad, etc.
<b>Área por Clase</b>	$AREA = a_{ij} \left( \frac{1}{10,000} \right)$ <p>siendo <math>CA_i</math>, el área total de los fragmentos correspondientes a la clase (cobertura vegetal) <math>i</math></p> <p><math>a_{i,j}</math>, el área (expresada en metros cuadrados) del fragmento <math>i,j</math></p>	El área total de clase es una medida de la composición del paisaje, específicamente permite evaluar que parte del paisaje está cubierta por la correspondiente clase.
<b>Tamaño medio del Fragmento</b>	$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \left( \frac{1}{10,000} \right)$	Calcula la media a nivel de clase. Es un buen indicador de la heterogeneidad y nivel de fragmentación de un área de interés.

Fuente: Concolby WSP, 2019

#### 2.4.4.5.3.4 Métricas de forma

Los índices de estado de forma están fundamentados en las características de forma de los fragmentos; su cálculo se basa en la relación entre área y perímetro y facilita la comprensión de este factor fundamental a nivel morfológico y funcional. La forma está condicionada tanto por la actividad humana como por las condiciones naturales e influye en la proporción entre especies propias del interior y las especies de borde y claros.

El predominio de las condiciones naturales favorece las formas curvilíneas e irregulares, y el predominio de la actividad humana simplifica la variabilidad. El índice de forma tiene valor 1 cuando el polígono es circular y aumenta su valor conforme al aumento de la complejidad del polígono.

En términos generales los ecosistemas asociados a coberturas arbóreas (bosque de galería, bosque denso, bosque fragmentado) presentan el mayor valor de índice de forma lo que evidencia unas formas más complejas y sinuosas.

Las coberturas con un valor más alto de forma (MSI) son las clases más propensas a ser afectadas por el medio, al poseer una alta relación perímetro /área. Los ecosistemas asociados a bosque denso y el de galería presentan el mayor valor, lo que indica la susceptibilidad a la intervención.

Los resultados de la dimensión fractal indican que todos los fragmentos presentan formas irregulares diferentes a las regulares euclidianas (cuadrado círculo). La dimensión fractal toma valores entre 1 y 2. Valores cercanos a uno indican formas geométricas sencillas. Valores que se acercan a 2 corresponde a las formas más complejas o análogas como los objetos fractales (Ver Tabla 2.93).

**Tabla 2.93 Descripción de algoritmos de forma**

Índice	Formula	Descripción
<b>Índice de Forma</b>	$SHAPE = \frac{p_{ij}}{2\sqrt{\pi} \cdot a_{ij}}$	El índice de forma corrige la deficiencia que la relación Perímetro-Área presenta al ajustarlo a un cuadrado estándar, siendo la medida más adecuada de la complejidad de la forma del fragmento
<b>Media del Índice de Forma</b>	$MSI = \frac{\sum_{j=1}^n \left( \frac{p_{ij}}{2\sqrt{\pi} \cdot a_{ij}} \right)}{n_j}$	Calcula la media a nivel de clase.
<b>Dimensión Fractal</b>	$FRACT = \frac{2 \ln p_{ij}}{\ln a_{ij}}$	Calcula el grado de complejidad de cada fragmento a partir de la relación entre área y perímetro.

Fuente: Concolby WSP, 2019

### 2.4.4.5.3.5 Índices de estado de área core

Otro grupo de indicadores están asociados a evaluar el área interior del fragmento, la cual es denominada área core. El cálculo de área core requiere establecer un buffer que va del interior o núcleo de conservación del fragmento a su borde, el cual para el área de estudio ha sido estimada en 100m.

El área núcleo o área core, es la superficie interior del fragmento que no está afectada por los bordes, es decir, que no está o está muy poco afectada por las perturbaciones exteriores. En términos generales el número de áreas core disminuye en la medida que la intervención aumenta.

El índice de área core es una proporción de las áreas núcleo en el total del paisaje y es igual a cero cuando no existen parches o fragmentos en las coberturas que posean áreas núcleo. Representa el porcentaje del parche que es área núcleo (Ver Tabla 2.94).

**Tabla 2.94 Descripción de algoritmos Área core**

ÍNDICE	FORMULA	DESCRIPCIÓN
<p style="text-align: center;"><b>Área Core</b></p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <math display="block">CORE = a_{ij}^c \left( \frac{1}{10,000} \right)</math> </div> <p>Siendo:</p> <p style="text-align: center;"><math>a_{i,j}^c</math>, el Área de Núcleo o Área Interior del fragmento basada en una profundidad de frontera (efecto borde) de 100 m para fragmentos &lt; a 100 ha y de 30 m para fragmentos &gt; 100 ha., expresada metros cuadrados.</p>	<p>El Área de Núcleo o Área Interior o área core representa el área del núcleo del fragmento a partir de una distancia 100 m para fragmentos &lt; a 100 ha y de 30 m para fragmentos &gt; 100 ha., expresada metros cuadrados</p>
<p style="text-align: center;"><b>Numero de Áreas Core</b></p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <math display="block">NCORE = n_{ij}^c</math> </div> <p>siendo</p> <p style="text-align: center;"><math>n_{i,j}^c</math>, el número áreas núcleo contenidas en el fragmento <math>i,j</math> basadas en una profundidad de frontera (efecto borde) de 100 m para fragmentos &lt; a 100 ha y de 30 m para fragmentos &gt; 100 ha., expresada metros cuadrados</p>	<p>Evalúa el número de áreas núcleo disjuntas presentes dentro del fragmento, lo cual depende de la forma y tamaño del fragmento</p>
<p style="text-align: center;"><b>Total Área Core</b></p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <math display="block">TCA = \sum_{j=1}^n a_{ij}^c \left( \frac{1}{10,000} \right)</math> </div>	<p>El Área de Núcleo o Área Interior o área core representa el área total de núcleo de fragmentos de una clase particular (cobertura vegetal) a partir de una distancia de 100 m</p>

ÍNDICE	FORMULA	DESCRIPCIÓN
	$a_{i,j}^c$ , el Área de Núcleo o Área Interior de un fragmento $i,j$ basada en una profundidad de frontera (efecto borde) de 200 m, expresada metros cuadrados.	desde el borde hacia el interior del fragmento.
Índice de Áreas Core	siendo $CAI = \frac{a_{i,j}^c}{a_{i,j}}(200)$ $a_{i,j}^c$ , el Área de Núcleo o Área Interior del fragmento $i,j$ basada en una profundidad de frontera (efecto borde) de 200 m, $a_{i,j}$ , el área del fragmento $i,j$	Evalúa el número de áreas núcleo disjuntas presentes dentro del fragmento, lo cual depende de la forma y tamaño del fragmento

Fuente: Concolby WSP, 2019

#### 2.4.4.5.3.6 Contexto paisajístico

Según Vila *et al.* (2006), el elemento base para la interpretación del paisaje es el concepto de mosaico, el cual está compuesto por un conjunto elementos. Se retomó la estratificación del área por elementos homogéneos de carácter natural proporcionados por ecosistemas (los cuales comparten aspectos de geomorfología, suelos, vegetación, etc.), se menciona a continuación los principales ecosistemas naturales objeto de análisis en el área de estudio

Para el cálculo del contexto paisajístico se tuvo en cuenta la ecuación presentada en el Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad Resolución 1517 (agosto de 2012 MADS). En donde el "Contexto paisajístico CP (conectividad): se refiere a la conectividad del fragmento del ecosistema natural estudiado con otros fragmentos con coberturas naturales (Ver Tabla 2.95).

**Tabla 2.95 Contexto paisajístico**

CONTEXTO PAISAJÍSTICO	
Nomenclatura	CP
Unidad	Adimensional
Formulación	$CP = \left( \frac{AN}{ATF} \right)$ Dónde: AN: Área natural dentro de la franja

CONTEXTO PAISAJÍSTICO	
	ATF: Área total de la franja.
<b>Rango</b>	$0 \leq CP \leq 1$
<b>Descripción</b>	En donde el "Contexto paisajístico" se refiere a la conectividad del fragmento del ecosistema natural estudiado con otros fragmentos con coberturas naturales.
<b>Comentario</b>	Los valores cercanos a 1 representan un mejor contexto paisajístico

Fuente: Concolby WSP, 2019

Para evaluar la fragmentación de los ecosistemas naturales en el área de estudio, se toma la definición de Lozano et al. (2011), que indica que la fragmentación total del paisaje se estima a través de la relación del área del bosque y el área total. Esta definición hace referencia al contexto paisajístico definido anteriormente, por lo que se retoma esta información y con referencia a una franja de 500 metros alrededor de los fragmentos naturales, se determinó geográficamente la fragmentación del área de estudio. El concepto de conectividad ecológica es complementario al de fragmentación ecológica, a mayor fragmentación menor conectividad.

Adicionalmente, se toma la definición de Lozano *et al.* (2011), que indica que la fragmentación total del paisaje se estima a través de la relación del área del bosque y el área total. Esto referencia al contexto paisajístico definido anteriormente, por lo que se retoma y con base a una franja de 500 metros alrededor de las áreas núcleo de los fragmentos naturales evaluados, se determinó geográficamente la fragmentación del área de estudio. Como referencia en la Tabla 2.96, se asigna un valor de fragmentación extrema en aquellas áreas donde el contexto paisajístico toma valores de cero a 0,20, la fragmentación fuerte se da en aquellas áreas donde toma valores de 0,21 a 0,40 y así sucesivamente hasta llegar a una fragmentación mínima en donde el contexto paisajístico toma valores mayores de 0,8 hasta valores iguales a 1. La ponderación de las diferentes categorías de fragmentación se explica en la Tabla 2.97.

**Tabla 2.96 Rango de valores de fragmentación**

NIVEL DE FRAGMENTACIÓN	CONECTIVIDAD	RANGO CONTEXTO PAISAJÍSTICO
Extrema	Muy baja	<0,2
Fuerte	Baja	0,21-0,40
Moderada	Media	0,41-0,60
Moderada- Mínima	Alta	0,61-0,80
Mínima	Muy alta	0,8 – 1,00

Fuente: ConcolbyWSP, 2019

**Tabla 2.97 La ponderación de las diferentes categorías de fragmentación**

VALOR	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN SENSIBILIDAD	DESCRIPCIÓN IMPORTANCIA
1	Mínima	Se atribuye esta calificación a las coberturas con índice de contexto paisajístico >0,8 correspondiente a muy pocos fragmentos, de tamaños considerables y alta conectividad.	Los servicios ambientales son muy bajos ya que son coberturas heterogéneas de origen antrópico, lo cual explica la poca fragmentación y alta conectividad.
2	Moderada-mínima	Corresponde a coberturas con un índice de contexto paisajístico entre 0,61 y 0,80 con fragmentos de gran tamaño, formas más regulares, con una alta conectividad.	Corresponde a coberturas conectadas con una baja fragmentación, ya que son producto de la intervención antrópica, y por lo tanto han perdido la capacidad de albergar especies y la oferta de servicios ambientales es reducida.
3	Moderada	Coberturas con un índice de contexto paisajístico entre 0,41 y 0,60, con un alto número de fragmentos, con formas regulares, tamaños medios y mayor conectividad entre parches.	Son coberturas que presentan grandes áreas y mayor conectividad, sin embargo, su composición intrínseca brinda una oferta moderada de servicios ecosistémicos.
4	Fuerte	El índice de contexto paisajístico de la cobertura oscila entre 0,21 y 0,40; corresponde a un alto número de fragmentos, muy pequeños, irregulares y baja conectividad.	Debido a la pérdida de conectividad de estas coberturas, la importancia es alta ya que el alto número de fragmentos alberga una diversidad importante de especies que inciden directamente sobre la oferta de servicios ecosistémicos.
5	Extrema	Corresponde a las coberturas con un índice de contexto paisajístico <0,20; que presentan bajo número de fragmentos, de tamaños muy pequeños, con formas irregulares y muy distantes.	Debido a la alta fragmentación y baja conectividad, la importancia de estas coberturas es muy alta ya que se deben conservar los pocos fragmentos para garantizar la oferta de servicios ecosistémicos que prestan.

Fuente: Concolby WSP, 2019

#### 2.4.4.6 Fauna

La caracterización de fauna silvestre tiene como propósito la descripción del estado actual de las comunidades de los principales grupos de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) que habitan en el área de influencia del proyecto. La caracterización se realizó de acuerdo con los parámetros establecidos en los términos de referencia M-M-INA-01 para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para Proyectos de Perforación Exploratoria de Hidrocarburos, así como los métodos y lineamientos establecidos en la Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010, y en el Manual de Métodos para el Desarrollo de inventarios de biodiversidad (Villarreal, y otros, 2006) diseñado por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Las metodologías para el desarrollo del presente estudio se ciñeron a lo aprobado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA en el Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales otorgado a Consultoría Colombiana S.A. mediante

Resolución 911 del 28 de mayo de 2019. (ANLA, 2019), tanto en método de manipulación, como manejo, recolección y preservación de especímenes y muestras de la biodiversidad.

La caracterización se llevó a cabo en tres (3) etapas: 1) levantamiento de información secundaria (Pre-Campo); 2) levantamiento de información primaria (trabajo de campo) y por último 3) procesamiento e interpretación de la información (Post-Campo), las cuales se exponen a continuación.

#### 2.4.4.6.1 Etapa Precampo

##### 2.4.4.6.1.1 Recolección de información secundaria

En esta fase se realizó una revisión asociada a la información secundaria existente sobre la fauna terrestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) presente en el área de influencia, con el fin de establecer los listados de las especies con distribución a nivel regional, y que de acuerdo con condiciones altitudinales y de hábitat tienen una potencial presencia en el área de influencia del proyecto. Durante la fase precampo se definen las metodologías a utilizar en la fase de campo, el esfuerzo de muestreo necesario para cada grupo faunístico y las técnicas de muestreo a implementar.

La base literaria para la conformación del presente documento estuvo sustentada en diferentes fuentes especializadas para cada grupo taxonómico, teniendo como referencia el Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad, del Instituto Humboldt (Villarreal, y otros, 2004), la Metodología general para la elaboración y presentación de Estudios Ambientales (Min ambiente, 2017), bases de datos como la Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2018), el Sistema de Información Sobre Diversidad de Colombia (SIB, 2018), las colecciones en línea del Instituto de Ciencias Naturales, el sistema de información de Alertas Tempranas Tremarctos Colombia 3.0 (Conservación Internacional Colombia, 2015), y demás fuentes detalladas por grupo faunístico en la Tabla 2.98

**Tabla 2.98 Fuentes bibliográficas utilizadas para la construcción de listas de especies con distribución regional para la caracterización del área de influencia del APE Medina**

INFORMACIÓN GENERAL
Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SIB, 2019)
Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2019)
Sistema de información de Alertas Tempranas Tremarctos Colombia 3.0 (Conservación Internacional Colombia, 2015)
The IUCN Redlist of Threatened Species (IUCN, 2020)
Resolución 1912 de 2017 (MADS, 2017)
Plan Nacional de Especies Migratorias (Naranjo & Amaya -Espinel, 2009)
Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES, 2020).
CORPOGUAVIO. (2013). PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL REGIONAL PGAR 2013 - 2023. Corporación Autónoma Regional del Guavio.
CORPOGUAVIO, & ANDINA, O. (2013). PLAN DE MANEJO AMBIENTAL RESERVA FORESTAL PROTECTORA MANANTIAL DE JAGUA.
CORPOCHIVOR. (2019). DIRECTRICES, LIMITACIONES Y LINEAMIENTOS PARA LA ORDENACIÓN FORESTAL DE LA JURISDICCIÓN DE CORPOCHIVOR. Proyecto Protección, Manejo Sostenible e

INFORMACIÓN GENERAL
<p>Incremento de la Oferta Foresta. Garagoa.  CORPOCHIVOR. (2019). Plan de Gestión Ambiental Regional – PGAR 2020 – 2031. Corporación Autónoma Regional de Chivor  CORPOCHIVOR. (2014). DOCUMENTO SÍNTESIS PARA LA DECLARATORIA DEL DISTRITO REGIONAL DE MANEJO.  CORPOGUAVIO. (2016). Plan de acción institucional 2016 - 2019. Gachalá: Corporación Autónoma Regional del Guavio.  CORPOGUAVIO. (2019). Plan de Acción Institucional 2020 - 2023. Corporación Autónoma Regional del Guavio - CORPOGUAVIO.  CORPOGUAVIO. (2020). ACTUALIZACIÓN DE HUMEDALES DE LA JURISDICCIÓN CORPOGUAVIO.  CORPOGUAVIO. (s, f). ÁREAS PROTEGIDAS Y ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS EN LA JURISDICCIÓN DE CORPOGUAVIO. Corporación Autónoma Regional del Guavio - CORPOGUAVIO.  Fernández, A. J. (2009). Flora de Santa María (Boyacá): guía de campo de los géneros de angiospermas. Universidad Nacional de Colombia.  Pérez-Torres, J., Garavito, A. C., Pardo, A., &amp; Vélez, M. (2004). RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE LOS RÍOS BLANCO Y NEGRO. UN LUGAR LLENO DE VIDA. Pontificia Universidad Javeriana.  Ministerio del Medio Ambiente. (2002). Política Nacional para Humedales interiores de Colombia. Estrategias para su conservación y uso sostenible. Bogotá D.C.</p>
ANFIBIOS
<p>Lista de Anfibios de Colombia (Acosta -Galvis, 2020)  Amphibian Species of the World: An Online Reference. Version 6.0. (Frost, 2018)  Ranas, Salamandras y Caecilias (Tetrapoda: Amphibia) de Colombia. (Acosta Galvis A.R., 2000)  Libro Rojo de Los Anfibios de Colombia. (Almonacid, Amézquita, Lynch &amp; Rueda. 2004)  Anfibios y Reptiles del Departamento del Meta (Ramírez -Villalba <i>et al.</i>, 2014)  Guía de Campo del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional No. 23 (Muñoz, Calvo, Gómez, &amp; Casallas, 2019)</p>
REPTILES
<p>Diversidad de los reptiles en Colombia (Sánchez <i>et al.</i> 1995)  Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia (Paez, Morales – Betancourt, Lasso, Castaño -Mora &amp; Bock. 2012).  The Reptile Database (Uetz&amp;Hosek, 2020)  Diversidad de los reptiles en Colombia (Sanchez <i>et al.</i>, 1995)  Tortugas continentales de Colombia (Páez, <i>et al.</i>, 2012)  Crocodylia de Colombia (Morales -Betancourt <i>et al.</i>, 2013)  Libro Rojo de Reptiles de Colombia (Morales -Betancourt <i>et al.</i>, 2015)  Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos del trópico (Rueda – Almonacid, <i>et al.</i>, 2007).  Guía de Campo del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional No. 23 (Muñoz, Calvo, Gómez, &amp; Casallas, 2019)  Estudio de viabilidad para la declaratoria del PNR Farallones(Unión temporal Farallones 2016, 2017).</p>
AVES
<p>Guía de campo de las aves de Colombia (Mc Mullan, Donegan &amp; Quevedo, 2010).  Guía de las aves migratorias de Colombia (Naranjo L. G., Amaya, Eusse&amp; Cifuentes. 2012)  Lista de chequeo de aves en el Mundo (Birdlife International. 2019).  A Classification of the Bird Species of South America (Remsen, J V; Cadena, C D; Jaramillo, A; Nores, M; Pacheco, J F; Pérez, J; Robbins, M B; Stiles, F G; Stotz, D F; Zimmer, K J, 2019)  Guía de las aves de Colombia (Hilty &amp; Brown, 2001)  Guía ilustrada de la Avifauna colombiana (Ayerbe, F, 2018)  Libro Rojo de las Aves de Colombia Vol. I (Rengifo, <i>et al.</i>, 2014)  Libro Rojo de las Aves de Colombia Vol. II (Rengifo-Martínez, 2016)  Listado actualizado de las aves endémicas y casi endémicas de Colombia (Chaparro-Herrera, <i>et al.</i>, 2014)</p>
MAMÍFEROS
<p>Cambios recientes a la lista de Mamíferos de Colombia. (Ramírez-Chaves, Suárez-Castro, &amp; González-Maya, 2016)  Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia (Solari, y otros, 2013)  Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia (Alberico M., Cadena, Hernández-Camacho, &amp; Muñoz-Saba, 2000)</p>

#### INFORMACIÓN GENERAL

Libro Rojo de mamíferos de Colombia (Rodríguez-Mahecha, y otros, 2006)  
Mammal Species of the World (Wilson & Reeder, 2005)  
Mamíferos de Suramérica Vol. II (Patton, et al., 2015)  
Mamíferos del Neotrópico (Eisenberg, 1989)  
Lista de referencia de especies de mamíferos de Colombia (Ramírez-Chaves, et al., 2018)  
Mamíferos de la cuenca del Orinoco (Ferrer-Pérez, et al., 2009)  
Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia Vol. III  
Phyllostomid Bats of Colombia: Annotated Checklist, Distribution, and Biogeography (Mantilla- Meluk, et al., 2009)  
Guía de Campo del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional No. 23 (Muñoz, Calvo, Gómez, & Casallas, 2019)  
Estudio de viabilidad para la declaratoria del PNR Farallones (Unión temporal Farallones 2016, 2017).

Fuente: Concolby WSP, 2020

La identificación de especies incluidas en diferentes categorías de amenaza fue soportada mediante fuentes como The IUCN Red List of Threatened Species (IUCN, 2018), y los listados de la Resolución 1912 del 15 de septiembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2017) por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera que se encuentran en el territorio nacional. Adicionalmente se verificó si algunas de las especies encontradas están incluidas dentro de los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2018). También se emplearon diferentes publicaciones como el Libro Rojo de aves de Colombia (Renjifo, Amaya-Villarreal, Burbano-Girón, & Velásquez-Tibatá, 2017), Libro Rojo de Los Anfibios de Colombia (Rueda-Almonacid, Lynch, & Amézquita, 2004), Libro Rojo de Reptiles de Colombia (Morales-Betancourt, Lasso, Páez, & Bock, 2015), Libro Rojo de mamíferos de Colombia (Rodríguez-Mahecha, Alberico, Trujillo, & Jorgenson, Libro rojo de mamíferos de Colombia, 2006), Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia de (Solari, y otros, 2013), con la finalidad de obtener información completa sobre categorías de amenaza, endemismos y características ecológicamente significativas de las especies identificadas en el área de influencia

#### 2.4.4.6.2 Etapa de Campo

Una vez analizada la información secundaria durante la fase precampo, se procedió a realizar el levantamiento de información primaria para el área de influencia físico-biótica del APE Medina. Este proceso es llevado a cabo por un grupo de biólogos compuesto por herpetólogo (especialista en anfibios y reptiles), ornitólogo (especialista en aves) y mastozoólogo (especialista en mamíferos), los cuales implementaron las metodologías detalladas a continuación para cada uno de los cuatro (4) grupos taxonómicos a evaluar.

##### 2.4.4.6.2.1 Mastofauna

Para el levantamiento de información en campo de este grupo, se utilizan principalmente métodos directos que involucra la captura de los individuos para luego anotar los datos más relevantes de estos para su posterior identificación taxonómica. De manera complementaria, se utilizan métodos indirectos que se relacionan con los rastros e indicios de presencia de las especies potenciales en el área de influencia del A.P.E. Medina que no

se registraron mediante los métodos directos.

Los métodos directos que se utilizarán para el levantamiento de la información en el A.P.E. Medina son los siguientes:

- **Trampas Sherman**

Esta es una técnica de captura que involucra la instalación de cajas de metal de tamaño pequeño provistos de un gatillo y que funcionan colocando en su interior un atrayente o cebo – mezcla de diversos productos o un único producto – permitiéndonos capturar individuos de tamaño pequeño como roedores, musarañas y chuchas de pequeño porte con vida una vez que activan este gatillo, cerrando la caja. Con estas trampas se busca que, en lo posible, no generarles traumas a los individuos capturados.

Las trampas Sherman se colocan ya sea en línea, separadas cada 10 metros entre sí, o en disposiciones grupales como un conjunto de trampas todas relativamente cercanas entre sí. Los lugares óptimos para colocarlas son salidas de madrigueras, en aperturas entre la vegetación rasante y arbustiva, en comederos e incluso si las condiciones son favorables, sobre los troncos o ramas gruesas de árboles donde se evidencie rastros de uso frecuentes (e.g tránsito de fauna, restos, marcas, etc.). También pueden ser colocadas próximos a caminos y senderos transitados por animales.

Si las condiciones climáticas de la zona de trabajo son muy drásticas – e.g. radiación solar o lluvias – se recomienda acondicionar las cajas metálicas, por ejemplo, con hojarasca sobre ellas para brindarle sombra al potencial individuo que sea capturado, manteniendo el interior de la caja más fresco respecto al exterior o si se presentan lluvias fuertes y prolongadas, procurar colocarlas en resaltos o puntos elevados para evitar su inundación, que queden inactivas antes de su primera captura o que, si ha caído un individuo, este no muera ahogado.

La instalación y funcionamiento de estos dispositivos se realiza en las horas del día y las revisiones y sustituciones del atrayente se hacen diariamente al día siguiente, en lo posible, en el mismo horario en el que se hizo la instalación y activación de estas el día anterior. Es recomendable cambiar el lugar de instalación de una trampa si en el interior de esta se encuentra un pequeño montículo de tierra, señal de la invasión de hormigas a la trampa, de su consumo del cebo y del no funcionamiento de la trampa. Adicionalmente se sujetan con cabuya o piola a raíces, troncos, ramas o estacas ya que pueden recibir visitas de animales domésticos o nativos atraídos por el cebo y al tratar de obtenerlo, moverán, voltearán o tratarán de romper la trampa.

También se recomienda, si las condiciones del entorno lo permiten, colocar marcas con cinta de peligro o cintas de colores contrastantes para indicar el lugar de colocación de la trampa. Esto permitirá llegar más rápidamente a la misma y mantener siempre correcto el inventario de trampas colocadas en campo, evitando así pérdidas o abandonos de trampas en campo.

- **Trampas Tomahawk**

Estas trampas son armazones de metal en malla más grandes que las Sherman, que también se utilizan para capturar mamíferos pequeños y medianos. Se colocan alternadas con las Sherman y funcionan de la misma manera: se coloca un atrayente o cebo sobre el gatillo de la trampa y cuando el individuo entra para consumir el cebo, activa el gatillo y cierra la trampa.

Así como con las Sherman, también aplican a estas trampas los lugares de colocación antes mencionados – salidas de madrigueras, en aperturas entre la vegetación rasante y arbustiva, en comederos, próximos a caminos y senderos transitados por animales.

Se aplican las recomendaciones comentadas para las Sherman en cuanto al acondicionamiento de las trampas bajo diferentes condiciones ambientales. La diferencia existente con las Sherman es que usualmente se utilizan atrayentes diferentes a los usados con las Sherman, esto es, se colocan cebos de carne – e.g. sardinas, atún – o cebos de fruta – bananos, papayas, etc. – ya que, como se mencionó antes, se busca capturar mediante estas a individuos de tamaño mediano, lo que puede incluir, por ejemplo, carnívoros pequeños u omnívoros.

- **Redes de niebla**

Estos dispositivos se utilizan para la captura de quirópteros (mamíferos voladores) y son elaboradas generalmente en nylon negro con diferentes longitudes – desde 6 a 12 metros o más – y ojos de malla diferentes, aunque comúnmente se utilizan redes de niebla de 12 metros y ojos de malla de 30 a 32 mm para la captura de estos.

Las redes de niebla se pueden disponer todas en línea o en conjuntos – e.g. individuales, en pares, tríos, cuartetos, etc. – y esta disposición está condicionada por las características estructurales de las coberturas vegetales – bordes de bosques, interior de bosque muy denso, muy disperso o con claros, próximas a o atravesando cuerpos de agua – y también dependiendo de las especies objeto de captura – redes de niebla a nivel del suelo son óptimas para capturar especies de sotobosque, redes de niebla en dosel óptimas para capturar especies insectívoras de vuelo alto.

Las recomendaciones respecto al uso de las redes de niebla incluyen: cerrarlas durante condiciones climáticas adversas como vientos muy fuertes y acaecimiento de lloviznas y lluvias, realizar una buena inspección de la zona donde se colocarán las redes para evitar vandalismo o daños por parte del ganado, asegurar bien las redes de niebla al colocarlas en los parales para que no queden líneas distensionadas y tener la red totalmente elevada; esto puede afectar la captura de quirópteros en la parte superior de la red y asegurar bien los parales donde van aseguradas las redes para que queden firmes y no pierdan tensión con el paso del tiempo de muestreo.

Como ocurre con las trampas Sherman y Tomahawk, el propósito de esta técnica es capturar los quirópteros con el menor daño posible, evitando provocarles estrés una vez que los animales son manipulados para extraerlos de la red y para tomarles los datos más

relevantes para su identificación taxonómica.

- **Cámaras trampa**

Estos dispositivos electrónicos poseen muchas ventajas para el levantamiento de información de todo tipo de fauna. Las cámaras trampa se colocan generalmente en lugares a ras de suelo para el registro de fotos o videos de mamíferos terrestres de todos los portes e incluso de mamíferos arborícolas que descienden al suelo o de otro tipo de fauna como aves y reptiles. Se instalan a una altura de 30 a 40 centímetros para facilitar la detección de mamíferos pequeños y/o se pueden instalar en el estrato arbóreo en ramajes o en los troncos de árboles para el registro de mamíferos arborícolas.

Estos dispositivos son programables y gracias a esto, se configuran generalmente para tomar fotos y/o videos las 24 horas del día, de duración y resolución también configurables y una vez sujetas y aseguradas adecuadamente, pueden dejarse funcionando durante periodos de tiempo prolongados dependiendo de la marca, la configuración para el registro de fotos y/o videos y el uso de batería necesario para su buen funcionamiento.

Estos dispositivos en general son herméticos y son diseñados para no sufrir problemas por factores climáticos como humedad y/o lluvias; sin embargo, es recomendable utilizar productos que sean óptimos para absorber la humedad – e.g. toallas higiénicas, tampones, bolsas pequeñas con sílica gel o con arroz – y colocarlos en el interior de la cámara trampa. Para aumentar el hermetismo de estas es recomendable sellarlas por fuera con cinta gris industrial – *duck tape*. Se comprueba que la instalación de las cámaras trampa les permitirá aguantar eventos fuera de todo control por parte de los investigadores, como el contacto que realizan algunos mamíferos al rozar el cuerpo contra las cámaras trampa para marcarlas con su olor, al olfatearlas o incluso al intentar jugar con ellas.

Dependiendo de la marca y las opciones de configuración de la cámara trampa, las fotos y videos registrados pueden mostrar los datos de esta, así como los datos de temperatura y de fase lunar al momento del registro.

Los métodos indirectos aplicables durante las actividades de muestreo en el área de influencia de la A.P.E. Medina son representados por las siguientes técnicas:

- **Detección de rastros**

Consiste sencillamente en el registro, durante un transecto o como un registro incidental, de la presencia de heces, huellas, rasguños en el suelo o en troncos de árboles, letrinas, lugares de alimentación y restos de presas, dormideros y/o madrigueras, osaderos, restos cubiertos con hojarasca, entre otros tipos de rastros que me permitan establecer la presencia probable de una especie dada en el hábitat muestreado. Esta técnica es muy útil principalmente al momento de registrar aquellas especies difíciles de observar en campo.

- **Entrevistas**

Se pueden realizar encuestas a los auxiliares de campo que sirvan para obtener

información complementaria a la obtenida mediante los métodos directos antes explicados. Esta técnica de registro de información también permite tener una idea histórica de la mastofauna que estuvo presente en épocas anteriores y registrar los eventos que han influenciado la desaparición o extinción de la mastofauna en la zona muestreada – e.g. cacería y consumo, colonización, agricultura.

#### **2.4.4.6.2.2 Avifauna**

Para llevar a cabo el monitoreo de avifauna, se llevarán a cabo los métodos que se describen a continuación:

##### Conteo por puntos extensivos

La siguiente descripción, está basada en los estándares definidos por Ralph et al. (1996), con el objetivo de coleccionar registros de presencia y abundancia de las especies de aves en las coberturas vegetales definidas.

Se recomienda antes de iniciar el trabajo en campo, revisar las siguientes fuentes: Ralph et al. (1996), Bibby et al. (2000), Gregory et al. (2004), Sutherland (2004) y Herzog et al. (2016). Esto con el fin de decidir cómo y dónde plantear los recorridos y los puntos de conteo, teniendo en cuenta las condiciones particulares del área de influencia. Los aspectos que deben considerarse son:

- Topografía del terreno: Si el terreno tiene una topografía muy compleja y pendientes muy altas, los recorridos y conteos se verán muy limitados. Por lo cual se deberán centrar en áreas más pequeñas o a lo largo de cuerpos de agua, con ingresos al interior de bosque en algunos sectores. Si no es posible realizarlos porque la topografía no lo permite, se deberá dar prioridad a la grabación de vocalizaciones como técnica principal en estos paisajes.
- Área del área de estudio: Si el área de estudio es muy pequeña, recorridos de 5 km o muchos conteos por puntos no son posibles. Por tanto, se deberán ajustar al área en cuestión.
- Tipo de vegetación: Si la vegetación es muy densa o espinosa, se debe considerar hacer los recorridos y los puntos por los bordes de los hábitats y solo hacer algunas entradas a la vegetación en algunos sectores. Esto debido a que se pierde mucho tiempo de observación y audición mientras el ayudante de campo despeja la vegetación (lo cual puede ser muy demorado).
- Condiciones de seguridad en el área. No siempre es posible comenzar a las horas de amanecer por restricciones que imponen los propietarios de predios o incluso grupos al margen de la ley en algunos sectores del país. Se deberá siempre preguntar a la comunidad con anterioridad, si se puede caminar por algunos de los senderos o zonas preseleccionadas. Desafortunadamente algunos de los mejores sitios no pueden ser muestreados por estas condiciones.

Se realizará un recorrido de mínimo dos (2) km, lo cual dependerá de las condiciones climáticas y del terreno), o de tres (3) km, si son hábitats muy diversos y el terreno lo permite; lo anterior, durante las horas de mayor actividad de las aves, es decir las primeras horas de la mañana (5:30-10:30 horas) y de ser posible hacia el final de la tarde (15: 30 - 18:30) en absoluto silencio (Fotografía 2.20).

**Fotografía 2.20      Conteo de individuos por puntos extensivos**



Fuente: Concolby WSP, 2020

En el recorrido, el observador se detendrá cada 250 metros y durante cinco (5) minutos, abarcando una superficie circular de 25 metros de radio (50 metros si las condiciones de visibilidad son óptimas, los espacios son abiertos y si se tiene entrenamiento en vocalizaciones), registrará las especies de aves por medio de observación, canto o llamados y captura fotográfica. Durante la observación en el punto, el profesional a cargo deberá anotar en su libreta o con la grabadora de voz, todas las especies observadas y escuchadas. Puede apoyarse en su asistente de campo para registrar la información, pero siempre debe existir una revisión por parte del profesional de los registros del punto, con el fin de evitar errores en la transcripción o pérdida de información.

Una vez pasados los cinco (5) minutos de observación, el profesional encargado deberá llevar a cabo un nuevo conteo en un punto diferente, para un máximo total de 15 puntos de conteo por recorrido. Idealmente, la mayoría de los hábitats tropicales requieren 20 puntos de conteo (Herzog et al., 2006) por lo cual se sigue la recomendación de Herzog et al. (2016) de realizar 20 puntos de conteo por hábitat promedio; no obstante, un promedio de 12 a 15 puntos de conteo resulta acorde, dependiendo también de la distancia entre puntos (Por ejemplo, entre puntos distanciados cada 250 m).

Por otro lado, es recomendable que el profesional espere al menos dos (2) minutos antes de iniciar el registro de aves, ya que su llegada al nuevo punto seguramente alteró la actividad de las aves en el sitio (Ortega et al., 2012). Si en este corto intervalo de tiempo hay varias especies forrajeando y vocalizando, estos registros se pueden incluir en una lista Mckinnon (10 especies por lista). Con el fin de no perder registros valiosos de especies raras de observar o escuchar, que pueden quedar por fuera de los puntos de conteo.

Intentar cada día (si es posible logísticamente), comenzar el recorrido en una dirección distinta (Figura 2.66).

**Figura 2.66 Esquema del punto de conteos para monitorear aves**



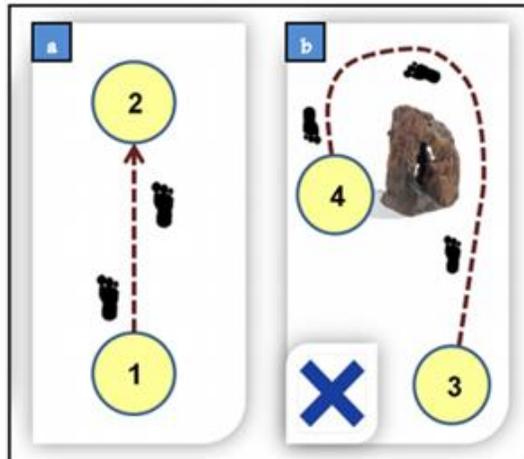
Fuente: Ortega *et al.*, 2012.

Para evitar registrar a un mismo individuo en puntos de conteo diferentes, los puntos deberán estar separados, como se mencionó previamente; por consiguiente, para establecer la ubicación de los puntos de conteo, el profesional tendrá que dar 250 pasos amplios (O dependiendo de la distancia entre puntos) a partir del sitio donde se encuentra un punto de muestreo hasta el lugar donde deberá estar localizado el siguiente. Cabe recalcar que se deberá procurar no contar pasos cuando el camino sea muy ondulado y con irregularidades del terreno, ya que esto provocará que la distancia que separe a los puntos sea menor a los 250 m o según la distancia prevista. Por ello, se recomienda dejar de contar pasos ante la presencia de curvas en los senderos y reanudar el conteo cuando el camino vuelva a ser recto (Ortega *et al.*, 2012). Los GPS también se sugieren para tal efecto y de hecho, resultan ser más precisos para estimar la distancia entre puntos de conteo.

Se deberán dar como mínimo 250 pasos amplios para determinar la separación de los puntos de conteo que serán muestreados (a). Es necesario tener cuidado de no contar pasos en los tramos sinuosos del camino, puesto que, de lo contrario, los puntos de conteo estarán separados entre sí por una distancia menor a los 250 m (b) o la distancia que se tenga prevista (Figura 2.67).

De otra parte, con base en Rengifo (2001), adicionalmente se sugiere realizar una hora de observaciones libres (*Ad libitum*) con el fin de detectar especies y bandadas mixtas no registradas en los puntos de conteo. Esta combinación de técnicas se puede utilizar, si la técnica de conteo por puntos extensivos es la principal utilizada en el muestreo y no se utilizan recorridos libres como técnica principal.

**Figura 2.67 Ubicación de los puntos de conteo**



Se deberán dar como mínimo 100 pasos amplios para determinar la separación de los puntos de conteo que serán muestreados (a). Es necesario tener cuidado de no contar pasos en los tramos sinuosos del camino, puesto que, de lo contrario, los puntos de conteo estarán separados entre sí por una distancia menor a los 100 m (b) o la distancia que se tenga prevista.

Fuente: Ortega et al., 2012.

- **Captura con redes de niebla**

Se seleccionará una estación de monitoreo por cada cobertura visitada, para instalar en cada estación una serie de manejo y operación de 10 redes de niebla de 10x2.4 m y 12x2.5 m y ojo de malla de 32 mm operando simultáneamente, en el sitio seleccionado en el que se tenga facilidad de acceso y certeza de realizar capturas efectivas, previa verificación en campo (Fotografía 2.21).

**Fotografía 2.21 Instalación Redes de Niebla**



Coordenadas: E: 1.092.632,42, N: 1.017.664,54  
Fuente: Concolby WSP, 2020

El periodo de apertura comprenderá dos horarios repartidos en cuatro horas por día, alternando horarios; es decir, un día en la mañana entre las 5: 30 horas hasta las 10: 30 horas y al siguiente día en la tarde, entre las 14: 30 a las 18: 30 horas, cuando las condiciones climáticas y visibilidad lo permitan.

Las redes se revisarán cada 15 minutos, de acuerdo con lo sugerido por Córdoba, Álvarez & Rebolledo (2004) y Ralph et al (1997).

Las aves capturadas, serán retiradas cuidadosamente de la red para evitar mayor perturbación; acto seguido, se dispondrán temporalmente y de manera individual en bolsas de tela para su posterior manipulación; luego, se verificarán y anotarán datos de edad, sexo, peso, condición corporal y reproductiva y estado del plumaje (Córdoba, Álvarez & Rebolledo 2004, ARNSC, Calidris & WWF 2004, Ralph et al. 1997), finalmente, se fotografían y liberan en su hábitat en el menor tiempo posible.

Los datos recolectados en los formatos de campo se tabularán en matrices para el posterior análisis de la información.

Dado que las redes están muy cercanas entre sí, espacialmente independientes, se da la posibilidad de que los individuos capturados vuelvan a ser recapturados y por tanto registrados más de una vez, generando posibles errores en las estimaciones de abundancia con los datos de captura de los especímenes en redes (Remsen & Good, 1996). Por consiguiente, se recomienda la ubicación de cada red o serie de redes a más de 500 metros de la otra (Barlow & Pérez, 2004; Blake & Loiselle, 2009). Por lo tanto, se deberá tener en cuenta este aspecto en las abundancias reportadas usando redes de niebla, así como la toma de datos morfométricos de cada individuo.

- **Revisión**

Las redes se revisarán constantemente, máximo cada 15 minutos, lo cual dependerá de las condiciones ambientales a las que estén expuestos los individuos) para prevenir la muerte de los ejemplares (Villareal et al., 2004).

Una vez capturadas, las aves serán desenredadas teniendo cuidado de no lastimarlas (evitar hacer movimientos bruscos y nunca manipular con fuerza el cuello, los tarsos, los ojos o la cabeza). El método más fácil para desenredarlas de la red es primero establecer por donde entraron en la red (la dirección de entrada). Se comienzan a desenredar desde esta dirección. Es una buena idea desenredar primero las alas, el pico o la cabeza y finalmente los tarsos. Sin embargo, lo opuesto, desenredar los tarsos primero, también es muy efectivo y evita que se enreden más. Los colibrís en ninguna circunstancia se manipulan de los tarsos.

Las aves capturadas, deberán ser depositadas en bolsas de tela para ser transportadas a un lugar donde puedan ser manipuladas con facilidad, no lejano al sitio o estación de red o

anillamiento. Si la temperatura es muy alta, se recomienda hidratar el individuo o suministrarle néctar (Colibrís). Allí se tomarán datos de los siguientes atributos:

Determinación taxonómica (nombre científico). Si el individuo no se puede identificar a especie, tomar fotografías de todo el individuo, ventrales, dorsales, laterales y de múltiples caracteres del plumaje, en especial plumas de vuelo (primarias, secundarias), plumas rémiges y plumas de la cola (rectrices), vientre, pecho, color del iris entre otros caracteres diagnósticos. Si el individuo fue escuchado vocalizando, grabar la vocalización, esta puede ser vital para la identificación.

Se deben tomar datos de unidad de cobertura vegetal; así mismo, se tomará registro fotográfico, coordenadas (de la red o estación de red donde fue capturada), localidad, altitud, hora y fecha (los da el GPS) de captura, entre otra información que indique el formato de recolección de datos de avifauna CAL-FOR-248, o que el profesional a cargo considere relevante y que no esté incluido en el formato.

Todos los individuos serán liberados en el mismo lugar donde fueron capturados, en un sector en donde no exista una alta probabilidad de que vuelva a enredarse en las redes o que sea depredado. Sin embargo, solo si él o los individuos capturados representan potencialmente una nueva especie, se realizará colecta. Con base en lo anterior, cabe aclarar solo se tiene estipulado la captura de seis (6) especímenes por morfoespecies, para cada monitoreo, dado que la colecta de especímenes no es prioridad en este tipo de estudios (Ver Preservación y movilización de los especímenes).

- **Georreferenciación**

La georreferenciación se realizará de acuerdo con la metodología expuesta, mediante GPS y según los criterios de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA, en coordenadas geográficas Datum WGS84. Lo anterior, teniendo en cuenta el Modelo de Almacenamiento de Datos Geográficos (Base de Datos Geográfica o GDB) de parte de la autoridad, según aplique para determinado proyecto.

#### **2.4.4.6.2.3 Herpetofauna**

Para llevar a cabo la caracterización de herpetofauna se llevarán a cabo el método de Detecciones mediante Encuentro Visual (VES), que consiste en la búsqueda libre, sin restricciones realizando observaciones y conteo de individuos (anfibios y reptiles) a lo largo de recorridos de distancia fija o aleatoria, generalmente durante un tiempo previamente definido y; entrevistas no formales a los lugareños.

- **Detecciones mediante Encuentro Visual (VES)**

Dichos recorridos se realizarán en dos (2) periodos de tiempo (mañana y noche), cada uno con tres (3) horas mínimas efectivas de muestreo. Los recorridos se podrán realizar entre las 7:00 a las 12:00 horas con el fin de observar y registrar especies con hábitos diurnos, principalmente reptiles, lagartos y serpientes (según el tipo de hábitat y su probabilidad de encuentro), y entre las 18:00 a las 23:00 horas con la intención de registrar especies

crepusculares y nocturnas. En caso de que, por seguridad física, orden público, restricciones de accesos u otras razones, no se puedan realizar los recorridos nocturnos, éstos se llevarán a cabo en horas de la tarde, hasta el horario que las condiciones de seguridad lo permitan, siempre teniendo en cuenta que se debe cumplir con el esfuerzo de muestreo de mínimo seis (6) horas diarias. Durante los recorridos se revisarán los microhábitats potenciales como huecos de árboles, charcas, bromelias y se hará remoción de rocas, troncos caídos, hojarasca y vegetación en descomposición con ayuda de rastrillo.

Todos los individuos detectados de forma visual y de manera indirecta (vocalizaciones) se registrarán en el Formato de recolección de datos de herpetofauna y, de ser posible, se tomará el correspondiente registro fotográfico.

La captura de la mayoría de los individuos se realizará manualmente; para el caso de las serpientes se hará la manipulación por medio de la pinza herpetológica, con el fin de evitar el riesgo de mordedura. Cada individuo capturado se introducirá en bolsas plásticas o de tela, con un poco de sustrato humedecido en su interior dejando un espacio de aire. Los individuos capturados serán fotografiados en el lugar de captura o sitios cercanos y liberados una vez se haya tomado la información necesaria para su identificación.

Se hará colecta de individuos cuando sea estrictamente necesario, es decir, en el caso de que la determinación taxonómica no se pueda realizar por patrones morfométricos, o cuando se trate de una especie nueva y/o que represente ampliación de distribución. Teniendo en cuenta lo anterior, se podrá coleccionar un máximo de seis (6) individuos por morfoespecie.

- **Entrevistas no formales**

Mediante el uso de un catálogo fotográfico (específico para el proyecto) de las especies de anfibios y reptiles de potencial distribución en el área de estudio, se realizarán encuestas informales a los habitantes de la región.

La estructura de la encuesta indagará los nombres comunes de las especies que se hallan en el catálogo realizado previamente, la ubicación (nombre y/o ubicación geográfica) especificando el hábitat en el que se encuentran (fecha de observación), la frecuencia de observación y los usos tradicionales o económicos dados a cada especie.

#### **2.4.4.6.3 Etapa Poscampo**

Una vez llevada a cabo la recolección de información primaria, se procedió a realizar un análisis integral dirigido hacia la determinación de las especies presentes en el área de influencia y la posterior verificación de sus condiciones de endemismos, amenazas e interés cultural, económico y ecológico que pudieran tener; así mismo se procedió a la identificación de corredores de migración, áreas de alimentación y reproducción.

Para las especies potenciales identificadas en la fase I se desarrolló un análisis descriptivo siguiendo las categorías taxonómicas de acuerdo con la cantidad de órdenes, familias y especies. Por su parte, para las especies registradas en campo durante la fase II se

adicionó un análisis de diversidad como se observa en la Tabla 2.99, el cual permite caracterizar cuantitativamente la diversidad biológica en el área evaluada.

#### 2.4.4.6.3.1 Índices ecológicos

Para el análisis de la información obtenida se aplicaron los índices ecológicos de riqueza, equidad, diversidad y abundancia, comunes a todos los grupos (Villarreal H., y otros, 2004). Existen diferentes métodos para cuantificar la diversidad, a continuación, se mencionan los índices utilizados para este fin:

**Tabla 2.99 Índices para el análisis ecológico de la fauna silvestre identificada en campo**

ÍNDICES	CARACTERÍSTICAS
Número de individuos (n)	Número de individuos por unidad de muestreo (abundancia)
Riqueza de especies (S)	Número de especies por unidad de muestreo
Riqueza de Margalef	$DMg = S - 1 \ln N$ Donde S es el número de especies y N el número total de individuos (Villarreal H., y otros, 2006)
Dominancia (D)	$\lambda = \sum (n_i^2 / N^2) = \sum p_i^2$ Donde $p_i$ es igual a la abundancia proporcional de la especie $i$ , lo cual implica obtener el número de la especie $i$ dividido entre el número total de individuos de la muestra (Villarreal H., y otros, 2006)
Simpson (1-D)	$1 - \lambda = 1 - \sum (n_i^2 / N^2) = 1 - \sum p_i^2$ Donde $p_i$ es igual a la abundancia proporcional de la especie $i$ , lo cual implica obtener el número de la especie $i$ dividido entre el número total de individuos de la muestra (Villarreal H., y otros, 2006)
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	$H' = -\sum p_i \ln p_i$ y $\sum p_i = 1$ Donde $p_i$ es igual a la abundancia proporcional de la especie $i$ , lo cual implica obtener el número de la especie $i$ dividido entre el número total de individuos de la muestra (Villarreal H., y otros, 2006)
Jaccard	$Jc = j / (a + b - j)$ a: número de especies en el sitio A b: número de especies en el sitio B j: número de especies compartidas Este índice relaciona el número de especies compartidas por dos sitios, con el número total de especies exclusivas.

Fuente: Concolby WSP, 2020

#### Curvas de acumulación

Para cada grupo taxonómico se realizaron curvas de acumulación de especies, mediante el programa estadístico EstimateS 9.1, con las cuales se busca evidenciar la riqueza encontrada en función del esfuerzo de muestreo.

Por su parte, el esfuerzo fue evaluado con diferentes estimadores no paramétricos, como es el caso de Chao 1, Bootstrap y ACE (Villarreal H., y otros, 2004). Estos estimadores permiten modelar y encontrar la riqueza de especies esperada según el esfuerzo de

muestreo realizado.

**Descripción especies de interés (endémicas, amenazadas, migratorias, CITES, y de importancia económica, ecológica y cultural)**

Se procedió a la identificación de las especies que acorde con lo dictado en la normatividad nacional a través de la resolución 1912 de (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017), son consideradas como amenazadas. Adicionalmente, se consultaron la serie de libros rojos de los cuatro grupos faunísticos, los cuales clasifican aquellas especies con mayor riesgo de extinción en el país.

Respecto a las categorías internacional se consultó la lista roja de especies amenazadas de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) en donde se manejan ocho categorías: EX (extinto), cuando el último individuo ha muerto; EW (extinto en estado silvestre) cuando solo sobreviven en cautiverio o poblaciones o como poblaciones naturalizadas fuera de su hábitat natural; CR (en peligro crítico), cuando un taxón enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre en el futuro inmediato; EN (en peligro), cuando no estando en peligro crítico enfrenta un alto riesgo de extinción o deterioro poblacional en estado silvestre en el futuro cercano; VU (vulnerable) cuando la menor evidencia disponible indica que enfrenta un moderado riesgo de extinción o deterioro poblacional a mediano plazo; NT (casi amenazado) cuando según los criterios no satisfacen estar dentro de categorías como EN, CR o VU pero está cercano a calificar como vulnerable en un futuro cercano; LC (preocupación menor) cuando la especie no clasifica en algún tipo de peligro; DD (datos insuficientes) cuando la información disponible es insuficiente para hacer la evaluación (Rengifo, y otros, 2014).

De la misma manera, fueron consultados los apéndices de la Convención Internacional de Especies de Fauna y Flora Silvestre (CITES, 2017) donde el Apéndice I incluye especies de animales y plantas sobre la que pesa un mayor peligro de extinción y se prohíbe el comercio internacional de estas especies; Apéndice II en donde se incluyen especies que no necesariamente estén en peligro de extinción, pero que su comercio podría llevarlas a este estado, por lo tanto se genera una reglamentación estricta para evitar la utilización incompatible con la supervivencia; y Apéndice III en donde se reglamenta el comercio pero necesitando la cooperación de otros países cuyo objetivo es evitar la explotación insostenible o ilegal de estas. Esta consulta permite conocer si alguna de las especies reportadas en campo se encuentra dentro de las reglamentaciones establecidas en este Tratado Internacional.

Para determinar la presencia de especies endémicas o casi endémicas que se encuentren asociadas al área de estudio se consultaron fuentes especializadas de cada grupo taxonómico (Ver Tabla 2.98), con el fin de realizar una ficha con información ecológica relevante que permita formular correctamente las respectivas medidas de manejo ambiental. Por último, la determinación de especies migratorias, especialmente dentro de los grupos de mamíferos y aves se consultó la Guía de Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia (Naranjo, 2012).

#### **2.4.4.7 Ecosistemas Acuáticos**

El monitoreo de las condiciones bióticas de los cuerpos de agua ha tenido un gran auge en las últimas décadas y se han convertido en una herramienta de gran valor que complementa los análisis fisicoquímicos. El principio de la bio evaluación del agua se fundamenta en la capacidad natural que tiene la biota de responder a los efectos de perturbaciones eventuales o permanentes, lo que quiere decir que los organismos vivos tienen la capacidad de modificar la composición de sus comunidades según los cambios que puedan presentarse en el ambiente en el cual se encuentren, y esto permite realizar evaluaciones comparativas en el tiempo para determinar con claridad el real estado ecológico de los cuerpos de agua (Segnini, 2003) y esto a su vez permite determinar el grado de recuperación biótica de un cuerpo de agua frente a eventos de perturbación.

De acuerdo con lo establecido en la solicitud de información adicional por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA a el Estudio de Impacto Ambiental -EIA- para la modificación de la Licencia Ambiental del Área de Perforación Exploratoria – APE Medina Occidental, referente a los monitoreos hidrobiológicos de agua superficial, se realizó la campaña de monitoreo 2021. A continuación, se presenta el pronunciamiento de la autoridad ambiental frente a la solicitud de información adicional:

- Complementar la caracterización del medio biótico específicamente en lo relacionado con la comunidad íctica, en el sentido de emplear múltiples artes de pesca (electropesca, atarraya, red de arrastre, etc.) por punto de muestreo, mayor esfuerzo y considerar ciclos circadianos.

De acuerdo con lo anterior, se contempló una nueva campaña de monitoreo en donde se identificaron 50 puntos, estos fueron seleccionados en base a la ubicación de las 11 captaciones de agua superficial a solicitar por el proyecto, los sitios de ocupación de cauce, la caracterización de cuencas hidrográficas y las condiciones evidenciadas en los cuerpos de agua durante la visita de Evaluación. Cabe destacar que en el área se presentaron zonas en las cuales no fue posible el acceso ya que no se contó con el permiso de los propietarios (Anexo 5.2.2 Fauna/Hidrobiológicos/campaña 2021/permisos).

##### **2.4.4.7.1 Etapa Precampo Campaña 2020**

Para el estudio hidrobiológico se tomó en cuenta la cuenca baja del Río Guavio, antes de su desembocadura en el Río Uquia hacia la zona comprendida en los municipios de Medina y Ubalá Zona B, localizados en el departamento de Cundinamarca, y en el municipio de Santa María localizado en el departamento de Boyacá. De esta manera se realizaron monitoreos hidrobiológicos en los cuerpos de agua presentes en el área de influencia, principalmente en los cuales se tengan contemplado el uso, aprovechamiento u ocupación del recurso.

Las estaciones monitoreadas para el componente hidrobiológico corresponden con las determinadas para la caracterización de fisicoquímica del agua (calidad del agua), numeral 2.4.3.7 del presente documento, siguiendo las disposiciones contempladas para la caracterización de los ecosistemas acuáticos en los términos de referencia para la

elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos.

Para el estudio se tuvieron en cuenta las características ecológicas de las corrientes, realizando monitoreos de los diferentes grupos hidrobiológicos: plancton (fitoplancton y zooplancton), perifiton, macroinvertebrados acuáticos, Macrófitas (vegetación acuática) y peces. Con el fin de brindar información sobre el estado ambiental y de calidad de las corrientes y la dinámica de estas con su entorno, así como la importancia que tienen estas para los habitantes de la zona y los posibles recursos de explotación de la zona, con el fin de generar información que pueda servir como marco de referencia para determinar cambios positivos o negativos en el ambiente.

Para la etapa de precampo, de acuerdo con el área de influencia, se realizó la revisión de información secundaria especializada para cada grupo, para lo cual se tomaron en cuenta estudios previos realizados en el área o en cercanías (posible caracterización de la zona), listados de especies registradas (bases de datos), planes de ordenamiento de la cuenca, estudios nacionales del recurso hídrico y la red nacional de datos abiertos sobre diversidad.

**Tabla 2.100 Fuentes de información secundaria consultada para el componente hidrobiológico**

BASES DE INFORMACIÓN CONSULTADA PARA COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ACICTIOS. (abril de 2020). Asociación Colombiana de Ictiólogos. Obtenido de <a href="https://www.acictios.org/listado-de-peces-de-agua-dulce-de-colombia/">https://www.acictios.org/listado-de-peces-de-agua-dulce-de-colombia/</a></li> <li>• FishBase. (abril de 2020). Obtenido de <a href="https://www.fishbase.se/search.php">https://www.fishbase.se/search.php</a></li> <li>• GBIF. (2020). Obtenido de Infraestructura mundial de información en biodiversidad: <a href="https://www.gbif.org/">https://www.gbif.org/</a></li> <li>• SiB. (2020). Obtenido de Red Nacional de datos abiertos de sobre diversidad: <a href="https://sibcolombia.net/">https://sibcolombia.net/</a></li> <li>• SiB. (14 de abril de 2020). SiB. Obtenido de Estudio de impacto ambiental para la extracción de mineral de hierro del yacimiento las mercedes: <a href="https://ipt.biodiversidad.co/cr-sib/resource.do?r=ingema_mundoa_18">https://ipt.biodiversidad.co/cr-sib/resource.do?r=ingema_mundoa_18</a></li> <li>• Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). (01 de 06 de 2018). Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). Obtenido de <a href="http://www.siac.gov.co/geovisorconsultas">www.siac.gov.co/geovisorconsultas</a>: <a href="http://www.siac.gov.co/consultas-en-linea">http://www.siac.gov.co/consultas-en-linea</a></li> <li>• Álvarez Leon, R. (2014). Los peces de Colombia: 20 años de esfuerzos para su conservación y protección. Bol. Cient. CIOH, 2:85-104.</li> <li>• <a href="https://www.iucnredlist.org">https://www.iucnredlist.org</a></li> <li>• CORPOCHIVOR, IAvH, Andrade Lopez, J. M., DoNascimento Montoya, C. L., Albornoz Garzon, J. G., &amp; Mendez Lopez, A. (2019). Listado preliminar de las especies de peces encontradas en dos sub-zonas hidrográficas del departamento de Boyacá: Lengupá y Upía (Río Meta-Orinoco).</li> <li>• CORPOGUAVIO. (2018). Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica Río Guavio. POMCA Río Guavio.</li> <li>• CORTOLIMA. (2019). POMCA Totare. Tolima, Colombia.</li> <li>• DoNascimento, C., Herrera Collazos, E., &amp; Maldonado-Ocampo, J. (2018). Lista de especies de peces de agua dulce de Colombia / Checklist of the freshwater fishes of Colombia. v. 2.11. Obtenido de acictios: <a href="https://www.acictios.org/listado-de-peces-de-agua-dulce-de-colombia/">https://www.acictios.org/listado-de-peces-de-agua-dulce-de-colombia/</a></li> <li>• Energía de Bogota, E., &amp; Consorcio Ambiental CHIVOR. (2016). Estudio de impacto ambiental proyecto UPME-03-2010, subestación chivorii - y norte 230 kv y líneas de transmisión asociadas.</li> <li>• IUCN. (19 de Marzo de 2020). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-1. Obtenido de The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-1.: <a href="https://www.iucnredlist.org">https://www.iucnredlist.org</a></li> <li>• Maldonado-Ocampo, J. A., Vari, R. P., &amp; Usma, J. S. (2008). Checklist of the Freshwater Fishes of</li> </ul>

#### BASES DE INFORMACIÓN CONSULTADA PARA COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS

- Colombia. Biota Colombiana, 9 (2) 143 - 237.
- Mojica, J. I., Usma, J. S., Álvarez-León, R., & Lasso, C. A. (2012). Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Bogotá: IAvH ICN WWF Col Universidad de Manizales. Recuperado el 20 de 01 de 2019, de <http://www.batrachia.com>
- Montaña, C., Cardenas-Avella, N., & Herrera, Y. (2013). Caracterización de la comunidad de Macrófitas acuáticas en lagunas del Páramo de La Rusia (Boyacá-Colombia). Revista Ciencia en Desarrollo, Vol. 4 No. 2. 73-82.
- Zapata, L. A., & Usma, J. S. (2013). Guía de las especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Peces. Vol. 2. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF-Colombia.
- Respuesta de solicitud CORPOGUAVIO.

Una vez recopilada la información secundaria se realizó el análisis de especies potenciales para la zona con la composición y estructura de sus comunidades para todos los grupos; para la fauna íctica se determinaron adicionalmente las especies endémicas, amenazadas o en veda, incluidas en alguna categoría de amenaza, con valor económico, ecológico y/o cultural y especies migratorias.

#### 2.4.4.7.2 Etapa de Campo Campaña 2020

Se realizaron muestreos de fitoplancton, zooplancton, perifiton, macroinvertebrados acuáticos, vegetación acuática (Macrófitas) y peces, en las corrientes de interés determinadas para la caracterización del componente hídrico según las propuestas para el uso y aprovechamiento del recurso en el desarrollo de las actividades de exploración, como se mencionó anteriormente.

El monitoreo del componente hidrobiológico estuvo a cargo del laboratorio ambiental CIMA, el cual cuenta con acreditación IDEAM, bajo la resolución 02119 del 24 de octubre de 2019

Los métodos usados para la caracterización correspondiente, por comunidad, se presentan a continuación:

##### 2.4.4.7.2.1 Plancton (Fitoplancton y zooplancton)

###### Método de captura

La colecta de la muestra de los organismos planctónicos se realizó empleando redes cónicas de plancton con apertura de ojo de malla de 20  $\mu\text{m}$  para fitoplancton y 80  $\mu\text{m}$  para zooplancton.

El agua filtrada en las mallas fue tomada directamente del cuerpo de agua mediante un recipiente aforado con lo cual se evaluó un volumen de agua conocido filtrado.

###### Preservación y transporte de muestras

El material colectado en el cono se almacenó en frascos de 500 mL. Las muestras de fitoplancton fueron preservadas en solución de Lugol, las muestras de zooplancton fueron preservadas en solución de Formol al 10%. Cada muestra fue etiquetada con información

correspondiente a datos de lugar y fecha de colecta (dd/mm/aaaa), estación de muestreo (georreferenciación), colector y método de colecta. El material colectado y preservado fue transportado en neveras plásticas de 50L de capacidad selladas.

#### 2.4.4.7.2.2 Perifiton

##### Método de captura

Para el muestreo del perifiton se identificaron elementos del sustrato que sirven de puntos de fijación y establecimiento, como piedras, hojarasca, troncos y detritos. Sobre estos, se realizó un raspado suave y superficial utilizando un cuadrante de 9 cm<sup>2</sup> y un cepillo, Fotografía 2.22. Se limpió suavemente el área del cuadrante y se almacenó la muestra en frascos de 500 mL. El esfuerzo de muestreo empleado fue igual a diez (10) sub muestras por estación de muestreo, que corresponden a 90 cm<sup>2</sup> (0,9m<sup>2</sup>) de área muestreada; las sub muestras formaron una sola muestra compuesta que contiene la variabilidad de ambientes en cada estación.

##### **Fotografía 2.22      Técnica de raspado de sustratos para colecta algas del perifiton**



Fuente: CIMA, 2020

##### Preservación y transporte de muestras

Las muestras fueron preservadas en solución de Lugol y almacenadas en frascos de 500 mL. Posteriormente las muestras fueron debidamente etiquetadas. El material colectado y preservado fue transportado en neveras contenedoras plásticas.

#### 2.4.4.7.2.3 Macroinvertebrados acuáticos

##### Método de captura

Para la captura de macroinvertebrados acuáticos en sistemas loticos someros (profundidad  $\leq 30$ cm), se empleó una red Surber. de 30cm x 30cm (900cm<sup>2</sup> de área), Fotografía 2.23. Se situó el dispositivo en el sustrato del cuerpo de agua, paralelo al flujo de la corriente, con la red dirigida aguas abajo (contracorriente) removiendo suavemente todo el material que se encuentre dentro del marco para desprender los organismos que estén fijos a él (APHA, 2005). En total se tomaron diez (10) sub muestras por estación de muestreo, que corresponden a 9000 cm<sup>2</sup> (0,9 m<sup>2</sup>) de área muestreada.

**Fotografía 2.23 Técnica de captura en contracorriente con red Surver para colecta de macroinvertebrados acuáticos**



Fuente: CIMA, 2020

La muestra colectada se transfirió lentamente *in situ*, por una serie de tamices especialmente diseñados, evitando dañar o perder especímenes. Los tamices implementados con aberturas de malla de 1 y 5 cm retuvieron los materiales más grandes tales como hojas, palos conchas y grava, permitiendo el paso de los organismos y materiales más pequeños a un tamiz US Standard No. 30 que presenta una abertura de malla entre 0,595 y 0,600 mm (APHA, 2005).

#### Preservación y transporte de muestras

Las muestras tamizadas se preservaron en etanol al 70% y fueron almacenadas en frascos plásticos de 500 mL. Cada muestra contó con etiquetas de campo que describen los datos de lugar y fecha de colecta (dd/mm/aaaa), estación de muestreo (georreferenciación), colector y método de colecta. El material colectado y preservado fue transportado en contenedores plásticos.

#### **2.4.4.7.2.4 Macrófitas acuáticas**

##### Caracterización

Para identificar la composición, frecuencia, cobertura y densidad de la vegetación acuática, se emplearon cuadrantes de un 1m<sup>2</sup> divididos en dieciséis (16) sub cuadrantes de 625 cm<sup>2</sup>. El muestreo con cuadrantes consistió en el registro de la frecuencia de especies en tres (3) cuadrantes cada uno de un 1 m<sup>2</sup>. Cuando posible, las plantas fueron colectadas en su pico de crecimiento, es decir cuando las flores y/o frutos estaban presentes, colectando toda la planta (tallos, rizomas, hojas, raíces, flores y frutos).

##### Preservación y transporte de muestras

El material colectado, fue prensado en campo o envuelto en capas de papel y sumergido en alcohol al 70%. Se usó una nevera plástica con hielo triturado para el almacenamiento en campo y transporte (APHA, 2005).

#### 2.4.4.7.2.5 Peces

##### Método de captura

Para el muestreo de la comunidad íctica se emplearon diferentes artes de pesca, dependiendo de las características particulares del cuerpo de agua y con el objeto de obtener la riqueza máxima posible, para que, de esta manera, se tenga como resultado un listado representativo de especies y sus abundancias relativas.

Los artes de pesca a usados fueron:

- i. Red de mano: Este arte de pesca consiste en un arco metálico el cual sostiene una red a manera de bolsillo, Fotografía 2.24; esta se sujeta por sus extremos y se sumerge a manera de barridos generalmente hacia las riberas de los ríos o en tapetes de Macrófitas en sistemas lenticos, aumentando su efectividad en aquellos cuerpos donde la vegetación riparia es alta y la profundidad es baja. Este método fue empleado una hora de arrastre de red por estación de muestreo.

##### **Fotografía 2.24      Técnica de red de mano para captura de fauna íctica**



Fuente: CIMA, 2020

- ii. Atarraya: Se usaron redes de Nylon de 1.5 cm de ojo de malla con 2.5 m de diámetro y de 2.5 cm de ojo de malla con 4m de diámetro, con pesas sintéticas en su extremo de abertura, Fotografía 2.25. El esfuerzo de muestreo fue de 30 lances realizados en cada una de las estaciones de muestreo o de acuerdo con la extensión que permitió el cuerpo de agua.

**Fotografía 2.25 Captura para caracterización de fauna íctica por atarraya**



Fuente: CIMA, 2020

- iii. Red de Arrastre: Se emplearon redes lastradas de dimensiones 4.5 m de largo por 1.50 m de alto y 9m de largo por 1.60 m de alto, con una línea de plomos en su base y una de flotadores hacia la superficie, Fotografía 2.26. Para las capturas por arrastre se llevó inicialmente un extremo de la red adherida al sustrato avanzando hacia el centro aprovechando la corriente haciendo un semicírculo, manteniendo el otro extremo de la red relativamente fija pero avanzando despacio hacia la orilla siguiendo el avance del extremo opuesto de la red que avanza en la zona de mayor profundidad, con una estricta coordinación de ambos extremos; posteriormente, se va recogiendo la red arrastrándola hacia la orilla con la línea pesada siempre pegada al piso y reduciendo alternadamente la sección de los plomos y flotadores hasta concentrar los peces en una parte media. En cada estación de muestreo se realizaron arrastres por una (1) hora.

**Fotografía 2.26 Captura para caracterización de fauna íctica por red de arrastre.**



Fuente: CIMA, 2020

Los peces capturados en cada punto de muestreo se introdujeron en una nevera plástica de 50 L con agua captada en el cuerpo de agua en estudio; una vez terminada la jornada de pesca en el punto, fueron caracterizados los ejemplares, y realizados los conteos para cada especie. En el caso ser especies comunes se realizó la identificación taxonómica en campo y los individuos fueron liberados en el menor tiempo posible, evitando así estrés post

300

captura. Para las especies raras o de difícil determinación taxonómica se tomaron ejemplares como muestra, para su posterior análisis en laboratorio.

### Preservación y transporte de muestras

En el caso de requerir la identificación de alguna determinación taxonómica, se realizó la colecta de individuos por morfo tipo a corroborar. Los individuos colectados fueron anestesiados en una solución de esencia de clavo de olor. Para el trabajo ictiológico la solución fijadora más ampliamente usada es el formol al 10% de concentración, neutralizado con borato de sodio con el fin de evitar la descalcificación de los ejemplares. Los individuos de pequeño tamaño (< 40 mm de longitud total) se pusieron directamente en la solución de formol al 10%; mientras que, a individuos de tamaños superiores al referenciado, se les inyectó con una jeringa el formol a través del ano, realizando perforaciones en los costados de los individuos, hasta que el mismo adquiriera una consistencia rígida, lo cual garantiza una fijación completa de los tejidos (Maldonado-Ocampo, y otros, 2005).

Una vez los especímenes fueron fijados, se empacaron en bolsas plásticas de cierre hermético. Cada muestra contó con etiquetas de campo que describen los datos de lugar y fecha de colecta (dd/mm/aaaa), estación de muestreo (georreferenciación), colector y método de colecta. El material colectado y preservado, se transportó en neveras plásticas de 50 L de capacidad. Todo el material será depositado en una colección debidamente autorizada como la de Instituto de Ciencias Naturales o El Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

### **2.4.4.7.3 Etapa Poscampo Campaña 2020**

#### **2.4.4.7.3.1 Análisis de laboratorio**

Para el análisis de laboratorio de las muestras colectadas se siguieron los parámetros de las metodologías establecidas por *standard methodsfortheexaminationof wáter &wastewater* versión. Tabla 2.101

**Tabla 2.101 Metodología establecida para análisis de laboratorio**

Comunidad Hidrobiológica	Metodología
Plancton	SM 10200 F, G
Perifiton	SM 10300 C
Macro invertebrados bentónicos	SM 10500 C
Meiofauna bentónica	SM 10700
Peces	SM 10600 C

Fuente: CIMA, 2020

Para la fauna íctica se realizó la identificación con base en características diagnósticas *in situ*. Se realizaron registros fotográficos de los especímenes, para su posterior identificación.

El establecimiento de la validez del estatus taxonómico de las especies se tuvo en cuenta la base de datos disponible en línea del Sistema integrado de información Taxonómica

(ITIS) (<http://www.itis.gov/>), el Instituto de Ciencias de California según Eschmeyer, (<http://www.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatsearch.html>), FishBase y la Asociación Colombiana de Ictiología (<https://www.acictios.org>).

Se determinó el estado de las especies de la fauna íctica con respecto a los grados de amenaza, endemismos, importancia económica, ecológica y ambiental, y especies migratorias, teniendo en cuenta la resolución 1912 de 2017, del MADS, así como las listas oficiales publicadas por el Instituto Alexander Von Humboldt Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia, (Mojica , Usma, Álvarez-León, & Lasso, 2012), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), la Unión Internacional para la Protección de la Naturaleza IUCN y Guía de las especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Peces. Vol. 2 (Zapata & Usma, 2013)

#### **2.4.4.7.3.2 Análisis de información**

Los estudios sobre medición de biodiversidad se han centrado en la búsqueda de parámetros para caracterizarla como una propiedad emergente de las comunidades ecológicas. Sin embargo, las comunidades no están aisladas en un entorno neutro ya que en cada unidad geográfica o paisaje se encuentra un número variable de comunidades. De esta manera, los ensambles (o comunidades) son arreglos temporales en los que las especies interactúan. Por esta razón, para comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje, es necesaria la aplicación de análisis de los componentes de diversidad y de distribución de especies que pueden ser de gran utilidad, para medir y monitorear los efectos de los cambios ambientales y de las actividades humanas (Halffter G. , 1998).

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó inicialmente el análisis de la estructura de las poblaciones y composición de las comunidades hidrobiológicas; para la composición se realizó un resumen general del número de organismos registrados y la clasificación taxonómica correspondiente.

Para los análisis de estructura se evaluaron los parámetros de riqueza, abundancia y diversidad de especies, en los cuales, la riqueza correspondió a el número de especies registrado en cada estación monitoreada (S), la abundancia corresponde a la suma total de organismos registrados en cada estación monitoreada (N) y para la diversidad se realizó un análisis de diversidad  $\alpha$ , utilizando los índices de diversidad de Shannon (H'), dominancia de Simpson (1-D) y equidad de Pielou (J').

Posteriormente se complementó esta información mediante un análisis de clasificación y ordenación de diversidad entre hábitats midiendo el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales (diversidad  $\beta$ ), a través de los porcentajes de similaridad Bray-Curtis y finalmente se estimó la relación fisicoquímica e hidrobiológica mediante un análisis de correspondencias canónicas (ACC).

Estos índices y análisis se determinaron utilizando el programa estadístico PAST 4.02 (2020)

Para determinar el estado de la calidad biótica de los cuerpos de agua, se tuvo en cuenta la valoración BMWP/Col para macroinvertebrados acuáticos con la asignación de los valores de bioindicación para cada una de las familias taxonómicas establecidos previamente por (Roldán-Pérez, 2016). Adicionalmente se obtuvo el ASPT, como el valor medio de los puntajes obtenidos por la muestra. Para las demás comunidades se buscaron índices que fueran aplicables de acuerdo con la composición presentada y se realizó una interpretación teórica basada en las características y datos ecológicos de los organismos reportados.

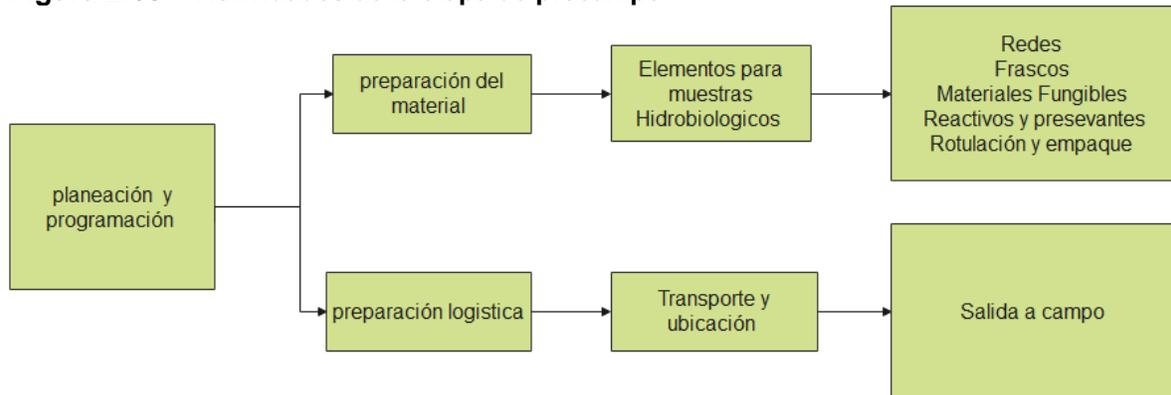
Teniendo en cuenta la emergencia sanitaria COVID-19 presentada, no fue posible realizar el monitoreo hidrobiológico correspondiente a la época climática de la temporada de lluvias contemplado según el cronograma de desarrollo del proyecto. Esto debido a los decretos establecidos por el gobierno nacional según la Resolución 385 del 12 de marzo de 2020 y el Decreto 457 de marzo de 2020.

De esta manera, para lograr un entendimiento de la composición y cambios en la estructura de las comunidades hidrobiológicas según las variables ambientales de los cuerpos de agua por las épocas climáticas de la zona, se realizaron análisis comparativos de comunidades por temporadas (temporada seca-temporada de transición) según las épocas en las cuales fueron realizados los monitoreos hidrobiológicos, de tal manera que la temporada de sequía correspondió a los cuerpos de agua monitoreados durante inicios del mes de febrero y para la temporada de transición se tuvieron en cuenta los monitoreos realizados durante finales del mes de febrero y el mes de marzo. Adicionalmente, se realizó una revisión de la composición principal de las comunidades para el área de interés teniendo en cuenta las especies de potencial presencia en el contexto regional. Por último, para la interpretación de la completitud del muestreo en el área, se realizó un análisis de curvas de acumulación de especies y distribución ecológica de las comunidades según la disponibilidad del recurso hídrico en las diferentes temporadas climáticas. Los cálculos se realizaron mediante el uso del software EstimateS (Versión 9.1.0, Copyright R. K. Colwell: <http://purl.oclc.org/estimates>).

#### **2.4.4.7.4 Etapa Precampo Campaña 2021**

Esta etapa consiste en la planeación y programación de actividades de campo y es fundamental para el adecuado funcionamiento de las actividades siguientes. En la Figura 2.68 se muestran los pasos que se siguieron durante esta etapa, con la finalidad de determinar las pruebas a realizar en cada uno de los puntos de monitoreo.

**Figura 2.68** Actividades de la etapa de precampo



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2021

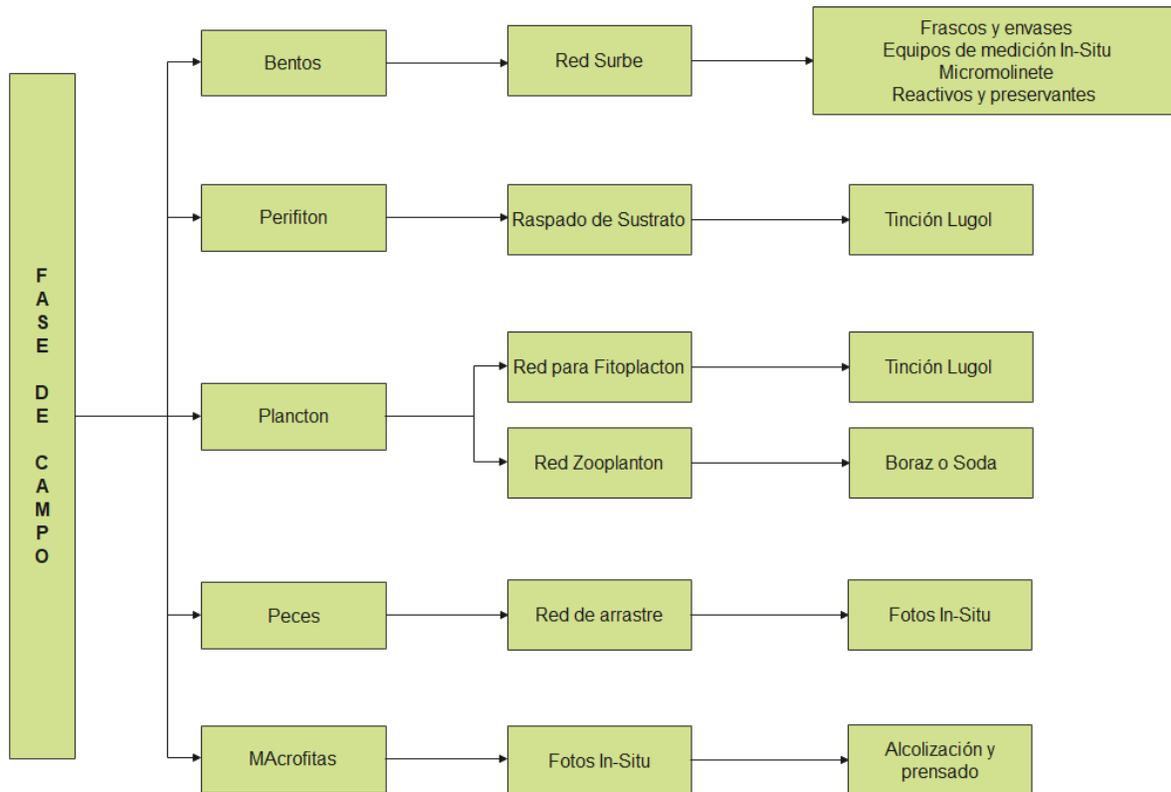
#### 2.4.4.7.5 Etapa Campo Campaña 2021

Inicialmente el grupo de profesionales de MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. (empresa que cuenta con la certificación ISO 9001:2008 y se encuentra acreditada ante el IDEAM bajo NTC-ISO/IEC 17025:2005 (Resolución 0775 del 14 de septiembre de 2020), se reunió con el personal de ECOPETROL, con el fin de acordar la programación del presente monitoreo de aguas superficiales y posteriormente iniciar la jornada de muestreo.

La caracterización se llevó a cabo en 50 puntos de monitoreo durante el 18 de marzo de 2021, para aquellos cuerpos de agua que son de importancia para el área de desarrollo del proyecto. Durante la fase de campo se realizaron mediciones in situ y se colectaron muestras para los posteriores análisis hidrobiológicos en laboratorio.

Los procedimientos de muestreo en campo se realizaron teniendo en cuenta los instructivos I-PMO01-08 (Muestreo de agua), I-PMO01-01 (muestreo de macroinvertebrados bentónicos y asociados a macrófitas), I-PMO01-02 (muestreo de ictiofauna (peces), I-PMO01-03 (muestreo de macrófitas), I-PMO01-06 (muestreo de plancton (fitoplancton y zooplancton) continental) y I-PMO01-04 (muestreo de perifiton). Basados en la metodología propuesta por los textos de la APHA-AWWAWPCF; APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods 23rd Edition, 2017 (SM 1060-A).

**Figura 2.69. Actividades de la Etapa de Campo**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2021

### ➤ Fitoplancton

Las muestras fueron tomadas con la ayuda de una red de plancton, con diámetro de ojo de malla de 23  $\mu\text{m}$ , que permite la colecta de organismos mayores a este diámetro, además de la concentración de la muestra. Se utilizó un recipiente de volumen de agua conocido (balde de 10 L) para efectuar la filtración de la muestra por la red (100L). Esta consta de un cono o colector ubicado en la parte inferior, en el cual se concentran los organismos colectados. Posterior a la filtración, se prosiguió con el almacenamiento de las muestras en frascos ámbar, las cuales fueron fijadas utilizando solución Transeau en proporción 1:1 por volumen de muestra; adicionalmente se agregaron unas gotas de Lugol para facilitar la identificación en el laboratorio. Por último, se procedió con la marcación y almacenamiento en las neveras de icopor.

### ➤ Zooplanton

La colecta de las muestras se efectuó de forma similar al fitoplancton, con la ayuda de una red de plancton de mayor micraje (55  $\mu\text{m}$ ), ya que el tamaño de estos organismos es superior al del fitoplancton, filtrando un total de 100L. Una vez tomadas las muestras se procedió a depositarlas en los frascos debidamente etiquetados. Posteriormente, se agregó un agente narcótico (soda), adicionando a la muestra trazas de bórax que evita o reduce la

contracción o distorsión de los organismos. Una vez narcotizados y luego de 30 minutos, se añadió la solución conservante o fijadora (Etanol 70%) para su posterior traslado al laboratorio.

➤ **Perifiton**

La colecta de las muestras se efectuó raspando los sustratos naturales presentes en las estaciones monitoreadas (troncos, piedras y hojas), en un área conocida (cuadrante de perifiton de 7,82 cm<sup>2</sup>) con un cepillo. Posteriormente, el material acumulado se disolvió en un frasco de vidrio ámbar que contenía solución Transeau (conformada por agua destilada, alcohol al 90% y formol al 40%, mezclados en proporción 6:3:1) y se le agregaron unas gotas de Lugol para facilitar su identificación en el laboratorio. Las muestras fueron marcadas, registradas en las planillas de campo y almacenadas en una nevera de icopor para su posterior traslado al laboratorio.

➤ **Comunidad Bentónica**

Las muestras fueron colectadas con una red Surber de diámetro de ojo de malla de 300 µm. La red fue depositada sobre el sustrato con la abertura en dirección contraria a la corriente, para así barrer el fondo desplazando los sedimentos dentro del cono, este procedimiento se realizó 10 veces. El material colectado fue depositado en bolsas de seguridad, fijado con la solución Transeau y teñido con el colorante Rosa de Bengala. Una vez colectadas las muestras, se rotularon y almacenaron en una nevera de icopor, una vez se realizó su respectivo registro, cumpliendo con los requisitos expuestos en las planillas de campo.

➤ **Ictiofauna**

La toma de muestra de la comunidad íctica se realizó empleando una red de arrastre y una atarraya, realizando un esfuerzo de muestreo de dos horas. Los datos de los organismos capturados fueron registrados en los formatos de campo.

➤ **Macrófitas acuáticas**

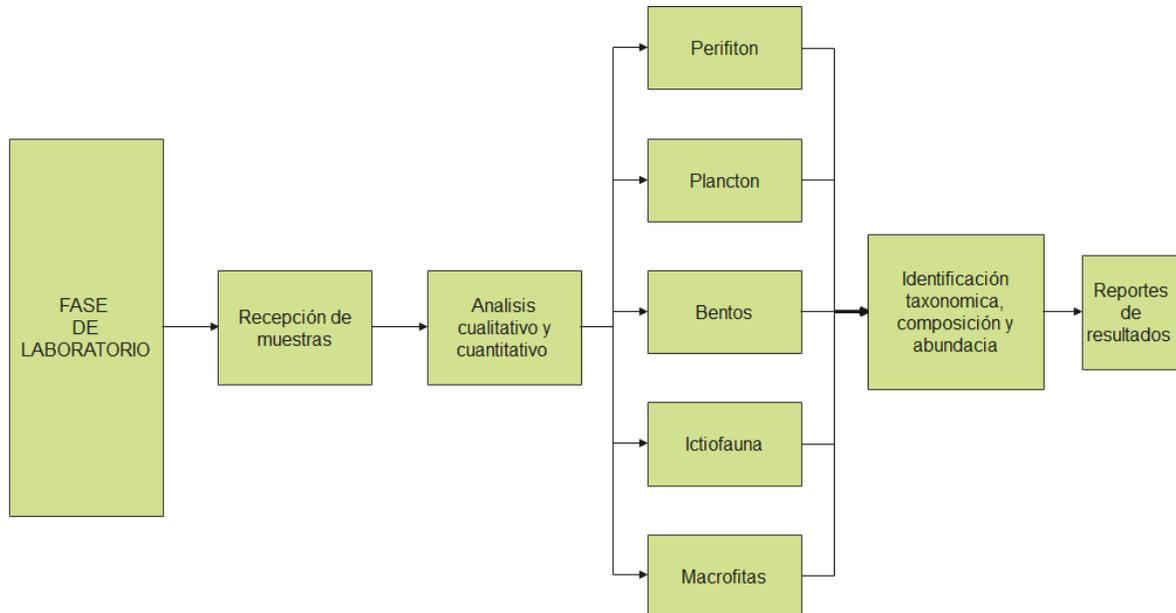
La toma de macrófitas acuáticas se realiza manualmente, con todas las estructuras posibles (raíces, hojas, etc.) que faciliten su identificación. Además, se realiza un registro fotográfico de todas las especies presentes en las estaciones muestreadas y se registró el porcentaje de cobertura para cada morfoespecie encontrada, en un cuadrante de 1 m<sup>2</sup>, actividad que es replicada seis 6 veces.

#### **2.4.4.7.6 Etapa de Poscampo Campaña 2021**

En esta etapa se realizó el análisis de las muestras colectadas en campo mediante la determinación de la composición y abundancia de las comunidades hidrobiológicas en las estaciones de monitoreo evaluadas. La etapa de laboratorio es una de las más importantes por cuanto se obtienen los resultados de las comunidades monitoreadas. Las actividades

pertenecientes a esta etapa se ilustran en la **Figura 2.76.**

**Figura 2.70. Actividades de la etapa de laboratorio para las comunidades hidrobiológicas**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2021

➤ **Plancton y Perifiton**

El recuento e identificación de los organismos se realizó utilizando una placa Sedgwick-Rafter. Se contabilizaron los organismos encontrados en varias tiras de visión, mediante barridos en zigzag, utilizando un microscopio de luz compuesto, en un aumento de 40X; teniendo en cuenta la metodología propuesta en los textos de la APHA-AWWA-WPCF; APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods 23rd SM 1060-A, Edition (2017).

**Figura 2.71. Análisis cuantitativo y cualitativo de la comunidad del perifiton**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2021

La identificación y ubicación taxonómica se realizó con base en claves taxonómicas, dibujos y descripciones como la de Edmondson (1959), Needham & Needham (1962), Bicudo & Bicudo (1970), Prescott (1970), Bourrelly (1972 y 1981), Pennak (1978), Parra et al. (1982), Anagnostidis & Komarek (1986, 1989), Krammer y Lange-Bertalot (1987), Roldán (1989), Lopretto & Tell (1995), Lange (2007), Bicudo y Meneses (2006), entre otros y el Integrated Taxonomic Information System (ITIS).

➤ **Comunidad Bentónica**

Las muestras colectadas fueron separadas en tamices de diferente micraje (500  $\mu\text{m}$  y 1,18 mm) y analizadas sobre bandejas esmaltadas blancas, cajas de petri y portaobjetos con ayuda de un microscopio de luz (aumentos de 10X y 40X) y/o estereoscopio según la necesidad. Para la identificación se utilizó bibliografía especializada como: Mc Cafferty (1983), Roldán (1988; 2003), claves de la APHA (1992) y Cummins & Merrit (1996) e Integrated Taxonomic Information System (ITIS).

➤ **Ictiofauna**

La identificación de los organismos se efectuó hasta el nivel más bajo posible con ayuda de bibliografía especializada como Dahl & Medem (1964), Dahl (1971), Miles (1971), Román (1995), Galvis et al. (1997), Maldonado-Ocampo et al. (2005) e Integrated Taxonomy Information System (ITIS). Para este fin, se utilizó equipo óptico (micro y estereoscopio en aumentos entre 10 y 40X), según los requerimientos del espécimen, teniendo en cuenta caracteres meríticos y de pigmentación.

➤ **Macrófitas acuáticas**

Para las macrófitas acuáticas, la identificación se basa en la observación de las estructuras vegetativas y florales de las plantas, y la revisión de fotografías para observar y detallar características no perdurables como el color, para la identificación de familias con ayuda de la clave taxonómica (Gentry, 1993) y la realización de la fórmula floral para la identificación de géneros y especies (Velásquez, 1994). Cuando es necesario se diseccionan las macrófitas con la ayuda de un estereoscopio (aumentos de 0,65X a 6X), pinzas y agujas finas; teniendo en cuenta la metodología propuesta en los textos de la APHA-AWWA-WPCF; APHA (American Public Health Association, AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods 23 rd Edition (2017) e Integrated Taxonomy Information System (ITIS).

➤ **Fitoplancton**

Comúnmente referidos como algas, estos organismos constituyen un diverso ensamblaje de especies en ecosistemas de agua dulce. Similares a las plantas terrestres requieren luz solar, por lo que la mayor parte se encuentran suspendidos en la zona fótica. La considerable diversidad se ve representada por al menos siete (7) grandes familias, cada una diferenciable por la estructura celular, estructuras motiles y pigmentaciones (Suthers, I. M., & Rissik, D. (2009). En un diverso ensamble de organismos y especies en comunidades acuáticas, una de las propiedades de las comunidades Fitoplanctónica es la

coexistencia de numerosas especies en un mismo hábitat, de las cuales, dependiendo de la temporada anual o de la disponibilidad de recursos, algunas presentarán una dominancia mayor, una abundancia intermedia, y la mayoría se presentan como especies raras (Sarmiento 2017). La composición y abundancia del fitoplancton en cuerpos de agua continentales depende de diversos factores, entre los que se tiene en cuenta las condiciones físicas e hidrológicas (temperatura, luz, claridad del cuerpo del agua, tasa de sedimentación del plancton), la composición química (nutrientes, materia orgánica, minerales pH, metales, etc.), y factores biológicos (depredación, posición de especies) Por tanto, el mantenimiento de una determinada población, de una determinada especie, expresada en términos de abundancia, puede llegar a considerarse como una medida del éxito de ocupación de un cierto biotopo por un determinado grupo biológico (Reynolds, C. S. 2006) .

### ➤ Estructura y composición

A partir de los resultados obtenidos en laboratorio para cada una de las comunidades hidrobiológicas muestreadas, se describe la composición hasta el nivel taxonómico de morfoespecie, es decir, el consolidado de las especies registradas para la comunidad y la abundancia relativa o densidad de individuos por sitio de muestreo. Con este objetivo, los datos obtenidos fueron recopilados en tablas primarias considerando como unidades de densidad: individuos/cm<sup>2</sup> para perifiton, individuos/m<sup>2</sup> para macroinvertebrados acuáticos; individuos/ml en el caso de las comunidades planctónicas; porcentaje de cobertura para las macrófitas acuáticas; y número de individuos para la ictiofauna. Adicionalmente se realizan gráficas de riqueza y abundancia por orden o división, para cada una de las comunidades evaluadas.

### ➤ Atributos ecológicos

Se calculará la riqueza y diversidad de las comunidades hidrobiológicas estudiadas, a partir de las matrices de abundancias de cada morfoespecie en el punto evaluado. Los índices de diversidad han sido usados normalmente con el fin de caracterizar de alguna manera las relaciones de abundancia de las especies en una comunidad. La diversidad se define por dos componentes: (1) el número total de especies y (2) la equidad o manera como las abundancias se distribuyen entre las especies en una muestra dada. La combinación de ambos se expresa en los índices de diversidad. A continuación, se describe brevemente el fundamento teórico de los análisis realizados:

#### ➤ Índice de Shannon-Wiener

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos

(Magurran, 1988). Normalmente toma valores entre 1 y 4.5 y valores mayores a 3 son típicamente interpretados como "diversos".

- Índice de Simpson

$$\Lambda = \sum pi^2$$

Dónde: **pi** = 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. Este índice manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Cuanta más alta es esta probabilidad, menos diversa es la comunidad. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como  $1 - \lambda$  (Lande, 1996).

- Equidad de Pielou

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \quad \text{Donde } H'_{max} = \ln(S).$$

El índice de equidad o uniformidad mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988). Si todas las especies en una muestra presentan la misma abundancia el índice usado para medir la de equidad debería ser máximo y, por lo tanto, debería decrecer tendiendo a cero a medida que las abundancias relativas se hagan menos equitativas.

- Índice Biológico BMWP/Col.

Para el caso específico de la comunidad bentónica se realizó el cálculo del índice BMWP/Col. (Biological Monitoring Working Party modificado para Colombia por Roldan, 1998) es un método de valoración de la calidad biológica de un cuerpo de agua y fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método rápido para evaluar la calidad del agua, usando los macroinvertebrados como indicadores. Con base a investigaciones realizadas en Colombia, se adaptó el Índice BMWP/Col. de acuerdo a los macroinvertebrados existentes en ríos y quebradas del país.

#### **2.4.4.8 Áreas protegidas, ecosistemas estratégicos, áreas sensibles y estrategias de conservación**

##### **2.4.4.8.1 Etapa Precampo**

Para establecer la presencia en el área de estudio de áreas protegidas, ecosistemas estratégicos, áreas sensibles y estrategias de conservación de carácter nacional, regional y local se realizó la respectiva consulta a las autoridades ambientales y los entes territoriales, entre los cuales se encuentra el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

(MADS), el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), la Unidad Administrativa Especial de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN), las Corporaciones Autónomas Regionales, los Sistemas Regionales de Áreas Protegidas con jurisdicción en el área de estudio y las alcaldías municipales.

#### **2.4.4.8.2 Etapa de Campo**

Durante la fase de campo se corroboró la existencia de áreas protegidas de orden local, como la cuchilla Calichana ubicada en la vereda Ceiba Grande del municipio de Santa María, como un área de especial significancia ambiental y alta fragilidad, que presta bienes y servicios ambientales de importancia para la comunidad, por lo que la considera un ecosistema estratégico. El área de influencia del proyecto presenta un traslape con 152,44 ha con dicha área.

#### **2.4.4.8.3 Etapa Post Campo**

Durante esta fase se describieron las áreas protegidas, ecosistemas estratégicos, áreas sensibles y estrategias de conservación como lo son el DRMI Cuchillas negras y Guanaque, Cuchilla de Calichana, áreas identificadas en el plan General de Ordenación Forestal PGOF – CORPOCHIVOR, el atlas Geográfico y Ambiental de CORPOCHIVOR, el Plan General de Ordenación Forestal PGOF – CORPOGUAVIO, el Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR 2013 – 2023 CORPOGUAVIO y los POMCA de los ríos Guavio y Humea.

### **2.4.5 Medio Socioeconómico**

El propósito de este aparte consiste en presentar el documento metodológico para el desarrollo del Medio Socioeconómico y Cultural para el Estudio de Impacto Ambiental (en adelante EIA) para la Solicitud de Modificación de la Licencia Ambiental del Área de Perforación Exploratoria -APE- Medina Occidental, el cual tiene lugar en los municipios de Paratebueno, Medina y Ubalá Zona B, en jurisdicción del departamento de Cundinamarca, y en el municipio de Santa María perteneciente al departamento de Boyacá. Esta metodología buscó atender lo dispuesto en la Resolución 0421 del 20 de marzo de 2014 “Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración de Estudio de Impacto Ambiental para los proyectos de Perforación Exploratoria de hidrocarburos y se toman otras determinaciones”, la Resolución 1503 de 2010 “Por la cual se adopta la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales y se toman otras determinaciones” y demás guías y normatividad pertinente para su adecuado desarrollo.

#### **2.4.5.1 Marco Conceptual**

##### **2.4.5.1.1 Aspectos socioeconómicos**

*Área de influencia:* Área en la cual se manifiestan de manera objetiva y en lo posible cuantificable, los impactos ambientales significativos ocasionados por la ejecución de un proyecto, obra o actividad, sobre los medios abiótico, biótico y socioeconómico, en cada uno de los componentes de dichos medios. Debido a que las áreas de los impactos pueden variar dependiendo del componente que se analice, el área de influencia podrá

corresponder a varios polígonos distintos que se entrecruzan entre sí (Tomado del Decreto 1076 del 2015; p.175).

*Área de influencia preliminar:* Área en la cual se manifiestan los impactos significativos que se identifican y califican en una evaluación ambiental preliminar. Corresponde a una etapa inicial del proyecto y en la cual se elabora un área a partir de información secundaria y un conocimiento previo de las actividades del proyecto (Concolby WSP, 2019)

*Área de influencia definitiva:* Área en la cual se manifiestan los impactos significativos que se identifican y califican en una evaluación ambiental ajustada con la información primaria recopilada en campo (Concolby WSP, 2019).

*Impacto ambiental:* Cualquier alteración en el medio ambiental biótico, abiótico y socioeconómico, que sea adverso o beneficioso, total o parcial, que pueda ser atribuido al desarrollo de un proyecto, obra o actividad (Tomado del Decreto 1076 del 2015; p.175).

*Impactos significativos:* Impactos cuyos efectos son de gran relevancia, dado que la alteración sobre el ambiente (medios abiótico, biótico y socioeconómico) alcanza un nivel de importancia severo o crítico y que puede ser atribuido al desarrollo de un proyecto, obra o actividad en un ámbito específico (Concolby WSP, 2019).

*Evaluación ambiental preliminar:* Análisis cualitativo y cuantitativo preliminar que se construye mediante la identificación y evaluación de los cambios potenciales que puedan suceder en el ambiente, como consecuencia de la ejecución de las actividades del proyecto. Se considera preliminar ya que se hace a partir del conocimiento del territorio con información secundaria y porque debe ser ajustada luego de la obtención de información de campo que permita verificar los supuestos planteados (Tomado de la Metodología de Evaluación de Impacto Ambiental de Concolby WSP).

*Evaluación de impacto ambiental:* Proceso formal empleado para predecir las probables consecuencias ambientales (positivas o negativas) de un plan, política, programa o proyecto previo a su implementación, a menudo como parte del procedimiento normativo (licencia ambiental) (Impactos, 2015).

*Zona de intervención:* Área en donde se realizan las obras de construcción de un proyecto para algún sector de la infraestructura como vías, energía, hidrocarburos, telecomunicaciones, almacenamiento, entre otros (Concolby WSP, 2019).

*Entidad territorial:* De acuerdo con los artículos 286 y 287 de la actual Constitución Política de Colombia, se da este calificativo a los departamentos, los distritos, los municipios y los territorios indígenas; que gozan de autonomía para la gestión de sus intereses dentro de los límites de la Constitución y de la ley (DANE, 2000).

*Departamento:* De acuerdo con el Artículo 298 de Constitución Política de Colombia, es una entidad territorial que goza de autonomía para la administración de los asuntos seccionales y la planificación y promoción del desarrollo económico y social dentro de su territorio en los términos establecidos por la Constitución y las leyes. Los departamentos ejercen

funciones administrativas, de coordinación, de complementariedad de la acción municipal, de intermediación entre la Nación y los municipios y de prestación de los servicios que determinen la Constitución y las leyes (DANE, 2000).

*Municipio:* De acuerdo con el artículo 311 de la Constitución Política de Colombia y la Ley 136 de junio 2 de 1994, es la entidad territorial fundamental de la división político-administrativa del Estado, con autonomía política, fiscal y administrativa dentro de los límites que le señalen la Constitución y las leyes de la República. Sus objetivos son la eficiente prestación de los servicios públicos a su cargo, la construcción de las obras que demande el progreso local, la ordenación de su territorio, la promoción de la participación comunitaria en la gestión de sus intereses y el mejoramiento social y cultural de sus habitantes (DANE, 2000).

*Unidad territorial:* Delimitación del territorio que constituye una unidad de análisis seleccionada dependiendo del nivel de detalle con el que se requiera la información. Esta unidad se aplica para la definición del área de influencia de los componentes del medio socioeconómico, la cual presenta características relativamente homogéneas que la diferencian de las demás y puede o no coincidir con la división político-administrativa de los entes territoriales reconocidos legalmente (Minambiente, s.f.).

*Centro poblado:* Es un concepto creado por el DANE para fines estadísticos, útil para la identificación de núcleos de población. Se define como una concentración de mínimo veinte (20) viviendas contiguas, vecinas o adosadas entre sí, ubicada en el área rural de un municipio o de un Corregimiento Departamental. Dicha concentración presenta características urbanas tales como la delimitación de vías vehiculares y peatonales. En las tablas referidas a la codificación de la Divipola, se identifican en la columna “Categoría” con la expresión o etiqueta “CP”, indicando que, si bien se trata de un centro poblado, no se cuenta con la precisión de la autoridad municipal. (DANE, 2000). Este concepto considera los Caseríos, Inspección de Policía y Corregimiento municipal.

*Caserío (CAS):* Sitio que presenta un conglomerado de viviendas, ubicado comúnmente al lado de una vía principal y que no tiene autoridad civil. El límite censal está definido por las mismas viviendas que constituyen el conglomerado. (DANE, 2000).

*Inspección de policía (IP):* Es una instancia judicial en un área que puede o no ser amanzanada y que ejerce jurisdicción sobre un determinado territorio municipal, urbano o rural y que depende del departamento (IPD) o del municipio (IPM). Es utilizada en la mayoría de los casos con fines electorales. Su máxima autoridad es un Inspector de Policía. (DANE, 2000).

*Corregimiento municipal (C):* Es una división del área rural del municipio, la cual incluye un núcleo de población, considerada en los Planes de Ordenamiento Territorial, P.O.T. El artículo 117 de la ley 136 de 1.994 faculta al concejo municipal para que mediante acuerdos establezca esta división, con el propósito de mejorar la prestación de los servicios y asegurar la participación de la ciudadanía en los asuntos públicos de carácter local. (DANE, 2000).

*Corregimiento departamental (CD):* Es una división del departamento, al tenor del Decreto 2274 del 4 de octubre de 1991, la cual incluye un núcleo de población. Según esta misma disposición, los ahora corregimientos departamentales no forman parte de un determinado municipio. (DANE, 2000).

*Accesos terciarios:* Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las vías Secundarias (INVIAS, 2016).

*Área rural dispersa:* Área rural o resto municipal que se caracteriza por la disposición dispersa de viviendas y explotaciones agropecuarias existentes en ella. No cuenta con un trazado o nomenclatura de calles carreteras, avenidas y demás. Tampoco dispone, por lo general, de servicios públicos y otro tipo de facilidades propias de las áreas urbanas. (DANE, 2000).

*Sitio de ubicación de viviendas:* Espacio geográfico en el que se sitúan las diferentes clases o formas de construcción de las unidades destinadas a ser habitadas por una o más personas (Concolby WSP, 2019).

*Predio:* Inmueble perteneciente a una persona natural o jurídica, o a una comunidad situado en un mismo municipio y no separado por otro predio público o privado. Exceptúense las propiedades institucionales, aunque no reúnan las características, con el fin de conservar dicha unidad, pero individualizando los inmuebles de acuerdo con los documentos de propiedad. Para efectos del avalúo catastral se entenderá por mejora, las edificaciones o construcciones en predio propio no inscritas en el catastro o las instaladas en predio ajeno (IGAC, s.f.).

*Predio rural:* Es el inmueble que está ubicado fuera del perímetro urbano de un municipio. El predio rural no pierde ese carácter por estar atravesado por vías de comunicación, corrientes de agua, entre otros (IGAC, s.f.).

*Infraestructura social:* Infraestructura destinada a prestar un servicio social, esto es, a las comunidades asentadas en territorios específicos; pueden pertenecer a una entidad del Estado o a una empresa privada. Entre dichas infraestructuras se encuentran las vías y puentes; líneas de distribución eléctrica domiciliaria y postes de energía, líneas de transmisión de alta, media y baja; ductos; torres de comunicaciones o repetidoras, aeropuertos, escuelas, centros de salud, sistemas de alcantarillado y/o acueducto, etc. (Concolby WSP, 2019).

*Infraestructura social/comunitaria:* Dentro de estas se contemplan infraestructuras para el beneficio y usufructo de la comunidad que, en su mayoría, están manejadas y/o administradas por ellas mismas, a saber, tienda comunitaria, centros de acopio, casa comunal y áreas o sitios de interés religioso y/o cultural. En algunas áreas rurales es la misma comunidad quien construye y organiza los centros de salud con patrocinio de empresas privadas (Concolby WSP, 2019).

*Infraestructura productiva:* Construcciones generalmente de propiedad privada, las cuales cumplen una función particular en el desarrollo de las actividades económicas en un predio. Dichas construcciones pueden estar destinadas a la cría, engorde y/o mantenimiento de especies animales (corrales, porquerizas, galpones, estanques piscícolas, establos, etc.) o a la producción agrícola (tanques de almacenamiento de agua, bodegas, secaderos de café, sistemas de riego, zonas de empaque, etc.) (Concolby WSP, 2019).

#### 2.4.5.1.2 Servicios ecosistémicos

La Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos – PNGIBSE – define los servicios ecosistémicos (SE) como “*aquellos procesos y funciones de los ecosistemas que son percibidos por el humano como un beneficio (de tipo ecológico, cultural o económico) directo o indirecto*” (MADS, 2014). La prestación y el mantenimiento de estos servicios es indispensable para la supervivencia de la vida humana en el planeta, algo sólo posible si se garantiza la estructura y el funcionamiento de la biodiversidad (MADS, 2014). Según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, por sus siglas en inglés) existen tres grandes grupos en que se pueden asociar los SE: Abastecimiento (o aprovisionamiento), regulación y culturales (Martín-López, González, & Vilardy, 2012). A continuación, se describe cada uno de ellos.

##### 2.4.5.1.2.1 Servicios de provisión o abastecimiento

Este tipo de servicio es prestado por la naturaleza directamente a los humanos y, por lo general, vitales para sobrevivir (BanCO2).

- Alimento: Productos derivados de la biodiversidad y su gestión de interés alimentario.
  - o *Pesca:* Uso del recurso pesquero en cuerpos de agua naturales, para consumo de subsistencia o para su comercio.
  - o *Acuicultura:* Uso del espacio físico para el establecimiento de estanques de cría y levante de peces para su comercio.
  - o *Carne:* Extracción de individuos animales de su hábitat natural, para consumo de subsistencia o para su comercio.
  - o *Ingredientes naturales:* Extracción de individuos vegetales de los ecosistemas para su utilización como alimento, para subsistencia o comercio.
  - o *Ganadería:* Uso del espacio físico (suelo) para el establecimiento de ganadería.
  - o *Agricultura:* Uso del espacio físico (suelo) para el establecimiento de agricultura.
- Agua dulce: Agua dulce potable de calidad para consumo humano y agrícola.
  - o *Agua:* Uso de agua dulce para consumo humano, uso doméstico, actividades productivas, actividades constructivas, entre otras.
- Materias primas de origen biótico/geótico: Materiales procedentes de la producción biológica.

- *Madera*: Extracción de madera para construcción, cercado, ebanistería, entre otros.
  - *Fibras*: Extracción de fibras de origen vegetal para la elaboración de productos artesanales o de consumo doméstico o comercial.
  - *Exudados (resinas, látex, aceites)*: Extracción de exudados para la elaboración de productos artesanales o de consumo doméstico o comercial.
  - *Biomasa (Leña)*: Extracción de madera para su utilización como leña.
  - *Productos secundarios del bosque*: Extracción de estructuras vegetativas (hojas, cogollos, tallos) o reproductivas (flores, frutos, semillas) para la elaboración de productos artesanales o de uso doméstico o comercial.
  - *Pieles*: Extracción de pieles para la elaboración de productos artesanales o de consumo doméstico o comercial.
  - *Plumas*: Extracción de plumas para la elaboración de productos artesanales o de consumo doméstico o comercial.
- Materias primas de origen geótico: Materiales usados como bienes de consumo.
- *Arena y roca*: Extracción de arena y roca de canteras u otras áreas para su uso la construcción y otras actividades.
  - *Otros minerales*: Extracción de minerales: metales, piedras preciosas o semipreciosas, entre otros.
- Energía: Generación de energía a través de la extracción de hidrocarburos o carbón, además de la generación a través de proyectos hidroeléctricos o parques eólicos.
- Acervo genético: Mantenimiento de la diversidad genética de especies, razas, y variedades de vegetación y animales para suministro de determinados productos.
- Medicinas naturales: Principios activos usados en la industria farmacéutica y/o como medicinas tradicionales.

#### 2.4.5.1.2.2 Servicios de regulación

Permiten que la naturaleza se resista o solucione temporalmente los problemas y además protege a los humanos de ciertas dificultades (BanCO2).

Dentro de los servicios de regulación se encuentran (Martín-López, González, & Vilardy, 2012):

- Regulación climática: Capacidad de la cubierta vegetal y del suelo de absorber CO2 y de la regulación termo-pluviométrica.
- Purificación del aire: Capacidad de la cubierta vegetal y del suelo de retener gases o partículas contaminantes del aire.
- Regulación hídrica: Capacidad de los suelos, la vegetación y otros elementos del paisaje de la ralentización hídrica y el control de riadas.
- Depuración del agua: Capacidad de los suelos, las raíces y otros elementos de descontaminar el agua.
- Control de la erosión: Control de la erosión y desertificación por parte de la componente

- geótica y biótica del suelo, así como de la vegetación.
- Fertilidad del suelo: Mantenimiento de la humedad y de los nutrientes en el suelo que permite la preservación de la materia orgánica y el humus.
  - Control biológico: Capacidad de regulación de plagas y vectores patógenos de humanos, cosechas y ganado.
  - Polinización: Polinización por parte de insecto, aves u otros organismos de cultivos agrícolas y de plantas aromáticas o medicinales.
  - Mantenimiento de hábitat para especies singulares: Los ecosistemas mantienen el hábitat o espacio físico para desarrollar las fases del ciclo de vida de numerosas especies animales y vegetales.

#### 2.4.5.1.2.3 Servicios culturales

Beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas, a través del enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la recreación y las experiencias estéticas (MADS, 2014).

Dentro de los servicios culturales se encuentran (Martín-López, González, & Vildary, 2012):

- Educación ambiental: Sensibilización, concientización o formación sobre el papel de los ecosistemas y la biodiversidad como suministradores de servicio.
- Conocimiento científico: Los ecosistemas y la biodiversidad que éstos albergan son un laboratorio de experimentación y de desarrollo del conocimiento.
- Conocimiento ecológico local: Conocimiento experiencial de base empírica transmitidos generacionalmente y relacionados con las prácticas, creencias, costumbres y valores.
- Identidad cultural y sentido de pertenencia: Sentimiento de lugar de las poblaciones humanas asociados con los ecosistemas y la biodiversidad en un lugar determinado.
- Disfrute espiritual: Apreciación de especies, paisajes y/o lugares determinados que generan satisfacción por su inspiración espiritual.
- Disfrute estético: Apreciación de especies y/o paisajes que generan satisfacción y placidez por su estética.
- Actividades recreativas: Lugares de ecosistemas determinados que son escenario de actividades lúdicas en la naturaleza que proporcionan bienestar.
- Turismo de naturaleza: Lugares de ecosistemas determinados que son utilizados como sitios de recreación y esparcimiento.
- Fauna ornamental: Tenencia de animales silvestres como mascotas o para su comercialización para mascota.

#### 2.4.5.2 Marco Normativo

A continuación, en la Tabla 2.102 se relaciona el marco normativo que respalda el desarrollo del Estudio de Impacto Ambiental para la Solicitud de Modificación de Licencia Ambiental del Área de Perforación Exploratoria -APE- Medina Occidental.

**Tabla 2.102 Marco Legal del Medio Socioeconómico y Cultural**

LEGISLACIÓN	ASUNTO
Constitución Política de Colombia	Actual carta magna de la República de Colombia.
Ley 163 de 1959	Por la cual se dictan medidas sobre defensa y conservación del patrimonio histórico, artístico y monumentos públicos de la Nación.
Ley 45 de 1983	Por medio de la cual se aprueba la "Convención para la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural".
Ley 21 de 1991	Por medio de la cual se aprueba el Convenio número 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes.
Ley 99 de 1993	Por el cual se crea el Ministerio de Medio Ambiente y se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación el medio ambiente y los recursos naturales renovables.
Ley 134 de 1994	Por la cual se dictan normas sobre mecanismos de participación ciudadana.
Ley 152 de 1994	Ley Orgánica del Plan de Desarrollo- Ley de planeación participativa.
Ley 1397 de 1997	Por la cual se desarrollan los artículos 70, 71 y 72 y demás artículos concordantes de la Constitución Política y se dictan normas sobre patrimonio cultural, fomentos y estímulos a la cultura, se crea el Ministerio de la Cultura y se trasladan algunas dependencias".
Ley 472 de 1998	Sobre el ejercicio de las acciones populares y de grupos.
Ley 850 de 2003	Por medio de la cual se reglamentan las veedurías ciudadanas.
Ley 1185 de 2008	Por la cual se modifica y adiciona la Ley 397 de 1997 –Ley General de Cultura– y se dictan otras disposiciones.
Decreto 264 de 1963	Por el cual se reglamenta la Ley 163 de 1959 sobre defensa y conservación del patrimonio histórico, artístico y monumentos públicos de la Nación.
Decreto 2164 de 1995	Por el cual se reglamenta parcialmente el Capítulo XIV de la Ley 160 de 1994 en lo relacionado con la dotación y titulación de tierras a las comunidades indígenas para la constitución, reestructuración, ampliación y saneamiento de los resguardos indígenas en el territorio nacional.
Decreto 1777 de 1996	Por el cual se reglamenta parcialmente el Capítulo XIII de la Ley 160 de 1994, en lo relativo a las zonas de reserva campesina.
Decreto 1996 de 1999	Por el cual se reglamentan los artículos 109 y 110 de la Ley 99 de 1993 sobre Reservas Naturales de la Sociedad Civil.
Decreto 3770 de 2008	Por el cual se reglamentan parcialmente las Leyes 814 de 2003 y 397 de 1997 modificada por medio de la Ley 1185 de 2008, en lo correspondiente al Patrimonio Cultural de la Nación de naturaleza material.
Decreto 2820 de 2010	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales.
Sentencia SU-095 de 2018	Por medio de la cual se promueve la participación entre las Autoridades Nacionales y las Autoridades Territoriales en la exploración y explotación de Recursos naturales no renovables del subsuelo.
Decreto 3573 de 2011	Por el cual se crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA– 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.
Resolución 1503 de 2010	Por la cual se adopta la metodología general para la presentación de estudios ambientales y se adoptan otras determinaciones.
Resolución 0421 de 2014	Términos de referencia para la Elaboración del estudio de impacto ambiental proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos, M-M-INA-01 de 2014.

Fuente: Verificación de fuentes secundarias Concol by WSP, 2020.

### 2.4.5.3 Área de Influencia – Medio Socioeconómico

El Área de Influencia para el medio socioeconómico abarca dos (2) departamentos, tres (3) Corporaciones Autónomas Regionales y cuatro (4) municipios. En la Tabla 2.103 se presenta la relación de municipios y autoridades ambientales regionales del área de influencia del proyecto donde se implementó la presente metodología.

**Tabla 2.103 Jurisdicción Territorial y Ambiental del área de Influencia del Proyecto**

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	JURISDICCIÓN AMBIENTAL
Cundinamarca	Paratebueno	Corporación Autónoma Regional de la Orinoquía - Corporinoquía
	Medina	Corporación Autónoma Regional del Guavio - Corpoguavio
	Ubalá (Zona B)	
Boyacá	Santa María	Corporación Autónoma Regional de Chivor - Corpochivor

Fuente: Concol by WSP, 2020.

Por su parte, la Tabla 2.104 se presenta el listado de las unidades territoriales menores identificadas dentro del el Área de Influencia del Proyecto.

**Tabla 2.104 Unidades territoriales mayores y menores del Área de Influencia del Proyecto**

UNIDAD TERRITORIAL MAYOR (MUNICIPIO)	UNIDAD TERRITORIAL MENOR (BARRIO, INSPECCIÓN Y VEREDA)		CARACTERÍSTICA
Paratebueno	Vereda Japón		Vereda ubicada en la vía de acceso al bloque de estudio.
Medina	Urbano	Barrio Portal Zamán	14 barrios de la cabecera municipal de Medina por los cuales atraviesa la vía de acceso al APE.
		Barrio Bethel	
		Barrio La Manguita	
		Barrio San Agustín	
		Barrio San Jorge	
		Barrio Villa Yoly	
		Barrio San Nicolás	
		Barrio Villa Diana	
		Barrio Villa Mayor Etapa I	
		Barrio Villa Mayor Etapa II	
		Barrio La Esperanza	
		Barrio Olímpico	
		Barrio Centro	
		Barrio la Cruz	
	Rural	Vereda Humea	10 veredas e inspecciones, legalmente establecidas en el ordenamiento territorial de Medina, las cuales son atravesadas por la vía que se emplearía para acceder al APE.
		Vereda La Zarza	
		Vereda Choopal	
		Vereda Mesa Negra	
		Vereda Fátima	
		Vereda San Miguel	
Inspección Gazaduje			
Vereda La Guarupaya			
Vereda El Maduro			
Vereda Jagua			

UNIDAD TERRITORIAL MAYOR (MUNICIPIO)	UNIDAD TERRITORIAL MENOR (BARRIO, INSPECCIÓN Y VEREDA)	CARACTERÍSTICA
	Ubalá (Zona B)	
Vereda Gazajujo		
Vereda Santa Teresa		
Vereda El Carmen		
Vereda Gibraltar		
Vereda La Romaza		
Vereda San Luis Bajo		
Vereda Puerto Rico		
Inspección y vereda Soya		
		Vereda Alto de San Luis
Santa María	Vereda Charco Largo	Tres (3) unidades territoriales que se encuentran dentro del polígono del Área de Influencia.
	Vereda Ceiba Grande	
	Vereda Balcones	Vereda ubicada en el paso de la vía de acceso al bloque de estudio.
	Vereda Nazareth	

Fuente: Concolby WSP, 2020.

Se identificaron cuatro (4) unidades territoriales mayores a nivel de municipios: Paratebueno, Medina, Ubalá Zona B jurisdicción del departamento de Cundinamarca y el municipio de Santa María ubicado en el departamento de Boyacá. A su vez se discriminan las unidades territoriales menores de esta manera:

Para el municipio de Paratebueno, se identificó una (1) vereda, la cual se encuentra al inicio de la vía de acceso al bloque de estudio. Así mismo, está el municipio de Medina, con catorce (14) barrios en la cabecera municipal, nueve (9) veredas y una (1) inspección en el área rural, estas comunidades identificadas entorno a la vía de acceso al bloque de estudio.

Por otra parte, se encuentra el municipio Ubalá (zona B) con dos (2) inspecciones y ocho (8) veredas, una de estas últimas, corresponde a una vereda ubicada en el tránsito de la vía para ingresar al bloque de estudio.

Respecto al municipio de Santa María, corresponden a cuatro (4) veredas, una de ellas corresponde a una vereda ubicada en el tránsito de la vía para ingresar al bloque de estudio.

Por lo anterior, se logra identificar un total de 39 unidades territoriales menores. Como característica particular, las tres (3) inspecciones identificadas en el área de influencia son Gazajujo Centro, San Pedro de Jagua y Soya.

En consecuencia, el área de influencia del proyecto comprende: dos (2) departamentos, cuatro (4) municipios, veintidós (22) veredas, tres (3) inspecciones, y catorce (14) barrios ubicados en el área urbana de Medina.

#### **2.4.5.4 Desarrollo de la metodología**

A continuación, se presenta el consolidado de técnicas, estrategias, instrumentos y procedimientos que se realizaron en cada una de las etapas de precampo, campo y post campo, propuestas para el apropiado desarrollo del Medio Socioeconómico y Cultural.

**Figura 2.72 Etapas de la metodología del Medio Socioeconómico**

1. PRECAMPO	2. CAMPO	3. POSCAMPO
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Scouting</li> <li>- Definición área de influencia preliminar</li> <li>- Elaboración directorio grupos de interés</li> <li>- Revisión cartografía existente</li> <li>- Elaboración de presentación Power Point</li> <li>- Diseño y validación de herramientas de comunicación (cartas de invitación a reuniones, cartas de solicitud de información, afiches, volantes, presentación en Power Point, avisos parroquiales y cuñas radiales).</li> <li>- Diseño y ajuste de formatos (Fichas veredal y urbana, mapa social, ficha de caracterización cultural, formatos PDC, matriz taller de impactos SIN y CON proyecto, matriz de servicios ecosistémicos)</li> <li>- Radicación y seguimiento cartas de solicitud de información oficial.</li> <li>- Reunión precampo Concolby WSP y Ecopetrol S.A.</li> </ul>	<p><b>Implementación de Estrategias de recolección de información, participación, divulgación y convocatoria</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Afiches y volantes</li> <li>- Correos electrónicos</li> <li>- Perifoneo</li> <li>- Cuñas radiales</li> <li>- Programas radiales</li> <li>- Cartas de invitación</li> <li>- Concertación y seguimiento telefónico.</li> </ul> <p><b>Primer momento: Reuniones iniciales con grupos de interés</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentación del proyecto</li> <li>- Alcance del EIA</li> <li>- Actividades logísticas en el territorio</li> </ul> <p><b>Segundo momento: Taller de Recolección de Información Primaria</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ficha cultural</li> <li>- Ficha veredal y urbana</li> <li>- Georreferenciación y registro fotográfico de infraestructura</li> <li>- Recolección de información PDC</li> </ul> <p><b>Tercer momento: Reunión Taller de Impactos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Taller de Impactos SIN y CON proyecto</li> <li>- Elaboración mapa social por componente</li> <li>- Identificación de servicios ecosistémicos</li> </ul> <p><b>Cuarto momento: Socialización de resultados del EIA a los grupos de interés</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementación de la estrategia de resultados dando a conocer la localización del proyecto, la metodología utilizada para elaborar el estudio, proceso de participación ciudadana llevada a cabo, características de la Perforación exploratoria, actividades a licenciar, resultados del estudio, zonificación, evaluación ambiental, PMA, PSM, compensación del medio biótico e inversión del 1%.</li> <li>- Cierre de temas logísticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taller de lecciones aprendidas</li> <li>- Reunión poscampo</li> <li>- Organización de la información recolectada</li> <li>- Digitación y/o archivo de la información recolectada</li> <li>- Análisis de la información</li> <li>- Elaboración de consolidados</li> <li>- Elaboración Área de Influencia Definitiva</li> <li>- Elaboración línea base socioeconómica</li> <li>- Zonificación socioeconómica</li> <li>- Elaboración de Geodatabase -GDB-</li> <li>- Evaluación ambiental</li> <li>- Formulación del Plan de Manejo Ambiental -PMA- (medidas de manejo, seguimiento y monitoreo)</li> <li>- Plan de Contingencia -PDC (aportes al capítulo)</li> <li>- Elaboración de cartografía base</li> <li>- Consolidación de la Bibliografía</li> <li>- Organización y sistematización de anexos</li> </ul>

Fuente: Concolby WSP, 2020.

#### **2.4.5.4.1 Etapa Precampo**

##### **2.4.5.4.1.1 Objetivos**

- Establecer las actividades a implementar para el desarrollo del Medio Socioeconómico en todas sus etapas (precampo, campo y post campo).
- Definir el área de influencia preliminar, es decir, las unidades territoriales mayores y menores (Inspecciones de policía, veredas y barrios) localizadas en el área sujeta a licenciamiento y susceptible a manifestación de impactos generados por las actividades del proyecto.
- Identificar los grupos de interés localizados en el área de influencia preliminar (comunidades, organizaciones sociales, entidades de orden administrativo, corporaciones ambientales y propietarios de predios, entre otros)
- Planear las actividades a realizar, previo al relacionamiento con los grupos de interés dentro del marco del EIA.
- Establecer los canales de comunicación, estrategias de divulgación y relacionamiento con los grupos de interés, para un escenario social favorable durante la elaboración del EIA.
- Diseñar herramientas que permitan la recopilación de la información necesaria para dar alcance al EIA desde el componente socioeconómico y cultural.

##### **2.4.5.4.1.2 Actividades**

Las actividades propuestas en la etapa de precampo correspondieron al conjunto de acciones realizadas previo al relacionamiento con los grupos de interés (comunidades, organizaciones sociales y ambientales, entidades de orden administrativo, corporaciones ambientales, propietarios de predios, entre otros), que permitieron cumplir a cabalidad la etapa de campo y post campo.

Teniendo en cuenta que las herramientas y las estrategias diseñadas en esta etapa se implementaron a lo largo de todos los espacios informativos y participativos, en la medida en que se vayan mencionando, también se explicarán algunos aspectos importantes relacionados con dicha implementación. A continuación, se mencionan tales actividades e instrumentos:

- **Scouting**

En esta actividad se desarrolló de la siguiente manera:

- Se presentó el alcance del Estudio de Impacto Ambiental - EIA para la Modificación de la Licencia Ambiental del Área de Perforación Exploratoria - APE Medina Occidental.
- Se dió a conocer el propósito del scouting (exploración o recorrido de identificación).
- Se solicitó información primaria y secundaria ante entidades administrativas que sirviera como insumo preliminar para los diferentes componentes del Estudio abiótico, biótico y socioeconómico. Para la oficialización de estas solicitudes, se entregó ante alcaldías y corporaciones una carta especificando la información

323

requerida por cada uno de los componentes (biótico, abiótico y socioeconómico) Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo1 Informe\_Scouting.

- **Definición del área de influencia**

Esta definición se realizó a partir de la revisión de la cartografía disponible obtenida en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC- y los Esquemas de Ordenamiento Territorial -EOT- suministrados por las Oficinas de Planeación de los municipios de Paratebueno, Medina, Ubalá y Santa María. Asimismo, se tomó referente, la evaluación de impactos realizada de manera preliminar para identificar los territorios potencialmente susceptibles a la manifestación de impactos generados por el proyecto (Ver Capítulo 4. Área de Influencia).

- **Directorio de grupos de interés**

Para esto se alimentó la base de datos previamente elaborada por Ecopetrol S.A., con información básica de contacto de los líderes comunitarios y demás grupos e interés identificados y con injerencia en el territorio (Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo2 Directorio\_Grupos\_Interes). Entre los aspectos básicos se diligenció el nombre, cargo, número de teléfono, correo electrónico y dirección de correspondencia.

De acuerdo con el anterior ejercicio, en el territorio se identificaron los siguientes grupos de interés:

- Representantes de las autoridades departamentales y las corporaciones autónomas regionales, que para este caso puntual fueron las Gobernaciones de Cundinamarca y Boyacá, y las Corporaciones Ambientales de Corpochivor, Corpoguavio y Corporinoquía.
- Representantes de las Alcaldías Municipales, autoridades de control (personerías municipales), Concejos Municipales y Empresas de Servicios Públicos.
- Presidentes de Asojuntas de cada uno de los municipios que compone el área de influencia del proyecto.
- Presidentes de las Juntas de Acción Comunal -JAC- y líderes reconocidos en las unidades territoriales menores vinculadas al proyecto.
- Inspectores de Policía en jurisdicción de Gazaduje Centro, San Pedro de Jagua y Soya.
- Propietarios de predios incluidos en el Área de Perforación Exploratoria, habitantes y comerciantes de las unidades territoriales menores.
- Organizaciones/Asociaciones en Paratebueno: Asociación de Piscicultores “El Gaván”, Asociación de Piscicultores “La Naguaya Centro” y Asociación de Usuarios del Río Humea -ASOHUMEA-.
- Organizaciones/Asociaciones en Medina: Asociación Pecuaria, Agrícola, Cacaotera y de Obras Civiles de Medina -ASOPEAGRICOC-, Asociación de Población Víctima del Conflicto Armado -ASOPOVICOA-, Asociación de Mujeres por el Desarrollo Económico de Medina, - Asociación de Productores Agrícolas de Medina -AGROCAMED-, Asociación de Ganaderos de Medina -ASOGAMED-, BIOGAZA, Asociación de Transportadores de Medina, Asociación Campesina de Mujeres de

- Medina, ONG Gesascol.
- Organizaciones/Asociaciones en Ubalá: Organización Yakú en Defensa del Agua, Asociación Agropecuaria y Campesina Futuro Verde y Comité Proconsulta Popular.
- Organizaciones/Asociaciones y veedurías en Santa María: Asociación de Cacaoteros de Santa María, Asociación Gallinas ponedoras "La Granja del Tío Miguel", Asociación de Ganaderos de Santa María Multiactiva, Veeduría en Servicios Públicos, Veeduría Ambiental, Organización Gotas de Agua y la ONG Descubrir.
- En cada municipio se identificaron autoridades civiles y eclesiásticas, representantes de bomberos y defensa civil, rectores de las instituciones educativas, funcionarios de los centros hospitalarios.
- Funcionarios de las hidroeléctricas en Santa María: Central Hidroeléctrica de Chivor - AES Chivor y en Ubalá: Central Hidroeléctrica del Guavio - Enel Emgesa.

- **Cartografía del territorio**

Previo a la salida a campo se generó la cartografía con la ubicación de las unidades territoriales (municipios, inspecciones, veredas y barrios). Cabe mencionar, que esta cartografía también se utilizó para dar a conocer a los grupos de interés, la localización del Área de Perforación Exploratoria, durante todos los espacios de información y participación generados en el marco del EIA.

- **Diseño y validación de herramientas de comunicación**

Esta actividad incluyó la elaboración y aprobación de todos los documentos, instrumentos de recolección de información, formatos de registro y piezas de información y divulgación a emplear, entre otros, para la etapa de campo.

- **Presentación del proyecto y solicitud de información secundaria**

Mediante una comunicación escrita se hizo la solicitud de información a las diferentes entidades oficiales e instituciones de interés como Alcaldías Municipales, Corpochivor, Corpoguavio y Corporinoquía, MinInterior e ICANH, entre otros. Todo esto para recolectar y organizar información social y ambiental de interés en los territorios relacionados con el proyecto.

- **Cartas de invitación a reunión**

Estas piezas comunicacionales se convirtieron en un insumo importante para dar a conocer los detalles de los encuentros como fecha, hora y lugar concertados con cada uno de los grupos de interés en el marco del proyecto. El modelo de carta para cada uno de los espacios de participación se encuentra disponible en el Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 3 Anexo\_Modelo\_Cartas\_Convocatoria.

- **Volantes y afiches de invitación a reunión**

Esta pieza de comunicación dio a conocer el alcance del estudio, responsables, objeto de

325

la reunión, lugar, fecha y hora de cada uno de los encuentros, así como también la información de contacto de la entidad responsable (Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 4 Anexo\_Modelo\_Material\_Divulgación).

- **Perifoneo**

Esta herramienta se implementó en la cabecera municipal de Medina, las inspecciones de Gazaduje Centro, San Pedro de Jagua y Soya y en las veredas Japón, Humea y La Zarza tanto para la convocatoria de reunión de inicio del proyecto, como para la convocatoria de reunión de identificación de taller de impactos y medidas de manejo. De la misma manera para el cuarto momento de socialización de resultados esta herramienta se implementó en la cabecera municipal de Medina, las inspecciones de Gazaduje Centro, San Pedro de Jagua y Soya y en las veredas Japón, Humea, La Zarza, Guarupaya, Jagua, El Maduro El Carmen, Puerto Rico, Alto de San Luis y San Luis Bajo. El modelo de guion de perifoneo, se encuentra disponible en el Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 5 Guion\_Perifoneo\_Cuñas\_Radiales

- **Cuadernillo informativo**

Este cuadernillo se implementó para el cuarto momento de reunión con la comunidad, cuyo contenido incluyó la información más relevante de los resultados del EIA, desde cada uno de los componentes (Biótico, Abiótico y Socioeconómico). El cuadernillo se suministró a cada uno de los grupos de interés identificados (Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo6 Cuadernillo).

- **Video con resultados del Estudio**

Para mayor comprensión de las temáticas relacionadas con los resultados del proyecto, se elaboró un video explicativo que se dio a conocer en las reuniones virtuales, y se compartió con los líderes de las comunidad para que a su vez fuera replicado con el resto de la comunidad(Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 7Video).

- **Programa radial**

Se elaboró un Podcast para transmitir la explicación de los resultados del Estudio Ambiental por medio de las emisoras locales de mayor cobertura. El contenido de las emisiones incluyó la información de los medios Biótico, Abiótico y Socioeconómico, del proyecto y alcance del mismo(Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 18Programa\_Radial).

- **Registro de entrega de piezas comunicacionales**

Este soporte incluyó la información del departamento, municipio, inspección, vereda y barrio, fecha de entrega y nombre de la persona que recibió los volantes de convocatoria. Así mismo, se diseñaron algunos formatos para el cuarto momento de socialización de resultados que incluyó el registro de entrega de cartillas y volantes y el registro de preguntas y respuestas expresadas por los grupos de interés. Estos soportes se encuentran disponible

en el Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 8 Soporte\_Entrega\_Piezas.

- **Diseño de presentaciones en Power Point**

Se diseñó una (1) presentación para los siguientes momentos de información y participación: scouting, primer momento: reunión de inicio del EIA, tercer momento: Reunión para identificación de impactos y medidas de manejo y Cuarto momento: Presentación de resultados. Estas sirvieron de apoyo para dar a conocer a los grupos de interés de una manera didáctica y digerible las temáticas sobre el desarrollo del Estudio (Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 9 Presentaciones). Cabe mencionar que para el segundo momento de recolección de información primaria, no fue necesario la elaboración de presentación en Power Point.

A continuación, se explica de manera general, el contenido de cada una de estas:

- i. Presentación del scouting

Esta incluyó información sobre las generalidades del Estudio, los antecedentes del proyecto y el tiempo estimado de ingreso al territorio por parte del equipo consultor.

- ii. Primer momento: Presentación de inicio (Presentación del Proyecto y alcance del Estudio de Impacto Ambiental)

Esta incluyó el objetivo de la reunión, la localización, los antecedentes del proyecto, la descripción del proyecto exploratorio, el alcance y actividades a desarrollar en el EIA, empresa responsable del proyecto y demás generalidades asociadas al Estudio.

- iii. Segundo momento: Recolección de información primaria

Para el segundo momento no se hizo necesario la implementación de presentaciones en Power Point, dado el alcance de la actividad.

- iv. Tercer momento: Presentación para el taller de identificación de impactos, medidas de manejo e identificación de servicios ecosistémicos

Esta presentación incluyó la metodología a utilizar para el desarrollo del taller, los conceptos más importantes para contextualizar a las personas sobre las actividades a realizar en el espacio de información y participación y tiempos estimados de ejecución del proyecto (en caso de otorgarse la modificación de la licencia).

- v. Cuarto momento: Socialización de resultados del Estudio de Impacto Ambiental

Esto permitió mostrar los aspectos más relevantes del EIA, y a su vez permitió recibir retroalimentación al respecto. Para ello, se incluyó lo siguiente: objetivo de la reunión, grupos de interés, actividades a licenciar, la descripción y ubicación del proyecto, los resultados de la caracterización del área de influencia por componente (Físico, Biótico y Socioeconómico), impactos identificados, medidas de manejo y medidas de monitoreo y

seguimiento planteadas, compensación del medio biótico, inversión del 1% entre otros aspectos asociados a los resultados.

- **Herramientas, formatos e implementación**

En cuanto a la definición y generalidades en la implementación de los instrumentos de recolección de información durante la etapa de campo, se incluyeron los siguientes:

- **GPS y Tabletas**

Con apoyo de GPS y tabletas se adelantó la georreferenciación de áreas de interés social para el proyecto y el registro fotográfico correspondiente.

- **Ficha veredal y urbana**

Mediante esta herramienta, se buscó la identificación de los aspectos relevantes en los ámbitos demográficos, históricos, espaciales, económicos, políticos, organizativos y culturales de cada una de las unidades territoriales del área de influencia del proyecto. Se utilizó para tal fin la ficha veredal establecida por Ecopetrol S.A. y la ficha urbana elaborada por Concolby WSP. Esta ficha se encuentra disponible en el Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 10 Fichas\_Caracterización.

- **Ficha cultural**

Con esta herramienta de recolección de información se buscó obtener información cualitativa que diera cuenta del contexto cultural local principalmente sobre los aspectos relacionados con los hitos históricos, creencias y costumbres (cohesión y pertenencia geográfica), relación naturaleza-cultura y manifestaciones de la anterior relación en el espacio geográfico (uso local de fauna y flora, patrones de asentamiento y sentido proteccionista, entre otros). Adicionalmente, este instrumento también buscó indagar sobre las manifestaciones materiales e inmateriales de importancia para los pobladores. Para esta actividad se empleó el formato establecido por Concolby WSP el cual se encuentra disponible en el Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 10 Fichas\_Caracterización.

- **Fichas de recolección de información para Gestión del Riesgo**

Se diseñaron formatos para recopilar la información básica relacionada con Gestión del Riesgo en cada uno de los municipios que conforman el área de influencia del proyecto. Los formatos se diseñaron para ser diligenciados con los representantes de los centros de atención médica disponibles, las entidades de socorro y los coordinadores del CMGRD. Estos formatos se encuentran disponibles en el Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 11 Formatos\_Info\_Basica\_GRD.

- **Cartografía social**

Por medio de la cartografía social, la comunidad identificó y posteriormente señaló gráficamente los sitios de interés localizados en la unidad territorial desde el medio Biótico,

Abiótico y Socioeconómico. En el ejercicio la comunidad señaló las áreas de equipamiento social, espacios urbanos, vías de comunicación, límites veredales, infraestructura productiva; fuentes hídricas, cultivos, sitios de interés comunitario, zonas naturales, zonas de reserva y zonas en riesgo, entre otras. Para tal fin el profesional SIG generó un (1) mapa tamaño pliego con la cartografía base, e incluyó la delimitación de la unidad territorial menor, los cuerpos de agua y las vías primarias, secundarias y terciarias (Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 12Modelo\_Base\_Cartografica).

Es importante mencionar que a la par del ejercicio de cartografía social, la comunidad identificó los servicios ecosistémicos prestados en el territorio desde cada uno de los componentes (Biótico, Abiótico y Socioeconómico).

#### • Matrices SIN y CON Proyecto

Se diseñaron 2 matrices, una para identificar los impactos generados por las actividades antrópicas (SIN Proyecto) y otra para identificar los impactos generados por el desarrollo de las actividades del proyecto (CON Proyecto). Cada matriz estuvo compuesta por las siguientes columnas: actividad desarrollada en el territorio/proyecto, recurso afectado/impacto generado por la actividad, calificación del impacto (positivo (+) o negativo (-)) y medida de manejo para prevenir, corregir, mitigar o compensar el efecto de cada impacto (Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 13Modelo\_Material\_Talleres).

#### • Matriz identificación de servicios ecosistémicos

En esta matriz se consolidó la información proporcionada sobre los servicios ecosistémicos disponibles en cada territorio. Las columnas de esta matriz estuvieron compuestas por los siguientes encabezados: servicio ecosistémico, uso, lugar donde se encuentra, frecuencia de uso, cantidad requerida y consecuencias de uso. Cabe mencionar que esta actividad se realizó de manera simultánea al diligenciamiento del mapa social/mapa de servicios ecosistémicos.

#### • Formatos de memoria de reunión y listado de asistencia

Estos se utilizaron como memoria y como registro de aportes, recomendaciones y/o percepciones expresadas por los grupos de interés frente al proyecto, durante todos los espacios de información y participación surtidos a lo largo del EIA. Cabe mencionar que el formato utilizado fue proporcionado por la empresa Ecopetrol S.A. (Ver VerAnexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 14Acta\_Reg\_Asistencia).

#### • Autoadhesivos

Se generó una tira de autoadhesivos con figuras correspondientes a los servicios ecosistémicos desde cada componente (biótico, físico y socioeconómico). Estas figuras sirvieron para identificar tanto los servicios ecosistémicos como para identificar los sitios de interés para la comunidad en términos sociales y ambientales y los cuales fueron plasmados en la cartografía social (Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico /

Anexo 15Modelo\_Base\_Cartografica).

- **Maqueta**

Se elaboró una maqueta con las unidades territoriales del Área de Influencia del Proyecto que incluyó las curvas de nivel, las vías de acceso y la delimitación del Área de Perforación Exploratoria. Esta maqueta se elaboró en icopor, yeso y pintura. El propósito de esta maqueta fue ilustrar a la comunidad sobre la localización del proyecto y mostrar gráficamente durante la realización del taller la espacialización de los posibles impactos generados por la ejecución del proyecto. Adicional a esta maqueta, se elaboraron dos (2) más, una con la representación gráfica de la perforación y su incidencia sobre los cuerpos de agua subterráneos y otra con figuras didácticas de personas, animales y elementos de la naturaleza donde la comunidad identificó las actividades antrópicas desarrolladas en el territorio y los impactos generados en el ambiente (Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 13Modelo\_Material\_Talleres).

- **Solicitud y obtención de certificados y/o licencias**

Se adelantó la consulta ante el Ministerio del Interior para establecer la existencia de comunidades étnicas en el área de influencia del proyecto. Ante la solicitud, el pronunciamiento por parte del Ministerio del Interior estableció que no existen comunidades étnicas en el territorio y, por tanto, esta metodología no incluyó el diseño de procesos de consulta previa (Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 16Certificado\_MinInterior).

- **Concertación de cronograma de actividades previo a la salida a campo**

Esta acción se realizó para la recolección de información primaria y secundaria y la concertación de reuniones informativas con grupos de interés (Autoridades departamentales, municipales, ambientales, representantes de Asojuntas, veedurías, Asociaciones, ONG, presidentes JAC, socios de JAC, líderes y comunidad en general) localizados en el Área de Influencia del Proyecto. En este espacio se realizó la concertación de fecha, hora y lugar del encuentro y demás aspectos a tener en cuenta para su óptimo cumplimiento. En primera instancia, la concertación se realizó vía telefónica y luego se oficializó con una carta de invitación. Igualmente, se reforzó el proceso de convocatoria mediante la entrega a líderes e instalación de material e implementación de recursos de apoyo como volantes, afiches, correos electrónicos y cuñas radiales.

- **Diseño y preparación de material y estrategias**

Para los talleres de actualización de impactos y medidas de manejo dirigidos a los grupos de interés presentes en el territorio, se ejecutó y se generó todo el material para el desarrollo de la actividad en mención de manera adecuada y oportuna -matrices, cartografías, maquetas-, así como también las estrategias para su implementación (Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo13Modelo\_Material\_Talleres).

- **Capacitación del equipo social, técnico y ambiental responsable de las reuniones**

Esta actividad se llevó a cabo para explicar el diligenciamiento de todos los formatos de levantamiento de información primaria y desarrollar de manera adecuada los demás procedimientos y estrategias de relacionamiento propuestas para los espacios de información y participación concertados con los grupos de interés. Esta actividad también permitió unificar criterios y conceptos que facilitaron la aplicación de los instrumentos anteriormente mencionados.

- **Reuniones con los profesionales de Ecopetrol S.A.**

En estos espacios, se realizó la revisión, aprobación y retroalimentación de las estrategias, instrumentos, formatos a implementar y demás aspectos de la metodología propuesta. De acuerdo con cada caso, el equipo de profesionales de Ecopetrol S.A realizó recomendaciones y solicitó ajustes que permitieran la implementación de nuevos recursos didácticos, diferentes estrategias de comunicación y el reenfoque de discursos hacia los grupos de interés. Adicionalmente, durante los diferentes simulacros de reunión, se identificaron otros posibles escenarios de desarrollo de las reuniones, lo que permitió generar diferentes discursos y guiones de abordaje e interacción con las comunidades que incluso fueron transmitidos al resto de profesionales pertenecientes a la empresa consultora y responsables del Estudio.

#### 2.4.5.4.1.3 Cronograma de actividades

A continuación, en la Tabla 2.105 se relacionan las actividades, el tiempo estimado de ejecución y los responsables de la elaboración de la etapa de precampo.

**Tabla 2.105 Cronograma etapa de Precampo**

No.	ACTIVIDADES	RESPONSABLES	DÍAS ESTIMADOS	SEMANAS ESTIMADAS													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1.	Scouting Desde: 11/08/19 Hasta: 26/08/19	Profesionales sociales Concolby WSP	16														
2.	Definición del área de influencia preliminar.	Profesionales sociales Concolby WSP	4														
3.	Revisión documental existente.	Profesionales sociales Concolby WSP	3														
4.	Elaboración de directorio de grupos de interés.	Profesionales sociales Concolby WSP	2														
5.	Revisión de cartografía existente.	Profesionales sociales Concolby WSP	2														
6.	Diseño y validación de herramientas de comunicación.	Profesionales sociales Concolby WSP	8														

No.	ACTIVIDADES	RESPONSABLES	DÍAS ESTIMADOS	SEMANAS ESTIMADAS													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
7.	Radicación y seguimiento cartas de solicitud de información oficial.	Profesionales sociales Concolby WSP	4														
8.	Recolección de información PDC.	Profesionales sociales Concolby WSP	4														
9.	Agendamiento primer momento reuniones iniciales con grupos de interés. Elaboración de cronograma de reuniones. Desde: 27/09/17 Hasta: 16/10/19	Profesionales sociales Concolby WSP	19														
10.	Agendamiento de tercer momento reuniones taller de impactos con grupos de interés, Elaboración de cronograma de reuniones. Desde: 7/01/20 Hasta: 22/01/20	Profesionales sociales Concolby WSP	16														
10.	Agendamiento de cuarto momento socialización de resultados con grupos de interés. Elaboración de cronograma de reuniones.	Profesionales sociales Concolby WSP	15														
11.	Concertación de segundo momento cronograma para la recolección de información primaria Desde: 27/10/19 Hasta: 8/11/19	Profesionales sociales Concolby WSP	13														
12.	Preparación talleres de identificación de impactos y medidas de manejo ambiental.	Profesionales sociales Concolby WSP	5														
13.	Capacitación equipo social para el diligenciamiento de instrumentos de recolección de información	Profesionales sociales Concolby WSP	1														
14.	Simulacro de presentación del estudio y taller de recolección de información primaria.	Profesionales responsables del taller de impactos y coordinador del proyecto de Concolby WSP Profesionales de aseguramiento de Ecopetrol S.A.	1														
<b>Total</b>				<b>75 días (2,4 meses)</b>													

Fuente: Concolby WSP, 2019.

#### 2.4.5.4.1.4 Recursos

A continuación, en la Tabla 2.106 se relacionan los recursos físicos y humanos requeridos para el desarrollo de las actividades planteadas en la etapa de precampo.

**Tabla 2.106 Recursos humanos**

RECURSOS	MATERIAL DE APOYO
Físicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oficios de invitación a reuniones.</li> <li>- Oficios de solicitud de información.</li> <li>- Presentaciones en Power Point con información sobre el proyecto dirigido a las autoridades departamentales, ambientales, municipales, comunidad, organizaciones sociales y demás grupos de interés.</li> <li>- Camionetas doble cabina para transporte del personal.</li> <li>- Planos de localización geográfica del área de influencia.</li> <li>- Planos de localización geográfica de cada unidad territorial.</li> <li>- Fichas de caracterización del territorio.</li> <li>- Matrices de impactos y servicios</li> <li>- Instalaciones físicas para el desarrollo de los encuentros con autoridades departamentales, ambientales, municipales, unidades territoriales menores y demás grupos de interés.</li> <li>- Material de divulgación establecido para el proyecto (afiches, volantes, cuadernillos, guión de perifoneo, entre otros).</li> <li>- Metodología para la Elaboración de Estudios Ambientales, 2010 (ANLA).</li> <li>- Guía para la Definición, Identificación y Delimitación del Área de Influencia, 2018 (ANLA).</li> <li>- Términos de Referencia M-M-INA-01 de 2014.</li> </ul>
Humanos	-Profesionales sociales de Concolby WSP

Fuente: Concolby WSP, 2019

#### 2.4.5.4.2 Etapa de Campo

##### 2.4.5.4.2.1 Objetivos

- Hacer seguimiento de la información primaria y secundaria solicitada previamente a ante los entes departamentales y municipales, corporaciones ambientales, líderes comunitarios y demás grupos de interés.
- Informar a las autoridades departamentales, municipales, corporaciones ambientales, comunidades y demás grupos de interés del área de influencia sobre el alcance del proyecto y las actividades a desarrollar en el EIA.
- Aplicar oportunamente las herramientas e instrumentos de recolección de información propuestos (observación participativa, entrevistas semi estructuradas a partir de la ficha veredal/urbana, ficha cultural, mapa social, actas de reunión, listados de asistencia y matrices para el taller de servicios ecosistémicos e identificación de impactos SIN y CON proyecto), para alcanzar el logro de los objetivos anteriormente mencionados.

##### 2.4.5.4.2.2 Actividades

Las actividades planteadas para la etapa de campo correspondieron al conjunto de procedimientos y aplicación de técnicas, estrategias, herramientas e instrumentos propuestos por Concolby WSP para desarrollar los aspectos solicitados por los Términos

de Referencia del Medio Socioeconómico (M-M-INA-01 de 2014), en el marco de EIA y la Metodología para la Elaboración de Estudios Ambientales de 2010.

Por lo anterior, se ejecutaron las siguientes actividades:

- **Acercamiento con grupos de interés y entrega de oficios de convocatoria a reuniones de participación y socialización con las comunidades**

En esta etapa se realizó la entrega de cartas de invitación y demás material de convocatoria a cada uno de los grupos de interés (Ver Tabla 2.107).

**Tabla 2.107 Esquemas de convocatoria a grupos de interés**

GRUPOS DE INTERÉS	ESTRATEGIAS DE CONVOCATORIA
-Autoridades departamentales -Autoridades municipales -Corporaciones ambientales	Se adelantó la radicación de oficios de convocatoria para cada una de las reuniones, una vez se concertó su fecha, hora y lugar, de acuerdo con la disponibilidad de los funcionarios de estas instituciones. Posteriormente se realizó seguimiento vía telefónica y por correo electrónico para garantizar la asistencia al encuentro.
-Comunidades	Una vez se concretó el espacio de reunión con cada uno de los líderes comunitarios y los detalles asociados con su apropiado desarrollo (logística) se entregaron las cartas de invitación y el material de apoyo para reforzar la convocatoria, de acuerdo con lo acordado previamente con el líder (Afiches, volantes, perifoneo, entre otros).
Otras organizaciones/actores: -Comité Proconsulta Popular -Inspectores de policía de Gazaduje Centro, San Pedro de Jagua y Soya -Veedurías -Asociaciones -ONG	Después de concertada la reunión se entregó la carta de invitación a los representantes de estas organizaciones y se reforzó la información de los detalles del encuentro por medio de cuñas radiales y correos electrónicos.

Fuente: Concolby WSP, 2020.

- **Estrategia de información, divulgación y convocatoria**

De acuerdo con la información proporcionada por los líderes comunales durante el Scouting Social, se pudo establecer que las estrategias informativas se eligieron de acuerdo con los siguientes criterios: localización de los asentamientos humanos, es decir si eran dispersos o nucleados, facilidad de difundir la información en redes sociales (WhatsApp) y dinámica de transmisión de la información por parte de la JAC. A continuación, se mencionan las estrategias que facilitaron la entrega y difusión de la información por parte de líderes y representantes. En el caso de la presentación de resultados, este proceso de convocatoria se adelantó de manera telefónica, dadas las restricciones de movilidad y contacto con las personas en campo impuestas por el manejo de la emergencia sanitaria generada por el COVID 19. Así, las estrategias de comunicación fueron las siguientes (Ver Tabla 2.108):

**Tabla 2.108 Estrategias de información, divulgación y piezas para convocatoria implementadas**

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	UNIDAD TERRITORIAL	ESTRATEGIA MANIFESTADA POR LOS LÍDERES	NO. ESTIMADO DE PIEZAS DE DIVULGACIÓN
Cundinamarca	Paratebueno	Japón	-Perifoneo por parte de la emisora radial Paratebueno Estéreo (Celular: 313 4919963) -Cuñas radiales en la emisora Paratebueno Estéreo -Afiches -Volantes	50 Volantes 4 Afiches
	Medina	Cabecera Urbana de Medina (Barrios): 1. Portal Zamán (Sin JAC) 2. Bethel 3. La Manguita 4. San Agustín 5. San Jorge 6. Villa Yoly (Sin JAC) 7. San Nicolás 8. Villa Diana 9. Villa Mayor Etapa I 10. Villa Mayor Etapa II 11. La Esperanza 12. Olímpico (Sin JAC) 13. Centro 14. La Cruz	-Llamadas telefónicas -WhatsApp -Afiches para publicar en lugares concurridos de la vereda (Escuela, tiendas, etc.) -Perifoneo por medio del señor Oscar Rodríguez (Celular: 313 4570001)	1. Portal Zamán (Sin JAC): 1 afiche 2. Bethel: 3 afiches 3. La Manguita: 2 afiches 4. San Agustín (Sin JAC): 1 afiches 5. San Jorge: 3 afiches 6. San Nicolás: 2 afiches 7. Villa Diana: 2 afiches 8. Centro: 4 afiches 9. Villa Mayor Etapa I y II: 2 afiches 10. La Esperanza: 2 afiches 11. Olímpico (Sin JAC): 1 afiche 12. Centro: 4 afiches 13. La Cruz: 3 afiches
		Humea	-Llamadas telefónicas -Volantes -WhatsApp -Perifoneo por parte de la emisora radial Paratebueno Estéreo (Celular: 313 4919963)	3 Afiches 30 Volantes
		La Zarza	-Llamadas telefónicas -Volantes -WhatsApp -Perifoneo por parte de la emisora radial Paratebueno Estéreo (Celular: 313 4919963)	4 Afiches 30 Volantes
		Choopal	-Llamadas telefónicas	20 Volantes

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	UNIDAD TERRITORIAL	ESTRATEGIA MANIFESTADA POR LOS LÍDERES	NO. ESTIMADO DE PIEZAS DE DIVULGACIÓN
			-Volantes -WhatsApp	
		La Guarupaya	-Llamadas telefónicas -Volantes	1 Afiche 30 Volantes
		Fátima	-Llamadas telefónicas -Volantes	25 Volantes
		Gazaduje Centro	-Llamadas telefónicas -Afiches para publicar en lugares concurridos de la vereda (Escuela, tiendas, etc) -Perifoneo contratado con el señor Holmes Urrego (Celular: 313 3916957)	3 Afiches 50 Volantes ((Si se utilizaran como herramienta informativa)
		Mesa Negra	-Llamadas telefónicas -WhatsApp -Volantes	25 Volantes 1 Afiche
		San Miguel	-Llamadas telefónicas -Volantes	25 Volantes
		El Maduro	-Llamadas telefónicas -Volantes	2 Afiches 35 Volantes
		Jagua	-Llamadas telefónicas -Volantes	2 Afiches 30 Volantes
	Ubalá Zona B	San Pedro de Jagua Centro	-Llamadas telefónicas -Afiches para publicar en lugares concurridos de la vereda (Escuela, tiendas, etc) -Perifoneo por parte del Inspector de Policía de San Pedro de Jagua Carlos Yamit Córdoba (Celular: 311 4502806) y Holmes Urrego (Celular: 313 3916957) -WhatsApp	100 Volantes (Si se utilizaran como herramienta informativa) 4 Afiches Perifoneo
		El Carmen	-Llamadas telefónicas -WhatsApp -Volantes	30 Volantes
		Soya	-Llamadas telefónicas -Volantes -WhatsApp -Afiches para publicar en lugares concurridos de la vereda (Escuela, tiendas, etc) - Perifoneo contratado con el señor Holmes Urrego (Celular: 313 3916957)	2 Afiches 70 Volantes
		Gazajujo	-Volantes -Afiches -WhatsApp	2 Afiches 30 Volantes
		San Luis Bajo	-Llamadas telefónicas	3 Afiches

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	UNIDAD TERRITORIAL	ESTRATEGIA MANIFESTADA POR LOS LÍDERES	NO. ESTIMADO DE PIEZAS DE DIVULGACIÓN
			-Volantes -Afiches	30 Volantes
		Alto de San Luis	-Llamadas telefónicas	-
		Santa Teresa	-Perifoneo/Aviso Parroquial en San Pedro de Jagua -Volantes	2 Afiches 30 Volantes
		La Romaza	-Llamadas telefónicas -Volantes -WhatsApp -Afiches para publicar en lugares concurridos de la vereda (Escuela, tiendas, etc)	50 Volantes 3 Afiches
		Gibraltar	-Llamadas telefónicas -Volantes -WhatsApp	3 Afiches 50 Volantes
		Puerto Rico	-Llamada a celular -Volantes -WhatsApp -Afiches para publicar en lugares concurridos de la vereda (Escuela, tiendas, etc)	1 Afiche 40 Volantes
Boyacá	Santa María	Nazareth	-WhatsApp -Volantes	2 Afiches 35Volantes
		Ceiba Grande	-Llamadas telefónicas -WhatsApp -Afiches para publicar en lugares concurridos de la vereda (Escuela, tiendas, etc)	2 Afiches 40 Volantes (Si se utilizaran como herramienta informativa)
		Charco Largo	-Llamadas telefónicas -Volantes -Afiches - WhatsApp	2 Afiches 50 Volantes
		Balcones	-Llamadas telefónicas -WhatsApp	1 Afiche 12 Volantes

Fuente: Concolby WSP, 2020

De acuerdo con la información consignada en la Tabla 2.108, es claro que en cada unidad territorial se consideraron las estrategias más efectivas para la difusión de la información de convocatoria, aunque en todas refirieron que la principal estrategia era la llamada telefónica y consecuentemente la difusión de la información voz a voz. No obstante, de manera complementaria a continuación, se mencionan otras estrategias que facilitaron la entrega y difusión de la información.

- Se envió información digital a los líderes comunitarios para que a su vez los reenviaran por medio de la aplicación de WhatsApp (los que contaban con esta red

- social).
- Se hizo entrega de volantes físicos en todas las unidades territoriales ya que en su mayoría los asentamientos son dispersos y fue más factible que en algún momento los residentes recibieran alguno. Adicionalmente, se dejaron volantes en sitios concurridos o sitios de encuentro de la comunidad y otros se repartieron entre los líderes de alto reconocimiento quienes colaboraron con la distribución de estos volantes al resto de los integrantes de la comunidad.
  - Se publicaron afiches en tiendas y sitios estratégicos ubicados en los barrios de la cabecera municipal de Medina, en los centros poblados ubicados en la zona rural y en las tiendas, escuelas y viviendas del resto de veredas.
  - Se distribuyeron cartillas informativas impresas y en medio digital (formato PDF) sobre el proyecto y los resultados del EIA, a los habitantes de las unidades territoriales y representantes de los demás grupos de interés ubicados en el territorio. Estas cartillas se entregaron en persona y vía correo electrónico a los integrantes de los grupos de interés y los habitantes de las unidades territoriales del Área de Influencia del Proyecto. Cabe destacar que particularmente para la entrega de este material a las comunidades, se realizaron recorridos casa a casa para garantizar su distribución y retroalimentación del contenido (Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 15 Cartilla\_Resultados\_EIA).
  - Se contrató servicio de perifoneo para invitar a la comunidad a participar en las reuniones en la cabecera municipal de Medina, las veredas Japón, Humea y La Zarza y las inspecciones Gazaduje Centro, San Pedro de Jagua y Soya. Para el cuarto momento de socialización de resultados, el perifoneo cubrió un territorio más amplio, en tanto se llevó a cabo en las veredas Japón, Humea, La Zarza, Guarupaya, Jagua, El Maduro, El Carmen, Puerto Rico, Alto de San Luis, San Luis Bajo y las inspecciones de Gazaduje Centro, San Pedro de Jagua y Soya.
  - Igualmente, se contrató el servicio de cuñas radiales en emisoras de amplia audiencia en la zona como Paratebuena Estéreo, Candelaria Estéreo, Ubalá Estéreo, La Voz de Garagoa y la Voz de San Luis de Gaceno, para informar a las comunidades sobre los recorridos de presentación de resultados y entrega de cartillas, la ubicación de los puntos de información y los horarios de los programas de radio en los que se presentó la información de los resultados del estudio.

El diseño y contenido de los volantes, afiches, guion de perifoneo, cartillas, cartas de convocatoria y demás piezas comunicacionales se entregaron a las áreas de Aseguramiento y Comunicaciones de Ecopetrol S.A., para su validación.

- **Seguimiento a solicitud de información**

Una vez radicados los oficios, se realizó seguimiento a la solicitud de información secundaria ante las autoridades departamentales, municipales, corporaciones ambientales, Ministerio del Interior y demás entidades de orden oficial donde se radicaron estas solicitudes.

- **Diligenciamiento de fichas de caracterización de información primaria**

Para esta actividad se conformó un grupo focal, conformado por 10 personas e incluso más,

338

quienes contaron con los siguientes criterios: Llevar más de diez (10) años residiendo en la unidad territorial y contar con amplio conocimiento de la zona (límites, población, actividades económicas, sociales y culturales, entre otras).

- **Diligenciamiento de la ficha de caracterización cultural**

Con el diligenciamiento de esta ficha se obtuvo información cualitativa sobre el contexto y prácticas culturales de las personas que habitan en el territorio local incluyendo los hitos históricos, creencias, costumbres (cohesión y pertenencia geográfica), relación naturaleza cultura y manifestaciones del anterior aspecto en el espacio geográfico (Uso local de fauna y flora, patrones de asentamiento y sentido proteccionista, entre otros). También se empleó la técnica de observación para complementar la definición del contexto territorial.

- **Diligenciamiento ficha de caracterización veredal y/o urbana**

Este formato es un instrumento de recolección de información primaria a nivel territorial que permitió indagar y establecer los datos demográficos, económicos, espaciales, culturales, político-organizativas y dinámicas de la comunidad en general. Una vez recopilados los datos, estos fueron organizados, sistematizados y analizados, los cuales se incluyeron en la caracterización del medio socioeconómico y cultural.

- **Georreferenciación y registro fotográfico de la infraestructura socioeconómica y cultural**

Esta actividad se realizó de manera paralela a la recopilación de información primaria con los grupos focales. Se realizaron recorridos por todo el Área de Influencia del Proyecto, para registrar la infraestructura presente.

- **Recolección de información de Gestión del Riesgo (GRD)**

Para el desarrollo de esta actividad, se hicieron visitas a los Concejos Municipales de Gestión del Riesgo de Desastres -CMGRD, entidades de salud y entidades de socorro localizadas en el área de influencia para solicitar los Planes de Gestión del Riesgo de Desastres -PGRD-, diligenciar los formatos para recopilar la información básica para la atención de emergencias y datos de contacto de los responsables de cada entidad.

- **El diseño de piezas y contenidos**

Se realizó el diseño y el contenido de los volantes, afiches, guion de perifoneo, cartillas, cartas de convocatoria y demás piezas comunicacionales se entregaron a las áreas de Aseguramiento y Comunicaciones de Ecopetrol S.A., para su validación.

- **Realización de reuniones, talleres e implementación de estrategias de socialización de resultados**

Adicional al momento de recolección de información primaria, se desarrollaron tres (3) momentos más con cada uno de los grupos de interés y cada uno contó con su respectiva

339

acta de reunión donde se consolidaron los comentarios, observaciones, sugerencias, percepciones e inquietudes relacionadas con el EIA, el proyecto y las temáticas tratadas en el espacio de encuentro (Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 14Acta\_Reg\_Asistencia).

A continuación, se da a conocer las generalidades de los encuentros:

▪ **Reunión presentación del proyecto y del EIA**

Durante estos espacios, se presentó el proyecto y el alcance del Estudio de Impacto Ambiental. En esta etapa, se realizaron las reuniones concertadas previamente con los grupos de interés. Para esta reunión se contó con una presentación en Power Point y el orden del día fue el siguiente:

1. Objetivo de la reunión
2. Presentación de los asistentes
3. Antecedentes del proyecto
4. Descripción de Proyecto Exploratorio
5. Estudio de Impacto Ambiental
6. Inquietudes de los asistentes
7. Lectura del acta de reunión

En las reuniones se diligenció un acta de reunión, en la que se consignaron las principales ideas expuestas, las preguntas, inquietudes y comentarios que manifestaron los participantes. Igualmente, a manera de registro, se diligenció un listado de asistencia de los participantes (en todos los casos no fue posible por solicitud de los asistentes), se tomó registro fotográfico y registro fílmico.

▪ **Reunión taller de impactos e identificación de servicios ecosistémicos**

Para cumplir los términos de referencia fue necesario la recopilación de información primaria a partir del conocimiento que las comunidades tienen de su entorno, así como el concepto técnico de los profesionales que se encargaron de cada temática dentro del desarrollo del estudio ambiental.

Para el taller de impactos y servicios ecosistémicos se convocó a las comunidades de las unidades territoriales menores del área de influencia del proyecto donde se les dio a conocer las siguientes temáticas y se desarrollaron los siguientes ejercicios:

- Se realizó la presentación del proyecto y del EIA.
- Se realizó la identificación de puntos de interés o mapa social por cada uno de los medios: biótico, abiótico y socioeconómico, a partir de las cartografías base y el ejercicio de taller de servicios ecosistémicos.
- Se desarrolló el taller de servicios ecosistémicos a partir de los sitios de interés (Biótico, Abiótico y Socioeconómico), señalados por los participantes en las cartografías base, así como también se explicó en detalle el propósito del ejercicio.
- Se realizó en conjunto la identificación de las actividades SIN proyecto que se

- desarrollan en la zona y sus consecuencias.
- Se explicó en detalle y por medio de un video ilustrativo, las actividades CON proyecto, es decir las actividades proyectadas por la empresa a ejecutar en el Área de Perforación Exploración APE Medina Occidental. Para esta actividad se contempló el uso de imágenes ilustrativas (maquetas) para mejor comprensión por parte de los asistentes.
- La comunidad procedió a la identificación de los posibles impactos generados por el proyecto y consecuentemente a la identificación de sus medidas de manejo.

Cabe destacar que, si bien los espacios de participación se llevaron a cabo en cada una de las unidades territoriales, también se hizo extensiva la invitación a los demás grupos de interés por medio de cartas.

El desarrollo del taller comprendió las siguientes etapas:

i. Contextualización

Para que los participantes realizaran la actividad con éxito, se presentó un marco de referencia, cuyo objetivo fue proporcionar a la comunidad la información necesaria antes de iniciar con la identificación de los impactos y los servicios ecosistémicos. Por lo tanto, se realizó una presentación en Power Point para contextualizar a los asistentes sobre las características del proyecto y el Estudio de Impacto Ambiental, haciendo énfasis en los temas a tratar. El orden del día fue el siguiente:

- Inicio de Taller: Saludo, presentación de los profesionales del equipo consultor y la empresa Ecopetrol S.A., y demás asistentes, socialización de la agenda y aprobación.
- Presentación del objetivo. Se presentaron los objetivos del taller, los aspectos metodológicos a tener en cuenta durante el desarrollo del mismo y resultados esperados.
- Presentación del proyecto. Para la contextualización del proyecto y su relación con el territorio, se realizó una presentación general del proyecto que incluyó una breve descripción de los antecedentes, el territorio donde se encuentra ubicado, los responsables de su ejecución, seguimiento y control y de las actividades requeridas para su desarrollo y operación, cronogramas de ejecución y permisos ambientales requeridos.

ii. Desarrollo del taller

Durante esta etapa se contextualizó a los asistentes sobre el diligenciamiento de las matrices y el mapa social, y se procedió a verificar su entendimiento a partir de ejemplos. Posteriormente, se inició el desarrollo de cada actividad, para lo cual se contó con los siguientes materiales:

- Copia a color de la cartografía base de la unidad territorial.
- Figuras auto adhesivas (stickers) de los elementos representativos del territorio (infraestructura o sitios de interés de acuerdo con los medios Biótico, Abiótico y

Socioeconómico) y de acuerdo con la distribución preestablecida desde la metodología de servicios ecosistémicos.

- Matrices donde se registraron las respuestas proporcionadas por los asistentes frente a los impactos, medidas de manejo y servicios ecosistémicos. Allí cada profesional anotó lo manifestado por cada comunidad, según el componente.
- Maquetas del territorio y maqueta de la actividad de perforación exploratoria.
- Lápices, plumones de colores, marcadores y autoadhesivos.
- Juegos didácticos para la población en edad infantil.

Durante este espacio se realizó la identificación de los impactos generados a causa de las actividades realizadas por los pobladores del territorio o actividades antrópicas (escenario SIN proyecto), aclarando su injerencia en cada uno de los medios Abiótico, Biótico y Social.

De manera simultánea se identificaron los servicios ecosistémicos para abastecimiento, regulación y cultural, de acuerdo con la metodología de análisis. En la Tabla 2.109 se presenta el consolidado de los servicios ecosistémicos que se establecieron para el análisis en mención.

**Tabla 2.109 Resumen Servicios Ecosistémicos**

SERVICIO	TIPO DE SERVICIO		
<b>Abastecimiento</b>	1	Pesca	
	2	Acuicultura	
	3	Carne	
	4	Ingredientes naturales	
	5	Ganadería	
	6	Agricultura	
	7	Agua dulce	Agua
	8	Materias primas de origen biótico	Madera
	9		Fibras
	10		Exudados (resinas, látex, aceites)
	11		Biomasa (Leña)
	12		Productos secundarios del bosque
	13		Pieles
	14	Plumas	
	15	Materias primas de origen geótico	Arena y roca
	16		Otros minerales
	17	Energía	Energía
	18	Acervo genético	Acervo genético
	19	Medicinas naturales	Plantas medicinales
<b>Regulación</b>	20	Regulación climática	
	21	Purificación del aire	
	22	Regulación hídrica	
	23	Depuración del agua	
	24	Control de la erosión	
	25	Fertilidad del suelo	
	26	Control biológico	
	27	Polinización	
	28	Mantenimiento de hábitat para especies singulares	

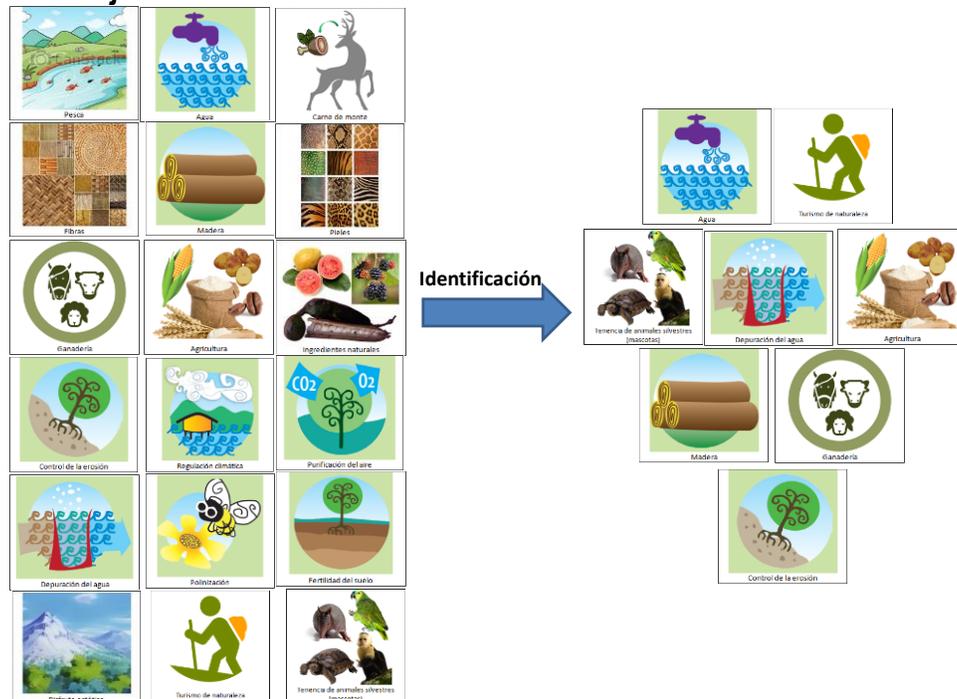
SERVICIO	TIPO DE SERVICIO	
Culturales	29	Educación ambiental
	30	Conocimiento científico
	31	Conocimiento ecológico local
	32	Identidad cultural y sentido de pertenencia
	33	Disfrute espiritual
	34	Disfrute estético
	35	Actividades recreativas
	36	Turismo de naturaleza
	37	Fauna ornamental

Fuente: ConcolBy WSP, 2020.

iii. Taller de servicios ecosistémicos y mapa social

Sobre el mapa base dado a conocer, los participantes procedieron a pegar las figuras (Ver Figura 2.73) representando cada uno de los componentes que les fue asignado (Biótico, Abiótico o Socioeconómico), tratando de mantener la independencia de cada uno de los componentes.

**Figura 2.73 Ejercicio de identificación de los Servicios Ecosistémicos**



Fuente: Concolby WSP, 2019.

Para facilitar el ejercicio, en la medida en que se fueron explicando con ejemplos cada uno de los servicios ecosistémicos por componente (Biótico, Abiótico y Socioeconómico), algunos asistentes se fueron acercando a plasmar en el mapa la localización del servicio ecosistémico y los sitios de interés social (pegar el autoadhesivo correspondiente). Asimismo, en la medida en que se fueron acordando de los servicios ecosistémicos, se fue

diligenciando la matriz de servicios ecosistémicos.

Los autoadhesivos utilizados para cada componente incluyeron las siguientes temáticas:

▪ Medio Abiótico:

- Nombre de las unidades territoriales limítrofes
- Ríos, quebradas, lagos, pantanos, con su respectivo nombre
- Sitios de captación de agua (bocatomas de acueductos, distritos de riego, pozos, nacimientos etc.)
- Sitios de disposición de residuos sólidos (basureros, rellenos sanitarios, etc.)
- Sitios de disposición de aguas residuales o aguas servidas
- Vías de comunicación (Carreteras, caminos, senderos)
- Sitios donde han ocurrido desastres naturales (inundación, avalanchas, derrumbes).
- Sitios de atractivo turístico y centros de recreación
- Otros que se consideren necesarios.

▪ Medio Biótico:

- Bosques, reservas naturales,
- Lagos, Ciénagas, humedales
- Áreas naturales que estén siendo protegidas por la comunidad
- Sitios de presencia de animales silvestres
- Sitios de pesca
- Parques y zonas verdes
- Zonas de extracción de leña o carbón
- Zonas degradadas
- Otros que se consideren necesarios

▪ Medio Socioeconómico:

- Instituciones educativas (escuela, colegios, jardines infantiles)
- Salón social
- Viviendas
- Canchas deportivas (fútbol, baloncesto, béisbol, otras)
- Centro o puesto de salud
- Centros religiosos
- Cementerios
- Sitios arqueológicos (caminos reales, museos, infraestructura de conservación como puentes antiguos, murallas, etc.)
- Plazas de mercado o zonas de acopio de productos agrícolas
- Sitios de extracción minera
- Zonas industriales
- Paradores turísticos
- Otros que se consideren necesarios

iv. Impactos SIN proyecto

Una vez culminada la actividad de identificación y registro en matrices de los servicios ecosistémicos y el mapa social, los cuales se convirtieron en una herramienta de apoyo para ubicar e identificar con más detalle las actividades antrópicas que la población desarrolla, se realizó un análisis sobre las actividades que se llevaron a cabo en el territorio y sus implicaciones para el medio ambiente lo cual propició el espacio para diligenciar la matriz de impactos y medidas de manejo SIN proyecto.

De este ejercicio se destacó la participación de los asistentes al desatar una discusión sobre los efectos positivos y negativos que tiene el desarrollo de las actividades humanas sobre los componentes de cada uno de los medios y la discusión sobre las formas para prevenir, corregir o mitigar sus efectos.

v. Identificación de impactos CON proyecto sobre el territorio

Una vez finalizada esta primera etapa de evaluación de impactos SIN proyecto, se procedió a explicar con las ayudas ilustrativas (maquetas y mapa social), todas las actividades sociales, técnicas y ambientales a desarrollar en el marco del proyecto.

El profesional a cargo diligenció la matriz de identificación de impactos y medidas de manejo en el escenario CON proyecto, donde, a manera de relatoría se describieron los posibles impactos, la ubicación y la propuesta de la comunidad para prevenir, mitigar, corregir o compensar dichos impactos, además de un espacio para observaciones que se estimó conveniente registrar. Esta actividad se realizó con el apoyo de un video que ilustró la actividad de perforación exploratoria, un listado de actividades proyectadas en las fases preoperativa, operativa, pos operativa y transversales y las maquetas.

Dichas matrices SIN Y CON resultaron vitales para la construcción del Capítulo 8. Evaluación Ambiental y la elaboración de medidas de manejo y el Capítulo 11. Plan de Manejo Ambiental.

vi. Retroalimentación de los impactos y finalización del taller

Al finalizar el diligenciamiento de las matrices, se permitió un espacio para que los asistentes manifestaran preguntas, comentarios y dieran a conocer sus conclusiones sobre todo el ejercicio realizado.

El taller culminó con la lectura del acta donde se consignaron las principales actividades desarrolladas, las observaciones y cuestionamientos realizados por la comunidad, así como también las respuestas suministradas por el equipo técnico asistente por parte de los gestores del proyecto y/o el equipo de profesionales que acompañaron la reunión.

vii. Registros y productos

Como registro final del desarrollo de cada uno de los espacios de información y participación llevados a cabo con los grupos de interés, en el presente EIA – Capítulo 5.3 del Medio

Socioeconómico – Lineamientos de Participación, se deben incluir todos los anexos producto de la aplicación de las estrategias, herramientas, formatos de recolección de información, actividades diseñadas y demás procedimientos referenciados en esta metodología para dar cumplimiento a lo solicitado en los Términos de Referencia M-M-INA 01 de 2014 en lo que atañe al medio Socioeconómico y Cultural.

Entre estos soportes se espera encontrar:

- Cartografía social/servicios ecosistémicos
- Matrices diligenciadas del taller de servicios ecosistémicos, taller de impactos Sin y Con proyecto
- Actas de reunión
- Listados de asistencia
- Soportes de material de convocatoria (cartas, afiches, volantes, perifoneo, cuñas radiales, etc)
- Registro fotográfico de las reuniones y talleres informativos y participativos
- Registro fílmico de las reuniones y talleres informativos y participativos
- Sábanas de fichas de caracterización rurales y urbanas diligenciadas

▪ **Socialización de resultados del EIA a grupos de interés**

Para culminar las actividades en el marco del proceso de información y participación, se diseñó una estrategia para dar a conocer los resultados del EIA, dadas las condiciones presentadas por la situación de contingencia declarada por el Gobierno Nacional referente al posible contagio por COVID-19. Dicha estrategia incluyó un protocolo aprobado por la Administradora de Riesgos Laborales, la empresa responsable del proyecto Ecopetrol S.A., la empresa contratista Concolby WSP y las administraciones municipales de cada uno de los municipios del Área de Influencia del Proyecto que en conjunto con las Secretarías de Salud locales determinaron la procedencia y autorización de dicho protocolo para implementar las actividades de socialización.

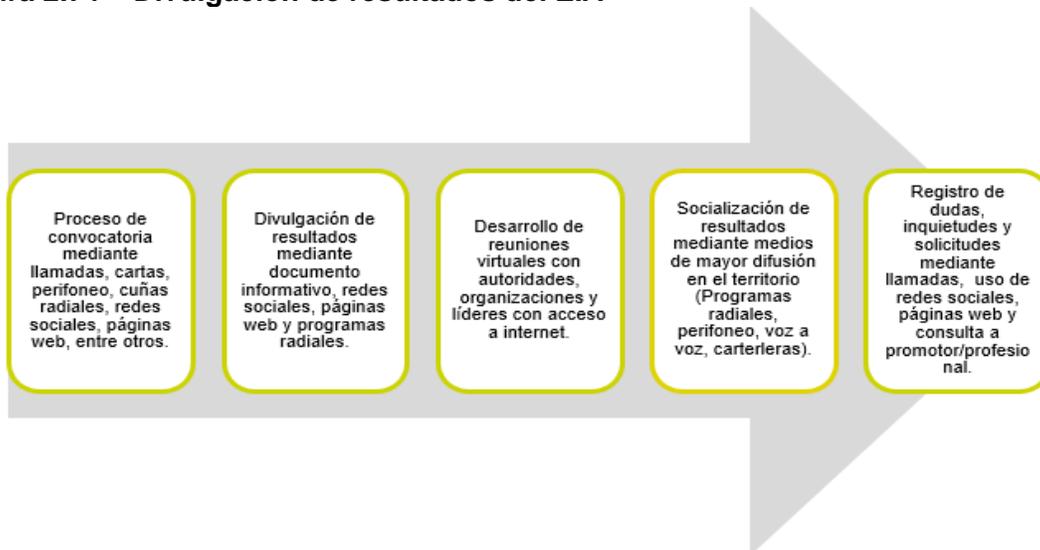
Para contextualizar la situación, en noviembre de 2019, se identifica en China una nueva variedad de coronavirus tipo SARS, con alta capacidad de contagio y con serias afectaciones en el sistema respiratorio e inmunológico que podrían llevar a la muerte a personas con otras morbilidades. Aunque el origen de este virus se dio en el país asiático, dados los flujos de viajeros existentes por la intensa actividad global y su facilidad de contagio, se diseminó rápidamente por el mundo, registrándose el primer caso en el país a finales del mes de febrero de 2020. La facilidad de contagio del virus, la existencia de una alta proporción de la población con comorbilidades y la debilidad del sistema de salud para identificar y rastrear a los infectados, así como para atender los casos con complicaciones, llevaron al gobierno nacional a establecer una serie de medidas de prevención y mitigación aplicables en todo el territorio nacional. Entre las medidas definidas se restringió la circulación y movilización de personas, se prohibió realizar actividades que implicaran la reunión o congregación de personas y se limitó el desarrollo de actividades en el espacio público.

Ante este panorama, las actividades que establecen los términos de referencia y las

metodologías de la autoridad ambiental para adelantar los procesos de información y participación de las comunidades y autoridades locales en la elaboración de estudios de impacto ambiental se replantearon teniendo en cuenta las restricciones impuestas desde el gobierno nacional, implicando el desarrollo de una nueva estrategia de relacionamiento con actores sociales e institucionales a nivel territorial considerando principalmente las tecnologías de la información como mecanismo de contacto y difusión de información.

El desarrollo de esta estrategia implicó el desarrollo de actividades informativas en campo, adelantadas por el equipo de profesionales del proyecto, con el apoyo de un equipo de promotores ambientales, además de las actividades necesarias para convocar a la comunidad y la recolección sus inquietudes y comentarios sobre el tema. A continuación, la Figura 2.74da a conocer de manera general las actividades implementadas para llevar a cabo el proceso de socialización de resultados del EIA.

**Figura 2.74 Divulgación de resultados del EIA**



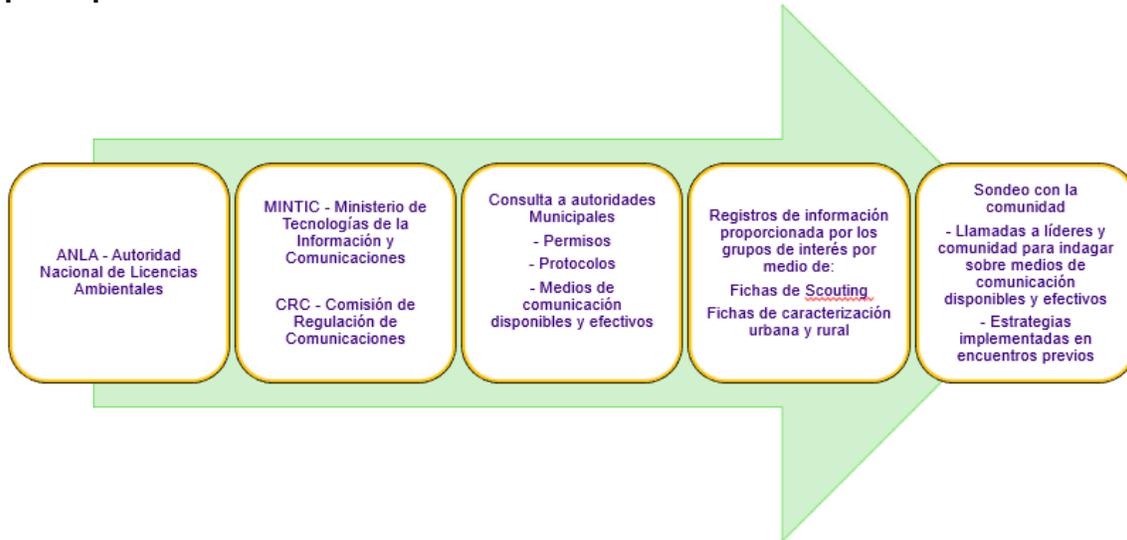
Fuente: Concolby WSP, 2020.

En este sentido, durante la primera semana del mes de junio se contactaron vía telefónica varios interesados en el proyecto y funcionarios de las administraciones municipales, con el fin de conocer de primera mano tanto la situación local frente al manejo de la emergencia como para identificar los medios y mecanismos más adecuados al contexto territorial para facilitar la entrega de información y la recolección de inquietudes o comentarios sobre los resultados del proyecto. Consecuentemente, se realizaron llamadas a presidentes de las Juntas de Acción Comunal de casi todas las unidades territoriales del área de influencia del proyecto y se les preguntó cuál era el medio de comunicación más usado por su comunidad, las emisoras de radio más reconocidas, si se contaba con servicio de internet y si su acceso era fácil para la mayor parte de la población, las redes sociales más empleadas por estos y cuál era la red de telecomunicaciones de mejor cobertura en el sector.

Por otra parte, teniendo en cuenta las experiencias tenidas en las anteriores actividades de campo, se evaluaron las distintas actividades de convocatoria y su impacto en las

comunidades, así como la respuesta de estas, para establecer los mecanismos más adecuados para atender los requerimientos tanto de la autoridad ambiental como de las comunidades y autoridades locales (Ver Figura 2.75).

**Figura 2.75 Fuentes consultadas para la elaboración de la estrategia de información y participación**



Fuente: Concolby WSP, 2020.

De manera detallada, a continuación, se describen las fuentes consultadas y criterios que se tuvieron en cuenta para diseñar la estrategia:

- Las formas de convocatoria utilizadas en momentos anteriores agregaron un valor importante al proceso de convocatoria y divulgación de resultados, puesto que los grupos de interés ya habían avalado y recomendado estos mecanismos en las fichas de logística recopiladas durante el scouting, entre ellos se estableció el uso de perifoneo, llamadas telefónicas, entrega de cartas y la publicación de carteleras, principalmente.
- Las recomendaciones proporcionadas por los líderes de los territorios frente a mecanismos de convocatoria y divulgación de información. Esta información fue validada a través de un sondeo realizado por medio de llamadas telefónicas.
- En los talleres de recolección de información primaria, en el segmento relacionado con los datos sobre calidad y cobertura de servicios públicos, los participantes enlistaron los medios de comunicación más utilizados en el territorio. Esta información se encuentra detallada en el Capítulo 5.3.3 Medio Socioeconómico Espacial.
- Información proporcionada por las administraciones municipales respecto a las formas de divulgación más comunes en el territorio y sus contactos. En las administraciones municipales los métodos considerados más convenientes fueron las emisoras comunitarias, el perifoneo, la llamada a celular, las carteleras y el WhatsApp para el caso de las comunidades y las reuniones virtuales para las

organizaciones.

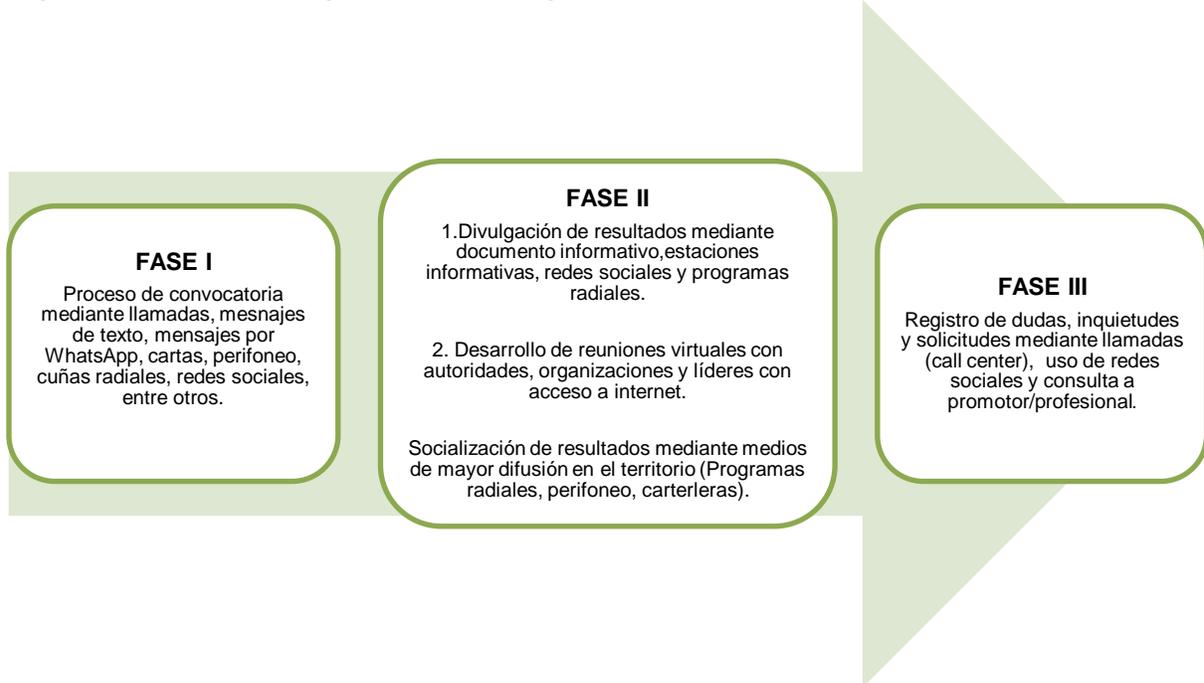
Solicitud de información radicada ante el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones de Colombia -MINTIC-, la Comisión de Regulación de Comunicaciones-CRC- y ante Alcaldías municipales, sobre medios de comunicación disponibles y en servicio en estos territorios del Área de influencia del Proyecto para indagar sobre la cobertura de las diferentes redes de comunicación celular e internet, en los municipios del área de influencia y así establecer las facilidades técnicas para el posible uso de tecnologías de información como correo electrónico, videoconferencia o redes sociales, para adelantar procesos de información acordes con las limitaciones de comunicación del área(Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 18 Consulta\_Cobertura\_Medios\_Comunicacion).

Teniendo en cuenta las anteriores fuentes de datos, se diseñó una estrategia para dar cumplimiento a lo solicitado en la Guía de Participación Ciudadana de la ANLA (2018) y lo solicitado en el Capítulo 5.3.1 Lineamientos de Participación de los Términos de Referencia MM INA 01 de 2014. Esta estrategia de información y participación para la socialización de resultados del EIA, estuvo compuesta por 3 fases a saber:

1. Convocatoria
2. Socialización de Resultados
3. Participación y Atención a Inquietudes

A partir de lo anterior, la(Figura 2.76)da a conocer de manera general las actividades que se propusieron durante las tres (3) fases mencionadas.

Figura 2.76 Proceso general de divulgación de resultados del EIA



Fuente: ConCol by WSP, 2020.

De acuerdo con lo anterior, a continuación, se da a conocer de manera amplia el desarrollo de cada una de las fases de la estrategia diseñada para la socialización de los resultados del EIA.

i. Fase I: Convocatoria

En primera instancia, para la Fase I, se realizó un proceso de convocatoria el cual estuvo compuesto por llamadas telefónicas, para concertar los espacios de reunión modo virtual, entrega de cartas de oficialización de los encuentros, contratación de servicios radiales, perifoneo, concertación de espacios para instalación de puntos de información y solicitud de permisos para uso de espacios abiertos de fácil acceso para la comunidad y cuyo uso estuvo soportado con el permiso otorgado por la autoridad municipal.

En esta fase también se ejecutaron actividades digitales como uso de redes sociales (particularmente WhatsApp, reportada como la más usada entre la población local), correo electrónico el cual fue útil para el envío de invitaciones y publicación de programaciones, así como también, el registro y respuesta de inquietudes a través de estos medios. De la misma forma, estas herramientas digitales también ayudaron a reforzar el proceso de convocatoria a lo largo de la implementación de la estrategia y en general ayudaron a interactuar con los interesados.

Para formalizar la convocatoria, se entregó a cada líder o presidente(a) de JAC de las unidades territoriales menores del proyecto, y representantes de cada autoridad y demás organizaciones sociales, una (1) carta de convocatoria con la programación de los

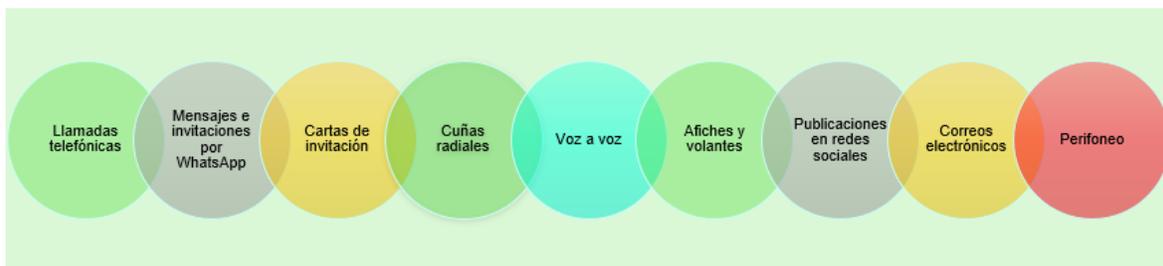
350

encuentros, que incluyó las fechas, horarios y localización de las estaciones informativas, programación de visitas casa a casa y recursos disponibles para la atención de preguntas y demás comentarios. Estas cartas de convocatoria fueron entregadas a cada destinatario por parte del personal responsable de las actividades en campo.

Es importante mencionar que el proceso de convocatoria tuvo como referencia los directorios consolidados durante las distintas actividades de relacionamiento con la comunidad y los registros de asistencia producto de los encuentros realizados previamente con los grupos de interés.

A continuación, se presenta una figura que resume los recursos que se utilizaron de manera transversal durante el proceso de convocatoria (Ver la Figura 2.77).

**Figura 2.77 Recursos a implementar durante el proceso de convocatoria (Fase I)**



Fuente: Concolby WSP, 2020.

El proceso de convocatoria inició la última semana de julio de 2020 con las llamadas a los grupos de interés y el envío de mensajes de texto y WhastApp, posteriormente, hacia la primera semana de agosto y de ahí en adelante se emitieron las cuñas radiales, se instalaron los afiches, se reforzó la comunicación por WhatsApp, se enviaron correos electrónicos y se entregaron las cartas de convocatoria junto con suficientes ejemplares de cartillas para ser consultadas y distribuidas entre los demás miembros del grupo de interés(Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 8\_Entrega\_Piezas).

Por último, es importante mencionar que complementario a la primera fase de convocatoria, durante el desarrollo de la Fase II y la Fase III, se promovió en todo momento el uso de los canales de participación disponibles para atender las preguntas e inquietudes, convirtiéndose en una actividad transversal al proceso de socialización de resultados.

ii. Fase II: Socialización de resultados a los grupos de interés

En primera instancia, es importante recordar que, para el ingreso al territorio que comprende el Área de Influencia del Proyecto, se presentó ante las autoridades municipales los protocolos de bioseguridad a aplicar por parte del equipo de trabajo y durante el desarrollo su actividad, los cuales estuvieron alineados con aquellos establecidos por Ecopetrol, las Administradoras de Riesgos Laborales y demás reglamentación nacional, departamental y municipal para prevenir el riesgo de contagio del COVID – 19.

Asimismo, para minimizar el ingreso de personal foráneo a la zona, se consideró pertinente

la contratación de personal del área, con nivel de formación técnico o tecnólogo, con experiencia en actividades de promoción extramural en temas ambientales y sociales y con reconocimiento por parte de la comunidad de la zona, quienes fueron vinculados laboralmente de acuerdo con la normatividad vigente y ciñéndose a lo establecido en la reglamentación de mano de obra calificada y no calificada para el sector de hidrocarburos. Los promotores contaron con un proceso de inducción y capacitación en el que se les brindó información y capacitación no solo sobre los procesos y procedimientos organizacionales y los protocolos de bioseguridad, sino también sobre la información requerida para el proceso de licenciamiento, el estudio de impacto ambiental y las actividades a desarrollar en campo.

De manera específica en términos del desarrollo de la fase II para la socialización de resultados, esta incluyó las siguientes actividades: **recorridos casa a casa para entrega de cartillas informativas** por parte de promotores ambientales, quienes comunicaron información básica sobre el proyecto e incentivaron el uso de los canales de participación puestos a disposición. La siguiente actividad estuvo compuesta por la **instalación de puntos de información** en sitios concurridos, como polideportivos, parques, escuelas y tiendas y puntos de encuentro reconocidos por la comunidad. La tercera actividad estuvo compuesta por la realización de **reuniones virtuales** dirigidas a líderes, autoridades municipales, entes de control, asociaciones y organizaciones identificadas en el área de influencia, las cuales tuvieron lugar por medio de la plataforma de Microsoft Teams. Por último, se llevó a cabo la divulgación de los resultados del Estudio a través de la emisión de **programas radiales**.

Para poder asegurar la entrega de cartillas a todos los habitantes de las unidades territoriales menores del Área de Influencia del Proyecto, los seis (6) promotores de la zona con amplio conocimiento del territorio, realizaron los recorridos casa a casa para hacer entrega de las cartillas y registrar las inquietudes y/o comentarios relacionados con todo el EIA. La asignación de tiempos de entrega de cartillas en cada unidad territorial se hizo a partir del número estimado de viviendas proporcionado por los habitantes del territorio durante el diligenciamiento de las fichas de caracterización rural y urbana.

Los puntos de información se instalaron en cada unidad territorial el último día de entrega de la cartilla casa a casa, lo cual permitió que las personas tuvieran un espacio para leerla y comprenderla. Cabe destacar que los puntos de información también se trasladaron hasta las cabeceras municipales para atender al resto de población de las unidades territoriales mayores. En estos puntos de información, se dio claridad a las personas sobre algunos aspectos del estudio y en otras ocasiones se registraron las preguntas para elevarlas a los especialistas y dar respuesta a través de la herramienta del Call Center. Las personas que atendieron los puntos de información fueron tres (3) profesionales de WSP que participaron durante la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.

Respecto a las preguntas manifestadas por los habitantes que se acercaron al punto de información, estas fueron consignadas en un formato que contó con la información básica de la persona y el contenido de la pregunta o comentario (Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 8 Entrega\_Piezas)

Para la entrega de los resultados del EIA a líderes, autoridades departamentales,

municipales, entes de control, corporaciones autónomas regionales, asociaciones y organizaciones presentes en el área de influencia, se realizaron reuniones virtuales por medio de la plataforma Microsoft Teams, cuyo link fue compartido vía correo electrónico y a solicitud del convocado vía WhatsApp. Adjunto al correo electrónico, pese a que se había hecho entrega de la cartilla en físico, también se adjuntó la cartilla en medio magnético.

Como soporte adicional de las reuniones virtuales, se elaboró un acta de reunión y un listado de asistencia que posteriormente fue enviado a los grupos de interés para su validación.

Paralelo a las reuniones virtuales, se hizo la emisión de los programas radiales en las emisoras con mayor cobertura en el territorio como La Voz de Garagoa, La Voz de San Luis de Gaceno, Candelaria Estéreo, Ubalá Estéreo, Paratebuena Estéreo y Radio Uno. Estas emisiones se presentaron en los horarios de mayor sintonización y estuvieron acompañadas de un PodCast, es decir un audio pregrabado con lenguaje sencillo y conciso de fácil entendimiento. Asimismo, en este espacio radial, se incentivó a los oyentes a utilizar el Call Center para expresar sus inquietudes y comentarios sobre el proyecto y el EIA (Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 18 Programa\_Radial).

Para el adecuado desarrollo de las anteriores actividades fue fundamental el uso de herramientas físicas y digitales que sirvieron de apoyo para ampliar la información y de alguna manera hacerla más comprensible, así como también para apoyar la logística del proceso. A continuación, se mencionan dichas herramientas:

- Presentación en Power Point con los resultados del EIA en sus tres (3) componentes (Biótico, Físico y Socioeconómico). También se incluyeron otras temáticas como los Planes de Manejo, Planes de Monitoreo y Seguimiento, Gestión del Riesgo, inversión del 1% y compensaciones, actividades del proyecto y grupos de interés, entre otros. Esta presentación se diseñó en un lenguaje sencillo, con datos puntuales e ilustraciones producto de la organización, sistematización y análisis del proyecto (Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 9 Presentaciones).
- Cartillas informativas. Cartillas con información puntual, fotografías, imágenes, porcentajes y datos cualitativos y cuantitativos relacionados con los resultados del Estudio. Como se mencionó anteriormente, las cartillas se suministraron a todos los grupos de interés de manera amplia y suficiente, tanto en físico como de manera digital (Ver cartilla en 1.9 cartilla digital).
- Video explicativo con los datos más relevantes de los resultados del Estudio. Este video fue enviado vía WhatsApp y vía correo electrónico a los grupos de interés (Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 7 Video).
- Formatos para registro de preguntas y comentarios sobre el EIA, tanto para la entrega casa a casa como para los puntos de información. Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 8 Entrega\_Piezas).
- Programa radial emitido por las emisoras comunitarias y comerciales referidas anteriormente.
- Tablas de apoyo. Estas se utilizaron como apoyo para diligenciar los formatos en

- físico.
- Mesas y sillas. Estos elementos se usaron en los puntos de información para atender a las personas que se acercaron y para instalar los elementos requeridos para ejecutar el protocolo de bioseguridad.
  - Carpas impermeables. Dado que en el territorio los meses de julio y agosto son de alta precipitación, se consideró conveniente la instalación de carpas que fueron útiles principalmente en los sitios a campo abierto.
  - Afiches informativos. Estos se publicaron en sitios autorizados por la comunidad y el contenido mostró la programación de los recorridos casa a casa, las actividades sujetas al proceso de licenciamiento y los datos de contacto para registrar inquietudes y comentarios.
  - Volantes. Junto con la cartilla, se entregaron dos (2) tipos de volante, uno de ellos con la misma información de los afiches instalados y el otro, con la programación de todas las actividades de socialización y los mecanismos de participación disponibles (Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 4 Modelo\_Material\_Divulgacion).
  - Tabletas. Estos dispositivos electrónicos se utilizaron para transcribir los formatos diligenciados en medio físico y enviarlos a la plataforma de preguntas y comentarios del Call Center.
  - Actas y registros de asistencia. Se diligenciaron estos formatos para dejar soporte junto con los videos de las reuniones virtuales efectuadas y para dejar constancia de algunas situaciones presentadas durante las actividades de campo.
  - Registro fotográfico. Se tomaron registros fotográficos de las actividades realizadas en campo como soporte adicional. No obstante, en algunas oportunidades, las personas no autorizaron la toma de imágenes.

Teniendo en cuenta que gran porcentaje de las viviendas del territorio se encuentran localizadas de forma dispersa, por un lado, se contrató camionetas para desplazamiento de los profesionales/promotores y el material de apoyo; y por otro lado, se alquiló semovientes para el desplazamiento casa a casa, especialmente en aquellas unidades territoriales extensas, que no contaron con vías carreteables para el ingreso vehicular.

### iii. Fase III: Participación y atención a inquietudes

Con el fin de promover la participación de los grupos de interés por medio de los canales puestos a su disposición, durante la Fase II se desarrolló un proceso de recolección de inquietudes, dudas y comentarios sobre el EIA. Posteriormente, estas inquietudes fueron aclaradas por medio de la gestión del Call Center vía telefónica, vía mensaje de texto, vía WhatsApp y vía correo electrónico. Para lograr una mayor precisión en la respuesta, se requirió el apoyo de profesionales de los tres (3) componentes (Biótico, Físico y Socioeconómico) quienes procedieron a responder de manera amplia y clara las inquietudes enviadas por los interesados y consecuentemente se procedió a contactar a las personas para cerrar la inquietud.

Respecto a las inquietudes manifestadas durante las reuniones virtuales, estas se aclararon y quedaron consignadas en el acta de reunión.

De manera complementaria, la Figura 2.78 ilustra el proceso general de socialización de resultados:

**Figura 2.78 Consolidado de desarrollo de la socialización de resultados del EIA**



Fuente: ConCol by WSP, 2020.

### Soportes de la estrategia de información y participación

A partir de la estrategia descrita, se generaron soportes que permitieron justificar y poner en conocimiento de manera clara el proceso participativo que se propició con los grupos de interés del proyecto. Por lo anterior, los soportes que se encuentran incluidos en los anexos del Capítulo 5.3.1 Caracterización del Medio Socioeconómico y Cultural – Lineamientos de Participación son los siguientes:

- Cartas de invitación radicadas
- Soporte llamadas para convocatoria
- Actas y registros de asistencia
- Ficha técnica – registro de visita casa a casa
- Registros audiovisuales: registro fotográfico y fílmico (reuniones virtuales)
- Certificados de perifoneo, cuñas y programas radiales
- Registros de convocatoria
- Soporte envío de correos electrónicos
- Soporte atención inquietudes

Por último y de manera complementaria, la Figura 2.79 ilustra algunos de los soportes anteriormente mencionados.



**Tabla 2.110 Cronograma etapa de Campo**

No	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	DÍAS ESTIMADOS	SEMANAS ESTIMADAS																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1.	Permiso de ingreso a predios	Profesional predial Concolby WSP	15																								
2.	Acercamiento con grupos de interés y entrega de oficios de convocatoria a reuniones de participación y socialización con las comunidades	Profesionales sociales Concolby WSP	4																								
3.	Estrategia de información, divulgación y convocatoria	Profesionales sociales Concolby WSP	5																								
4.	Seguimiento a solicitud de información secundaria ante las autoridades departamentales, Corporaciones Ambientales y autoridades municipales	Profesionales sociales Concolby WSP	8																								
5.	Diligenciamiento de fichas de caracterización de información primaria Desde: 26/10/19 Hasta: 228/11/19	Profesionales sociales Concolby WSP	32																								
<b>Primer momento: Reuniones iniciales con grupos de interés</b>																											
6.	Primer momento: Reuniones iniciales con Gobernación de Cundinamarca y las Corporaciones Ambientales	Profesionales sociales, bióticos, abióticos del proyecto de Concolby WSP	14																								

No	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	DÍAS ESTIMADOS	SEMANAS ESTIMADAS																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	Corpochivor, Corporinoquia y Corpoguavio.																										
7.	Primer momento: Reuniones iniciales con Autoridades Municipales de Medina, Paratebueno, Ubalá y Santa María.	Profesionales sociales, bióticos, abióticos del proyecto de Concolby WSP																									
8.	Primer momento: Reuniones informativas y participativas con las unidades territoriales menores del área de influencia definitiva, se invitará en este espacio a Inspectores de Policía de San Pedro de Jagua y Soya) Desde: 17/10/2019 Hasta: 31/10/2019	Profesionales sociales, bióticos, abióticos del proyecto de Concolby WSP																									
9.	Primer momento: Reunión informativa y participativa con Comité Proconsulta Popular	Profesionales sociales, bióticos, abióticos del proyecto de Concolby WSP																									
10.	Primer momento: Reuniones informativas y participativas con Asociaciones y organizaciones ambientales y sociales localizadas en los municipios de Medina, Paratebueno,	Profesionales sociales, bióticos, abióticos del proyecto de Concolby WSP																									

No	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	DÍAS ESTIMADOS	SEMANAS ESTIMADAS																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	Ubalá y Santa María.																										
<b>Tercer momento: Reuniones taller de impactos</b>																											
12.	Tercer momento: Reuniones taller de impactos con las unidades territoriales menores del área de influencia definitiva donde se extendió la invitación a los demás grupos de interés. Desde: 23/01/2020 Hasta: 7/02/2020	Profesionales sociales, bióticos, abióticos del proyecto de Concolby WSP	14																								
<b>Cuarto momento: Socialización de resultados a grupos de interés</b>																											
13.	Cuarto momento: Reuniones de resultados virtuales con Gobernación de Cundinamarca y las Corporaciones Ambientales Corpochivor, Corporinoquia y Corpoguavio.	Profesionales sociales, bióticos, abióticos del proyecto de Concolby WSP	3																								
14.	Cuarto momento: Reuniones de resultados virtuales con Autoridades Municipales de Medina, Paratebuena, Ubalá y Santa María (se extendió la invitación a los Inspectores de Policía de Gazaduje Centro, San Pedro de Jagua y Soya).	Profesionales sociales, bióticos, abióticos del proyecto de Concolby WSP	4																								
15.	Cuarto momento: Reuniones de	Profesionales sociales, bióticos,	5																								



#### 2.4.5.4.2.4 Recursos

A continuación, en la Tabla 2.111 se relacionan los recursos requeridos para el desarrollo de las actividades planteadas en esta etapa.

**Tabla 2.111 Recursos y actividades de la etapa Campo**

RECURSOS	ACTIVIDADES
Físicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actas de reunión y listados de asistencia</li> <li>- Afiches</li> <li>- Volantes</li> <li>- Cartas de convocatoria</li> <li>- Guion perifoneo</li> <li>- Guion de cuña radial</li> <li>- Guion programa radial</li> <li>- Folletos informativos</li> <li>- Cuadernillos informativos</li> <li>- Esferos ecológicos</li> <li>- Pendones en lona sobre el proyecto (2m x 1.5m)</li> <li>- Camionetas doble cabina para transporte del personal</li> <li>- Servicio de transporte mular</li> <li>- Planos de localización geográfica del Área de Influencia</li> <li>- Instalaciones físicas en las autoridades departamentales, ambientales, municipales y unidades territoriales menores del Área de Influencia.</li> <li>-Solicitud de información a través de correspondencia establecida en la etapa de pre campo</li> <li>- Fichas veredal y urbana</li> <li>- Matrices de impactos SIN y CON Proyecto</li> <li>- Matriz servicios ecosistémicos</li> <li>- Autoadhesivos (stickers) para mapa social y espacialización de servicios ecosistémicos</li> <li>- Cartografía base para elaboración de cartografías sociales/mapas sociales y servicios ecosistémicos</li> <li>- Marcadores de colores para elaboración de cartografías sociales/mapas parlantes</li> <li>- Rompecabezas y colores y figuras para colorear (niños que acompañen en las reuniones)</li> <li>- Formatos Información Básica de Gestión del Riesgo</li> <li>- Ficha cultural</li> <li>- Refrigerio/almuerzo para ser proporcionado en los encuentros con los grupos de interés</li> <li>- Equipos electrónicos para el registro de información audio visual (Cámara fotográfica y filmadora)</li> <li>- Computador personal con las ayudas digitales que se presentarán a las autoridades, líderes comunitarios y demás grupos de interés.</li> <li>- Presentaciones de Power Point ploteadas</li> <li>- Video Beam</li> <li>- Tablet</li> <li>- Impresoras</li> <li>- Sonido y parlantes</li> <li>- Cámaras fotográficas</li> <li>- Maquetas con la representación de las actividades asociadas a las Áreas de Perforación Exploratoria</li> <li>- Filmadoras</li> <li>- Equipos de georeferenciación (GPS y Tablet)</li> <li>- Equipos de Protección Personal (EPP) para el equipo de profesionales de campo</li> <li>- Elementos de bioseguridad</li> <li>- Términos de Referencia M-M-INA-01 de 2014</li> </ul>

RECURSOS	ACTIVIDADES
Humanos	- Profesionales sociales de Concolby WSP - Profesionales de Ecopetrol S.A. - Promotores ambientales residentes del Área de Influencia del Proyecto

Fuente: Concolby WSP, 2020.

### 2.4.5.4.3 Etapa Post Campo

#### 2.4.5.4.3.1 Objetivo

Sistematizar, consolidar y analizar la información recolectada en campo a fin de elaborar los diferentes capítulos del Estudio de Impacto Ambiental.

#### 2.4.5.4.3.2 Actividades

Las actividades planeadas para la etapa de poscampo correspondieron al conjunto de acciones y aspectos que se organizaron, sistematizaron y analizaron a partir de la información recopilada en la etapa de campo y que permitieran proceder con la elaboración del documento del Medio Socioeconómico y Cultural, de acuerdo con la Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010, la Guía para la Definición, Identificación, Delimitación del Área de Influencia, 2018 y los Términos de Referencia M-M-INA-01 de 2014.

Las actividades más importantes de esta fase fueron las siguientes:

- Reunión Poscampo con Ecopetrol S.A.
- Delimitación de las áreas de Influencia Definitiva del Medio Socioeconómico teniendo en cuenta cartografía base, infraestructura socioeconómica y cultural, dinámicas poblacionales, evaluación de impactos significativos que se pudieran generar durante las diferentes etapas del proyecto.
- Sistematización, organización y análisis de la información recopilada en la etapa de campo, con el fin de elaborar el documento Capítulo 5.3 Caracterización del Medio Socioeconómico, en cuanto a los lineamientos de participación y socialización con las comunidades y las dimensiones demográfica, espacial, económica, cultural, político organizativo, tendencias del desarrollo, plan de contingencia y resumen ejecutivo.
- Consolidación de anexos a partir de los instrumentos diligenciados en campo, solicitudes de información y soportes de reunión, entre otros.
- Realización de la zonificación ambiental de acuerdo con la evaluación de impactos desde el componente socioeconómico y cultural.
- Desarrollo del taller de homologación de impactos con el equipo de trabajo empleando como soporte los talleres de impactos trabajados con la participación de la comunidad y lo evidenciado durante el trabajo de campo.
- Elaboración de las medidas de manejo sociales (fichas): estrategias, programas y propuestas orientados a la prevención, protección, mitigación o compensación de los impactos que se pueden generar por desarrollo del proyecto, de acuerdo con los lineamientos establecidos.

- Elaboración de las fichas de monitoreo y seguimiento social, de acuerdo con las medidas de manejo sociales como objetivos, metas, actividades, responsable e indicadores entre otros que permitan garantizar su cumplimiento.
- Diligenciamiento de la Base de Datos Geográfica -GDB- del Medio Socioeconómico y Cultural, de acuerdo con el área de influencia definitiva establecida.
- Elaboración de la cartografía temática para el Medio Socioeconómico y Cultural del proyecto, identificando las unidades territoriales del área de influencia, la infraestructura socioeconómica y cultural del área, a partir de los metadatos y la Geodatabase.
- Generación de la bibliografía temática.
- Correcciones y ajustes solicitados ante la revisión del documento por parte de Ecopetrol S.A., para así proceder a la validación del documento.

#### **2.4.5.4.3.3 Cronograma de actividades**

A continuación, se presenta el cronograma de las actividades desarrollados durante esta etapa. En la Tabla 2.112 se relacionan las actividades, los responsables y tiempos de ejecución de esta etapa.

**Tabla 2.112 Cronograma etapa de Post Campo**

No	ACTIVIDADES	RESPONSABLES	DÍAS ESTIMADOS	SEMANAS ESTIMADAS																			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.	Organización, sistematización y digitalización de los productos proveniente las reuniones ejecutadas en la etapa de campo (Anexos, coordinadas, fotos, etc.)	Profesionales sociales de ConcolBy WSP	4	■																			
2.	Organización, sistematización, digitalización y tabulación de las fichas veredal, urbana y cultural.	Profesionales sociales de Concolby WSP	4	■																			
3.	Elaboración del Capítulo 5.3 de Caracterización del Medio Socioeconómico y Cultural	Profesionales sociales de ConcolBy WSP	70		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■									
4.	Evaluación de impactos en los escenarios SIN y CON proyecto	Profesionales sociales de Concolby WSP	20								■	■	■										
5.	Elaboración de la Zonificación Ambiental	Profesionales sociales de Concolby WSP	15											■	■								
6.	Diligenciamiento de la Geodatabase	Profesionales sociales de Concolby WSP	10												■	■							
7.	Elaboración del PMA	Profesionales sociales de Concolby WSP	10													■	■						
8.	Elaboración del PSM	Profesionales sociales de Concolby WSP	10															■	■				
9.	Organización de anexos	Profesionales sociales de Concolby WSP	6																		■	■	
10.	Validación del documento	Profesionales sociales de Concolby WSP	5																				■
<b>Total</b>				<b>224 (7,5 meses)</b>																			

Fuente: Concolby WSP, 2019

#### 2.4.5.4.3.4 Recursos

A continuación, en la Tabla 2.113 se relacionan los recursos requeridos para el desarrollo de las actividades planteadas en esta etapa.

**Tabla 2.113 Recursos y actividades de la etapa Poscampo**

Recursos	Actividades
Físicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fichas de caracterización de las unidades territoriales menores que hacen parte del área de influencia del proyecto.</li> <li>- Matrices diligenciadas durante el taller de impactos y medidas de manejo.</li> <li>- Actas y registros de asistencia diligenciados durante las reuniones efectuadas con los grupos de interés.</li> <li>- Soportes de reunión: registro fílmico y registro fotográfico.</li> <li>- Soportes de invitaciones a reuniones virtuales, formatos de entrega de materiales impresos (cartillas y volantes), formatos de registro de preguntas y respuestas.</li> <li>- Documentos digitales y en físico proporcionados por las entidades de interés.</li> <li>- Términos de Referencia M-M-INA-01 de 2014</li> </ul>
Humanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Profesionales sociales de Concolby WSP</li> <li>-Profesionales del área ambiental y técnica</li> <li>-Profesionales SIG</li> <li>-Profesionales de Aseguramiento de Ecopetrol S.A.</li> </ul>

Fuente: Concolby WSP, 2019

#### 2.4.5.4.3.5 Otros temas logísticos

En cada una de las reuniones se contó con material de apoyo que facilitó el entendimiento de los temas. Una de estas herramientas fue la presentación en Power Point, cuyo contenido incluyó al menos los objetivos de la reunión, el orden del día, la presentación de los participantes, alcance del proyecto, aspectos del EIA, preguntas y comentarios adicionales.

Para la población infantil (entre los 3 y los 12 años) que participó en las reuniones se les proporcionó figuras para colorear y rompecabezas para distraerse mientras se hacía la exposición de la temática a tratada (Ver Anexo Capítulo 2 / 2.4.5 Medio Socioeconómico / Anexo 19\_Material\_Lúdico).

De acuerdo con el scouting social adelantado en el área se identificó que el servicio de energía es intermitente, por tanto, en las reuniones se contó con las presentaciones de Power Point en medio físico (ploteadas) organizadas en rotafolios a medio pliego.

En cuanto a otros temas logísticos, teniendo en cuenta la duración de los espacios de reunión con la comunidad, se proporcionó refrigerios y almuerzos a los asistentes, cuya preparación estuvo a cargo de la comunidad y su compra a cargo de la empresa. Adicionalmente, para el transporte de materiales y acceso a los sitios de reunión, se realizó la contratación de transporte mular para optimizar el desplazamiento y como apoyo para el traslado de los equipos cuando no fue posible el acceso en transporte vehicular.

#### 2.4.5.5 Servicios Ecosistémicos

La metodología para la caracterización de los servicios ecosistémicos del Área de Influencia del Estudio de Impacto Ambiental -EIA- para la modificación de la Licencia Ambiental del Área de Perforación Exploratoria – APE Medina Occidental, se realizó de acuerdo con los requerimientos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible –MADS- en los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para Proyectos de Perforación Exploratoria de Hidrocarburos M-M-INA-01 (0421 de 20 de marzo de 2014) y la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010.

A continuación, se presenta la descripción de los aspectos metodológicos en su marco conceptual, actividades de recolección, análisis y procesamiento de información para caracterizar los servicios ecosistémicos.

#### **2.4.5.5.1 Fase Pre Campo**

Durante esta etapa se recopiló y revisó la información secundaria existente para el área del proyecto, así como las fuentes temáticas pertinentes: cartografía, documentos, informes, publicaciones, que sirvieron como referente para realizar la diagnosis preliminar de los servicios ecosistémicos presentes en el área de estudio, y se planeó de la adquisición de información en campo.

Las fuentes consultadas fueron:

- Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE)
- Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010.
- Servicios ecosistémicos: un enfoque introductorio con experiencias del occidente colombiano, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente – (ECAPMA]
- Introducción al enfoque de los servicios ecosistémicos a escala local Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)
- Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. Revista científica Ecosistemas
- Valoración de los servicios ecosistémicos como herramienta para la toma de decisiones, WWF Iniciativa Amazonia Viva
- Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: Aspectos conceptuales y metodológicos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH)
- Biodiversidad, servicios ecosistémicos y el reto de la inclusión Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Productos Forestales no Maderables de CORPOCHIVOR. Una mirada a los regalos del bosque. Bogotá. Colombia, CORPOCHIVOR

- Especies forestales representativas del suroriente de Boyacá. Árboles de CORPOCHIVOR
- Biodiversidad Caribe: servicios ecosistémicos Universidad del Norte, 2014.
- Plantas útiles de la cuenca del Orinoco. Enrique Acero

#### 2.4.5.5.2 Fase de Campo

Para la identificación del uso, la tendencia y los beneficios de los servicios ecosistémicos por parte de la comunidad se aplicaron tres métodos de levantamiento de información primaria: entrevistas estructuradas, cartografía y matrices sociales. Esta información se complementó con los resultados de la caracterización del área de influencia, la evaluación ambiental y el capítulo demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales. La descripción de los métodos de levantamiento de información primaria se presenta a continuación. (Anexo 5.5 Servicios Ecosistémicos).

##### 2.4.5.5.2.1 Entrevistas estructuradas

Para identificar el uso de servicios ecosistémicos, la dependencia por parte de la comunidad, así como la tendencia percibida, se realizaron entrevistas estructuradas a los habitantes del área de intervención, así como en los barrios y las veredas que conforman el área de influencia social del proyecto. La entrevista estuvo compuesta por seis (6) secciones con 55 preguntas en total, distribuidas como se muestra a continuación:

- **Sección A Información operacional:** Ocho (8) preguntas acerca de datos sobre lugar y fecha de la entrevista
- **Sección 1 Información del entrevistado:** Siete (7) preguntas acerca de datos sobre la persona a la que se le realizó la entrevista.
- **Sección 2 Servicios de aprovisionamiento:** 16 preguntas para la identificación de los servicios de aprovisionamiento en el área de estudio, así como su importancia y la dependencia de la comunidad.
- **Sección 3 Servicios de regulación:** Siete (7) preguntas para la identificación de los servicios de regulación en el área de estudio.
- **Sección 4 Servicios culturales:** Siete (7) preguntas sobre los servicios culturales en el área de estudio, su importancia y tendencia.
- **Sección 5 Observaciones:** Tres (3) espacios abiertos para describir las observaciones sobre la vereda, los SSEE y los entrevistados.

##### 2.4.5.5.2.2 Elaboración de mapas y matrices sociales

Durante los talleres de identificación de impactos del componente social se realizó la recolección de información de servicios ecosistémicos, a través de dos métodos; Una cartelera con la matriz de servicios ecosistémicos, en donde se reunió información escrita sobre la relación de la comunidad y los ecosistemas, específicamente en temas de plantas silvestres (Alimentación, leña, uso medicinal, madera, fibras, resinas, decoración, recreación, etc.), Fauna (Caza, pesca, industria, medicina, zoocria, mascotas, productos, plagas, dispersión de semillas, hábitat), Cuerpos hídricos (Pesca, acuicultura, transporte,

captación superficial, uso industrial o agrícola, vertimientos), Uso del suelo (Cultivos, ganadería, extracción de material, protección, fertilidad) y otros beneficios (Educación, cultural, limpieza de aire, regulación de temperatura, sitios religiosos naturales, arqueológicos, sitios de recreación, ecoturismo), identificando para cada servicio; su uso, ubicación, frecuencia, cantidades, nivel de dependencia y consecuencias. (Ver Figura 2.80)

Es importante que los participantes entiendan y realicen el ejercicio con éxito, por lo que se debe presentar un marco de referencia, cuyo objetivo es proporcionar a la comunidad la información necesaria antes de iniciar con la identificación de los servicios ecosistémicos.

Los temas que se deben tratar en esta parte son: Qué son los servicios ecosistémicos, qué es un ecosistema y cuáles son las categorías generales de los servicios ecosistémicos. Esta presentación del tema se debe realizar de manera clara y con un lenguaje adecuado con el fin de que los asistentes comprendan e interioricen los conceptos proporcionados.

**Figura 2.80 Matriz de Servicios ecosistémicos que se identifican en el barrio Bethel del municipio de Medina.**

ConCol by WSP		Matriz de Servicios Ecosistémicos que se identifican en el territorio				ecopetrol	
Fecha: 25 febrero de 2020	Municipio: Medina	Unidad Territorial: Barrio Bethel					
Departamento: Guainía							
Nombre de Participantes:	1.	5.	9.				
	2.	6.	10.				
	3.	7.	11.				
	4.	8.	12.				
Servicio ecosistémico	Uso	Lugar donde se encuentra / usa	Frecuencia con la que se usa	Cantidad que se requiere	Consecuencias de este uso		
Bugos - Almacenamiento	Andamios	Casas (barrio)	Diario - (semana Santa)	Alto	Lluvia excesiva (sumo las aguas).		
Leña	Cocinas, Cercas, muebles	Periferia	Frecuente	Baja (esporádica)	Aproximadamente 100kg (cabeza 'vejiga')		
Medicinal (condensado, mentado, hojas)	Creación de 'nastidos' y 'fiabre'	Busques Periferia del casco urbano.	Situacional (Siempre)	Baja	Aproximadamente 100kg (cabeza 'vejiga') sin perjuicio para la planta.		
Pijos, mimbres (cañabon y aguaní)	Canastos y matras	Busques cercados Periferia	Dependiendo de la disponibilidad	Baja, depende de la necesidad	Riesgo de del aprovechamiento.		
Recreación	Balneario	Humos, Guazaparo, Guazaparo, Guazaparo	Alta, relacionada a temporadas de lluvia y vacaciones		Residuos, basura, contaminación. No hay FOTER.		
Hábitat	Recreación y descanso	Barrio San Gregorio, Sanio, Bethel / Albergue			Espacios naturales de conservación, policultivos.		
Pesca	Riesgo a otros servicios pesca. Es un riesgo para, cada persona.	Guazaparo, Humos, Guazaparo, Guazaparo	Siempre de creación del nivel del río	Baja (baja cantidad)	Disminuye la cantidad de peces.		
Calor y Deshidratación	Guasadero Vertimientos	Periferia Casco Urbano	Frecuente	Alto	Disponibilidad del recurso		
Alojo	Agricultura	Sanio Bethel					

Fuente: Concolby WSP, 2020

Adicionalmente, se elaboró el mapa de servicios ecosistémicos, espacializando los servicios en cada unidad territorial, para esto, al mismo tiempo que los asistentes identificaban cada uno de los servicios ecosistémicos en la matriz, por medio de etiquetas autoadhesivas con diferentes elementos del ecosistema por componente (Abiótico, Biótico y Socioeconómico) (Figura 2.81), la comunidad, sobre un mapa base, realizó la ubicación aproximada de los elementos identificados.

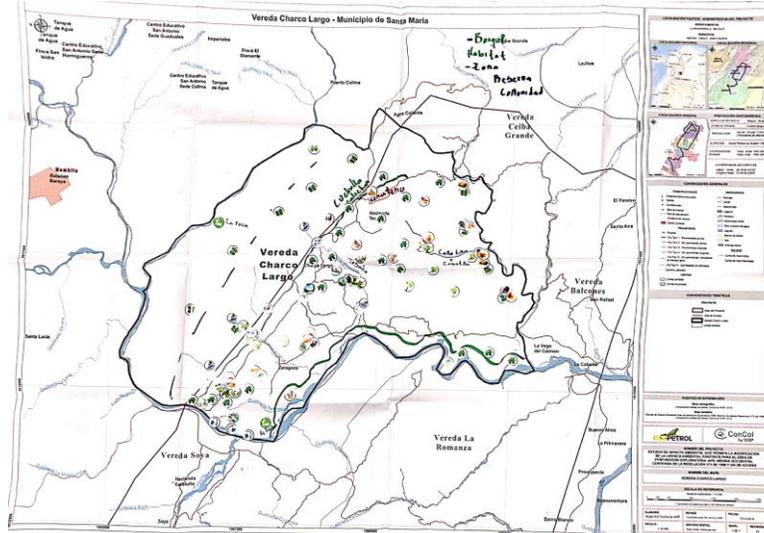
**Figura 2.81 Listas de chequeo utilizadas en el taller de servicios ecosistémicos realizados con la comunidad**

Componente físico	Componente biótico	Componente socioeconómico
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Límite con unidades territoriales</li> <li>— Ríos, quebradas, lagos, pantanos</li> <li>— Carreteras, caminos, senderos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Áreas de donde se extraen <b>alimentos de animales</b> silvestre</li> <li>Áreas de donde se extrae la <b>madera</b></li> <li>Áreas de donde se obtiene <b>leña</b></li> <li>Áreas en donde se obtienen <b>productos de animales</b></li> <li>Áreas en donde se obtienen <b>plantas medicinales</b></li> <li><b>Animales</b> que controlan plagas y pestes</li> <li>Áreas que son el <b>hábitat de animales</b> silvestres y <b>plantas</b> silvestres</li> <li>Áreas en donde se obtienen <b>plantas</b> para <b>jardines y decoración</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Instituciones educativas</b></li> <li><b>Viviendas</b></li> <li><b>Centros de salud</b></li> <li><b>Plazas de mercado</b> o zonas de acopio de <b>productos agrícolas</b></li> <li>Áreas o sitios en donde se realizan charlas de <b>educación ambiental</b></li> <li>Áreas o sitios que <b>nos gustan</b> porque las reconocemos como <b>nuestras</b></li> <li>Áreas o sitios importantes porque hacen parte del <b>legado cultural</b> de nuestros <b>antepasados</b></li> <li>Áreas en donde se obtienen <b>plantas o animales</b> que se utilizan en <b>fiestas tradicionales</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Áreas o sitios de donde obtiene el <b>agua</b></li> <li>Sitios en donde se deja la <b>basura</b> (basureros, rellenos sanitarios)</li> <li>Sitios en donde de dejan las <b>aguas sucias</b> o negras</li> <li>Áreas o sitios de donde se extrae <b>material de cantera</b></li> <li>Áreas o vegetación que <b>limpian el aire</b></li> <li>Áreas o vegetación que <b>protegen el agua y/o la limpian</b></li> <li>Áreas para la <b>ganadería</b> y cría de <b>especies menores</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Áreas de donde se practica la <b>pescía</b> o la <b>acuicultura</b></li> <li>Áreas de donde se extraen <b>animales</b> para la <b>zootecia</b></li> <li>Áreas en donde se obtienen productos del bosque como <b>fibras, resinas, mimbrés, etc.</b></li> <li>Áreas en donde se obtienen <b>animales silvestres</b> para <b>mascotas</b></li> <li>Animales que ayudan en la <b>polinización</b> o <b>dispersión de semillas</b></li> <li><b>Animales silvestres</b> o <b>plantas silvestres</b> importantes para la <b>industria</b></li> <li>Áreas en donde se obtienen <b>plantas</b> usadas como <b>condimentos</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Salón social</b></li> <li><b>Canchas deportivas</b></li> <li><b>Centros religiosos y cementerios</b></li> <li>Áreas en donde se obtienen los <b>materiales</b> para elaborar <b>artesanías</b></li> <li>Áreas o sitios en donde <b>instituciones</b> realizan sus <b>investigaciones</b></li> <li>Áreas o sitios que son <b>sagrados</b>, nos <b>inspiran</b>, por las cuales sentimos <b>respeto</b></li> <li>Áreas o sitios importantes para la <b>recreación</b> y el <b>turismo</b></li> </ul>

Fuente: Concolby WSP, 2020

El resultado final fue un mapa que contenía todos los servicios ecosistémicos y otros elementos importantes para la población y su localización aproximada u asociación con áreas definidas por la misma comunidad, como se observa en la Figura 2.82.

**Figura 2.82 Mapa de servicios ecosistémicos vereda Charco Largo del municipio de Santa María.**



Fuente: Concolby WSP, 2020

### 2.4.5.5.3 Fase Post Campo

Con la información recolectada en campo para la caracterización de los ecosistemas terrestres y acuáticos, y con información secundaria, se determinó la potencialidad de diferentes unidades de análisis de prestar servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, regulación y/o culturales dentro del área de influencia del proyecto APE Medina Occidental, sin importar si son usados por los ciudadanos o si son percibidos sus beneficios.

Se establecieron las relaciones entre las unidades de análisis (Coberturas, cuerpos de agua, Fauna potencial) y los servicios ecosistémicos que ofrecen para el bienestar humano a través de los procesos, funciones, estructura biológica y elementos físicos que componen esas unidades, siguiendo la correlación que se muestra en la Tabla 2.114.

**Tabla 2.114 Relación entre las unidades de análisis y los servicios ecosistémicos que ofrecen**

TIPO	SSEE	MEDIO	COMPONENTE	UNIDAD DE ANÁLISIS	
Aprovisionamiento	Suministro de agua	Abiótico	Hidrología	Cuerpo de agua	
			Hidrogeología	Agua subterránea	
			Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
		Alimento	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
		Madera	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
		Fibras y resinas	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
		Artesanías	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
		Biomasa	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
		Recursos genéticos	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
		Carne, pieles, plumas y otros productos derivados de animales	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
		Productos bioquímicos, medicinas naturales, productos farmacéuticos	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
		Plantas medicinales	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
		Plantas ornamentales	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
		Mascotas y fauna ornamental	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
		Ingredientes naturales	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
		Arena y roca/otros minerales o agregados	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
		Pesca y acuicultura	Abiótico	Hidrología	Cuerpo de agua
		Comunicaciones (transporte)	Abiótico	Hidrología	Cuerpo de agua
		Regulación	Ganadería	Biótico	Ecosistemas
Zoocría	Biótico		Ecosistemas	Cobertura de la tierra	
Agricultura	Biótico		Ecosistemas	Cobertura de la tierra	
Control de la erosión	Biótico		Ecosistemas	Cobertura de la tierra	
Regulación de la calidad del aire	Biótico		Ecosistemas	Cobertura de la tierra	
Regulación hídrica y	Abiótico		Hidrología	Cuerpo de agua	

TIPO	SSEE	MEDIO	COMPONENTE	UNIDAD DE ANÁLISIS
	purificación del agua	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
	Control biológico	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
			Ecosistemas	Fauna
	Polinización y dispersión de semillas	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
			Ecosistemas	Fauna
	Mantenimiento de hábitats para especies singulares	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
	Fertilidad del suelo	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
	Regulación del clima	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
	Regulación riesgos naturales	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
	Recarga de agua subterránea	Abiótico	Hidrogeología	Agua subterránea
Reserva de carbono	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra	
Culturales	Educación ambiental	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
	Conocimiento científico	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
	Conocimiento ecológico local	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
	Identidad cultural y sentido de pertenencia	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
	Disfrute estético	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
	Disfrute espiritual	Socioeconómico y cultural	Cultural	Comunidades no étnicas y étnicas
	Recreación y turismo	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra
	Patrimonio Cultural	Socioeconómico y cultural	Arqueológico	Arqueología
			Cultural	Comunidades no étnicas y étnicas
Uso tradicional de la biodiversidad	Biótico	Ecosistemas	Cobertura de la tierra	

Fuente: Concolby WSP, 2020

Posteriormente, con los datos obtenidos en las encuestas de servicios ecosistémicos, la información del mapa social y la matriz de servicios ecosistémicos de cada una de las unidades territoriales (veredas y barrios) del área de influencia del proyecto, obtenidos en el segundo momento de socialización y los resultados de la caracterización del área de influencia, se percibe la dependencia de las comunidades a los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, de regulación y culturales

Con el propósito de cualificar la dependencia de las comunidades a los servicios ecosistémicos, se utilizaron los criterios descritos en la Tabla 2.115, que se obtuvieron a partir de los diferentes métodos de identificación de los servicios ecosistémicos.

**Tabla 2.115 Criterios para definir el grado de dependencia de las comunidades a los servicios ecosistémicos**

GRADO DE DEPENDENCIA DE L PROYECTO A LOS SERVICIOS ECOSISTEMICOS	
<b>Dependencia alta</b>	Los medios de subsistencia de la comunidad dependen directamente del servicio
<b>Dependencia media</b>	La comunidad se beneficia del servicio ecosistémico, pero su subsistencia no depende directamente del mismo.
<b>Dependencia baja</b>	La comunidad se beneficia del servicio ecosistémico, pero su subsistencia no depende directa ni indirectamente del servicio.

Fuente: Concolby WSP, 2020

Adicional a la cuantificación de la dependencia de las comunidades a los servicios ecosistémicos, se identificó la relación del proyecto con los servicios ecosistémicos, para tal fin se identificaron las actividades que requieren el uso directo y estimando el grado de dependencia por medio de los siguientes criterios (ver Tabla 2.116).

**Tabla 2.116 Criterios para definir el grado de dependencia del proyecto a los servicios ecosistémicos**

GRADO DE DEPENDENCIA DEL PROYECTO A LOS SERVICIOS ECOSISTEMICOS	
<b>Dependencia alta</b>	Las actividades que hacen parte integral del proyecto requieren directamente del servicio ecosistémico
<b>Dependencia media</b>	Algunas actividades secundarias que hacen parte integral del proyecto requieren directamente del servicio ecosistémico
<b>Dependencia baja</b>	Las actividades principales o secundarias del proyecto no requieren directamente del servicio ecosistémico

Fuente: Concolby WSP, 2020

Seguido a esto, teniendo en cuenta la información proveniente del proceso caracterización ambiental del área de interés del proyecto, la información suministrada por la población encuestada y con otra información suministrada en los talleres de identificación y caracterización de servicios ecosistémicos se identifican zonas o sitios donde se desarrollan actividades que prestan algún servicio ecosistémico a la población del área de influencia del proyecto, (Ver Figura 2.83).

**Figura 2.83 Proceso de zonificación de los SSEE identificados**



Fuente: Concolby WSP, 2020

### 2.4.5.5.3.1 Impacto del proyecto a los servicios ecosistémicos

Para determinar los impactos potenciales en los sitios que prestan servicios ecosistémicos en la zona, por el desarrollo de las actividades del proyecto, se partió de la evaluación ambiental y sus ámbitos de manifestación, los cuales son objeto de intervención por parte del proyecto. El primer paso, fue determinar la relación entre los servicios ecosistémicos, los impactos, sus ámbitos de manifestación y la actividad del proyecto que la produce, para luego obtener la calificación de cada ámbito por cada actividad, según la evaluación de cada profesional a cargo. Luego, se seleccionó la calificación más alta para cada actividad para cada ámbito de manifestación para cada uno de los impactos. El paso a paso de este ejercicio se muestra en la Figura 2.84.

**Figura 2.84 Paso a paso para determinar el impacto del proyecto sobre los servicios ecosistémicos**



Fuente: Concolby WSP 2018.

El nivel del impacto final se determinó según el cruce de las categorías de dependencia de la comunidad y la importancia final del impacto, cuyo referente se presenta en la Tabla 2.117.

**Tabla 2.117 Cálculo del nivel de importancia del impacto del Servicio ecosistémico**

IMPACTO	DEPENDENCIA POR PARTE DE LA COMUNIDAD*		
	Alta	Media	Baja
Importancia final del impacto			
Masivo	Alto	Alto	Alto
Mayor	Alto	Alto	Medio
Localizado	Alto	Medio	Bajo
Menor	Medio	Bajo	Bajo
Leve	Bajo	Bajo	Bajo
Sin Impacto	Sin impacto	Sin impacto	Sin impacto

\*Los criterios para la cualificación del impacto, son los establecidos en los términos de referencia 2018.

Fuente: Concolby WSP, 2018

#### **2.4.5.6 Componente arqueológico**

Según lo estipulado por la normatividad vigente con respecto a Patrimonio Arqueológico, el “Régimen legal y lineamientos técnicos de la arqueología preventiva en Colombia” (ICANH, 2010), establece que en los proyectos cuya zona puntual de intervención todavía no se tiene definida, como es el caso del presente proyecto pues se trata de una modificación a la licencia ambiental existente, se debe realizar una caracterización arqueológica del área total mediante una revisión de los estudios generales de la región acompañado de una inspección visual de la zona. El producto de estas actividades genera un diagnóstico arqueológico que incluyan una zonificación arqueológica preliminar, identificando puntos de interés y posible material en superficie, además de proponer la realización de prospecciones arqueológicas en las áreas específicas que serán impactadas por las obras (ICANH, 2010, pág. 10 y 11).

El diagnóstico arqueológico corresponde a la primera fase del programa de arqueología preventiva, y busca a partir de información primaria y secundaria caracterizar arqueológicamente el área del proyecto que será objeto de la solicitud de modificación de la licencia ambiental. En este sentido es importante mencionar que durante esta fase (Diagnóstico Arqueológico) del programa de arqueología preventiva no es necesario presentar al ICANH una solicitud de autorización de intervención sobre el patrimonio arqueológico y por tal motivo tampoco un informe final, debido a que como ya se mencionó, la realización del diagnóstico no implica una intervención directa sobre el patrimonio arqueológico, la información de campo recolectada para su realización consiste en inspecciones visuales del área de interés.

En este sentido, en la presente sección se describe específicamente las actividades que se desarrollarán con el fin desarrollar el Diagnóstico Arqueológico. La metodología incluye una serie de actividades precampo, campo y poscampo. A continuación, se incluye un desglose de las tareas que se adelantarán en cada una de las etapas.

##### **2.4.5.6.1 Precampo**

Inicialmente se realiza un reconocimiento geográfico del área en donde se ubica el proyecto a través de cartografía y otros insumos digitales. Esta manera de reconocimiento permite conocer las unidades geográficas, geomorfológicas, hidrológicas, y en general, el paisaje de la zona y sus diferentes sectores. Estos elementos son importantes para empezar a establecer una zonificación arqueológica base, con la cual se verificará el área del proyecto durante los recorridos en campo.

Adicionalmente, en esta etapa se inicia una labor de revisión de fuentes secundarias (etnohistóricas) y de los antecedentes de investigaciones arqueológicas en la zona. Esta actividad continúa durante la conformación del documento final en la fase de poscampo. Este estudio incluye la revisión de las bases de datos del ICANH para recuperar información espacial de los hallazgos en el marco de otros proyectos, así como una lectura juiciosa de los informes de investigaciones realizadas en la zona para obtener más detalles respecto a los tipos hallazgos, su ubicación en el paisaje (por ejemplo, si estos se encontraron en terrazas, cerca de fuentes fluviales, humedales, entre otros), los tipos de suelos en los que

recuperaron, y en general, lo que concluyen estas investigaciones. Esto, junto con el reconocimiento de las características físicas de la zona, permiten establecer qué tipo de evidencias arqueológicas se puedan encontrar, y posibles ubicaciones dentro del polígono que requieran de una verificación más detallada en campo para desarrollar con mayor precisión una zonificación arqueológica.

Posteriormente, se realiza concretamente una preparación del periodo de campo en donde se organizan los instrumentos e insumos requeridos para facilitar los recorridos al área de influencia del proyecto.

#### **2.4.5.6.2 Etapa Campo**

Teniendo en cuenta las características geomorfológicas de la zona, se realizan recorridos en áreas en donde la topografía lo permita y con mayor potencial arqueológico (teniendo en cuenta geomorfología y pendiente), realizando una inspección de suelos en perfiles expuestos y en la superficie de suelo con el fin de identificar las características estratigráficas del sector, verificar la presencia de materiales arqueológicos en superficie e identificar posibles fuentes de materias primas, como depósitos de granito u otros tipos de rocas útiles. Así mismo, se revisarán los abrigos rocosos con el fin de identificar posibles evidencias de Arte Rupestre (pictografías y petroglifos) y canteras de materia prima para monolitos, ya que existe evidencia de ambos tipos de sitios en el sector de piedemonte. También se identificarán cambios antrópicos en el paisaje, incluyendo la presencia de estructuras abandonadas, linderos de predios antiguos, y zonas (surcos) de cultivo. Otro elemento importante es la observación y descripción de los tipos de actividades antrópicas que se desempeñan actualmente o que impactan directamente el área de influencia del proyecto. Finalmente, se reconfirmarán los datos fisiográficos identificados en la fase precampo, y se verificarán sitios de posible interés arqueológico como, terrazas, cimas de lomas, aplanamientos naturales y zonas no inundables cerca a fuentes fluviales.

Adicionalmente, se recolectará información ofrecida por los lugareños sobre la aparición de evidencias arqueológicas, incluyendo también la presencia de arte rupestre y estructuras líticas (monolitos). Adicionalmente, se indagará sobre el conocimiento popular que se tiene de los indígenas que habitaron la zona en caso de que la comunidad tenga información transmitida en sus familias de manera oral. Así mismo, se visitarán las alcaldías de por lo menos dos municipios del área del proyecto, con el fin de reconocer la capacidad de gestión de recursos culturales y ubicar las casas de la cultura, museos y/o parques arqueológicos.

Todas estas actividades serán insumos importantes para la consolidación del documento final y la zonificación arqueológica preliminar del área de influencia del proyecto. Todas las actividades contarán con un registro fotográfico y geográfico que se incluirá en el texto final.

#### **2.4.5.6.3 Etapa Post Campo**

Inicialmente, se procesará la información recuperada en campo, incluyendo el insumo fotográfico y geográfico. Una vez se procesen los datos, se complementará la descripción del área del proyecto con figuras y tablas descriptivas, e información relevante que se utilizará en el capítulo que describe la zonificación arqueológica. Así mismo, se continuará

revisando los antecedentes arqueológicos de la zona para complementar y evaluar el potencial arqueológico del área de influencia.

Estas actividades permitirán establecer una zonificación arqueológica preliminar, que tendrá en cuenta criterios como la geomorfología, la geología, las coberturas y las investigaciones realizadas en el área influencia, esto permitirá identificar diferentes niveles de potencial arqueológico para cada una de estas variables, y finalmente la sumatoria de eventos permitirá realizar la siguiente fase del Programa de Arqueología Preventiva en caso de requerirla el ICANH.

El Diagnostico Arqueológico, entonces consignará toda la información acerca de los procedimientos y resultados obtenidos a partir de la revisión de información primaria y secundaria (arqueológica y ambiental) y del recorrido realizado al área de interés. En general el documento tendrá la siguiente estructura:

- Presentación del área de estudio: Incluye información de localización del proyecto, características bióticas y abióticas de la zona, y las características técnicas de la modificación de la licencia ambiental.
- Antecedentes arqueológicos: Se describen las investigaciones arqueológicas realizadas en la zona y sus respectivos hallazgos. Adicionalmente, se incluye información etnohistórica, y los posibles recuperados de habitantes locales recuperadas en campo.
- Resultados del reconocimiento en campo: Se incluyen los resultados puntuales de la salida de campo, fotografías y detalles sobre las características del paisaje.
- Zonificación arqueológica preliminar: Teniendo en cuenta toda información, se delimita áreas con potencial alto, medio y bajo.
- Consideraciones finales: Se establecen unas conclusiones generales en cuanto a Patrimonio Arqueológico, su potencial y las medidas más adecuadas a tomar en cuenta para futuras fases a realizar parte del Programa de Arqueología Preventiva, en caso de que el ICANH lo considere necesario.

Este documento se radicará ante el ICANH, quien estipulará la medida más pertinente a seguir para asegurar el manejo y protección del patrimonio arqueológico.

#### **2.4.6 Zonificación Ambiental**

Con el fin de consolidar, a forma de resumen, el proceso de caracterización que se encuentra consignado en los numerales 2.4.3 Medio abiótico, 2.4.4 Medio biótico, 2.4.5 Medio socioeconómico del presente capítulo, se plantea a partir del proceso de zonificación ambiental, plasmar los elementos que durante el proceso de caracterización se consideraron los más relevantes y más representativos de cada uno de los componentes evaluados en el área de influencia, basado en el análisis de sensibilidad (grado de fragilidad y vulnerabilidad) de las unidades abióticas, bióticas o sociales existentes en el área. Para el caso de paisaje, se consideró que este elemento al ser transversal e integrado por elementos considerados en los medios citados anteriormente, no se contempló en el proceso de zonificación ambiental, ya que se estarán sobrevalorando elementos insumo que fueron considerados para paisaje y que fueron contemplados en los demás medios,

376

como es el caso de la geomorfología (contemplado inicialmente la estabilidad geotécnica) y las coberturas de la tierra.

De esta forma, la zonificación ambiental, se usó como una herramienta que permite a partir de la espacialización de criterios o aspectos físicos, bióticos y socioeconómicos, determinar de forma integral el grado de sensibilidad ambiental para cada uno de los ecosistemas o espacios existentes en el área de influencia. En el proceso de zonificación, se sectorizó un área compleja, en unidades relativamente homogéneas, caracterizadas con respecto a factores físicos (Estabilidad geotécnica, suelos, hidrogeología, hidrología y amenazas naturales), factores biológicos (coberturas de la tierra, fragmentación y conectividad de ecosistemas y áreas de importancia para la flora y fauna) y factores socioeconómicos (Dimensiones:político-administrativa, económica, espacial, demográfica y cultural).

Esta distinción de zonas se logró a partir de la integración de los elementos a evaluar por medio de mapas temáticos a nivel del área de influencia, los cuales presentan una valoración del grado de sensibilidad de cada elemento, determinada a partir de su fragilidad y/o vulnerabilidad; así como de los servicios ambientales potenciales que puedan presentar y puedan verse comprometidos. Una vez valorados individualmente cada uno de los elementos, se superpusieron con el fin de realizar la categorización y priorización de aquellas áreas que presentan cierto grado de sensibilidad. De esta forma, se tuvo por medio de la zonificación, la distribución espacial de sensibilidad ambiental, lo que refleja la vulnerabilidad que presenta cada uno de los ecosistemas o sectores de un área determinada frente a los impactos (Delgado 2012), y que pueden derivarse de los procesos de intervención.

Para evaluar las unidades o elementos ambientales identificados, ante la ejecución de las diferentes actividades del proyecto, se partió de los lineamientos establecidos en los Términos de Referencia M-M-INA-01, para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para Proyectos de Perforación Exploratoria de Hidrocarburos.

#### **2.4.6.1 Zonificación ambiental en términos de sensibilidad e importancia**

La caracterización ambiental realizada para los medios abiótico, biótico y socioeconómico del área de influencia del proyecto se resume en los conceptos de sensibilidad e importancia; por un lado, dado por las zonas más frágiles y vulnerables, y por otro lado, dado por las zonas que presentan un mayor potencial de brindar servicios ambientales. En este sentido, se utilizan los siguientes términos en el proceso de evaluación de los diferentes elementos para la construcción de la zonificación ambiental:

**Sensibilidad:** Capacidad intrínseca del elemento natural, comunidad o ecosistema que lo hace más o menos susceptible a ser alterado o capacidad intrínseca del elemento natural, comunidad o ecosistema que lo hace más o menos susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas a él. Se manifiesta en el nivel de tolerancia, estabilidad o resiliencia ante determinada intervención generada por una condición o acción exógena. Siendo más sensible aquel que es alterado con una leve intervención o modificación, presentando mayores dificultades para recuperarse o volver a su estado original (ECOPETROL, 2015).

**Importancia:** La importancia ambiental de un elemento natural, comunidad o ecosistema está dada por la capacidad de ofrecer o prestar bienes o servicios sociales, económicos, culturales y/o ambientales al entorno en el que se encuentre, ya sean estos de soporte, regulación o provisión (ECOPETROL, 2013).

En consecuencia, se procedió a identificar la sensibilidad (grado de fragilidad y vulnerabilidad) de las unidades abióticas, bióticas o sociales existentes en el área de influencia, las cuales, a través de un juicio de expertos se califican empleando rangos de clasificación jerárquicos sobre la base de los registros cuantitativos y cualitativos descritos en la línea base ambiental. Esta clasificación permitió identificar los diversos niveles de sensibilidad a partir de la capacidad de reversibilidad y resistencia de los elementos identificados, bajo la clasificación definida en la Tabla 2.118. De igual forma, se valoró la importancia considerada como la capacidad de prestación de bienes y/o servicios ambientales, económicos y culturales por parte de los diferentes elementos del sistema hacia su entorno (Tabla 2.119).

**Tabla 2.118 Categorías de calificación para Sensibilidad (S)**

CLASIFICACIÓN		SENSIBILIDAD
MUY BAJA	1	Elemento natural, comunidad o ecosistema muy poco susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente fuertes.
BAJA	2	Elemento natural, comunidad o ecosistema poco susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente fuertes. Son tolerantes a la perturbación con buena capacidad de recuperación en el mediano plazo de forma natural.
MEDIA	3	Elemento natural, comunidad o ecosistema moderadamente susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente leves. Son moderadamente tolerantes a la perturbación con capacidad de recuperación en el mediano plazo, mediante la adopción de medidas de manejo.
ALTA	4	Elemento natural, comunidad o ecosistema susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente leves. Son intolerantes a la perturbación con baja capacidad de recuperación en el largo plazo, en las que se deben adoptar medidas de manejo. Se reconocen en este nivel los siguientes: <ol style="list-style-type: none"> <li>i. Áreas de recuperación ambiental - áreas erosionadas, de conflicto por uso del suelo o contaminadas.</li> <li>ii. Áreas de riesgo y amenazas: áreas de deslizamientos e inundaciones.</li> <li>iii. Áreas de producción económica: áreas ganaderas, agrícolas, mineras, entre otras.</li> <li>iv. Resguardos y territorios colectivos de comunidades étnicas y reservas campesinas.</li> </ol>
MUY ALTA	5	Elemento natural, comunidad o ecosistema muy susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente leves. Son muy intolerantes a la perturbación con muy baja o ninguna capacidad de recuperación en el largo plazo. Dentro de ellos se pueden mencionar los siguientes: <ol style="list-style-type: none"> <li>i. Áreas de especial significado ambiental: Áreas naturales protegidas, ecosistemas sensibles, rondas.</li> <li>ii. Corredores biológicos - zonas con especies endémicas, amenazadas o en peligro crítico, áreas de cría, reproducción, alimentación y anidación, zonas de paso de especies migratorias.</li> <li>iii. Áreas de importancia sociocultural: Asentamientos humanos, infraestructura física y social, infraestructura de importancia histórica, arqueológica y cultural.</li> </ol>

Fuente: ECOPETROL, 2015

**Tabla 2.119 Categorías de calificación para Importancia (I)**

CLASIFICACIÓN		IMPORTANCIA
MUY BAJA	1	Elemento natural, comunidad o ecosistema con muy baja capacidad de generar u ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea, por lo que ante cualquier alteración no pone en riesgo el suministro o equilibrio del ecosistema puesto no presentan variación en su potencial.
BAJA	2	Elemento natural, comunidad o ecosistema con baja capacidad de generar y ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea, por lo que ante cualquier alteración no pone en riesgo el suministro o equilibrio del ecosistema, dado que no se ve alterada su capacidad de oferta en el corto plazo.
MEDIA	3	Elemento natural, comunidad o ecosistema con moderada capacidad de generar y ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea, por lo que ante cualquier alteración pone puede poner en riesgo el suministro o equilibrio del ecosistema, dado que se altera ligeramente su capacidad de oferta en el corto plazo, reflejando una disminución en tal capacidad.
ALTA	4	Elemento natural, comunidad o ecosistema con alta capacidad de generar y ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea, por lo que ante cualquier alteración pone en riesgo el suministro o equilibrio del ecosistema en el corto plazo.
MUY ALTA	5	Elemento natural, comunidad o ecosistema con muy alta capacidad de generar y ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea, por lo que ante cualquier alteración pierden su capacidad de oferta en el corto plazo, poniendo en muy alto riesgo el suministro o equilibrio del ecosistema.

Fuente: ECOPETROL, 2015

#### 2.4.6.2 Correlación Sensibilidad/Importancia (S/I)

Para cada uno de los elementos sometidos a evaluación, se realizó una clasificación de acuerdo con su naturaleza en los diferentes grados de sensibilidad e importancia. De esta forma, la aptitud de un elemento ante una actividad de intervención estuvo dado por el grado de sensibilidad y el nivel importancia que represente de forma individual, los cuales posteriormente fueron integrados para obtener el grado de sensibilidad y el grado de importancia ponderados para cada uno de los medios y finalmente el grado de sensibilidad/importancia para los tres (3) medios; obteniendo una correlación de estos dos parámetros, donde a mayor sensibilidad/Importancia, se tiende a representar aquellas áreas con gran importancia, pero a la vez una alta susceptibilidad a presentar daños; mientras que a menor sensibilidad/Importancia, se tiende a representar aquellas áreas con baja importancia y baja susceptibilidad a presentar daños. Estas correlaciones pueden variar generando diferentes grados de aptitud, siendo estas correlaciones construidas empleando una matriz de decisión en la que interactúan los cinco (5) niveles de sensibilidad y cinco (5) niveles de importancia, definidos anteriormente, con el objetivo de determinar la relación de Sensibilidad/Importancia (S/I), que denota la vulnerabilidad y el potencial de servicios ambientales de estas áreas.

La matriz de decisión para la Sensibilidad/Importancia se muestra en la Tabla 2.120.

**Tabla 2.120 Matriz de interacciones Sensibilidad/Importancia (S/I)**

SENSIBILIDAD		Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
IMPORTANCIA		5	4	3	2	1
↓	Muy Alta	MUY ALTA (5.0)	MUY ALTA (4.5)	ALTA (4.0)	ALTA (3.5)	MEDIA (3.0)
	Alta	MUY ALTA (4.5)	ALTA (4.0)	ALTA (3.5)	MEDIA (3.0)	MEDIA (2.5)
	Media	ALTA (4.0)	ALTA (3.5)	MEDIA (3.0)	MEDIA (2.5)	BAJA (2.0)
	Baja	ALTA (3.5)	MEDIA (3.0)	MEDIA (2.5)	BAJA (2.0)	BAJA (1.5)
	Muy Baja	MEDIA (3.0)	MEDIA (2.5)	BAJA (2.0)	BAJA (1.5)	MUY BAJA (1.0)

Fuente: Modificado de Concol 2012, ECOPEPETROL S.A., 2015

### 2.4.6.3 Proceso de consolidación y construcción de la zonificación ambiental

Las áreas homogéneas de sensibilidad y las áreas homogéneas de importancia generadas al interior de cada criterio o elemento de evaluación fueron agrupadas sistémicamente para cada uno de los componentes (abiótico, biótico y socioeconómico), empleando para ello una función característica de los Sistemas de Información Geográfica denominada “overlay”, obteniendo así áreas homogéneas con similares niveles de sensibilidad y áreas homogéneas con similares niveles de importancia al interior de los medios abiótico, biótico y socioeconómico; siendo la importancia ponderada y la sensibilidad ponderada cruzadas para obtener posteriormente las zonificaciones intermedias en términos de Sensibilidad/Importancia.

Finalmente, el resultado de la síntesis de la zonificación en el espacio geográfico del estudio corresponde al cruce de las zonificaciones intermedias de Sensibilidad/Importancia para los tres medios (abiótico, biótico y socioeconómico).

### 2.4.6.4 Elementos representativos en el proceso de zonificación ambiental

A continuación, en la Tabla 2.121 se presenta el resumen de los elementos de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, con los cuales se considera posible adelantar la síntesis ambiental del área de influencia a través de los resultados obtenidos en el proceso de caracterización llevado a cabo en la línea base.

**Tabla 2.121 Elementos tipificadores de los medios abiótico, biótico, socioeconómico**

FÍSICO/ABIÓTICO	BIÓTICO	SOCIOECONÓMICO
Estabilidad geotécnica	Coberturas de la tierra	Político administrativo
Aptitud del Suelo (uso potencial)	Fragmentación de ecosistemas	Económica
Hidrogeología (Vulnerabilidad del acuífero)	-	Espacial
Hidrología (índice de escasez)	-	Demográfica
-	-	Cultural

Fuente: Concolby WSP, 2020

Cada uno de estos elementos son en principio categorizados, de forma genérica, en diferentes grados de sensibilidad e importancia a manera de criterios de calificación aplicados al contexto del área de influencia.

#### **2.4.7 Demanda, uso y aprovechamiento de recursos naturales**

En el presente numeral se encuentran las metodologías relacionadas con los permisos, usos y aprovechamientos de los recursos naturales a solicitar ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA necesarios para el alcance del proyecto, tales como: puntos de captación de agua superficial, vertimientos para disposición final de aguas residuales en suelos, ocupaciones de cauce, materiales de construcción, aprovechamiento forestal, y emisiones atmosféricas.

##### **2.4.7.1 Aguas superficiales**

Para la determinación de las fuentes de captación para el desarrollo del Área de Perforación Exploratoria Medina Occidental, se siguieron las etapas que se describen a continuación:

###### **2.4.7.1.1 Etapa Precampo**

Con el fin de identificar posibles tramos de aprovechamiento hídrico se llevó a cabo el siguiente proceso:

En primer lugar, ECOPETROL S.A suministró la ubicación de unos puntos preliminarmente seleccionados en la zona.

En segundo lugar, el equipo consultor hizo la revisión de estos puntos basados en la imagen satelital y cartografía. Adicionalmente y teniendo en cuenta los siguientes criterios, el equipo consultor hizo la propuesta de unos puntos de captación adicionales. En total se definieron preliminarmente 12 puntos de captación.

- Vías de acceso a las franjas de aprovechamiento
- Área de drenaje suficiente para proporcionar caudal aprovechable
- Restricciones legales
- Áreas de interés para el proyecto

Posteriormente se hizo una revisión y análisis de la información contenida en los Planes de Ordenamiento y Manejo de las Cuencas Hidrográficas del Guavio, Humea y Garagoa. Adicionalmente, se revisó la información cartográfica de la zona en las entidades municipales e información técnica suministrada por Ecopetrol, la cual fue complementada con información del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), SIRH, IDEAM y CorpoChivor.

Así mismo se revisó las series de las estaciones hidroclimatológicas del área, con el fin de caracterizar las condiciones espaciales y temporales de las principales variables en los puntos definidos preliminarmente para captación.

#### 2.4.7.1.2 Etapa Campo

Durante el trabajo de campo se verificó la factibilidad de las propuestas realizadas en el plano de referencia para realizar las actividades de captación para el proyecto en el APE Medina Occidental, para definir la aprobación, modificación o eliminación de las franjas preliminares en la visita de campo se consideraron las siguientes características:

- Acceso predial
- Estado actual de las vías de acceso a las franjas de aprovechamiento.
- Afectación de la cobertura vegetal.
- Disponibilidad del recurso
- Espacio para Maniobrabilidad del carrotanque usado para el transporte del agua o para la instalación de una motobomba fija.
- Usos y usuarios del agua, arriba y abajo de las franjas de aprovechamiento.
- Pendiente del cauce, viabilidad para su adecuación
- Estabilidad geotécnica de las márgenes del río

Para la verificación de estos criterios el equipo consultor realizó un recorrido 1 km aguas arriba y 1 km aguas abajo para la identificación de los usos y usuarios asociado al cuerpo de agua, verifico las condiciones de la zona y tomó registro fotográfico.

#### 2.4.7.1.3 Etapa Post Campo

Con el fin de dar cumplimiento a los términos M-M-INA-01 del 2014 se procedió a realizar la jerarquización y codificación de la red hidrográfica perteneciente al área de influencia del proyecto, se realizó siguiendo lo establecido en el documento: Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia (IDEAM, 2013) el cual tuvo su base metodológica en la Resolución 0337 del 4 de abril de 1978, así como el Decreto 1640 de 2012.

Seguidamente se procedió a determinar la capacidad de los puntos propuestos mediante la determinación del régimen hidrológico y teniendo en cuenta la demanda existente sobre el cuerpo de agua. La estimación de caudales se desarrolló con la metodología expuesta en el numeral 2.4.3.8 del presente capítulo, la cual se basó en dos métodos el primero mediante un modelo de lluvia – escorrentía, tal como lo es el método racional, el cual se adopta para áreas de drenaje máxima o igual a 2,5 km<sup>2</sup> (INVIAS, 2009) y el segundo método el cual involucra la regionalización de caudales de factor de traslado; dicho factor relaciona las áreas y precipitaciones medias de cada cuenca a resolución mensual, haciendo uso de los datos de la estaciones limnimétricas y/o limnigráficas localizadas en inmediaciones a la zona de estudio.

Finalmente, partiendo de la información de campo, de los caudales estimados de los cuerpos de agua y de las necesidades del recurso hídrico para el proyecto, se definieron once (11) tramos o franjas de captación. Su ubicación se puede observar en la Tabla 2.122.

**Tabla 2.122 Puntos de Captación solicitados para APE Medina Occidental**

ID Final (Homologado)	CAPTACIÓN (ID Campo)	CAUCE	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		VEREDA	MUNICIPIO
			ESTE	NORTE		
C1	C1	Río Saguea	1086474,95	1012912,79	Vereda Soya	Ubalá
C2	C2	Caño Vaive	1084249,81	1008326,9	Vereda Puerto Rico	Ubalá
C3	C3	Río Guavio	1086690,93	1014595,37	Vereda Soya DER Vereda Charco Largo IZQ	Ubalá Santa María
C4	C4	Caño Feo (Río Jagua)	1085501,13	1003385,37	Vereda Jagua DER Vereda El Carmen IZQ	Medina Ubalá
C5	C5	Caño San Isidro	1086053,38	1009414,32	Vereda Soya	Ubalá
C6	C6	Río Gazajujo	1087326,05	1004687,64	Vereda El Carmen	Ubalá
C7	C8	Quebrada La Romaza	1093488,06	1011930,32	Vereda La Romanza	Ubalá
C8	C9	Río Guavio	1093979,23	1015411,63	Vereda Balcones - IZQ La Romaza - DER	Santa María Ubalá
C9	C10	Quebrada Yacoreña	1091929,93	1018975,33	Vereda Ceiba Grande	Santa María
C10	C11	Río Saguea	1087339,43	1013804,42	Vereda Soya	Ubalá
C11	C12	Río Saguea	1083424,43	1008749,23	Vereda Puerto Rico	Ubalá

(\*) ID Campo: Corresponde al ID asignado durante la fase de campo; ID Final (Homologado): Corresponde al ID definitivo de los puntos, posterior al procesamiento de la información de campo.

Fuente: Concolby WSP, 2020

#### 2.4.7.2 Vertimientos para disposición final de aguas residuales en suelos

El proyecto contempla las siguientes alternativas de disposición de aguas residuales:

- Vertimiento sobre el suelo en zonas de disposición de aguas residuales (ZODAR) mediante campos de aspersión.
- Riego/ Irrigación/ Humectación en vías.
- Entrega a terceros autorizados.
- Entrega parcial o completa a otra(s) operación(es) de Ecopetrol S.A u otras compañías operadoras del sector.

Teniendo en cuenta lo anterior, el vertimiento mediante campos de aspersión es una de las alternativas solicitadas para aprobación de la disposición de las aguas residuales (AR) tratadas. Estas zonas de disposición de aguas residuales (ZODAR) corresponderán a áreas anexas a cada locación y se ubicarán en función de las características de los suelos que permitan realizar este procedimiento.

La metodología utilizada para la determinación de las unidades cartográficas de suelo con mayor aptitud para la disposición de aguas residuales y posterior diseño de ZODAR y su respectiva modelación comprendió tres fases, las cuales se explican a continuación:

#### 2.4.7.2.1 Etapa Precampo

Para la determinación de los suelos con mayor aptitud para la disposición de las aguas residuales tratadas se realizó un levantamiento de suelos del área de influencia del APE Medina partiendo de la información de suelos de los departamentos de Boyacá y Cundinamarca a escala 1:100.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi como base para para fotointerpretación a partir de sensores remotos, llevando las Unidades Cartográficas de Suelos (UCS) a una escala semidetallada (1:25.000).

Además de contar con la información de los estudios generales de suelos de los departamentos de Boyacá y Cundinamarca del IGAC, también se realizó una interpretación de las imágenes AW3D de resolución de 5 metros y Worldview del 2017 con una resolución de 50cm para una mayor definición de las geformas.

Una vez realizada la reinterpretación de geformas y compilada la información de suelos del área de influencia del APE Medina se realizó la estructuración de la leyenda de suelos con base a la fisiografía, clima y componentes taxonómicos presentes en el área.

Obtenida esta información se procedió a hacer el planteamiento de los puntos de muestreo de suelos para cubrir el área que por metodología IGAC (2014) se requiere para levantamientos semidetallados. Se priorizaron las unidades de paisaje asociadas a áreas mal drenadas, dada su importancia ambiental y las cuales constituyen una información base para la identificación de ecosistemas. Para el desarrollo del trabajo de campo se contó con un formulario digital para el levantamiento de la información de suelos en función del cumplimiento de los términos de referencia establecidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.

#### 2.4.7.2.2 Etapa de Campo

La fase de campo comprendió las actividades de verificación de unidades fisiográficas y geomorfológicas, además de la ejecución del muestreo de las unidades de suelos y respectiva prueba de infiltración.

Para este análisis en campo se verificó el material parental de los suelos, pendientes, condición de drenaje y sitios de erosión. Se validaron las delimitaciones de los paisajes fisiográficos que habían sido determinados en la fase de pre-campo a través de la fotointerpretación.

Durante la fase de campo se realizó el levantamiento de la información de suelos por medio de puntos de muestreo de observación (cajuelas), comprobación (barrenadas) e identificación (calicata) para cubrir las unidades cartográficas. Se tomaron muestras de suelo de los puntos de identificación (calicatas), tanto para el análisis de los parámetros físicos como de los químicos. Además, se analizaron *in situ* los siguientes aspectos; profundidad en centímetros, nomenclatura, epipedón, endopedón, color matriz en húmedo, moteados, fragmentos de roca, materiales orgánicos, textura, estructura, consistencia, concentraciones, poros, raíces, reacciones, límites, compactación, infiltración y pH; de manera adicional se incluyeron los aspectos externos de la forma de terreno identificada.

A las muestras de suelo tomadas en campo fueron entregadas al laboratorio, en donde se analizaron los siguientes parámetros:

- **Parámetros físicos:** Densidad aparente, densidad real, retención de humedad a diferentes tensiones (0,3 y 15 bar) y textura.
- **Parámetros químicos:** Capacidad de intercambio catiónico real y específica, conductividad eléctrica, pH, materia orgánica, fósforo disponible, azufre, boro, aluminio intercambiable, calcio, magnesio, potasio, sodio, hierro, cobre, manganeso, cinc y acidez intercambiable.

Se realizó una segunda fase de campo posteriormente a la determinación de las áreas aptas para el vertimiento de agua residual tratada, esto con el fin de puntualizar la caracterización de los suelos presentes en dichas áreas y atender los requerimientos de los parámetros especificados en la normatividad referente a la solicitud del permiso de vertimientos (Decreto 050 de 2018, Decreto 1076 de 2015 y Decreto 3930 de 2010).

#### 2.4.7.2.3 Etapa Post Campo

Después de tomada la información de campo se realizó el ajuste de las delimitaciones de las unidades cartográficas de suelos, lo cual permitió realizar ajustes y validar la información secundaria procesada en la etapa de precampo a partir de la extrapolación de información. Además, se realizó la verificación de la clasificación taxonómica del contenido pedológico de cada unidad cartográfica de suelos, de acuerdo con Clave para la Taxonomía de Suelos SoilSurvey Staff, publicadas por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos USDA (2014). A partir de esta información se realizó la clasificación de tierras por capacidad de uso o uso potencial y se validó el uso actual del suelo.

Una vez consolidada esta información se procedió a la delimitación de las áreas aptas para vertimiento de aguas residuales, para ello se tuvieron en cuenta los siguientes criterios; exclusión de áreas con pendiente superior al 25%, rondas hídricas, rondas a la infraestructura social, coberturas boscosas y áreas con nivel freático superficial.

Luego de delimitadas las áreas aptas para el vertimiento se realizó el diseño de los campos de aspersión para cada una de las unidades cartográficas de suelo allí presentes teniendo en cuenta el caudal de vertimiento estimado que corresponde a 2,7 l/s, esto permitió evidenciar la necesidad de 2 Ha por locación para la realización del vertimiento de acuerdo con las características propias de cada suelo. A partir del diseño de estos campos, la estimación del vertimiento y las características propias del agua residual a verter se realizaron las modelaciones del movimiento de solutos en el suelo en cumplimiento con lo establecido por la autoridad ambiental en los Decreto 050 de 2018, Decreto 1076 de 2015 y Decreto 3930 de 2010. La metodología empleada para dicha modelación se presenta a continuación:

#### 2.4.7.2.3.1 Vertimiento en suelos

En este numeral se presenta la metodología que se utilizó para realizar la solicitud del

permiso de vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales sobre el suelo, generadas por las actividades del proyecto de explotación para el APE Medina y cumpliendo con los lineamientos establecidos en los términos de referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para Proyectos de Explotación de Hidrocarburos (MAVDT, en adelante, MinAmbiente, 2010), Decreto 3930 del 2010, Decreto 1076 del 2015 y Decreto 050 de 2018; con el fin de obtener autorización para realizar vertimiento en suelos.

En este estudio se utilizó el software HYDRUS 1D que modela el flujo de agua y transporte de solutos en una dimensión (Simunek, Van Genuchten, & Sejna, 1998). El software HYDRUS1D está desarrollado en elementos finitos y soluciona numéricamente la ecuación de Richards (1931) para determinar el flujo de agua en medios porosos con contenido de humedad variable, incluyendo la ecuación de advección-dispersión para el flujo de calor y transporte de solutos:

Dónde:

- $h$  es la cabeza de presión [L],
- $\theta$  es el contenido de humedad volumétrico [L<sup>3</sup>L<sup>-3</sup>],
- $t$  es el tiempo [T],
- $x$  es la coordenada espacial [L] (positive hacia arriba),
- $S$  es el termino sink [L<sup>3</sup>L<sup>-3</sup>T<sup>-1</sup>],
- $\alpha$  es el ángulo entre la dirección de flujo y el eje vertical (p.e,  $\alpha = 0$  para flujo vertical,  $90$  para flujo horizontal, and  $00 < \alpha < 90$  para flujo inclinado), y
- $K$  es función de la conductividad hidráulica para suelos no saturados.

El software HYDRUS 1D, fue utilizado para encontrar el tiempo de viaje a través de la zona no saturada de dos posibles contaminantes: el cloruro (Cl<sup>-</sup>) y el sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), que se consideran para efectos de esta modelación como elementos conservativos, es decir poco reactivos química y biológicamente, lo que implica que difícilmente se acumulan en el suelo o se transforman en otros componentes o se biodegradan; de esta manera, sus concentraciones son definidas por procesos físicos como la precipitación y la evapotranspiración. Al no existir pérdidas por adsorción en los suelos o por transformación en procesos biológicos o químicos, las concentraciones originales de cloruro y sulfato pueden llegar a los depósitos de aguas subterráneas de una región, afectando su calidad rápidamente a corto y mediano plazo. En la simulación se consideró que el flujo de agua es advectivo, que su dirección es vertical y que los contaminantes viajan mezclados con el agua.

El tiempo de viaje indica qué tanto puede residir el contaminante en el suelo, sufrir fenómenos que conlleven a su decaimiento, transformación, acumulación y/o desaparición. Para medir el tiempo de viaje se simuló un evento de infiltración con HYDRUS 1D, a través de la columna del perfil modal por un período de un año, tomado como 1 periodo hidrológico completo.

En la modelación se definió como condición de contorno o borde en la superficie, la precipitación y la evapotranspiración diaria; mientras que la condición de borde al fondo de la columna de suelo fue definida como drenaje libre hacia la zona saturada.

La simulación se hace de manera puntual para una columna de suelo de la cual se conocen las siguientes características por estrato: espesor, material, profundidad de raíces y parámetros de la ecuación de Richards (1931). Estos últimos corresponden a valores teóricos consignados en la base de datos del software, que se obtienen a partir de las características físicas propias de cada estrato u horizonte del suelo (porcentaje de arcilla, arena, limo, densidad aparente, entre otros).

Para la solución de la ecuación de flujo de agua se empleó la curva característica de humedad de Van Genuchten (1980). Los parámetros de la curva ( $\theta_r$ ,  $\theta_s$ ,  $\alpha$ ,  $n$  ( $m = 1-1/n$ ) y  $K_s$ ) se han calculado con base en las clases texturales mediante las funciones de edafotransferencia contenidas en el software.

El transporte de solutos se resolvió con un modelo en equilibrio (Simunek et al., 1998) en el que se asume que dichos elementos no sufren fenómenos de adsorción o intercambio catiónico durante su recorrido por el medio poroso. Tal como se mencionó anteriormente, se modeló el transporte de dos solutos: cloruro y sulfato. La simulación requiere valores de parámetros del suelo que influyen en el transporte de los solutos, e información sobre las propiedades de difusión de los solutos en el agua. Para el caso del presente estudio se utilizaron los datos de densidad aparente relacionados a los perfiles sobre los cuales se solicitará el permiso de vertimiento en suelo y que están presentes en el Anexo 05, Componente Suelos. También se tuvo en cuenta el coeficiente de difusión molecular en agua que para el Cloruro es de 44,4 mm<sup>2</sup>/d (R. Kerry, 1996) y para el sulfato es 92,0 mm<sup>2</sup>/d (Samson, Marchand, & Snyder, 2003).

Las condiciones de contorno con relación al transporte de solutos fueron definidas así: en el límite superior los solutos sólo entran al suelo a través del agua residual dispuesta más la precipitación, y en el límite inferior se permite el flujo libre de los mismos.

Una vez se introdujeron los parámetros edáficos y las variables climatológicas, el software simuló el recorrido de los solutos y/o contaminantes seleccionados en la zona no saturada. El tiempo de recorrido de cada sustancia se conoce como tiempo de viaje del contaminante.

En el capítulo 7, numeral 7.4, vertimiento del presente estudio, se presenta de manera detallada la metodología empleada para la modelación, así como los resultados obtenidos.

#### **2.4.7.3 Ocupaciones de cauces**

Con el objeto de permitir la conectividad mediante vías de acceso (a adecuar o construir) en el APE Medina Occidental se solicitará el permiso de ocupaciones de cauce, el cual corresponde a los permisos requeridos para la construcción e intervención de obras sobre cuerpos de agua permanentes e intermitentes, estos drenajes corresponden a los cuerpos de agua sobre los cuales se pretende realizar la construcción de obras civiles (Alcantarillas, Box Coulverts, Puentes y/o Pontones).

#### **2.4.7.3.1 Etapa Precampo**

Teniendo en cuenta las actividades propuestas en esta modificación es posible que sea necesaria la construcción, adecuación y/o reforzamiento de infraestructura para el paso de corrientes de agua; dicha infraestructura corresponde principalmente a obras para dar continuidad a las vías, por lo anterior en primer lugar se procedió a identificar de manera preliminar los puntos objeto de ocupación de cauce haciendo uso de la cartografía y la imagen satelital, realizando una intersección de las vías construidas y proyectadas con los drenajes dobles y sencillos.

Seguidamente con el apoyo del profesional civil, se realizó la revisión punto a punto del resultado de la intersección vías-drenajes, descartando los que a concepto del profesional no constituían una ocupación de cauce. El resultado de este ejercicio fue la totalidad de puntos objeto de verificación en campo.

Es importante mencionar que el anterior ejercicio se llevó a cabo para el APE Medina, para la definición de las ocupaciones sobre la Vía 0, la cual va desde la Vereda el Japón al Municipio de Medina, se tomó como base la información consignada en el Diagnostico vial de ECOPETROL S.A, el cual especifica un total de 12 ocupaciones sobre esta vía y las cuales fueron objeto de revisión en campo.

#### **2.4.7.3.2 Etapa Campo**

En esta etapa se realizó un recorrido sobre cada una de las ocupaciones identificadas de acuerdo con el diagnostico vial y la revisión cartográfica preliminar de tal forma que los diferentes tramos identificados fueran categorizados dentro de un tipo de ocupación de acuerdo con las necesidades de intervención de estos por la posible construcción o adecuación de accesos.

#### **2.4.7.3.3 Etapa Post Campo**

Una vez finalizo la etapa de campo se procedió a una segunda revisión con el apoyo de diferentes disciplinas (Civil, hidrología y Ambiental), para la respectiva validación de los puntos de ocupación definidos. Con base en la información recolectada en campo por parte de los profesionales, la dinámica fluvial de los drenajes y las curvas de nivel se definieron un total de 312 ocupaciones de cauce.

De acuerdo con los términos M-M-INA-01 del 2014 para la solicitud de ocupaciones de cauce se requiere caracterizar la dinámica fluvial, caudal, estabilidad de márgenes, pendiente de taludes, gradiente del cauce y vegetación asociada de los posibles tramos o sectores a ser intervenidos

Por lo anterior con base en la información de campo se realizó la caracterización de cada ocupación y seguidamente se procedió a realizar la estimación de caudales para las áreas aferentes de cada ocupación siguiendo la metodología expuesta en el numeral 2.4.3.8 del presente capítulo, la cual se basó en dos métodos el primero mediante un modelo de lluvia – escorrentía, tal como lo es el método racional, el cual se adopta para áreas de drenaje

máxima o igual a 2,5 km<sup>2</sup> (INVIAS, 2009) y el segundo método el cual involucra la regionalización de caudales de factor de traslado; dicho factor relaciona las áreas y precipitaciones medias de cada cuenca a resolución mensual, haciendo uso de los datos de la estaciones limnimétricas y/o limnigráficas localizadas en inmediaciones a la zona de estudio.

Del mismo modo para la definición de las áreas de intervención de cada ocupación de cauce se tuvieron en cuenta las siguientes premisas

- **Ancho de la ocupación de cauce**

El ancho de la ocupación tendrá en cuenta el ancho de la vía, por lo anterior se considerarán los siguientes anchos para las áreas de intervención sobre las vías

1. Construcción de vías: 15m a cada lado del eje de la vía (Total 30 m)
2. Adecuación para caminos: 7,5 a cada lado del eje de la vía (Total 15 m)
3. Adecuación para vías existentes (diferente a caminos): 2 m en cada borde de vía (total 4 m). Incluir los anchos de vía registrados en campo.
4. Mantenimiento: Ancho de vía

- **Largo de la ocupación de cauce**

Para la definición del largo de la ocupación de cauce se tuvo en cuenta el siguiente criterio:

1. Obras <10 metros: 7,5 a cada lado del largo de la obra (Total 15 m)
2. Obras >10 metros: 15 a cada lado del largo de la obra (Total 30 m)

Por lo anterior con el objetivo de prever posibles desplazamientos de la estructura en su diseño cada punto tendrá un rango de movilidad de 100m para vías existentes y 200m para vías nuevas, donde se tendrán en cuenta criterios como cambios en el alineamiento de la vía, estabilidad de taludes, disminución de la intervención de la cobertura vegetal entre otros, buscando siempre permitir la mejor ubicación y alineamiento de la obra a construir.

El tipo de estructuras por adecuar y/o construir, serán definidas en los diseños a presentar en el PMA específico, ya sea por construcción o adecuación de vías, donde se estimará la ubicación final basados en los diseños definitivos, la Zonificación Ambiental y conceptos técnicos para prevenir y controlar las posibles afectaciones sobre el cuerpo de agua y minimizar el aprovechamiento del recurso forestal. Adicionalmente para la construcción de estas estructuras las cuales tienen como objeto permitir el paso de cuerpos de agua y zonas inundables, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

1. De <1 a 10 m se contemplan Alcantarillas (Tipo circular o tipo Box Culvert Sencillo) y estructuras tipo puente vigas reforzado.
2. Mayor a 10 m se contemplan Alcantarillas tipo Box Culvert (A partir de dos celdas) y estructuras tipo puente (Vigas reforzado, vigas metálicas, vigas presforzadas,
3. entre otros)
4. En los sitios que se cuente con infraestructura, se contempla refuerzo, y/o

reconstrucción de las obras existentes (Incluyendo bateas, box culvert, puentes, pontones, entre otras), para garantizar el paso adecuado y seguro para el tráfico del Proyecto

#### **2.4.7.4 Materiales de construcción**

En este apartado no se consideran las etapas de precampo, campo y post campo, dado que, para la adquisición de materiales de construcción como agregados pétreos, recibos y granulares en general, se obtendrán de canteras o sitios de extracción aluvial operados por terceros que cuenten con Permiso Minero y Licencia Ambiental vigente.

Por lo tanto, para la formulación del documento, se consultó a las corporaciones ubicadas dentro del área de proyecto CORPOCHIVOR y CORPOGUAVIO sobre las fuentes de material licenciadas cercanas al APE Medina Occidental y se procedió con su ubicación a través de la consulta en la Agencia Nacional Minera - ANM. En el Anexo 00. Aspectos legales, se presenta la respuesta de cada Corporación respecto a las Fuentes de Material que cuentan con Licencia Ambiental y podrían llegar a ser utilizadas dentro del desarrollo del proyecto.

#### **2.4.7.5 Aprovechamiento forestal**

De acuerdo con el artículo 2.2.1.1.1 del Decreto 1076 de 2015, el permiso de aprovechamiento forestal es “la autorización que otorga la autoridad ambiental para el aprovechamiento de un bosque en particular o de árboles aislados ubicados en predios de propiedad privada o en zonas públicas, bien sea bosque plantado o bosque natural”

Como antecedente del presente permiso se cuenta con la Resolución 373 de 1998 artículo 5 numeral 4. En donde se autoriza el aprovechamiento forestal de 26,97 m<sup>3</sup> de material vegetal correspondiente a 315 individuos.

##### **2.4.7.5.1 Etapa Precampo**

Como insumo base para el cálculo del aprovechamiento forestal se realizó la definición de las unidades de coberturas presentes en el AI del APE Medina Occidental, se desarrolló a partir de la metodología Corine LandCover adaptada para Colombia (escala 1:100000), con la finalidad de construir un mapa temático a escala 1:10.000, acorde a las necesidades del proyecto y los términos de referencia. La identificación se realizó por medio de la interpretación de imágenes satelitales y su posterior verificación en campo.

La interpretación del mosaico de una imagen satelital worldview, de resolución espacial de 50 centímetros, tomada en diciembre de 2017, se realizó teniendo en cuenta criterios fisonómicos y estructurales de la vegetación, combinados con las características fisiográficas, geomorfológicas y ecológicas del área de estudio. Se utilizaron criterios relacionados con el tipo de vegetación, tamaño de las copas de los árboles e identificación de estratos. En la fase de campo se realizó la verificación y la observación de coberturas en terreno, por medio de puntos de control que fueron previamente seleccionados de manera estratégica con la finalidad de validar y corroborar

la información que se obtuvo en la fase previa. Las coberturas presentes en el AI Medina se listan en la Tabla 2.123.

**Tabla 2.123 Coberturas en el AI Medina Occidental**

NIVEL GENERAL	CÓDIGO	COBERTURA DE LA TIERRA	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
1.Territorios artificializados	1.1.1.	Tejido urbano continuo	42,97	0,28
	1.1.2.	Tejido urbano discontinuo	9,44	0,06
	1.2.2.1.	Red vial y territorios asociados	60,86	0,39
2.Terrotorios agrícolas	2.2.1.2.	Caña	0,93	0,01
	2.2.2.1.	Otros cultivos permanentes arbustivos	0,83	0,01
	2.2.2.3.	Cacao	5,57	0,04
	2.3.1.	Pastos limpios	5881.45	37.96
	2.3.2.	Pastos arbolados	900.44	5.81
	2.3.3.	Pastos enmalezados	265,52	1,71
	2.4.1.	Mosaico de cultivos	17,38	0,11
	3.Bosques y áreas seminaturales	3.1.1.1.1.	Bosque Denso Alto de Tierra Firme	2303.13
3.1.3.2.		Bosque Fragmentado	755,61	4,88
3.1.4.		Bosque de galería y ripario	2982.67	19.25
3.2.1.1.2.1.		Herbazal denso inundable no arbolado	15,35	0,10
3.2.1.1.1.3.		Herbazal denso de tierra firme con arbustos	9,96	0,06
3.2.1.2.2.		Herbazal abierto rocoso	91,46	0,59
3.2.3.1.		Vegetación secundaria alta	853.05	5.51
3.2.3.2.		Vegetación secundaria baja	946.52	6.11
3312		Arenales	39,65	0,26
3.3.3.		Tierras desnudas y degradadas	7,84	0,05
4.Areas húmedas continentales	411	Zonas Pantanosas	1,31	0,01
5.Superficies de agua	5.1.1.	Ríos (20m)	300.01	1.94
	5.1.4.3.	Estanques para acuicultura continental	0,526	0,003
	5.1.4.4.	Jagüey	0,153087	0,001
<b>TOTAL</b>			<b>15492.684</b>	<b>100%</b>

Fuente: Concol by WSP, 2020.

#### 2.4.7.5.2 Etapa Campo

El inventario forestal se llevó a cabo mediante el establecimiento de parcelas de muestreo con una distribución al azar dentro del área de influencia del proyecto. Se identificaron las coberturas naturales y seminaturales que tuvieran mayor representatividad en cuanto a área, tamaño y forma y componente arbóreo, dando cumplimiento con los términos de referencia se calculó un error de muestreo con una probabilidad del 95% y un error de muestreo inferior al 15%.

El tamaño de las parcelas de muestreo fue de 0,1 ha (parcelas de 10 metros de ancho por 100 metros de largo) para las coberturas de Bosque de galería y ripario, Bosque denso alto de tierra firme, Bosque fragmentado, Vegetación secundaria alta y Pastos arbolados, mientras que para la Vegetación secundaria baja el tamaño fue de 0.01ha.

El tamaño de la muestra está relacionado a la cantidad de parcelas a levantar para dar cumplimiento al error de muestreo estadístico no mayor del 15% y una probabilidad del 95%".

Se levantaron unidades de muestreo de 100m x 10m (1000 m<sup>2</sup>) para 40 parcelas en el bosque de galería, 24 en el Bosque denso alto de tierra firme, 29 en el Bosque fragmentado, 32 en la vegetación secundaria alta y 45 en pastos arbolados, así mismo se realizaron un total de 68 unidades de muestreo de 10 x 10 m (100 m<sup>2</sup>) para la cobertura de vegetación secundaria baja. Para cada individuo hallado en las diferentes coberturas mencionadas, se registró su número consecutivo, nombre común, el diámetro medido a 1,3 m. (DAP en cm), altura Total (Ht) y altura comercial estimada (Hc). Las coordenadas y vereda de cada una de las parcelas se observan en la Tabla 2.124.

**Tabla 2.124 Ubicación de las parcelas empleadas en cálculo de aprovechamiento forestal**

PARCELA	COBERTURA	MUNICIPIO	VEREDA	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ			
				X INICIO	Y INICIO	X FINAL	Y FINAL
Bg-H 47	Bosque de galería	UBALÁ	El Carmen	1086057.4	1009061.3	1086055.7	1008962.8
Bg-H 48	Bosque de galería	UBALÁ	El Carmen	1085936.4	1008854.4	1085879.8	1008785.8
Bg-H 49	Bosque de galería	UBALÁ	Santa Teresa	1088309.4	1008779.6	1088321.9	1008687.5
Bg-H 50	Bosque de galería	UBALÁ	Santa Teresa	1087163.8	1006151.3	1087078.3	1006183.6
Bg-H 51	Bosque de galería	SANTA MARÍA	Charco Largo	1092235.8	1015427.2	1092182.7	1015506.3
Bg-H 52	Bosque de galería	UBALÁ	Soya	1086016.0	1010744.7	1086003.4	1010641.5
Bg-O 25	Bosque de galería	SANTA MARÍA	Charco Largo	1090195.5	1017593.0	1090140.1	1017663.7
Bg-H 53	Bosque de galería	SANTA MARÍA	Charco Largo	1092017.9	1018811.6	1091946.8	1018876.6

PARCELA	COBERTURA	MUNICIPIO	VEREDA	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ			
				X INICIO	Y INICIO	X FINAL	Y FINAL
Bg-H 54	Bosque de galería	SANTA MARÍA	Ceiba Grande	1091993.1	1020459.9	1091950.8	1020369.0
Bg-O 26	Bosque de galería	SANTA MARÍA	Ceiba Grande	1090870.0	1019609.7	1090835.6	1019693.8
Bg-O 27	Bosque de galería	UBALÁ	Soya	1086250.8	1012828.3	1086178.0	1012768.1
Bg-H 55	Bosque de galería	SANTA MARÍA	Charco Largo	1091893.2	1018387.2	1091989.2	1018394.7
Bg-O 28	Bosque de galería	SANTA MARÍA	Charco Largo	1090347.0	1017986.6	1090305.8	1018080.8
Bg-P 62	Bosque de galería	MEDINA	Choapal	1080077.3	991473.2	1080137.7	991513.4
Bg-P 63	Bosque de galería	MEDINA	Choapal	1079432.7	995352.1	1079376.5	995442.3
Bg-P 64	Bosque de galería	MEDINA	Choapal	1079931.8	993532.4	1079838.8	993548.9
Bg-O 29	Bosque de galería	UBALÁ	Gibraltar	1087677.9	1009127.4	1087672.3	1009033.7
Bg-O 30	Bosque de galería	UBALÁ	Soya	1089045.0	1013033.4	1089011.4	1013112.9
Bg-Z 40	Bosque de galería	SANTA MARÍA	Charco Largo	1089256.5	1016444.4	1089241.5	1016345.2
Bg-O 31	Bosque de galería	SANTA MARÍA	Charco Largo	1088881.9	1017729.6	1088959.4	1017663.7
Bg-H 56	Bosque de galería	UBALÁ	Soya	1086805.0	1014131.6	1086889.1	1014186.7
Bg-Z 41	Bosque de galería	UBALÁ	Gibraltar	1091039.8	1009208.0	1091135.3	1009234.5
Bg-H 57	Bosque de galería	UBALÁ	Gibraltar	1090909.7	1009606.5	1090812.6	1009577.8
Bg-O 32	Bosque de galería	SANTA MARÍA	Charco Largo	1088002.4	1016791.6	1087932.9	1016864.9
Bg-O 33	Bosque de galería	UBALÁ	Gibraltar	1090648.4	1010592.8	1090564.4	1010648.1
Bg-O 34	Bosque de galería	UBALÁ	El Carmen	1084114.0	1008135.7	1084183.8	1008194.3
Bg-Z 42	Bosque de galería	UBALÁ	Santa Teresa	1089176.3	1007832.8	1089189.4	1007744.8
Bg-O 35	Bosque de galería	UBALÁ	El Carmen	1084584.5	1006088.9	1084666.8	1006034.0
Bg-Z 43	Bosque de galería	SANTA MARÍA	Charco Largo	1088373.7	1014557.0	1088468.8	1014588.0
Bg-H 58	Bosque de galería	SANTA MARÍA	Charco Largo	1089030.1	1015436.3	1089082.8	1015522.0
Bg-Z 44	Bosque de galería	SANTA MARÍA	Charco Largo	1088278.8	1015780.0	1088363.8	1015748.3
Bg-H 59	Bosque de galería	SANTA MARÍA	Balcones	1094548.1	1015420.6	1094639.9	1015387.5
Bg-O 36	Bosque de galería	UBALÁ	El Carmen	1082044.3	1007105.5	1082123.6	1007134.0
Bg-O 37	Bosque de galería	UBALÁ	El Carmen	1089493.0	1004623.0	1089476.3	1004706.8
Bg-O 38	Bosque de galería	UBALÁ	El Carmen	1088821.0	1004002.2	1088831.2	1004073.5
Bg-Z 45	Bosque de galería	UBALÁ	Santa Teresa	1089224.7	1005878.8	1089159.6	1005832.4

PARCELA	COBERTURA	MUNICIPIO	VEREDA	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ			
				X INICIO	Y INICIO	X FINAL	Y FINAL
Bg-O 39	Bosque de galería	UBALÁ	El Carmen	1083731.7	1006873.7	1083650.0	1006929.4
Bg-Z 46	Bosque de galería	SANTA MARÍA	Balcones	1094103.8	1015671.6	1094131.7	1015759.5
Bg-H 60	Bosque de galería	SANTA MARÍA	Balcones	1092806.5	1016286.8	1092710.2	1016276.6
Bg-H 61	Bosque de galería	SANTA MARÍA	Charco Largo	1092274.7	1015347.4	1092175.6	1015343.6
Bdatf-O 1	BosqueDenso Alto	UBALÁ	Gibraltar	1089522.7	1009238.2	1089445.9	1009311.1
Bdatf-Z 15	BosqueDenso Alto	UBALÁ	El Carmen	1088624.0	1005281.2	1088705.3	1005331.0
Bdatf-O 2	BosqueDenso Alto	UBALÁ	Soya	1086736.7	1009694.3	1086771.8	1009791.2
Bdatf-Z 16	BosqueDenso Alto	SANTA MARÍA	Balcones	1093470.4	1015933.0	1093542.8	1015886.1
Bdatf-Z 17	BosqueDenso Alto	SANTA MARÍA	Balcones	1093081.9	1016608.7	1093079.0	1016724.7
Bdatf-O 3	BosqueDenso Alto	UBALÁ	Soya	1085606.8	1010725.0	1085608.3	1010818.2
Bdatf-Z 18	BosqueDenso Alto	UBALÁ	Soya	1087995.3	1013691.9	1088087.9	1013673.9
Bdatf-O 4	BosqueDenso Alto	SANTA MARÍA	Ceiba Grande	1090793.6	1020039.3	1090724.4	1019980.8
Bdatf-Z 19	BosqueDenso Alto	UBALÁ	Soya	1088574.6	1014144.4	1088513.8	1014060.7
Bdatf-O 5	BosqueDenso Alto	UBALÁ	San Pedro De Agua	1083844.6	1005850.1	1083816.2	1005760.7
Bdatf-O 6	BosqueDenso Alto	SANTA MARÍA	Ceiba Grande	1092569.2	1019119.0	1092541.5	1019038.7
Bdatf-O 7	BosqueDenso Alto	SANTA MARÍA	Ceiba Grande	1092887.6	1019563.2	1092807.6	1019606.1
Bdatf-Z 20	BosqueDenso Alto	SANTA MARÍA	Charco Largo	1086783.3	1014656.4	1086829.7	1014729.6
Bdatf-O 8	BosqueDenso Alto	SANTA MARÍA	Charco Largo	1089879.7	1017040.1	1089930.7	1017128.9
Bdatf-O 9	BosqueDenso Alto	SANTA MARÍA	Charco Largo	1090180.6	1016835.1	1090279.8	1016843.9
Bdatf-O 10	BosqueDenso Alto	UBALÁ	Gibraltar	1089450.1	1010263.3	1089387.9	1010340.3
Bdatf-Z 21	BosqueDenso Alto	UBALÁ	Santa Teresa	1090748.0	1007720.5	1090740.8	1007626.9
Bdatf-Z 22	BosqueDenso Alto	UBALÁ	La Romanza	1092639.4	1011087.2	1092660.8	1011179.8
Bdatf-O 11	BosqueDenso Alto	UBALÁ	La Romanza	1092670.8	1011311.4	1092759.4	1011321.4
Bdatf-Z 23	BosqueDenso Alto	SANTA MARÍA	Charco Largo	1091986.4	1015897.5	1092029.0	1015990.4
Bdatf-O 12	BosqueDenso Alto	UBALÁ	Soya	1088160.6	1011032.1	1088112.8	1011100.4
Bdatf-O 13	BosqueDenso Alto	UBALÁ	Santa Teresa	1087388.6	1007785.7	1087362.4	1007877.3
Bdatf-O 14	BosqueDenso Alto	UBALÁ	Santa Teresa	1087479.8	1008269.7	1087581.8	1008279.3

PARCELA	COBERTURA	MUNICIPIO	VEREDA	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ			
				X INICIO	Y INICIO	X FINAL	Y FINAL
Bdatf-Z 24	Bosque Denso Alto	SANTA MARÍA	Balcones	1094284.3	1015697.6	1094347.2	1015622.1
Bf-O 65	Bosque fragmentado	UBALÁ	El Carmen	1089075.5	1005192.5	1089112.5	1005276.0
Bf-O 66	Bosque fragmentado	UBALÁ	El Carmen	1085994.0	1005470.4	1086044.9	1005394.5
Bf-O 67	Bosque fragmentado	UBALÁ	Santa Teresa	1087147.4	1006711.1	1087053.1	1006702.8
Bf-H 84	Bosque fragmentado	UBALÁ	Soya	1086982.3	1013979.7	1087043.6	1014062.2
Bf-H 85	Bosque fragmentado	MEDINA	Jagua	1086380.2	1000949.9	1086428.1	1001020.4
Bf-H 86	Bosque fragmentado	UBALÁ	El Carmen	1086985.2	1005631.3	1086883.9	1005628.3
Bf-H 87	Bosque fragmentado	SANTA MARÍA	Ceiba Grande	1092250.8	1018919.2	1092316.5	1018992.6
Bf-O 68	Bosque fragmentado	SANTA MARÍA	Ceiba Grande	1091640.4	1019433.1	1091671.7	1019343.1
Bf-O 69	Bosque fragmentado	SANTA MARÍA	Ceiba Grande	1090583.4	1020580.6	1090570.9	1020678.0
Bf-P 89	Bosque fragmentado	MEDINA	Choapal	1078601.6	997081.2	1078565.8	997157.1
Bf-P 90	Bosque fragmentado	MEDINA	Choapal	1078000.8	997729.1	1078058.6	997675.1
Bf-P 91	Bosque fragmentado	MEDINA	Choapal	1078252.6	997470.0	1078210.5	997560.3
Bf-P 92	Bosque fragmentado	MEDINA	Choapal	1079308.4	995416.1	1079360.3	995327.9
Bf-P 93	Bosque fragmentado	MEDINA	La Zarza	1085151.2	981094.8	1085238.4	981071.4
Bf-O 70	Bosque fragmentado	UBALÁ	Soya	1084616.7	1012258.8	1084678.7	1012339.9
Bf-H 88	Bosque fragmentado	SANTA MARÍA	Ceiba Grande	1092482.6	1019104.5	1092412.7	1019041.3
Bf-O 71	Bosque fragmentado	UBALÁ	San Pedro De Agua	1084109.4	1006083.5	1084029.5	1006059.6
Bf-O 72	Bosque fragmentado	SANTA MARÍA	Ceiba Grande	1092429.3	1019439.3	1092381.2	1019516.3
Bf-O 73	Bosque fragmentado	SANTA MARÍA	Ceiba Grande	1092524.6	1020013.6	1092450.2	1019968.1
Bf-O 74	Bosque fragmentado	SANTA MARÍA	Ceiba Grande	1092421.0	1020538.5	1092346.9	1020477.3
Bf-Z 78	Bosque fragmentado	UBALÁ	Gibraltar	1091512.1	1009838.9	1091592.1	1009774.0
Bf-Z 79	Bosque fragmentado	UBALÁ	Gibraltar	1091883.0	1009938.8	1091816.1	1009862.9
Bf-Z 80	Bosque fragmentado	UBALÁ	Gibraltar	1092009.4	1010013.6	1092021.0	1010115.1
Bf-O 75	Bosque fragmentado	UBALÁ	Gibraltar	1090748.0	1010937.8	1090651.2	1010954.4
Bf-O 76	Bosque fragmentado	UBALÁ	Gibraltar	1089584.6	1010389.9	1089658.7	1010334.8
Bf-Z 81	Bosque fragmentado	UBALÁ	Gibraltar	1090464.6	1009336.0	1090570.6	1009334.7
Bf-O 77	Bosque fragmentado	UBALÁ	El Carmen	1089686.1	1004153.4	1089699.6	1004247.7
Bf-Z 82	Bosque fragmentado	UBALÁ	Santa Teresa	1090223.3	1006026.4	1090141.3	1006010.1
Bf-Z 83	Bosque fragmentado	SANTA MARÍA	Charco Largo	1092071.8	1016069.1	1092082.1	1016167.2
Pa-O 194	Pastos arbolados	SANTA MARÍA	Charco Largo	1088780.1	1016938.7	1088804.9	1016841.7
Pa-O 195	Pastos arbolados	SANTA MARÍA	Charco Largo	1088672.6	1017499.8	1088769.2	1017531.2

PARCELA	COBERTURA	MUNICIPIO	VEREDA	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ			
				X INICIO	Y INICIO	X FINAL	Y FINAL
Pa-H 223	Pastos arbolados	UBALÁ	Soya	1086695.3	1013403.4	1086661.1	1013305.1
Pa-Z 210	Pastos arbolados	MEDINA	Casco Urbano	1080126.7	991199.4	1080172.4	991289.4
Pa-P 233	Pastos arbolados	MEDINA	Choapal	1080033.8	991754.0	1080004.4	991844.9
Pa-P 234	Pastos arbolados	MEDINA	Choapal	1079975.5	992070.6	1079978.5	992167.0
Pa-P 235	Pastos arbolados	MEDINA	Choapal	1080023.0	992629.5	1080018.4	992730.3
Pa-P 236	Pastos arbolados	MEDINA	Choapal	1079958.2	993245.9	1079947.9	993333.5
Pa-O 196	Pastos arbolados	UBALÁ	Soya	1086570.2	1013600.1	1086464.8	1013593.0
Pa-O 197	Pastos arbolados	UBALÁ	Soya	1086272.4	1012702.1	1086192.2	1012641.9
Pa-O 198	Pastos arbolados	UBALÁ	Soya	1085675.1	1012216.6	1085580.9	1012226.9
Pa-O 199	Pastos arbolados	UBALÁ	Soya	1085521.7	1012314.6	1085598.2	1012381.1
Pa-Z 211	Pastos arbolados	Medina	Humea	1085685.5	978379.2	1085754.4	978443.7
Pa-O 200	Pastos arbolados	UBALÁ	Soya	1084795.0	1011000.8	1084761.6	1011093.8
Pa-O 201	Pastos arbolados	UBALÁ	Soya	1084627.5	1011165.9	1084555.5	1011095.5
Pa-O 202	Pastos arbolados	UBALÁ	Soya	1084131.7	1010897.1	1084153.4	1010805.3
Pa-O 203	Pastos arbolados	UBALÁ	Soya	1084319.2	1010578.8	1084387.0	1010645.9
Pa-O 204	Pastos arbolados	SANTA MARÍA	Charco Largo	1088774.5	1017457.5	1088778.9	1017551.4
Pa-Z 212	Pastos arbolados	SANTA MARÍA	Charco Largo	1087852.4	1015463.9	1087933.9	1015510.8
Pa-O 205	Pastos arbolados	SANTA MARÍA	Charco Largo	1088734.5	1016901.4	1088776.7	1016987.1
Pa-O 206	Pastos arbolados	SANTA MARÍA	Ceiba Grande	1090422.3	1020480.9	1090484.1	1020557.4
Pa-Z 213	Pastos arbolados	UBALÁ	Gibraltar	1091413.0	1009536.7	1091340.8	1009601.7
Pa-Z 214	Pastos arbolados	UBALÁ	Gibraltar	1091461.3	1009889.0	1091387.5	1009943.7
Pa-Z 215	Pastos arbolados	UBALÁ	Gibraltar	1091170.4	1009974.6	1091258.3	1009948.2
Pa-O 207	Pastos arbolados	SANTA MARÍA	Charco Largo	1088893.3	1017552.5	1088825.3	1017478.3
Pa-Z 216	Pastos arbolados	SANTA MARÍA	Charco Largo	1087683.8	1015295.4	1087737.5	1015224.4
Pa-O 208	Pastos arbolados	SANTA MARÍA	Charco Largo	1088834.0	1017004.5	1088925.0	1017047.4
Pa-O 209	Pastos arbolados	SANTA MARÍA	Ceiba Grande	1090484.2	1020528.8	1090584.2	1020533.6
Pa-Z 217	Pastos arbolados	UBALÁ	Gibraltar	1090851.4	1009474.6	1090775.7	1009414.5

PARCELA	COBERTURA	MUNICIPIO	VEREDA	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ			
				X INICIO	Y INICIO	X FINAL	Y FINAL
Pa-Z 218	Pastos arbolados	UBALÁ	Gibraltar	1091089.6	1009021.8	1091073.6	1009112.2
Pa-Z 219	Pastos arbolados	UBALÁ	Gibraltar	1090983.5	1008860.9	1090881.4	1008854.7
Pa-Z 220	Pastos arbolados	UBALÁ	Gibraltar	1091198.9	1009390.0	1091206.0	1009292.9
Pa-Z 221	Pastos arbolados	UBALÁ	Gibraltar	1090876.2	1010199.5	1090963.7	1010153.9
Pa-H 224	Pastos arbolados	MEDINA	Choapal	1077473.7	998327.2	1077551.5	998262.9
Pa-P 237	Pastos arbolados	MEDINA	Choapal	1079335.7	995466.6	1079392.1	995379.0
Pa-P 238	Pastos arbolados	MEDINA	Choapal	1079676.4	994889.6	1079730.1	994797.1
Pa-H 225	Pastos arbolados	SANTA MARÍA	Charco Largo	1092253.6	1015970.1	1092195.7	1015887.5
Pa-H 226	Pastos arbolados	SANTA MARÍA	Charco Largo	1092275.6	1015839.9	1092203.4	1015767.9
Pa-H 227	Pastos arbolados	SANTA MARÍA	Charco Largo	1092273.8	1015743.9	1092228.9	1015655.7
Pa-H 228	Pastos arbolados	SANTA MARÍA	Charco Largo	1092318.9	1015630.6	1092337.9	1015735.1
Pa-H 229	Pastos arbolados	UBALÁ	La Romanza	1094275.8	1014755.7	1094368.3	1014803.2
Pa-H 230	Pastos arbolados	UBALÁ	La Romanza	1094252.3	1014750.1	1094301.5	1014661.1
Pa-H 231	Pastos arbolados	UBALÁ	La Romanza	1094436.0	1014530.4	1094429.9	1014433.4
Pa-H 232	Pastos arbolados	UBALÁ	La Romanza	1094242.2	1013706.5	1094238.2	1013796.4
Pa-Z 222	Pastos arbolados	MEDINA	Gazaduje	1083477.2	997942.9	1083499.8	997850.9
Vsa-O 94	Vegetación secundaria alta	UBALÁ	El Carmen	1082495.6	1006941.1	1082428.9	1006879.3
Vsa-O 95	Vegetación secundaria alta	UBALÁ	El Carmen	1087747.3	1004550.2	1087839.7	1004535.0
Vsa-O 96	Vegetación secundaria alta	UBALÁ	El Carmen	1082931.7	1005944.9	1082866.5	1006006.2
Vsa-H 120	Vegetación secundaria alta	UBALÁ	Santa Teresa	1088724.1	1008467.1	1088785.7	1008386.4
Vsa-H 121	Vegetación secundaria alta	UBALÁ	Soya	1086292.1	1008730.9	1086331.1	1008808.7
Vsa-H 122	Vegetación secundaria alta	SANTA MARÍA	Ceiba Grande	1092101.7	1018860.3	1092179.3	1018910.8
Vsa-O 97	Vegetación secundaria alta	SANTA MARÍA	Balcones	1093473.5	1016523.1	1093393.7	1016504.6
Vsa-Z 112	Vegetación secundaria alta	SANTA MARÍA	Balcones	1093174.8	1016026.7	1093275.7	1016040.0
Vsa-H 123	Vegetación secundaria alta	SANTA MARÍA	Balcones	1092860.2	1015938.0	1092947.6	1015972.8
Vsa-O 98	Vegetación secundaria alta	UBALÁ	El Carmen	1087730.1	1004606.3	1087838.1	1004576.4
Vsa-O 99	Vegetación secundaria alta	UBALÁ	El Carmen	1087343.8	1004637.8	1087412.4	1004571.2

PARCELA	COBERTURA	MUNICIPIO	VEREDA	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ			
				X INICIO	Y INICIO	X FINAL	Y FINAL
Vsa-O 100	Vegetación secundaria alta	SANTA MARÍA	Charco Largo	1089729.6	1019838.3	1089737.6	1019739.4
Vsa-O 101	Vegetación secundaria alta	SANTA MARÍA	Charco Largo	1091668.2	1017792.6	1091728.3	1017748.2
Vsa-O 102	Vegetación secundaria alta	SANTA MARÍA	Charco Largo	1091498.9	1017498.5	1091471.4	1017430.5
Vsa-O 103	Vegetación secundaria alta	UBALÁ	Soya	1085561.6	1012390.6	1085460.7	1012381.8
Vsa-O 104	Vegetación secundaria alta	UBALÁ	El Carmen	1082858.5	1005891.5	1082875.7	1005987.4
Vsa-O 105	Vegetación secundaria alta	SANTA MARÍA	Ceiba Grande	1092109.6	1018926.8	1092172.5	1019001.9
Vsa-O 106	Vegetación secundaria alta	SANTA MARÍA	Charco Largo	1089775.2	1018829.6	1089774.4	1018929.3
Vsa-O 107	Vegetación secundaria alta	SANTA MARÍA	Ceiba Grande	1091099.2	1020892.1	1091120.8	1020798.4
Vsa-O 108	Vegetación secundaria alta	SANTA MARÍA	Charco Largo	1088297.2	1016407.5	1088358.0	1016485.6
Vsa-Z 113	Vegetación secundaria alta	UBALÁ	Gibraltar	1091116.7	1009778.0	1091169.6	1009706.1
Vsa-Z 114	Vegetación secundaria alta	UBALÁ	Gibraltar	1091648.5	1009334.0	1091550.9	1009336.3
Vsa-O 109	Vegetación secundaria alta	UBALÁ	El Carmen	1089979.4	1004904.7	1090069.5	1004874.5
Vsa-Z 115	Vegetación secundaria alta	UBALÁ	El Carmen	1090295.5	1004982.9	1090331.3	1005067.0
Vsa-Z 116	Vegetación secundaria alta	UBALÁ	Santa Teresa	1090499.6	1007777.4	1090577.1	1007836.8
Vsa-Z 117	Vegetación secundaria alta	UBALÁ	Santa Teresa	1089434.8	1007818.2	1089393.5	1007733.3
Vsa-H 124	Vegetación secundaria alta	SANTA MARÍA	Charco Largo	1087858.2	1014800.7	1087855.6	1014704.6
Vsa-O 110	Vegetación secundaria alta	SANTA MARÍA	Balcones	1095221.8	1019269.6	1095145.9	1019208.0
Vsa-Z 118	Vegetación secundaria alta	SANTA MARÍA	Balcones	1093046.4	1016007.2	1093046.9	1016104.6
Vsa-Z 119	Vegetación secundaria alta	UBALÁ	La Romanza	1093563.9	1013036.5	1093469.3	1013001.0
Vsa-O 111	Vegetación secundaria alta	UBALÁ	La Romanza	1091655.8	1011577.6	1091735.2	1011568.1
Vsa-H 125	Vegetación secundaria alta	UBALÁ	La Romanza	1094299.2	1013457.1	1094345.1	1013539.5
Vsb-O 126	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Gibraltar	1089844.4	1009172.8	1089849.9	1009184.4
Vsb-O 127	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Gibraltar	1089847.0	1009199.6	1089841.0	1009206.8
Vsb-O 128	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Gibraltar	1089528.3	1008705.1	1089537.7	1008699.4
Vsb-O 129	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Soya	1089075.9	1013037.1	1089086.1	1013033.3
Vsb-O 130	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Soya	1089104.6	1013059.2	1089113.9	1013054.6
Vsb-O 131	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Soya	1089125.6	1013033.3	1089135.4	1013029.5

PARCELA	COBERTURA	MUNICIPIO	VEREDA	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ			
				X INICIO	Y INICIO	X FINAL	Y FINAL
Vsb-O 132	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	El Carmen	1085659.3	1005410.0	1085658.0	1005420.8
Vsb-O 133	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Santa Teresa	1087957.3	1006808.6	1087969.2	1006812.1
Vsb-O 134	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Santa Teresa	1087926.7	1006962.7	1087916.4	1006973.2
Vsb-H 179	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Santa Teresa	1088076.1	1006877.4	1088088.6	1006868.6
Vsb-O 135	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Soya	1087459.4	1009874.4	1087470.1	1009881.4
Vsb-O 136	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Soya	1087467.0	1009953.2	1087479.0	1009950.6
Vsb-O 137	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Soya	1087481.1	1010024.7	1087494.0	1010033.9
Vsb-O 138	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Soya	1087525.3	1010073.1	1087537.8	1010075.7
Vsb-O 139	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Soya	1087535.8	1009972.6	1087552.3	1009968.8
Vsb-Z 169	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Charco Largo	1092619.2	1016225.0	1092626.9	1016232.3
Vsb-Z 170	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Charco Largo	1092591.4	1016229.5	1092583.3	1016221.5
Vsb-Z 171	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Charco Largo	1092554.4	1016196.8	1092552.7	1016209.5
Vsb-Z 172	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Charco Largo	1092567.8	1016225.9	1092575.6	1016221.4
Vsb-H 180	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Balcones	1093885.9	1015614.4	1093886.7	1015605.0
Vsb-H 181	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Balcones	1093893.0	1015556.1	1093893.8	1015568.7
Vsb-H 182	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Balcones	1093329.1	1015790.0	1093336.9	1015782.0
Vsb-Z 173	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Ceiba Grande	1092777.1	1016750.8	1092783.5	1016737.9
Vsb-Z 174	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Charco Largo	1092740.8	1016725.5	1092732.6	1016714.7
Vsb-O 140	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Charco Largo	1092544.3	1016645.2	1092546.6	1016630.7
Vsb-Z 175	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Charco Largo	1092796.0	1016698.0	1092812.9	1016708.7
Vsb-H 183	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Soya	1086495.5	1012658.5	1086505.0	1012652.5
Vsb-H 184	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Soya	1086502.8	1012584.9	1086494.3	1012583.3
Vsb-H 185	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Soya	1086536.3	1012584.4	1086542.4	1012595.4
Vsb-Z 176	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Soya	1088074.6	1013555.0	1088067.3	1013540.2
Vsb-Z 177	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Soya	1088061.2	1013533.5	1088053.8	1013517.5
Vsb-Z 178	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Soya	1088255.1	1013484.5	1088250.1	1013474.3
Vsb-P 190	Vegetación secundaria baja	MEDINA	Choopal	1077818.3	997968.3	1077827.9	997965.6

PARCELA	COBERTURA	MUNICIPIO	VEREDA	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ			
				X INICIO	Y INICIO	X FINAL	Y FINAL
Vsb-P 191	Vegetación secundaria baja	MEDINA	Choapal	1077733.2	997992.1	1077727.0	997991.2
Vsb-P 192	Vegetación secundaria baja	MEDINA	Choapal	1079913.3	994052.9	1079901.2	994053.4
Vsb-P 193	Vegetación secundaria baja	MEDINA	Choapal	1079944.9	994056.9	1079954.7	994057.5
Vsb-O 141	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	El Carmen	1083180.1	1005990.5	1083173.9	1006003.1
Vsb-O 142	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	El Carmen	1083205.2	1005992.1	1083210.8	1005984.8
Vsb-O 143	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	El Carmen	1083251.3	1005980.9	1083247.5	1005989.7
Vsb-O 144	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	San Pedro De Agua	1084181.9	1005964.8	1084171.7	1005964.8
Vsb-O 145	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	San Pedro De Agua	1084136.2	1005960.4	1084139.3	1005968.8
Vsb-O 146	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Gibraltar	1088584.0	1008745.1	1088575.1	1008746.3
Vsb-O 147	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Gibraltar	1088012.6	1008999.2	1088005.1	1009001.3
Vsb-O 148	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Soya	1088956.6	1013244.7	1088943.7	1013245.8
Vsb-O 149	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Soya	1088938.0	1013259.4	1088946.7	1013259.1
Vsb-O 150	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Charco Largo	1088398.1	1017055.4	1088389.5	1017061.5
Vsb-O 151	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Charco Largo	1087367.9	1015924.1	1087365.5	1015935.3
Vsb-O 152	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Charco Largo	1091386.6	1018383.6	1091403.5	1018391.4
Vsb-O 153	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Charco Largo	1091269.0	1018285.1	1091261.1	1018294.2
Vsb-O 154	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Charco Largo	1091393.5	1018128.5	1091381.8	1018122.2
Vsb-O 155	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Charco Largo	1087787.4	1016673.5	1087779.0	1016677.4
Vsb-O 156	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	El Carmen	1084516.0	1006084.1	1084512.4	1006076.8
Vsb-O 157	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	El Carmen	1084572.1	1006275.2	1084565.9	1006280.1
Vsb-O 158	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	El Carmen	1084615.7	1006384.7	1084620.4	1006380.3
Vsb-O 159	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Balcones	1095221.5	1019577.1	1095214.5	1019581.2
Vsb-O 160	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Balcones	1095156.7	1019568.9	1095150.1	1019562.1
Vsb-O 161	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Balcones	1094988.5	1019565.7	1094990.1	1019556.1
Vsb-H 186	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	La Romanza	1094269.4	1014061.1	1094259.9	1014067.5
Vsb-H 187	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	La Romanza	1094404.2	1014189.9	1094416.0	1014194.7
Vsb-H 188	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	La Romanza	1094464.1	1014802.9	1094455.7	1014810.4

PARCELA	COBERTURA	MUNICIPIO	VEREDA	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ			
				X INICIO	Y INICIO	X FINAL	Y FINAL
Vsb-H 189	Vegetación secundaria baja	SANTA MARÍA	Balcones	1093831.4	1015529.8	1093835.0	1015519.2
Vsb-O 162	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	El Carmen	1082603.4	1007263.4	1082611.1	1007263.0
Vsb-O 163	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Soya	1088168.8	1010850.8	1088169.4	1010844.5
Vsb-O 164	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	Soya	1088362.5	1010821.9	1088356.5	1010812.6
Vsb-O 165	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	El Carmen	1083242.5	1006413.3	1083234.4	1006403.2
Vsb-O 166	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	El Carmen	1083216.5	1006402.4	1083212.3	1006392.8
Vsb-O 167	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	El Carmen	1083195.6	1006383.2	1083183.2	1006389.7
Vsb-O 168	Vegetación secundaria baja	UBALÁ	El Carmen	1083177.0	1006327.2	1083178.4	1006315.0

Fuente: Concolby WSP, 2020.

#### 2.4.7.5.3 Etapa Post Campo

Durante esta etapa se realizó el cálculo del volumen comercial y total, dentro de las parcelas de muestreo, en campo se tomaron variables de tipo cuantitativo y cualitativo para los individuos en estado fustal, como: especies, CAP (centímetros a la altura de pecho), altura comercial, altura total, coordenadas cartesianas (X, Y) proyección de la copa, mediante formularios digitales para captura de datos.

Para el caso del volumen a aprovechar se buscó conocer las existencias volumétricas totales y comerciales obtenidas en el área de estudio, mediante la fórmula:

$$Vol=AB \times ht \times ff$$

Dónde:

hc = Altura comercial (m) ó ht = Altura total según corresponda.

Ff = Factor de forma 0,7

VOL = Volumen (m<sup>3</sup>)

AB = Área basal (m<sup>2</sup>)

DAP = Diámetro a la altura del pecho con corteza (medido a 1.30 m del nivel del suelo).

Para el caso de los individuos con más de un fuste se usa el DAP cuadrático, el cual se obtiene de:

$$DAP \text{ CUADRÁTICO} = \sqrt{\sum (DAP)^2 \dots n.}$$

Para determinar el error de muestreo por cobertura natural y seminatural se realizaron los cálculos estadísticos de tendencia central que se presentan en la Tabla 2.75, empleados

para determinar la variabilidad o dispersión de los datos de las muestras obtenidas en campo con respecto al total de la población.

**Tabla 2.125 Estadígrafos para el cálculo del error estadístico.**

ESTADÍGRAFO	ECUACIÓN	DESCRIPCIÓN
Media	$\bar{x} = \sum \frac{X_i}{n}$	Dónde: X <sub>i</sub> = Volúmenes totales de las parcelas n= Tamaño de la muestra.
Desviación Estándar	$S = \sqrt{\frac{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}{n-1}}$	Dónde: n= Tamaño de la muestra.
Coefficiente de Variación	$Cv\% = \left(\frac{S}{\bar{x}}\right) * 100$	Donde: S= Desviación estándar X̄= Media de los volúmenes totales
Error Estándar	$E = S \sqrt{n}$	Dónde: S= Desviación estándar n= Tamaño de la muestra.
Límites de confianza	$L = (\bar{x} \pm t^* E)$	Donde: t= Grados de libertad (n - 1), probabilidad (95%) X̄= Media de los volúmenes totales E= Error estándar
Error relativo de muestreo	$Er\% = (t^*E) / \bar{x} * 100$	Donde: t= Grados de libertad (n - 1), probabilidad (95%) X̄= Media de los volúmenes totales E= Error estándar

Fuente: Concolby WSP, 2019

En la Tabla 2.126, se presentan los resultados de los cálculos conducentes al error de muestreo para cada una de las coberturas muestreadas.

**Tabla 2.126 Estadígrafos por cobertura**

ITEM	BG	BDatf	BFvs	VSA	VSB	PA
Número parcelas	40	24	29	32	68	45
Área muestreada (ha)	4,0	2,4	2,9	3,2	0,68	4,5
Volumen muestreado (m <sup>3</sup> )	776,38	467,24	463,13	250,17	28,38	367,26
Probabilidad	95%	95%	95%	95%	95%	95%
Nivel de significancia α	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Número de parcelas (n)	40	24	29	32	68	45
T student para una probabilidad del 95%	2,023	2,069	2,048	2,040	1,996	2,015
Media (m <sup>3</sup> / Ha)	19,41	19,47	15,97	7,82	0,42	8,16
Desviación estándar (m <sup>3</sup> )	2,38	2,96	1,91	2,15	0,08	1,35
Coefficiente de variación (%)	12,26%	15,18%	11,95%	27,51%	19,66%	16,58%
Error estándar	0,38	0,60	0,35	0,38	0,01	0,20
Error de muestreo absoluto	0,76	1,25	0,73	0,78	0,02	0,41
Límite de confianza superior (m <sup>3</sup> )	20,17	20,72	16,70	8,59	0,44	8,57
Límite de confianza inferior (m <sup>3</sup> )	18,65	18,22	15,24	7,04	0,40	7,75
<b>ERROR DE MUESTREO (%)</b>	<b>3,92%</b>	<b>6,41%</b>	<b>4,54%</b>	<b>9,92%</b>	<b>4,76%</b>	<b>4,98%</b>

BG: Bosque de galería y/o ripario; BDatf :Bosque denso alto de tierra firme; BFvs: Bosque fragmentado;  
VSA: Vegetación secundaria alta; VSB: Vegetación secundaria baja; PA: Pastos arbolados

Fuente: Concolby WSP, 2020

Para culminar el ejercicio del cálculo de volumen de aprovechamiento ( $m^3$ ) a solicitar, se procedió a realizar una intersección entre la ubicación de las áreas definidas para intervención del proyecto y las coberturas de la tierra presentes, obteniendo de esta manera el área a intervenir por cada tipo de cobertura y a partir de esto el volumen a solicitar.

El ejercicio anteriormente mencionado se realizó para los siguientes tipos de áreas de intervención del proyecto:

- i. Ocupaciones de cauce
- ii. Adecuación para caminos: 7,5m a cada lado del eje de la vía (Total 15 m)
- iii. Adecuación para vías existentes (diferente a caminos): 2m en cada borde de vía (total 4 m).

Debido al tipo de proyecto objeto de elaboración del presente estudio para la modificación de licencia ambiental, se cuentan con áreas de intervención que son resultado mismo del estudio, entre las que se encuentran locaciones, Zodmes centralizadas, Zodars. Para estos casos en específico, se realizó una proyección del aprovechamiento forestal basados en la zonificación ambiental y de manejo, entendiendo que, para el caso de locaciones, Zodmes centralizadas y Zodars se buscaran principalmente áreas antrópicas y finalmente para la construcción de vías (60km) se relacionara un volumen calculado a partir de la proyección realizada mediante la zonificación ambiental.

#### **2.4.7.6 Emisiones atmosféricas**

##### **2.4.7.6.1 Etapa Precampo**

Para establecer la necesidad de solicitar el permiso de emisiones de acuerdo con las características de las fuentes fijas que se planean instalar en las diferentes etapas del proyecto, se realizó la consulta en la normatividad vigente relacionada. En la Sección 7, Capítulo 1, Título 5, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible) se establecen las actividades y condiciones en las que se requieren permiso de emisiones atmosféricas y en la Resolución 619 de 1997, se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas.

Igualmente, se consultó el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas del hoy MADS, ajustado por la Resolución 2154 de 2010.

Una vez hecha la revisión se pudo determinar que según como indica el Parágrafo 3 de la Sección 7, Capítulo 1, Título 5, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015, el presente proyecto no requiere de permiso de emisión atmosférica, considerando que durante el desarrollo de este se empleará una tea la cual podrá generar quemas incidentales efectuadas únicamente para la atención de eventos o emergencias.

#### 2.4.7.6.2 Etapa de Campo

Dentro de los recorridos por la zona del proyecto se identificaron las fuentes de emisión atmosféricas y de ruido más significativas y presentes actualmente en el área de influencia de acuerdo con la metodología explicada en la sección 2.4.3.11.2 Inventario de emisiones. Así mismo, la caracterización de las fuentes móviles mediante aforos vehiculares se realizó conforme a la metodología descrita en la sección 2.4.2 Estudio de tráfico. Lo anterior, como datos de entrada para los modelos de dispersión de aire y ruido.

#### 2.4.7.6.3 Etapa PostCampo

Para estimar el aporte de contaminantes a la atmósfera se realizaron modelos de dispersión de contaminantes criterio y de ruido. Los parámetros de modelación corresponden a condiciones tipo utilizando equipos y localizaciones estimadas, teniendo en cuenta que los detalles del proyecto se darán a conocer en los respectivos PMA específicos.

Se modelaron 3 escenarios de acuerdo con las etapas del proyecto:

- Etapa constructiva
  - Etapa de perforación
  - Etapa de pruebas de producción
- **Metodología Modelo de dispersión de aire**

Se utilizó el modelo AERMOD, considerado como un modelo refinado para estimar concentraciones de contaminantes a nivel de suelo. El algoritmo empleado fue el modelo gaussiano del tipo estado estable AERMOD v.19191 original, avalado desde el año 2017 por la US EPA según el Apéndice W -40 CFR Parte 51 Guidelines on Air Quality Models como el modelo preferido y recomendado para evaluar el comportamiento de dispersión de contaminantes criterio a nivel local (hasta 50 km respecto a la fuente) para fuentes fijas y fuentes móviles, siendo el modelo acogido por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del actual MADS.

Los contaminantes evaluados fueron  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ , CO y COV (como benceno y tolueno).

- **Metodología Modelo de dispersión de ruido**

Para la elaboración de los modelos de propagación y atenuación de ruido, se utilizó la referencia recomendada por la norma ISO 9613-2 industrial, incorporando condiciones de emisión de fuentes proyectadas, meteorología y topografía de la zona. El algoritmo para la evaluación de los niveles de presión sonora rodada en ambiente exterior será la referencia NMPB Routes-2008 aceptada por autoridades internacionales.

#### 2.4.8 Evaluación ambiental

Como parte del proceso de evaluación ambiental, se planteó el análisis de impactos ambientales que se pueden derivar por la ejecución del proyecto, tomando en consideración la condición actual (sin proyecto) y los efectos potenciales previstos que se puedan generar por la ejecución de actividades de intervención (con proyecto), esto servirá de base para la formulación de las medidas de manejo ambiental para las actividades del proyecto.

El desarrollo del proceso de identificación y evaluación de impactos ambientales se fundamentó en los lineamientos establecidos en los términos de referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental Proyectos de Perforación Exploratoria De Hidrocarburos aprobados en el año 2014 (ANLA<sup>17</sup>), siendo esta la guía para identificar el estado socioambiental en las condiciones actuales del área de influencia y determinar el nivel de afectación de las actividades del proyecto de Perforación Exploratoria, denominado APE Medina Occidental”.

En este contexto, un Impacto Ambiental (IA) se define como un “cambio en una o más características físicoquímicas, ecológicas y socioeconómicas del entorno”, se dice que hay IA cuando una acción o actividad humana produce una alteración favorable o desfavorable en alguno de los componentes del medio (CONESA, 2010).

Esta consideración llevó a establecer que los efectos generados por la ejecución de las actividades del proyecto son la diferencia entre la situación del medio ambiente futuro modificado y la situación del medio ambiente futuro tal como habría evolucionado normalmente sin la incidencia del proyecto; es decir, la variación neta (positiva o negativa de calidad ambiental). En la Figura 2.85 se observa la evolución de la calidad ambiental en el tiempo, tanto para el escenario sin proyecto, como para el escenario con proyecto (CONESA, 2010).

La evaluación ambiental se desarrolló progresivamente partiendo de la identificación de los impactos existentes en el entorno (escenario sin proyecto), los cuales se presentan como consecuencia de la ejecución de las actividades que allí se desarrollan o por las condiciones naturales que rigen la zona. Posteriormente se realizó la respectiva valoración de estos efectos con respecto a los parámetros metodológicos propuestos para obtener los valores de importancia y se describen en términos de las correlaciones.

El escenario con proyecto se abordó de manera prospectiva identificando los efectos que son propensos a suceder, producto de la ejecución de las actividades inherentes al desarrollo del proyecto. Luego de esto, se obtuvieron los valores de importancia de la matriz cuyos efectos se describen según las correlaciones causa-efecto, se establecieron los impactos significativos para el escenario con proyecto.

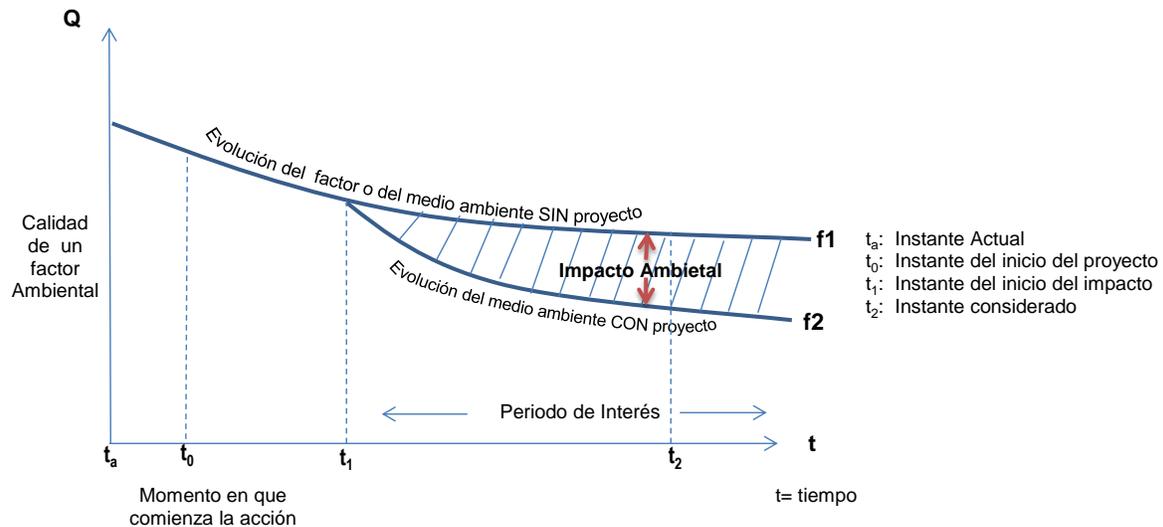
Bajo esta premisa, podemos establecer que los efectos generados por la ejecución de las actividades del proyecto son la diferencia entre la situación del medio ambiente futuro modificado y la situación del medio ambiente actual, tal como habría evolucionado

---

17 ANLA: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales

normalmente sin la incidencia del proyecto, es decir, la variación neta (positiva o negativa de calidad ambiental). En la Figura 2.85, se presenta la evolución de la calidad ambiental en el tiempo, tanto para el escenario sin proyecto como para el escenario con proyecto.

**Figura 2.85 Representación del cambio ambiental**



Fuente: Conesa, 2010

A continuación, se describe el proceso metodológico llevado a cabo para la identificación, evaluación y descripción de impactos, así como también el tratamiento analítico en el que se determinan cuáles de éstos se consideran impactos significativos, al considerar el escenario sin proyecto, antes de la ejecución del proyecto o condición actual, y el escenario con proyecto, en donde se considerarán las actividades de las etapas preoperativas, constructivas, operativas, de abandono y restauración final, y las actividades transversales para el proyecto de exploración.

#### 2.4.8.1 Etapa Precampo

La evaluación ambiental, se desarrolló progresivamente, partiendo de la identificación de los impactos existentes en el área de influencia (escenario sin proyecto), los cuales, son la consecuencia de la ejecución de las actividades desarrolladas en la región. Su identificación, inició con la revisión de información secundaria existente, tanto del sector público como del privado, con el fin, de reconocer las actividades desarrolladas a nivel local y/regional.

La información secundaria de carácter público requirió la búsqueda exhaustiva en los sitios web de entidades como, la alcaldía, gobernación, secretarías y otras entidades de injerencia nacional, procurando que sea lo más reciente posible. Por su parte, la información de fuentes privadas requirió la búsqueda de publicaciones de empresas o universidades con fines investigativos, en este caso, con preferencia de páginas indexadas o con fines científicos. La consulta de información fue lo suficientemente amplia, para que, permitiera establecer las actividades actualmente desarrolladas a nivel municipal o regional.

El fin de esta labor, fue consolidar un listado de actividades realizadas actualmente a nivel municipal o regional, y a partir de ello, se determinaron los impactos generados debido al desarrollo de estas. Es importante precisar, que esta revisión es general y que requiere su validación en campo para determinar si estas actividades son actualmente ejecutadas en las áreas de influencia.

El escenario con proyecto se abordó de manera prospectiva identificando los efectos que son propensos a suceder, producto de la ejecución de las actividades inherentes al desarrollo del proyecto. Para ello se estructuró la matriz de impactos, la cual contiene las etapas y actividades del proyecto con el fin de que a partir de estas se pudiese establecer los posibles impactos derivados de las mismas.

La determinación y posterior denominación de los impactos identificados en esta fase, requirió de igual manera, de la revisión de estudios de impactos ambiental desarrollados en el sector de hidrocarburos (Estudio de Impacto Ambiental Área de Perforación Exploratoria Ávila, Estudio De Impacto Ambiental para el Área De Perforación Exploratoria Bello y Estudio De Impacto Ambiental Área de Perforación Exploratoria Cabrestero). De los cuáles, se revisó específicamente, el listado de impactos de derivados de sus actividades, la denominación y definición de cada uno, con el fin, de nombrarlos correctamente y tener una referencia de los cambios que se puedan generar.

#### 2.4.8.2 Etapa de campo

En el escenario sin proyecto, esta fase requirió la toma de información primaria en el área de estudio, lo cual sirvió para validar la información consultada y definida en la fase de precampo. En este sentido, el trabajo de campo tuvo como finalidad, definir las actividades que se desarrollan actualmente en el área de estudio, adicionalmente, se tomó información de las características más importantes y rasgos particulares de las actividades, como también, la toma de fotografías e indagaciones con la población local, que permitieron describir cada actividad con precisión.

La toma de información se realizó en los municipios de Medina, Ubalá y Paratebueno en el departamento de Cundinamarca y el municipio de Santa María, localizado en el departamento de Boyacá, así como en las 39 unidades territoriales menores pertenecientes a dichos municipios. Los profesionales aplicaron una serie de preguntas a las personas que habitan la zona, de forma aleatoria, las cuales orientaron al profesional sobre que indagar a la comunidad (ver Tabla 2.127).

**Tabla 2.127 Listado de preguntas para recolección de información primaria para actividades sin proyecto**

Nº	ACTIVIDAD	¿QUÉ SE PUEDE ENCONTRAR EN CAMPO?
1	Agricultura	¿Qué tipo de cultivos se encuentran en la zona? ¿Para qué se utilizan? Autoconsumo o comercialización, ¿Qué área ocupan, grandes extensiones?, ¿cómo es el terreno? Productos, unidades, precio.
2	Pecuario (Ganadería)	¿Qué tipo de ganado encuentran en la zona? ¿Para qué se utilizan? autoconsumo, cría, leche, ¿Qué área ocupan, grandes

Nº	ACTIVIDAD	¿QUÉ SE PUEDE ENCONTRAR EN CAMPO?
		extensiones?, ¿cuántos animales por finca? (aproximadamente). ¿Cómo son las áreas dónde está el ganado (árboles, estanques, etc.), cómo es el terreno? Unidad de comercialización y precio.
3	Piscicultura	¿Hay piscícolas en la zona? ¿Para qué se utilizan? ¿Autoconsumo o comercialización? ¿Artesanal o tecnificada? Rendimiento o producción por hectárea, Productos, unidades de comercialización, precio.
4	Cultivos de palma de aceite	¿Hay piscícolas en la zona? Productos, producción por ha, unidades de comercialización, precio.
5	Plantaciones forestales	¿Hay plantaciones forestales en la zona? ¿Cuál es su objetivo? ¿Especies? ¿Productos?, rendimiento o producción por hectárea, unidades de comercialización, precio.
6	Asentamientos humanos	¿Áreas de asentamientos, tipo de concentración? ¿Dispersos? ¿Servicios públicos? Cuáles y el precio mensual.
7	Actividades domésticas (Manejo de residuos sólidos y líquidos)	Como realizan las disposiciones de residuos líquidos y sólidos.
8	Tala selectiva	¿Frecuencia? ¿Volumen?, especies?, ¿uso?
9	Quema	¿Realizan quemas?, frecuencia, ¿en qué casos? ¿Preparación de terreno, desperdicios?
10	Caza y pesca	¿Frecuencia? ¿Volumen?, especies?, ¿uso? Comercial autoconsumo
11	Turismo / Actividades agroturísticas	Zonas de recreación, parques, hoteles, práctica de deportes extremos (parapente), zonas de camping, rutas de ecoturismo, etc.
12	Uso y mantenimiento de las vías	Estado de las vías para acceder al área de estudio, puentes, alcantarillas, infraestructura asociada.  Empresas transportadoras, tipo de vehículos, modelo, estado de los vehículos, frecuencia de paso, transporte en camiones de productos y transporte de habitantes de la zona, rutas habituales.
13	Uso y mantenimiento de infraestructura eléctrica	Torres y estaciones ubicadas en el área, actividades de mantenimiento, estado de las infraestructuras.
14	Hidrocarburos	Locaciones, bloques.
15	Explotación minera / extracción de material de arrastre.	¿Qué mineral o material extraen? Cantidades, precios de comercialización precio. Tipo de extracción artesanal o tecnificada describir.

Fuente: Concolby WSP, 2019

Para el escenario con proyecto, esta fase permitió que los profesionales puedan verificar, analizar y determinar las características en los diferentes componentes de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, lo cual, les otorga un criterio para establecer la magnitud, temporalidad y la trascendencia de los impactos identificados en la etapa de precampo en el entorno. De tal manera, que puedan realizar una adecuada calificación en la fase post campo, que reduzca la sobre estimación o subestimación del cambio generado por la manifestación de los impactos.

Esta fase, también otorgó la posibilidad de descartar o incluir nuevos impactos a la evaluación ambiental tanto para el escenario sin o con proyecto. En este contexto, el trabajo de campo pudo evidenciar, características en el entorno, que propicien la generación de impactos no contemplados en la fase anterior, o, por el contrario, descartar definitivamente impactos que dadas las condiciones no se ocasionan.

### 2.4.8.3 Etapa PostCampo

A partir de la caracterización de la línea base, la descripción de las etapas y actividades propias del proyecto y la demanda de recursos, se realizó la identificación, definición y evaluación de impactos para los medios abiótico, biótico y socioeconómico, utilizando la (GHS-G-026) “*Guía Para la Elaboración de Estudios Ambientales Anexo 2. Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales*” (ECOPETROL S.A, 2015), adaptada de la metodología propuesta por Conesa (2010)

Esta fase consideró en términos generales, la etapa de evaluación y descripción de impactos (Sin o Con proyecto), así como también el proceso analítico en el que se determinan cuáles de éstos se consideran impactos significativos. A continuación, se relaciona el marco conceptual de los criterios tenidos en cuenta en la calificación de los impactos, donde se describen, se establecen sus rangos de calificación y las fórmulas empleadas, para la obtención la importancia ambiental, probabilidad de ocurrencia y la significancia ambiental.

#### 2.4.8.3.1 Marco conceptual

El cálculo de la importancia de los impactos fue basado en la metodología propuesta por ECOPETROL S.A. (GHS-G-026) “*Guía Para la Elaboración de Estudios Ambientales Anexo 2. Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales*” (ECOPETROL S.A, 2015), adaptada de la metodología propuesta por Conesa (2010) (Anexo 8. Evaluación Ambiental), en la cual, a través de escalas de valor asignadas a cada parámetro, se halla un valor de importancia que permite clasificar los impactos en rangos según su carácter. Los parámetros de la metodología fueron ajustados con respecto a las características intrínsecas del proyecto.

##### 2.4.8.3.1.1 Parámetros de calificación

Dado el carácter, la variedad de condiciones y características que presentan los impactos ambientales que se pudieron identificar en los dos escenarios, esta metodología fundamenta su evaluación en la calificación de la importancia y significancia de cada impacto. La calificación de los impactos ambientales se realizó por los profesionales a cargo de cada uno de los componentes y mediante la utilización de una escala de valores que determinan el grado o intensidad de la alteración que se podría estar generando con las actividades antrópicas actuales y con la operación del proyecto en el escenario futuro, para los ramales eléctricos.

Para tal efecto, a continuación, se describen los parámetros a considerados dentro de la metodología, junto con los grados de importancia o alteración que se pueden dar.

- **Carácter**

Es una condición cualitativa que determina el sentido del cambio producido por una acción del proyecto sobre el ambiente. Puede ser positivo (1) cuando el impacto produce un efecto benéfico, o negativo (-1) cuando el impacto produce un

efecto perjudicial para el componente.

- **Efecto**

Se refiere a la forma cómo se manifiesta la relación Causa-Efecto sobre un elemento como consecuencia de una acción (Tabla 2.128). Es directo o primario cuando la repercusión de la acción genera una consecuencia directa de ésta. El efecto es indirecto cuando su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario. La escala de valoración corresponde como sigue:

**Tabla 2.128 Efecto de los impactos**

RANGOS DE EFECTO DEL IMPACTO (Relación Causa – Efecto)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
INDIRECTO	1	Cuando su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar como consecuencia secundaria de un efecto directo o primario.
DIRECTO	4	Cuando la repercusión se presenta como consecuencia primaria.

Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2015

- **Magnitud**

Se refiere al grado de trascendencia o incidencia de la acción sobre uno o más componentes ambientales. Se evalúa en una escala de 2 a 8.

**En impactos negativos:** La magnitud negativa se refiere a la gravedad o intensidad de la alteración (destrucción) producida como consecuencia de una acción sobre uno o más componentes ambientales del área de influencia.

**En impactos positivos:** La magnitud positiva hace referencia al grado de incidencia benéfica que presenta una acción. Tiene relación con el nivel de incremento o mejora de los valores socioambientales del entorno.

A continuación, en la Tabla 2.129 se realiza una descripción detallada de los parámetros de calificación de la metodología de Conesa (2010) que fueron adaptados y utilizados para la evaluación de impactos.

**Tabla 2.129 Magnitud de los impactos**

RANGOS DE MAGNITUD DEL IMPACTO (Gravedad- intensidad)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
BAJA	2	Efectos ambientales no significativos, es decir cuando las consecuencias del impacto generan modificaciones mínimas sobre el medio o la comunidad (menos de 100 SMLMV).
MEDIA	4	El efecto no es suficiente para poner en grave riesgo los recursos naturales o la comunidad. Cuando el impacto es benéfico se generan alteraciones moderadas en el entorno analizado; variación ambiental o económica mínima (entre 100 y 250 SMLMV).
ALTA	6	El efecto genera un deterioro o pérdida del ecosistema y/o la comunidad de índole intermedio. Cuando el impacto es positivo el beneficio ambiental o económico es considerado intermedio (entre 250 y 500 SMLMV).

RANGOS DE MAGNITUD DEL IMPACTO (Gravedad- intensidad)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
MUY ALTA	8	El impacto afecta de manera significativa o grave los ecosistemas y/o el entorno sociocultural. Si el benéfico, el incremento o variación ambiental y/o económica es significativa (más de 500 SMLMV).

Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2015

- **Resiliencia**

Capacidad intrínseca del ecosistema y/o la comunidad receptora para absorber, tolerar o asimilar las perturbaciones generadas por la acción del hombre, sin alterar significativamente sus características estructurales y de funcionalidad, permitiéndole regresar a su estado original una vez que la perturbación haya terminado.

Los impactos positivos o benéficos presentan una valoración directamente proporcional a los efectos, considerando como benéfico aquel impacto que deja mayores secuelas en el tiempo (Tabla 2.130).

**Tabla 2.130 Resiliencia frente a los impactos**

RANGOS DE RESILIENCIA (Tolerancia – Asimilación)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
MUY TOLERANTE	1	El ecosistema y/o la comunidad asimilan rápidamente y en su totalidad los efectos ambientales y/o sociales durante ejecución de la actividad, desapareciendo las manifestaciones del impacto tan pronto ésta termina. El efecto benéfico que se genera no perdura.
TOLERANTE	2	El efecto es asimilado en un periodo mayor de tiempo por el ecosistema y/o la comunidad, sin que este tiempo adicional sea significativo (Aplica para impactos positivos y negativos).
SENSIBLE	3	El efecto es asimilado parcialmente, el ecosistema y/o la comunidad no se recupera fácilmente quedando pequeñas secuelas o consecuencias del impacto (Aplica para impactos positivos y negativos).
INTOLERABLE (MUY SENSIBLE)	4	La manifestación del impacto no desaparece ni es asimilada por el ecosistema y/o la comunidad, los efectos se mantienen latentes sin permitir la recuperación total del ecosistema o dejando secuelas significativas en la comunidad.  Los efectos positivos generan secuelas benéficas que perduran con el paso del tiempo.

Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2015

- **Tendencia**

Cambio o comportamiento que manifiesta el efecto de un impacto en la medida que transcurre el tiempo. Un impacto benéfico tiende a aumentar su efecto en la medida que su tendencia es creciente o exponencial. El impacto positivo es más benéfico en la medida que los efectos se comporten con una tendencia creciente, rápida y severa (Tabla 2.131).

**Tabla 2.131 Tendencia de los impactos**

RANGOS DE TENDENCIA DEL IMPACTO (Comportamiento en el tiempo)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
DECRECIENTE	1	Las manifestaciones del impacto tienden a desaparecer de una forma rápida en la medida que transcurre el tiempo.
ESTABLE	2	El efecto del impacto se mantiene constante con el transcurso del tiempo, ya sea en los ecosistemas o en la comunidad.
CRECIENTE	3	El efecto tiende a incrementar la alteración sobre el medio y/o la comunidad, ya sea en extensión, intensidad o cualquiera de sus manifestaciones de manera progresiva.
EXPONENCIAL	4	Los efectos generados por el impacto tienden a aumentar sus manifestaciones de una forma rápida y severa.

Fuente: ECOPETROL S.A., 2015

- **Extensión**

Corresponde al área de influencia del impacto, es decir, al área, zona o sector donde tienen manifestación las consecuencias de la actividad. Se mide en una escala de 1 a 9, donde 1 es la menor extensión y 9 la mayor (Tabla 2.132). Igualmente aplica para impactos positivos, donde el beneficio se incrementa con el área o extensión del impacto.

**Tabla 2.132 Extensión de los impactos (On Shore)**

RANGOS DE EXTENSIÓN (ON SHORE) (Área de Influencia)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
PUNTUAL	1	Cuando las manifestaciones o alteraciones biofísicas se manifiestan dentro de la instalación, sin salir de ella, en un área inferior a una Ha. (10.000 m <sup>2</sup> ). Socioeconómica y culturalmente, el impacto puede repercutir a nivel predial o unidades familiares.
LOCAL	3	El impacto desde el punto de vista biofísico se manifiesta dentro o fuera de la instalación, en un área comprendida entre 1.0 y 5.0 Ha. Desde el punto de vista socioeconómico y/o cultural, el impacto puede repercutir a nivel de la unidad territorial (vereda, resguardo o territorio colectivo).
PARCIAL	6	Biofísicamente, el impacto se manifiesta dentro o fuera de la instalación, en un área comprendida entre 5.0 y 10.0 Ha. Socioeconómica y culturalmente, el impacto repercute a nivel territorial (regional).
EXTENSO	9	Desde el punto de vista biofísico, el impacto tiene manifestaciones dentro o fuera de la instalación en un área superior a 10.0 Ha. Las repercusiones a nivel socioeconómico y/o cultural pueden ser de orden nacional o internacional.

Fuente: ECOPETROL S.A., 2015

- **Exposición**

Corresponde al periodo de tiempo y/o a la frecuencia con el que el impacto actúa o incide sobre cualquiera de los componentes del ecosistema. Se mide en una escala de 1 a 4, donde uno (1) es baja duración y cuatro (4) alta duración (Tabla 2.133). Desde el punto de vista positivo o benéfico, el tiempo de exposición y la frecuencia presentan un mayor beneficio, cuando la exposición es más prolongada y la ocurrencia de frecuente o continúa.

**Tabla 2.133 Exposición de los impactos**

RANGOS DE EXPOSICIÓN DEL IMPACTO (Tiempo / Frecuencia)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
<b>FUGAZ – ESPORÁDICO</b>	1	Exposición: momentánea o fugaz Ocurrencia: excepcional o esporádica (menos de una vez por año).
<b>TEMPORAL – BREVE</b>	2	Exposición: breve (hasta un (1) día) Ocurrencia: temporal (menos de una vez al mes).
<b>FRECUENTE – PROLONGADO</b>	3	Exposición: Extendida (hasta un (1) mes) Ocurrencia: frecuente (por lo menos una vez al día).
<b>PERMANENTE</b>	4	Exposición: prolongada (superior a un (1) mes) Ocurrencia: muy frecuente o continúa.

Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2015

- **Recuperabilidad**

Lapso que requiere un ecosistema y/o comunidad, después de haber sido objeto de un impacto para retornar a las condiciones originales, mediante el uso o aplicación de tecnologías que actúen como medidas correctivas. Se califica en una escala de 1 a 4, donde 1 es la mayor capacidad de recuperación y 4 es la menor capacidad de reconstrucción del ecosistema (Tabla 2.134). Las manifestaciones de los impactos con carácter positivo presentan un mayor beneficio cuando la recuperabilidad tarde mayor tiempo, es decir que las consecuencias benéficas perduran en el tiempo.

**Tabla 2.134 Recuperabilidad de los impactos**

RANGOS DE RECUPERABILIDAD DEL IMPACTO (Tiempo de reconstrucción mediante técnicas)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
<b>RÁPIDA</b>	1	Las manifestaciones tienen duración inferior a un (1) mes
<b>MODERADA</b>	2	Las manifestaciones tienen duración entre uno (1) y doce (12) meses
<b>LENTA</b>	3	Las manifestaciones tienen duración entre uno (1) y cinco (5) años
<b>IRRECUPERABLE (PERDURABLE)</b>	4	Las consecuencias permanecen por más de cinco (5) años

Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2015

- **Acumulación**

Hace referencia al aumento gradual o progresivo de las consecuencias del impacto, con la ocurrencia reiterada de la acción generadora (Tabla 2.135).

**Tabla 2.135 Acumulación de los impactos**

RANGOS DE ACUMULACIÓN DEL IMPACTO (Incremento progresivo)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
<b>SIMPLE</b>	1	El efecto del impacto no se incrementa por la ocurrencia reiterada de una actividad generadora.
<b>ACUMULATIVO</b>	4	El efecto del impacto se acumula y aumenta progresivamente con la ocurrencia de la actividad generadora.

Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2015

- **Sinergia**

Se refiere a la valoración del efecto conjunto de la ocurrencia simultánea de dos o más impactos, lo que supone una incidencia ambiental mucho mayor que el efecto de la agregación de los impactos individuales, o que induce a la aparición de nuevos impactos (Tabla 2.136).

**Tabla 2.136 Sinergia de los impactos**

RANGOS DE SINERGIA DEL IMPACTO (Potenciación de la manifestación)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
<b>NO SINÉRGICO</b>	1	Cuando el impacto no interactúa con otros impactos y su efecto es independiente.
<b>SINÉRGICO</b>	6	Cuando el impacto actúa de manera agregada con otros impactos, generando un efecto mayor a la suma de los mismos.

Fuente: ECOPETROL S.A., 2015

- **Importancia ambiental del impacto (IA)**

Para determinar la **IMPORTANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO**, se realizó la sumatoria de las calificaciones otorgadas a cada uno de los parámetros: Efecto (Ef), Magnitud (M), Resiliencia (Rs), Tendencia (T), Extensión (E), Exposición (Ex), Recuperabilidad (R'), Acumulación (A) y Sinergia (S). Es importante destacar que las variables de Magnitud, Extensión, Acumulación y Sinergia presentan una mayor valoración, en función del comportamiento que presenta el parámetro dentro de la valoración de los impactos y a la experiencia de su aplicabilidad en proyectos del sector de hidrocarburos.

El resultado se ubica dentro de la columna denominada **IMPORTANCIA AMBIENTAL (IA)** de la Tabla 2.137, a fin de conformar la jerarquización de los impactos y de acuerdo a los rangos establecidos.

El resultado de la **Importancia Ambiental del Impacto (IA)** está dado por la siguiente ecuación:

$$IA = \pm (Ef + M + E + T + Ex + Rs + R' + A + S)$$

Dónde:

- I.A: Importancia Ambiental del Impacto
- Ef: Efecto
- M: Magnitud
- E: Extensión
- T: Tendencia
- Ex: Exposición
- Rs: Resiliencia
- R': Recuperabilidad
- A: Acumulación
- S: Sinergia

- **Jerarquización de los impactos**

La importancia ambiental de cada impacto está dada por la sumatoria de las calificaciones otorgadas a cada uno de los parámetros evaluados. Es decir que una vez hayan sido calificados todos los parámetros, la IMPORTANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO varía dentro del rango comprendido entre 10 y 47. Teniendo en cuenta estos valores, se identifica la ESCALA DE CONSECUENCIAS correspondiente al rango calculado, el cual va de 1 a 5 (Tabla 2.137), obteniendo de esta manera el NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO (Leve, Menor, Localizado, Mayor, Masivo), tanto para los impactos negativos como para aquellos que presenten carácter positivo, diferenciándose solamente por la escala de color.

**Tabla 2.137 Nivel de Importancia de los Impactos Ambientales**

NIVEL DE IMPORTANCIA	ESCALA DE CONSECUENCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA IMP. NEGATIVOS	NIVEL DE IMPORTANCIA IMP. POSITIVOS
10-16	1	Leve	Leve
17-24	2	Menor	Menor
25-32	3	Localizado	Localizado
33-40	4	Mayor	Mayor
41-47	5	Masivo	Masivo

Fuente: ECOPETROL S.A., 2015

Una vez asignado el valor a cada impacto dentro de los parámetros mencionados, se procedió con la cuantificación de la importancia de la acción sobre cada factor ambiental. La importancia estará representada conforme con la siguiente formulación:

2.4.8.3.1.2 Evidencia (Escenario Sin Proyecto) – Probabilidad de Ocurrencia (Escenario Con Proyecto)

Determinado el NIVEL DE IMPORTANCIA del IMPACTO, se estableció el Nivel de Evidencia (para el escenario Sin proyecto) y la Probabilidad de Ocurrencia (para el escenario Con proyecto) (ver Tabla 2.138), fundamentadas en el criterio, conocimiento y/o experiencia de los evaluadores, quienes le asignaron el nivel correspondiente en la MATRIZ DE EVALUACIÓN DE LA SIGNIFICANCIA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES (Ver Numeral 3.1.2.4).

La EVIDENCIA y la PROBABILIDAD DE OCURRENCIA respectivamente, son las variables que condicionan o supeditan toda la calificación de los parámetros (que resulta en la Importancia Ambiental del Impacto), con el fin de definir el valor último de la Evaluación Ambiental: la SIGNIFICANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO. La Evidencia y la Probabilidad de Ocurrencia están dadas de acuerdo con la Tabla 2.138, en una escala de A a E, como se muestra a continuación:

**Tabla 2.138 Evidencia y Probabilidad de Ocurrencia**

	ESCENARIO ACTUAL – ESCENARIO SIN PROYECTO (EVIDENCIA)	ESCENARIO FUTURO – ESCENARIO CON PROYECTO (Probabilidad De Ocurrencia)	
		%	DEFINICIÓN
<b>A</b>	Poco Evidente	≤ 20	Prácticamente imposible que ocurra
<b>B</b>	Moderadamente Evidente	21–40	Poco Probable que ocurra
<b>C</b>	Evidente	41-60	Es posible que ocurra
<b>D</b>	Muy evidente	61-80	Bastante probable que ocurra
<b>E</b>	Destacado	>80	Ocurrirá con alto nivel de certeza

Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2015

- **Significancia ambiental del impacto (SAI)**

El resultado que se obtenga de la IMPORTANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO, en función (§) de la EVIDENCIA (EV) o de la PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (P), según sea el caso, da la valoración final de la evaluación de cada impacto ambiental; es decir, la SIGNIFICANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO, la cual, varía entre significancias que van desde Muy Baja, Baja, Media, Alta hasta Muy Alta. El valor de la significancia esta dado por la siguiente ecuación:

$$SAI = \pm (I.A) \text{ § } P \text{ ó } EV$$

$$SAI = \pm (E_f + M + E + T + Ex + R_s + R' + A + S) \text{ § } P \text{ ó } EV$$

Dónde:

SAI: Significancia Ambiental del Impacto

I.A: Importancia Ambiental del Impacto ó  $(E_f + M + E + T + Ex + R_s + R' + A + S)$  P:

Probabilidad de que ocurra el impacto, en el Proyecto

EV: Evidencia del impacto, en el escenario Sin proyecto.

Para obtener la SIGNIFICANCIA AMBIENTAL de cada impacto (SAI), en el Escenario actual o Escenario Sin proyecto, se siguieron los siguientes pasos:

Seleccionar el NIVEL DE IMPORTANCIA AMBIENTAL para el impacto, teniendo en cuenta el nivel de la:

- 1) Tabla 2.139 (para impactos negativos), o el nivel (para impacto positivos), cuya escala de consecuencia (E.C) varía de 1 a 5.

Ubicar en las columnas (A a E) de:

1. La Tabla 2.139 y Tabla 2.140, según el caso, los diferentes niveles de EVIDENCIA, con base en el conocimiento del grupo evaluador.
2. Finalmente, identificar la SIGNIFICANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO, interceptando la proyección de la casilla de la columna calculada (NIVEL DE IMPORTANCIA AMBIENTAL), con la seleccionada en la fila de EVIDENCIA (Paso 1), estableciendo rangos que van desde Baja a Muy Alta Significancia.

**Tabla 2.139 Evaluación de la Significancia de los Impactos Negativos – Escenario Sin proyecto**

CONSECUENCIA		EVIDENCIA				
		A	B	C	D	E
Nivel de importancia ambiental	E.C.	Poco Evidente	Moderadamente Evidente	Evidente	Muy evidente	Destacado
Masivo	5					Muy Alta
Mayor	4				Alta	
Localizado	3			Media		
Menor	2		Baja			
Leve	1	Muy Baja				

Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2015

**Tabla 2.140 Evaluación de la Significancia de los Impactos Positivos – Escenario Sin Proyecto**

CONSECUENCIA		EVIDENCIA				
		A	B	C	D	E
Nivel de importancia ambiental	E.C.	Poco Evidente	Moderadamente Evidente	Evidente	Muy evidente	Destacado
Masivo	5					Muy Alta
Mayor	4				Alta	
Localizado	3			Media		
Menor	2		Baja			
Leve	1	Muy Baja				

Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2015

La SIGNIFICANCIA AMBIENTAL de cada impacto (SAI) se obtuvo, en el Escenario futuro o Escenario Con proyecto, considerando los siguientes pasos:

1. Seleccionar el NIVEL DE IMPORTANCIA AMBIENTAL para el impacto, teniendo en cuenta el nivel de la Tabla 2.141 (para impactos negativos), o el nivel de la Tabla 2.142 (para impacto positivo), cuya escala de consecuencia (E.C) varía de 1 a 5.
2. Ubicar en las columnas (A a E) de la Tabla 2.141 y Tabla 2.142, los diferentes niveles de PROBABILIDAD DE OCURRENCIA, con base en la experticia, conocimiento y/o criterio del grupo evaluador.
3. Finalmente, identificar la SIGNIFICANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO, interceptando la proyección de la casilla de la columna calculada (NIVEL DE IMPORTANCIA AMBIENTAL), con la seleccionada en la fila de PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (pasos 1 y 2), estableciendo rangos que van desde Baja a Muy Alta Significancia.

**Tabla 2.141 Evaluación de la Significancia de los Impactos Negativos – Escenario Con proyecto**

CONSECUENCIA		EVIDENCIA				
		A	B	C	D	E
Nivel de importancia ambiental	E.C.	Prácticamente Imposible	Poco Probable	Es Posible	Bastante Probable	Ocurrirá con Alto
Masivo	5	Media	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Mayor	4	Baja	Media	Media	Alta	Alta
Localizado	3	Muy Baja	Baja	Media	Media	Alta
Menor	2	Muy Baja	Baja	Baja	Media	Media
Leve	1	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Media

Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2015

**Tabla 2.142 Evaluación de la Significancia de los Impactos Positivos – Escenario Con proyecto**

CONSECUENCIA		EVIDENCIA				
		A	B	C	D	E
Nivel de importancia ambiental	E.C.	Prácticamente Imposible	Poco Probable	Es Posible	Bastante Probable	Ocurrirá con Alto
Masivo	5	Media	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Mayor	4	Baja	Media	Media	Alta	Alta
Localizado	3	Muy Baja	Baja	Media	Media	Alta
Menor	2	Muy Baja	Baja	Baja	Media	Media
Leve	1	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Media

Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2015.

En la medida que se realizó la evaluación de los impactos ambientales previamente identificados, se documentó de manera detallada, la descripción y análisis que se ha considerado en la calificación y valoración de estos, de tal manera que sea fácil, el identificar o rastrear el origen y la debida justificación de las calificaciones dadas. De igual manera, se sustentó de manera objetiva la SIGNIFICANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO que fue obtenida como producto final del proceso de evaluación del impacto, a fin de documentar el criterio o situación que haya sido considerada.

- **Elementos ambientales e impactos considerados para la evaluación de escenarios**

En el proceso de evaluación ambiental se tuvo en consideración los elementos ambientales y sociales que son o serán potencialmente impactados por una o varias actividades en los dos (2) escenarios. Para dicho ejercicio se tuvieron en cuenta los impactos identificados en el marco del EIA.

- **Descripción de impactos**

La descripción de impactos se realizó, empleando un formato establecido y aprobado por la empresa ECOPEPETROL S.A. (ver Tabla 2.143). Este, fue diseñado para describir los cambios sobre el entorno por actividad, con base en las características del medio y

relacionar el resultado de las calificaciones de importancia ambiental, probabilidad de ocurrencia y la significancia ambiental obtenida.

**Tabla 2.143 Formato de descripción de impactos (Sin o Con proyecto)**

COMPONENTE		HÍDRICO		
ELEMENTO	IMPACTO	ACTIVIDAD	SIGNIFICANCIA AMBIENTAL	CARÁCTER
Elemento afectado	Nombre del impacto	Actividad que genera el impacto	Resultado de la calificación	(+ o -)
<b>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL IMPACTO</b>				
Descripción general del impacto por actividad				

Fuente: ECOPETROL S.A., 2015.

#### 2.4.9 Evaluación económica

La evaluación económica ambiental parte de los resultados de la identificación y evaluación de los impactos ambientales que potencialmente pueden atribuirse al desarrollo del proyecto: APE Medina Occidental, con base en el Capítulo de Evaluación Ambiental del EIA.

De acuerdo con los resultados de evaluación de los impactos generados con el proyecto, se establece cuáles impactos negativos serían los relevantes y por ende los que estarían sujetos al proceso de análisis de determinación de impactos internalizables y no internalizables; ó sea cuales son internalizados y no internalizados por el plan de manejo que se formula para el proyecto. Esto con base en la Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010 los Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible - Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2017).

En este sentido, los impactos ambientales considerados como relevantes corresponden a los impactos negativos categorizados con una significancia ambiental Alta y Muy Alta, pero que a su vez tienen un nivel de importancia localizado, mayor y masivo, y una probabilidad de ocurrencia de C, D y E. Siendo dichos impactos lo que estarían sujetos al proceso de análisis de determinación de impactos internalizables y no internalizables.

Es de resaltar, dicha evaluación ambiental tiene como rangos de calificación ambiental en el ámbito negativo 5 parámetros -que van desde leve hasta masivo-, y en el positivo 5, estos correspondientes a Leve+, Menor+, Localizado+, Mayor+ y Masivo+ (ver Tabla 2.144)

**Tabla 2.144 Clasificación de rangos de impacto**

RANGO DE IMPORTANCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA	
	POSITIVO	NEGATIVO
10 – 16	Leve+	Leve
17- 24	Menor+	Menor
25 - 32	Localizado+	Localizado
33 – 40	Mayor+	Mayor
41 - 47	Masivo+	Masivo

Fuente: Ecopetrol, 2015.

De acuerdo con los resultados de evaluación de dichos impactos ambientales generados con el proyecto, se determina que impactos ambientales negativos pueden ser considerados como significativos y/o relevantes, los cuales corresponden a los impactos negativos categorizados con un nivel de significancia ambiental Alta y Muy Alta, pero que a su vez tienen un nivel de importancia localizado, mayor y masivo, y una probabilidad de ocurrencia de C, D y E. Siendo dichos impactos lo que estarían sujetos al proceso de determinación de los impactos internalizables y no internalizables.

Una vez identificados y evaluados los impactos ambientales, se deben expresar en términos monetarios aquellos impactos más significativos, definidos como aquellos impactos que no pueden ser internalizados (residuales) luego de la aplicación de estrategias de manejo del PMA de acuerdo con la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010, la guía de aplicación de la valoración económica ambiental (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2018) y los Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible - Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2017).

En este contexto en el análisis se presenta una estimación del valor económico de beneficios y costos ambientales potenciales y considerados relevantes, sobre los flujos de bienes y servicios de la zona de influencia directa del proyecto, y que es susceptible a afectación y aprovechamiento, en el escenario de línea base y desde una perspectiva ex ante. El proceso metodológico de la evaluación económica de impactos ambientales consta de varias etapas, por lo tanto, el proceso se puede resumir en las fases presentadas a continuación, en el cual se describe los elementos más relevantes desarrollados en el análisis de internalización y el proceso de valoración económica de los impactos ambientales.

#### **2.4.9.1 Determinación impactos internalizables y no internalizables**

Con base en los resultados de evaluación de ambiental, en los cuales se obtienen los impactos significativos/relevantes (Correspondientes a los categorizados con una significancia ambiental Alta y Muy Alta, pero que a su vez tienen un nivel de importancia localizado, mayor y masivo, y una probabilidad de ocurrencia de C, D y E), se desarrolla la determinación de los impactos que son internalizados con la implementación de las medidas de manejo y los que permanecen constantes en el medio.

#### 2.4.9.2 Análisis de impactos internalizados

Con base en los impactos significativos obtenidos en la evaluación ambiental, se identificaron los impactos considerados “internalizables”, relacionando, el plan de manejo que evita o corrige el impacto y los costos asociados e incluidos en el análisis financiero del proyecto, siguiendo lo establecido en MADS & ANLA, 2017 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible - Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2017); Cabe resaltar, que se consideraron criterios propios del contexto del proyecto (tales como la fragilidad, vulnerabilidad ambiental), para su definición. No obstante, igualmente se realiza teniendo presente la efectividad de las medidas de manejo, dado que, si los impactos se manejan con medidas asociadas a la mitigación o compensación, se valoran económicamente.

#### 2.4.9.3 Valoración económica de impactos no internalizables

A partir de los impactos significativos y/o relevantes con los cuales se evaluó que impactos eran mitigados y compensados donde se revaluó el Índice de Importancia Ambiental se obtienen los impactos que aun implementando la medida de manejo tienen el potencial de generar alteraciones al medio. Dichos impactos se consideran cómo residual o no internalizables y son el objeto de la valoración económica ambiental.

Para la determinación de las magnitudes físicas de los impactos ambientales identificados como significativos y residuales se desarrolla un ejercicio de análisis de los potenciales receptores del daño ambiental generado, utilizan para ello la información de los capítulos de generalidades del proyecto, caracterización del área de influencia, demanda, uso y aprovechamiento de recursos naturales y de los reportes de información geográfica. En este contexto para la valoración monetaria tan solo se consideran los impactos susceptibles a medir en unidades físicas, puntualmente de aquellos cuyas funciones ecológicas de producción se conozcan relativamente bien y de las que se disponga de información suficiente para correr algunos de los métodos establecidos para la valoración económica.

Para la valoración o traducción monetaria de los bienes y servicios ambientales potencialmente afectados, se utiliza las metodologías desarrollada y validadas por las ciencias económicas, las cuales además están sugeridas en los términos en la guía metodológica para la valoración de bienes, servicios y recursos naturales (MAVDT, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2003), en la Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010, la guía de aplicación de la valoración económica ambiental y en los Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental.

De acuerdo a la tipología del impacto se utilizaran la metodología que permita aproximarse al valor económico del bien, servicio o recurso afectado, y en términos generales esta valoración pueden basarse en la creación de mercados hipotéticos, (valoración contingente), en mercados existentes (valoración con base en los precios del mercado), en los costos operacionales (método basado en costos), en los gastos que se incurren para disfrutar de un Bienes y Servicios Ambientales BySA (método del coste de viaje), en las

diferencias existentes entre un mismo BySA (precios hedónicos) entre otros (Ver Tabla 2.145).

**Tabla 2.145 Métodos sugeridos Términos de referencia**

MÉTODOS	MÉTODOS BASADOS EN COSTOS	MÉTODOS DE PREFERENCIAS REVELADAS	MÉTODOS DE PREFERENCIAS DECLARADAS
Orientación	Intentan cuantificar lo que las personas están dispuestas a pagar por atender, mitigar o evitar una situación que les empeora su bienestar a partir de sus decisiones de gasto.	Estiman el valor de uso directo e indirecto de los bienes y servicios ambientales por tipo de uso (recreación, salud, insumo de producción, entre otros), aprovechando la relación que exista entre la calidad ambiental y un bien o servicio de mercado.	En el enfoque de preferencias declaradas se le pide a la gente expresar directamente sus preferencias y valores, en lugar de deducir los valores de las opciones reales, como aquellos de preferencia revelada
Métodos más usados	a. Costos de mitigación b. Costos de reposición c. Costos de reemplazo d. Costos evitados e. Costos de enfermedad /morbilidad	a. Precios hedónicos (propiedades y salarios) b. Costos de viaje c. Cambios en la productividad d. Costo de oportunidad	a. Valoración contingente b. Elección contingente (análisis conjoint)
Método de transferencia de beneficios			

Fuente: Resolución 0421 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS.

Finalmente se obtiene el valor económico en unidades monetarias de los potenciales beneficios y daños ambientales (externalidades negativas) asociadas a las obras y actividades del proyecto. Los beneficios corresponden al valor de las externalidades positivas, la generación de empleo y las inversiones sociales voluntarias a ejecutarse en el área de influencia. Los daños ambientales corresponden a los costos externos o impactos negativos generados por las actividades del proyecto.

### 2.4.9.3.1 Análisis Costo Beneficio ACB

Con el fin de evaluar la viabilidad del proyecto desde la perspectiva ambiental se relacionan el flujo de costos (externalidades negativas) y beneficios asociados al desarrollo del proyecto, el cual se utiliza como indicador determinante en la toma de decisiones. El análisis se desarrolla dividiendo todos los beneficios obtenidos durante la vida útil del proyecto con la totalidad de las externalidades negativas asociadas a su ejecución. Si el resultado es superior a uno el proyecto es viable, si el resultado es igual a uno la ejecución de este es indiferente para el evaluador, si el resultado es inferior a uno el proyecto no es viables desde la perspectiva ambiental.

Es necesario aclarar que el ACB no es convencional, sino que hace referencia a los beneficios netos generados a la sociedad por las afectaciones en el flujo de bienes y servicios ambientales impactados.

En este sentido, lo anterior se desarrolla con base en el criterio de aceptación o viabilidad

ambiental del proyecto, el cual corresponde cuando el efecto del VPN es positivo y por ende el RBC es igual o superior a 1, dado que con este punto se evidencia, ya sea ningún cambio en las condiciones actuales de la comunidad, o una potenciación en el bienestar a la sociedad.

Por otra parte, es de acotar que el flujo económico se proyecta teniendo los efectos inflacionarios a diciembre del 2019 y la tasa de descuento social de descuento adoptada para Colombia del 12%, según el DNP (Departamento Nacional de Planeación).

#### **2.4.9.3.2 Análisis de sensibilidad**

El análisis de sensibilidad es una técnica que es aplicada a la valoración inicial del VPN, con objeto de determinar cómo potenciales variaciones en las variables que no son estáticas y no se pueden predecir desde el inicio afectan la rentabilidad y la relación beneficio costo del proyecto. Para este fin se ejecutaron una serie de simulaciones que buscan demostrar, de manera más práctica, el impacto de las diferentes variables en el resultado de la evaluación del proyecto.

Para el modelo de simulación se definen una serie de supuestos que permiten modelar las variables que determinan la incertidumbre de cada uno de los costos (externalidades negativas) y beneficios definidos para la evaluación del proyecto.

#### **2.4.10 Planes y programas**

##### **2.4.10.1 Plan de manejo ambiental (PMA)**

Para la elaboración del Plan de Manejo Ambiental (PMA) se tuvo en cuenta la evaluación ambiental, donde a partir de la identificación de las actividades del proyecto se evaluó la posibilidad de manifestación de impactos a los medios abiótico, biótico y socioeconómico; así como al paisaje (componente perceptual).

En este sentido el Plan de Manejo Ambiental (PMA) contempla las medidas de manejo para la prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos que potencialmente se puedan presentar, según la evaluación ambiental presentada en el Capítulo 8, relacionando los indicadores a utilizar y su porcentaje mínimo de cumplimiento, la frecuencia y lugar de aplicación, los costos, cronograma del proyecto relacionando las actividades en donde aplica cada medida, personal requerido, responsable, etc.

Para la estructuración del PMA se tomaron como base los programas sugeridos por los términos de referencia M-M-INA-01 para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para Proyectos de Perforación Exploratoria de Hidrocarburos y los programas aprobados mediante la Resolución 0373 del 06 de mayo de 1998, acogiendo aquellos que aplicaran según el alcance de la presente modificación.

##### **2.4.10.2 Plan de seguimiento y monitoreo (PSM)**

Mediante el Plan de Monitoreo y Seguimiento se buscó alcanzar los objetivos definidos

en los programas planteados en el Plan de Manejo Ambiental, lo que permitirá, si se requiere, ajustarlos a las nuevas condiciones que se vayan presentando durante la construcción de las obras y la operación del proyecto. Para ello se diseñaron programas de monitoreo y seguimiento para cada uno de los medios.

#### **2.4.10.3 Plan de gestión del riesgo**

El propósito del Plan de Gestión del Riesgo es identificar, analizar y clasificar las amenazas; para determinar los potenciales elementos vulnerables y elaborar un análisis de riesgos para establecer las medidas de intervención prospectiva y correctiva y por último los lineamientos para el manejo del desastre en caso de la manifestación de las amenazas.

Para ello se tuvo en cuenta las directrices establecidas en el Decreto 2157 del 20 de diciembre de 2017 y los procesos básicos establecidos por la Ley 1523 para la gestión del riesgo. A continuación, se presenta de manera general las actividades realizadas en las etapas de precampo, campo y postcampo con respecto al Plan de Gestión del Riesgo.

##### **2.4.10.3.1 Etapa Precampo**

###### **2.4.10.3.1.1 Recopilación y revisión de información secundaria**

Se revisó el marco normativo y conceptual para la atención de emergencias en Colombia y se realizó un análisis cartográfico preliminar de la zona (Hidrología, geomorfología, condiciones climáticas, vías de acceso y áreas aptas para la ubicación de infraestructura petrolera en el campo), para definir la existencia de amenazas de origen natural o socio natural.

Como información base para la elaboración del capítulo Plan de gestión del riesgo (PGR) para el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para la modificación de la Licencia Ambiental del Área de Perforación Exploratoria – APE Medina Occidental, se tomó la caracterización del área de influencia, las estrategias de desarrollo definidas para la Modificación de la Licencia Ambiental y las etapas y actividades descritas en el capítulo Descripción del Proyecto.

##### **2.4.10.3.2 Etapa de campo**

En la fase de campo se visitaron los puntos de control de derrames sobre fuentes hídricas existentes en campo, así mismo en la caracterización socio ambiental se identificó probables amenazas antrópicas como protestas por parte de la comunidad, acciones de sabotaje y delincuencia común. También se revisó la capacidad de respuesta de entidades de apoyo como gobernaciones, alcaldías, Bomberos, centros de salud, policía y organizaciones comunitarias, entre otros, frente a eventuales emergencias relacionadas con la operación del APE Medina Occidental.

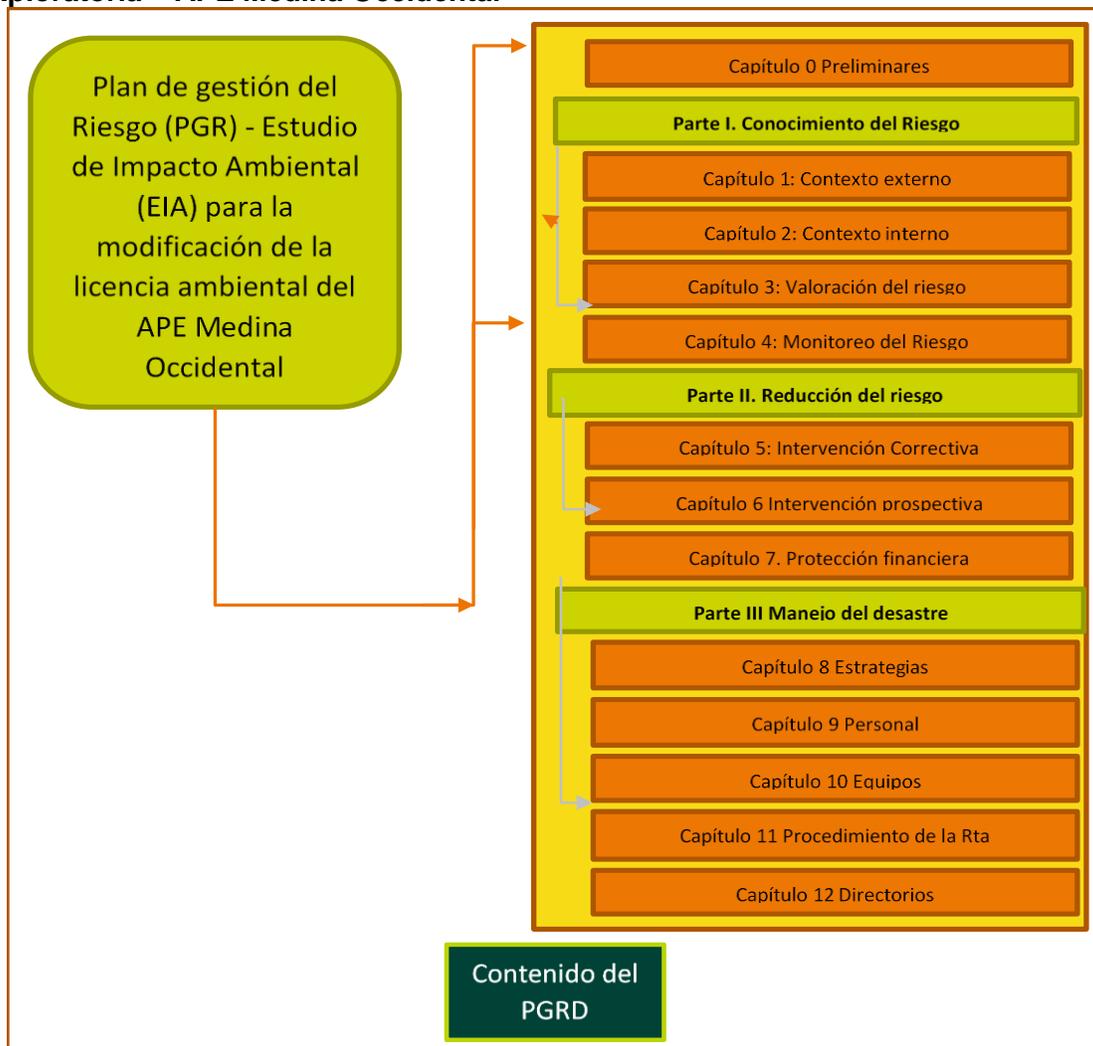
##### **2.4.10.3.3 Etapa Post Campo**

En la etapa postcampo luego de haber recolectado toda la información primaria y

secundaria posible se lleva a cabo la realización del capítulo de Plan de Gestión del Riesgo teniendo en cuenta los requerimientos de la Ley 1523 de 2012 y las directrices del Decreto 2157 de 2017 con el propósito de identificar, priorizar y formular las acciones necesarias para conocer y reducir las condiciones de riesgo que se pueden presentar en la actualidad y en el futuro en las instalaciones del proyecto y que pueden generar daños y pérdidas al entorno, así mismo la respuesta y atención de desastres en articulación con los sistemas de gestión de las entidades de la zona del proyecto.

La estructura y el alcance del PGR del APE Medina con base en lo mencionado anteriormente se muestra en la Figura 2.86.

**Figura 2.86 Alcance del Plan de Gestión del Riesgo para el Estudio de Impacto Ambiental para la modificación de la Licencia Ambiental del Área de Perforación Exploratoria – APE Medina Occidental**



Fuente: SNGRDEPP (2017) modificado por Consultoría Colombiana by WSP, 2020.

#### 2.4.10.3.3.1 Metodología de Valoración del Riesgo

Para la valoración del riesgo asociado a las actividades de la modificación de la Licencia Ambiental del Área de Perforación Exploratoria – APE Medina Occidental se sigue la metodología planteada en las guías y lineamientos de referencia para ECOPETROL S.A., a saber: GHS-G-039 Guía para la gestión de emergencias en Ecopetrol S.A., GHS-G-035 Guía Matriz de Valoración de Riesgos, GHS-G-022 Guía para Análisis de Consecuencias y GHS-G-034 Guía para la gestión dinámica del riesgo tecnológico (GRP y GDR), en cumplimiento de los requisitos establecidos por la Ley 1523 de 2012 y el Decreto 2157 de 2017.

Adicionalmente, se complementa la metodología de valoración matricial del riesgo mediante el análisis espacial de las áreas de amenaza, vulnerabilidad y su integración en un producto síntesis con la distribución espacial de las categorías o niveles de riesgo, atendiendo lineamientos sugeridos por entidades relacionadas con la Gestión del Riesgo de Desastres como la UNGRD (2017), IDIGER (2019), DNP (2010), entre otros.

Frente al componente de vulnerabilidad, se entiende ésta, como la consecuencia que tiene la manifestación del evento amenazante sobre los elementos vulnerables; se debe tener en consideración la fragilidad de los elementos vulnerables y la exposición de estos al evento amenazante. De tal forma, los niveles de consecuencia que se pueden encontrar ante un evento amenazante o peligroso corresponden con:

- Vulnerabilidad muy alta: Genera consecuencias de muy alta intensidad, muy extensas, permanentes, de efecto directo, irrecuperable e irreversible. Generan muerte o incapacidad total o permanente a las personas. Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una muy alta probabilidad de ocurrencia.
- Vulnerabilidad alta: Genera consecuencias de alta intensidad, extensas, temporales, de efecto directo, mitigables o reversibles en el largo plazo. Generan lesiones graves o incapacidad parcial permanente a las personas. Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una alta probabilidad de ocurrencia.
- Vulnerabilidad media: Genera consecuencias de moderada intensidad, puntual a extensa, temporales, de efecto directo, mitigables o reversibles en el mediano plazo. Se generan lesiones moderadas o incapacidad temporal a las personas. Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una baja probabilidad de ocurrencia.
- Vulnerabilidad baja: Genera consecuencias de mediana intensidad, puntuales, temporales, de efecto directo y recuperable o reversible en el mediano plazo. Ocasionan lesiones leves o incapacidad temporal a las personas. Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una baja probabilidad de ocurrencia
- Vulnerabilidad muy baja: Genera consecuencias de baja intensidad, puntuales, fugaces, de efecto secundario y recuperable de manera inmediata o reversible en el corto plazo. No se producen lesiones personales incapacitantes. Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una muy

baja probabilidad de ocurrencia.

Para determinar el nivel de riesgo a partir de las posibilidades de correlación espacial de los componentes anteriores, se toma conceptualmente la siguiente definición:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Los posibles resultados del cruce espacial entre la amenaza y la vulnerabilidad son agrupados en rangos de nivel de riesgo mediante la matriz presentada en la **Tabla 2.146**. Es preciso señalar que este proceso metodológico complementa los resultados de la metodología matricial definidas por la guía GHS-G-035 (ECOPETROL S.A., 2016).

**Tabla 2.146 Determinación del nivel de riesgo a partir de la combinación amenaza y vulnerabilidad**

		PROBABILIDAD AMENAZA				
		1	2	3	4	5
VULNERABILIDAD	5	M	M	H	H	VH
	4	L	M	M	H	H
	3	N	L	M	M	H
	2	N	N	L	M	M
	1	N	N	N	L	L
	0	N	N	N	N	N

Fuente: Concolby WSP., 2020

Dado que la vulnerabilidad se analiza desde las dimensiones socioeconómica, poblacional, individual y ambiental, los resultados de la matriz anterior se expresan en los mapas de riesgo individual, social, económico y ambiental, como se verá finalizando el capítulo de valoración del riesgo.

#### 2.4.10.3.3.2 Metodología para la identificación de Amenazas

Una amenaza se describe como la fuente de daño potencial o situación con potencial para causar una pérdida (ICONTEC, 2004). La fuente de dicho daño puede ser un fenómeno y/o una actividad humana o natural que tiene el potencial de causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social, económica y/o la degradación ambiental (UNISDR, 2009). Un evento amenazante se considera cómo la manifestación final de la amenaza, que genera los efectos adversos.

La identificación de las amenazas para el área de influencia de la modificación de la Licencia Ambiental del Área de Perforación Exploratoria – APE Medina Occidental se desarrollará mediante la caracterización socioambiental del área y el análisis de las etapas y actividades del proyecto; a través de estas, se identificarán las potenciales amenazas externas (del medio hacia el proyecto) e internas (del proyecto hacia el medio) que se podrían presentar durante el desarrollo de las actividades.

## Criterios del riesgo

El camino seguido para la valoración del riesgo considera criterios como la identificación de escenarios de riesgo, el análisis de la probabilidad de dichos escenarios, las consecuencias que se pueden presentar, y producto de lo anterior, se realiza la determinación del nivel del riesgo en una escala de categorías de afectación y pérdidas, que conllevan a la definición del grado de tolerancia, aceptabilidad o necesidad de intervención del riesgo.

### 2.4.10.3.3 Criterios para la identificación de escenarios de riesgo

Un escenario es la combinación de una amenaza en un área del proyecto que implique riesgos durante la ejecución de dicha actividad, y se define como la posibilidad de que una amenaza determinada se materialice como una emergencia en un sitio específico.

Teniendo en cuenta las actividades a ejecutar para la modificación de la licencia del APE Medina y las amenazas identificadas, se realiza un cruce entre las actividades que contempla el proyecto y los peligros potenciales en el área de influencia, de modo que se integre la operación, construcción y otra intervención del proyecto con los efectos o consecuencias que se puede derivar de eventos amenazantes de distinto origen.

### 2.4.10.3.4 Criterios para la definición de la probabilidad

Dentro del análisis de escenarios de riesgo se debe cuantificar la probabilidad de la ocurrencia de los eventos amenazantes identificados. Por lo tanto, la probabilidad de ocurrencia se define asignando a cada clase un puntaje numérico de acuerdo con la Tabla 2.147.

**Tabla 2.147 Escalas de probabilidad para valoración de riesgos**

PROBABILIDAD (P)	DEFINICIÓN/FRECUENCIA (F)		PROBABILIDAD	
	AMENAZAS DE ORIGEN TECNOLÓGICO	AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL, SOCIO NATURAL, Y ANTRÓPICO	CATEGORÍA	
Muy probable	Sucede varias veces al año en el Departamento*. Puede ocurrir en el transcurso del año	Alta probabilidad (Más de un evento al mes).	E	(10 <sup>-2</sup> - 10 <sup>-1</sup> )
Altamente probable	Sucede varias veces al año en la Empresa. De probable ocurrencia en un lapso entre 1 y 5 años	Ocurre algunas veces (Hasta un evento al mes).	D	(10 <sup>-3</sup> )
Probable	Ha ocurrido en la Empresa en los últimos 10 años	Probabilidad limitada (Más de un evento al año).	C	(10 <sup>-4</sup> )
Posible	Ha ocurrido en la Empresa o en la industria	Probabilidad baja (Hasta un evento cada 10 años).	B	(10 <sup>-5</sup> )
Improbable	No ha ocurrido en la industria.	Muy baja probabilidad (Un evento cada 50 años).	A	(10 <sup>-6</sup> )

Fuente: Ajustado de (ECOPETROL S.A, 2016) por (WSP, 2020)

#### **2.4.10.3.3.5 Criterios para el análisis de consecuencias de actividades en riesgo**

Para efectos del análisis de riesgo durante las actividades propias del proyecto, se consideran los siguientes factores de consecuencia:

- i. **Personas:** se refiere al número y clase de afectados (empleados directos, contratistas, auxiliares, mano de obra no calificada, militares, etc.). Aquí se considera también el tipo y gravedad de las lesiones (vida y salud humana).
- ii. **Económica:** Se refiere al impacto sobre las finanzas de la compañía por los efectos de la emergencia sobre el desarrollo normal de las actividades asociadas al proyecto y actividades asociadas al control de emergencias (Continuidad de la operación – Perspectivas técnicas y económicas de controlar los factores del riesgo).
- iii. **Ambiental:** evalúa los impactos sobre el aire, flora, fauna, drenajes naturales y suelos, como consecuencia de una emergencia, considerando sus implicaciones en el desarrollo de las actividades socioeconómicas derivadas del recurso (ganadería, usos del agua o del suelo, y demás).
- iv. **Cliente:** califica el cliente según los requerimientos del proyecto.
- v. **Reputación:** califica el nivel de deterioro de la imagen de ECOPETROL S.A. como consecuencia de la emergencia.

La gravedad de las consecuencias de un evento se evalúa sobre los factores de vulnerabilidad, y se califica dentro de una escala que establece seis niveles, con el mínimo valor de gravedad en 0 y un valor máximo de 5.

#### **2.4.10.3.3.6 Criterios para la determinación del nivel de riesgo**

La clasificación del nivel riesgo debe hacerse teniendo en cuenta los siguientes tres elementos:

- i. El primero es la categoría de consecuencia con la cual está relacionada la evaluación:
  - a. Personas (P)
  - b. Económica (E)
  - c. Ambiental (MA)
  - d. Cliente (CL)
  - e. Reputación (R)
- ii. El segundo corresponde a la gravedad de las consecuencias: Ubicar en escala de 0-5
- iii. El tercero corresponde al nivel de probabilidad del suceso con esas consecuencias: Ubicar en escala de A-E.

El nivel del riesgo se determina a partir de la agrupación de premisas basas en los elementos vulnerables sobre los cuales pueden acarrear consecuencias, la gravedad de

dichas consecuencias y la probabilidad o frecuencia con la que puede suceder el riesgo. A continuación, se presenta la Tabla 2.148, en la cual se describen las categorías y niveles de riesgo basados en las medidas de intervención a implementar.

**Tabla 2.148 Niveles resultantes de la valoración del riesgo**

NIVEL	TIPO	GRADO DE ACEPTABILIDAD
VH	Muy Alto	Es intolerable. No se puede hacer. Se debe iniciar mitigación temporal inmediata (en el turno) para reducir el riesgo, a nivel tolerable. Si esto no fuera posible, se deberá detener la operación.
H	Alto	Es indeseable. Deben buscarse alternativas que presenten menor riesgo.
M	Medio	Riesgo tolerable. Se deberá evaluar si existe una posibilidad costo-beneficio para reducir más el riesgo, es decir alcanzar el nivel riesgo más bajo que sea razonablemente práctico. Evaluar cuantos y cuales controles se pueden implementar para llegar al mínimo valor de riesgo posible.
L	Bajo	Riesgo aceptable. Se opera manteniendo controles operativos, de ingeniería y administración, para evitar que el riesgo aumente. Se podrían gestionar mejoras a los sistemas de control establecidos (procedimientos, listas de chequeo, responsabilidades, protocolos, etc.) si es razonablemente práctico.
N	Nulo	No se requieren medidas de mitigación.

Fuente: (Villareal H. , y otros, 2006)

#### 2.4.10.3.3.7 Valoración del riesgo

La valoración del riesgo incluye la identificación del riesgo, el análisis de la vulnerabilidad, la valoración y evaluación del riesgo, en correspondencia con lo establecido en la Ley 1523 de 2012, para estimar daños y pérdidas potenciales, comparables con los criterios de seguridad ya establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención mediante la reducción del riesgo o del manejo del desastre (Decreto 2157 de 2017).

Para cada escenario evaluado, se determina el riesgo en cada una de las categorías (personas, económicas, ambiente y reputación), identificando en la matriz RAM, el punto correspondiente al cruce de la probabilidad de que haya ocurrido o pudiera ocurrir ese evento para la consecuencia particular analizada y que adicionalmente por su nivel de impacto se requiera la intervención de recursos de orden local, regional y nacional para la recuperación y reconstrucción del área afectada (Emergencia mayor); repitiendo el proceso para cada categoría, hasta cubrir todas las posibles pérdidas.

#### 2.4.10.3.3.8 Identificación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo

Se considera que una amenaza corresponde a un peligro latente por un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental y que suele presentarse con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos

ambientales (UNGRD, 2017).

De acuerdo con el contexto geográfico, social y ambiental del área de influencia del APE-Medina Occidental, se elabora una lista de los fenómenos amenazantes naturales, socio naturales, antrópicos y tecnológicos que pueden presentarse durante las actividades a desarrollar en la perforación exploratoria de los pozos proyectados y las acciones asociadas o complementarias a esta, que son objeto de la modificación de licencia ambiental. En la Tabla 2.149 se presenta la clasificación de los fenómenos amenazantes por su origen y la asignación de la codificación que será utilizada en la identificación de escenarios de riesgo y su valoración.

**Tabla 2.149 Clasificación de las amenazas**

CLASIFICACIÓN GENERAL	FENÓMENOS AMENAZANTES	ID	CÓDIGO
Amenazas de Origen Natural	Sísmica	A	SIS
	Vendavales	B	VEN
	Isoceráunica	C	ACE
Amenazas de Origen Socio Natural	Fenómenos de Remoción en masa	D	REM
	Inundaciones	E	INU
	Crecientes o lluvias torrenciales	F	AVE
	Incendio forestal	G	IFO
	Salud pública	H	SPU
Amenaza de origen antrópico	Conflictos con la comunidad	I	CLC
	Acciones terroristas y sabotaje	J	TSA
	Delincuencia común y hurto	K	DEC
Amenazas de origen tecnológico	Incendio y/o explosión	L	INE
	Derrame	M	DER
	Reventón de pozo	N	RPO
	Accidente de trabajo	O	ACT
	Incidentes vehiculares	P	IVE

Fuente: Concolby WSP, 2020.

#### 2.4.10.3.3.9 Identificación de escenarios de riesgo

Un escenario es la combinación de una amenaza en un área del proyecto que implique riesgos durante la ejecución de dicha actividad, y se define como la posibilidad de que una amenaza determinada se materialice como una emergencia en un sitio específico.

Con base en la relación entre las amenazas identificadas para el proyecto (Tabla 2.149) y las actividades a ejecutar en el APE Medina Occidental, se realiza la identificación de escenarios de riesgo.

#### 2.4.10.3.3.10 Análisis espacial del riesgo

El análisis geográfico del riesgo consiste en la integración espacial de los resultados obtenidos en la identificación y modelación de las amenazas, los elementos expuestos y la vulnerabilidad. La correlación entre la amenaza y la vulnerabilidad determinó el nivel riesgo que a su vez fue clasificado en los

componentes individual, social, económico, cultural y ambiental.

#### 2.4.10.3.3.11 Monitoreo del riesgo

El monitoreo es una de las estrategias centrales para consolidar y fortalecer el conocimiento del riesgo asociado al proyecto, a partir del cual se busca avanzar en las actualizaciones futuras, de forma más concreta, de las medidas de reducción del riesgo y los procedimientos para la respuesta a emergencias.

#### 2.4.10.3.3.12 Reducción del riesgo

La reducción del riesgo es un proceso que busca modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes y evitar nuevo riesgo en el territorio a través de medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales (Ley 1523 de 2012).

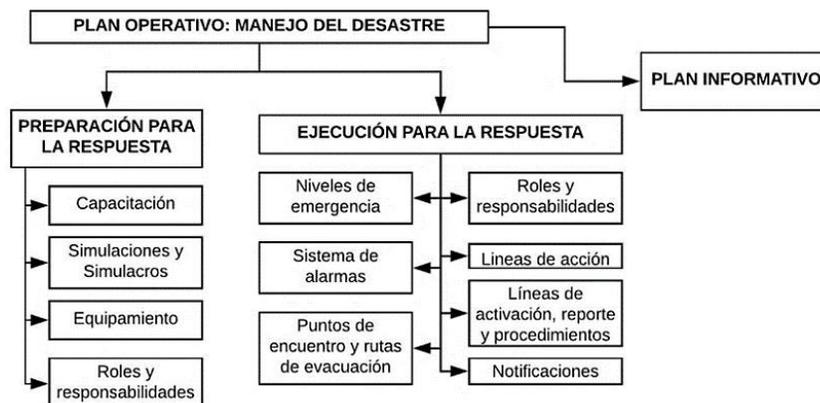
La intervención para la reducción del riesgo se estableció a partir de la identificación de los escenarios de origen natural, socio natural, antrópico y tecnológico. La estrategia de reducción del riesgo se integra en la gestión integral del activo industrial, la cual se analiza a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

XXX

#### 2.4.10.3.3.13 Manejo del desastre

Con base en los resultados del análisis específico de riesgos (proceso de conocimiento) y las medidas implementadas de reducción del riesgo, se estructuraron las estrategias básicas para la atención de emergencias. En la Figura 2.87 se esquematiza el proceso metodológico desarrollado para definir los lineamientos para el manejo del desastre.

**Figura 2.87 Esquema metodológico para el manejo del desastre**



Fuente: (WSP, 2020)

#### **2.4.10.4 Plan de desmantelamiento y abandono**

El plan de desmantelamiento y abandono se elaboró siguiendo los siguientes aspectos:

- i. Planteamiento de las acciones que se deben realizar para el desmantelamiento y abandono de las obras temporales y permanentes en las diferentes fases del proyecto, a partir de la descripción y características de las actividades realizadas y la experiencia de la industria.
- ii. Ejecución de la evaluación ambiental correspondiente a las actividades realizadas durante el abandono.
- iii. Definición y elaboración de las actividades, obras y acciones que conforman como tal el plan de abandono de acuerdo con los alcances del proyecto y la evaluación ambiental llevada a cabo.

#### **2.4.10.5 Plan de inversión del 1%**

El principal objetivo del Plan de Inversión Forzosa del 1% para el APE Medina Occidental es dar cumplimiento al parágrafo 1 artículo 43 de la ley 99 de 1993, que establece la inversión forzosa del 1% para los proyectos que requieran licencia ambiental y hagan uso de aguas de fuentes naturales superficiales o subterráneas para el desarrollo de sus actividades productivas en cualquier etapa del proyecto y reglamentada bajo el decreto 2099 de 2016 y 075 de 2017.

Así mismo se establecen objetivos específicos los cuales corresponden a:

- i. Determinar el incremento del valor de la base de liquidación de la inversión de no menos del 1%
- ii. Plantear a escala de paisaje las áreas seleccionadas para realizar la inversión forzosa de no menos del 1%.
- iii. Establecer las bases técnicas, económicas y metodológicas para realizar la inversión forzosa de no menos del 1% que propenda por la conservación de la cuenca hídrica a través de acciones de preservación, restauración, implementación de proyectos de uso sostenible y acuerdos de conservación
- iv. Presentar los criterios para la selección de predios y participantes, así como los modelos de acuerdos de conservación con los propietarios.
- v. Definir la proyección financiera del plan de inversión

La metodología desarrollada para la formulación e implementación del Plan de Inversión Forzosa del 1% para el APE Medina Occidental, se describe a continuación:

##### **2.4.10.5.1 Estrategia para la identificación del área núcleo para la implementación de las obligaciones de inversión del 1%**

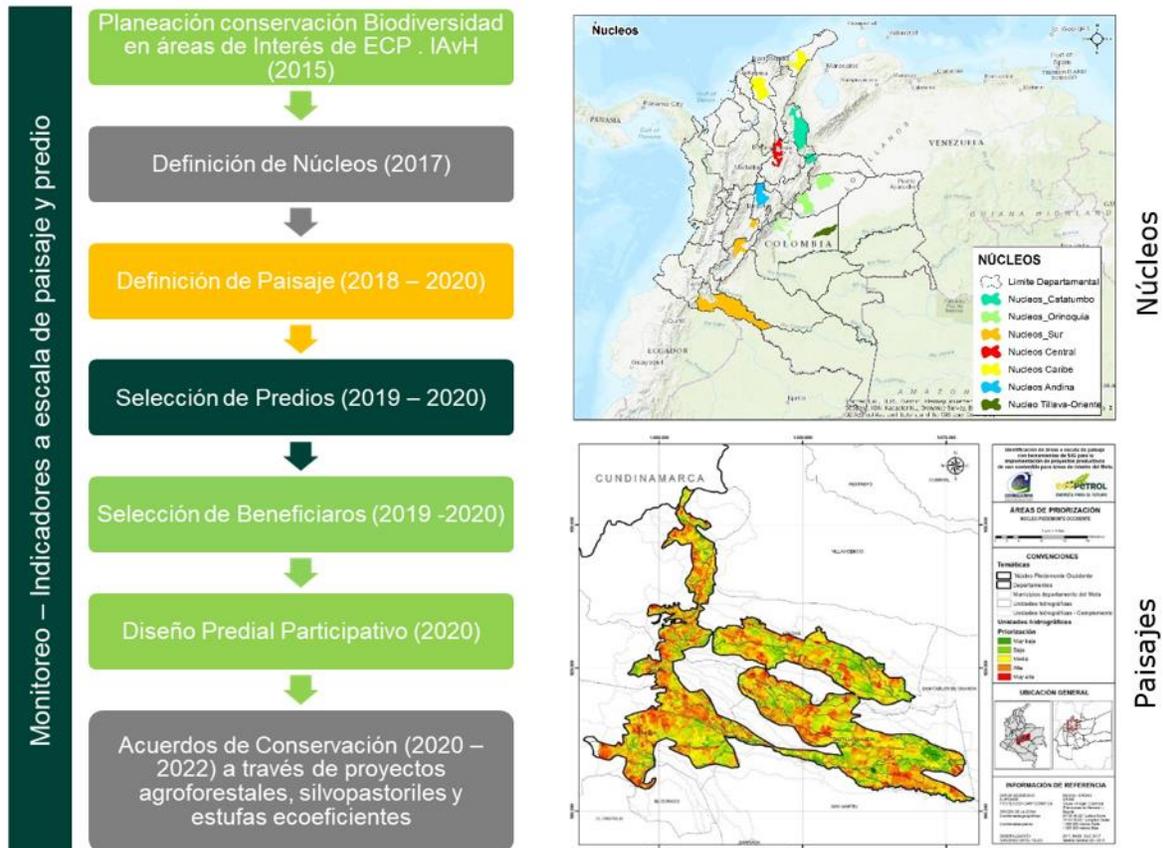
Ecopetrol S.A., en alienación con las directrices gubernamentales con la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico PNGIRH (MADS, 2010), instrumentos de ordenación como los POMCAs y en concordancia con la Estrategia de Entorno de Ecopetrol, se encuentra implementando la Estrategia de Gestión del Agua, que busca entre

otras cosas:

- mejorar la eficiencia en el uso de este recurso,
- reducir los costos operativos,
- habilitar producción y reservas y
- aportar a la reducción de los conflictos asociados al agua.

El cumplimiento de las obligaciones de inversión del 1% en Ecopetrol, busca articular lo establecido por la normatividad y los instrumentos referidos a partir de las siguientes fases diseñadas y desarrolladas en un proceso lineal descrito en la Figura 2.88.

**Figura 2.88 Estrategia de implementación de la inversión de no menos del 1%**



Fuente: Ecopetrol S.A., 2020

La finalidad de esta estrategia es implementar las acciones de conservación y preservación de la subzona hidrográfica a partir del enfoque de paisaje. Este enfoque surge como medio para hacer frente a las crecientes presiones sobre los recursos naturales, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, con el fin de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras (Sawyer, 2013). Esta concepción del territorio ha ganado importancia en los últimos años, ya que permite alcanzar de manera simultánea objetivos de desarrollo y de conservación (Sawyer, 2009). A su vez, le apunta a cumplir con los Objetivos de

Desarrollo Sostenible (ONU, 2015).

En Ecopetrol, entendemos el paisaje como el área delimitada para alcanzar un conjunto específico de objetivos (Gignoux et al. 2011). Este constituye el escenario en el que las instituciones (incluyendo seres humanos), interactúan de acuerdo con las reglas físicas, biológicas y sociales que determinan sus relaciones (Sawyer, 2013).

Ecopetrol busca construir en sus zonas de influencia, una visión a largo plazo a través de proyectos a escala de paisaje, que se soportarán en acuerdos de conservación en las zonas hidrográficas donde opera, y que tienen como incentivo para los propietarios o tenedores de predios, el diseño e implementación de proyectos sostenibles con enfoque ecológico y social, que permiten la inclusión social, el desarrollo regional, la promoción de servicios ecosistémicos y la conservación de la biodiversidad (Andrade et al. 2014).

#### **2.4.10.5.2 Justificación de la estrategia para la identificación del área núcleo para la implementación de las obligaciones de inversión del 1%**

Los paisajes son compartidos por la gente y la vida silvestre, si seguimos haciendo las cosas como las venimos haciendo las necesidades de las personas siempre chocarán con las de la vida silvestre (WCS, 2001). Se deben buscar nuevas y mejores prácticas en el territorio –reducción de conflictos que aplicarán tanto para la conservación de la biodiversidad, así como, la de servicios ecosistémicos como la provisión de agua. Hay que desarrollar nuevas estrategias y herramientas de conservación, herramientas eficientes y menos costosas que las existentes (WCS, 2001).

Según Etter et al. (2010), la tasa de conversión de las sabanas está aumentando de manera exponencial de 0,3% (1970-1985) a 0,9% (2000- 2007), pudiendo alcanzar el 2% en 2020, con unas 200.000 ha/año. Este proceso sucede en Colombia a un ritmo mucho mayor que los lentos avances de la conservación de la biodiversidad y la gestión ecológica de estos territorios (Andrade et al. 2011).

Los parques y las reservas naturales no son suficientes para garantizar la protección de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. La conservación enfocada solamente dentro de los límites de las áreas protegidas no tiene éxito porque la vida silvestre, los procesos ecológicos y la utilización de los recursos naturales por parte de los seres humanos tienden a ir más allá de las fronteras políticas definidas por ellos (WCS, 2001).

En Colombia es bien sabido las fuerzas que motivan los cambios ecológicos y económicos escapan el ámbito de gestión pública ambiental nacional. Los procesos de ordenamiento del cambio hacia un paisaje sostenible y resiliente deben converger y complementarse la gestión pública y la privada (Andrade et al. 2014).

Es por esto que Ecopetrol, le apunta a este tipo de propuestas que reconocen la biodiversidad como un conjunto de atributos de composición de especies, estructuras y funciones en los ecosistemas, junto con sus dimensiones sociales. En una perspectiva del funcionamiento del sistema ecológico las especies con su plasticidad y potencial evolutivo permiten la reorganización del sistema ecológico en proceso

de cambio (Bengtsson et al., 2003).

En este sentido, este tipo de proyectos dirige la transformación ecológica en parte del territorio (las áreas agrícolas y ganaderas), suponiendo que es posible evitar una pérdida neta de los componentes y procesos de la biodiversidad (Andrade, 2013); así como la recuperación de áreas degradadas o bajo prácticas productivas no sostenibles. La exclusión de áreas de agricultura y ganadería más allá de los requerimientos legales implica un compromiso sobre la rentabilidad por el mantenimiento dentro de los predios de bienes públicos ambientales. Pero también, es la oportunidad de crear valor ecológico en la cadena de inversores, productores, proveedores de servicios y consumidores.

A futuro, las áreas conservadas y/o recuperadas y excluidas de la agricultura y ganadería convencional no son solo destinadas para el uso indirecto, sino son áreas con potencial económico a través de actividades de investigación, ecoturismo, y mantenimiento con beneficios probados sobre la biodiversidad (Hoogesteijn&Hoogesteijn, 2010). Esta visión, parte de la hipótesis que afirma que la transformación productiva puede hacerse de esta manera, evitando la pérdida neta de biodiversidad (Andrade, 2013) y conservando los servicios ecosistémicos que proveen las cuencas hidrográficas, especialmente la de provisión de recurso hídrico.

Teniendo en cuenta que es importante analizar el ecosistema como un sistema que no se encuentra aislado de las actividades humanas, sino como un conjunto o “Socio ecosistemas”, es necesario reconocer la multiplicidad de relaciones entre el sistema humano y el sistema biológico. Esto debe tenerse en cuenta, en los procesos de adaptación al cambio climático, generando alternativas que permitan superar las dificultades asociadas a este fenómeno, que aporten a la integridad y permanencia de la biodiversidad de los servicios ecosistémicos (MADS, 2018).

Entre estas alternativas se encuentra la implementación de acciones de adaptación que promuevan y aporten a la conservación, el manejo, el uso sostenible y el buen vivir ambiental y territorial (MADS, 2018). Por esta razón, el modelo representa además una propuesta de adaptación al cambio climático basado en ecosistemas (AbE) en zonas degradadas.

En suma, el modelo es desde la práctica, un complemento a una política para la construcción de un paisaje agrícola multifuncional (Bengtson et al., 2003), basado en la gestión del conocimiento y contribuyendo a la implementación de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH)

Este tipo de proyectos no son modelos de planificación racional de la agricultura, ni de planificación sistemática de la conservación, se trata de proyecto de recuperación y protección de zonas hidrográficas a través de la producción para la conservación de la biodiversidad. Es un modelo de gestión del riesgo del cambio que permite además generar valor ecológico en los predios en proceso de transformación (Andrade et al., 2014), que tiene en cuenta atributos del paisaje como la biodiversidad, los servicios ecosistémicos, el uso de la tierra, la vocación de la tierra y los conflictos de uso de suelo y que a larga se convierten en un determinante ambiental a ser tener en

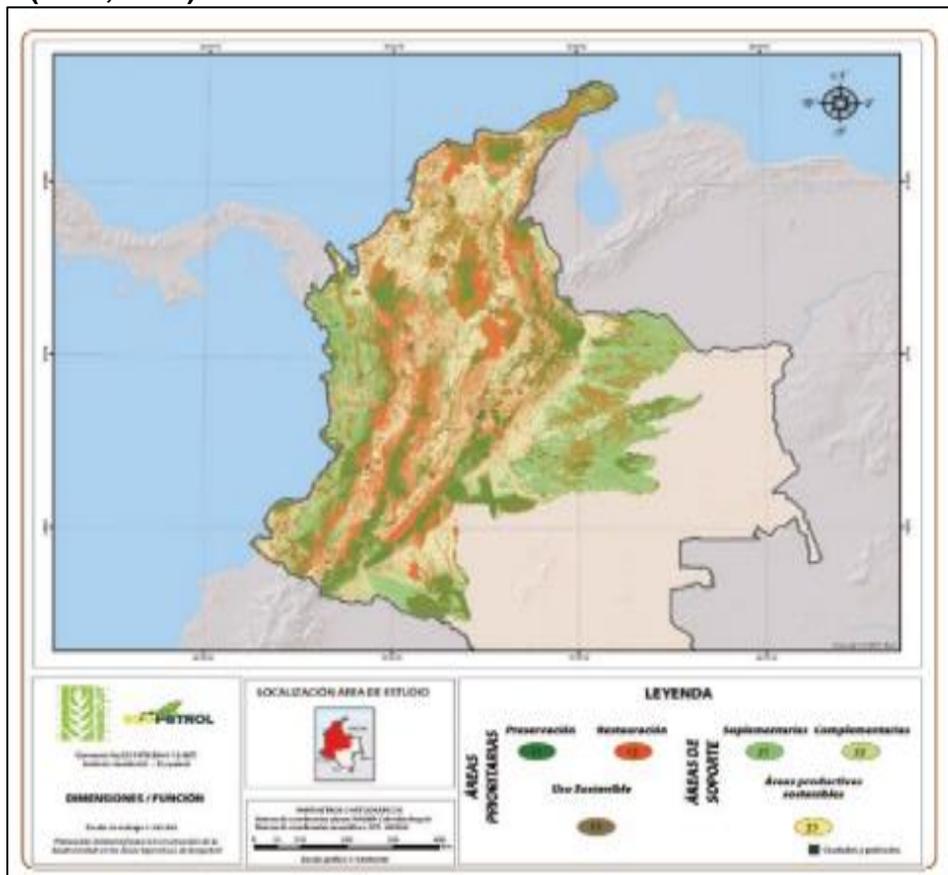
cuenta por las autoridades ambientales.

#### 2.4.10.5.3 Definición del núcleo

Para definir las zonas de implementación de los proyectos de compensación por cambio del componente biótico, se usó la Guía Metodológica para la Construcción del Portafolio de Áreas Prioritarias para la Inversión Ambiental en Áreas de Interés de Proyectos y Operaciones de Ecopetrol (Ecopetrol, 2017). En esta guía elaborada por Ecopetrol se identificaron las áreas de interés estratégico ambiental en zonas de influencia de las actividades empresariales de Ecopetrol para la implementación de proyectos responsabilidad social empresarial – RSE.

Para esto se partió identificando el potencial natural (ver Figura 2.89), a partir del estudio Planeación Ambiental para la Conservación de la Biodiversidad en las Áreas operativas de Ecopetrol realizado por el Instituto Alexander Von Humboldt (IAvH, 2015) con apoyo de Ecopetrol.

**Figura 2.89 Estrategias para la gestión integral de la biodiversidad en el área de proyecto (IAvH, 2015)**



Fuente: Ecopetrol S.A., 2020

Este trabajo conjunto se enfocó en incorporar aspectos de manejo y conservación de la biodiversidad en los planes operativos de Ecopetrol, incluyendo inversiones tanto obligatorias (compensaciones ambientales y otras) como voluntarias (responsabilidad social empresarial) y tuvo como objetivo identificar áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad (preservación, restauración y uso sostenible), mediante una aproximación biogeográfica, ecológica y de planeación estratégica sectorial. Este estudio consiste en un análisis territorial del país a una escala 1:100.000, sirviendo como lineamiento para la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, y su integración en la actividad empresarial mediante la implementación de un sistema de soporte para la toma de decisiones (IAvH, 2015).

Adicionalmente, se usaron criterios y lineamientos de ejes estratégicos como recurso hídrico, cambio climático y biodiversidad. Específicamente se generó con información de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH), la Política para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), el Plan Nacional de Restauración, la Estrategia de Desarrollo Bajo en Carbono, Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, Plan Nacional de Negocios Verdes, Política de Producción y Consumo Sostenible, los Objetivos de Desarrollo Sostenible, Plan de Lucha Contra la desertificación y el Plan Nacional de Desarrollo 2014 -2018, así como con los instrumentos de planificación ambiental regional tales como: los Planes de Gestión Ambiental Regional – PGAR, Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas – POMCH, APIC de CAS, la Estrategia Territorial de Hidrocarburos, los Planes Departamentales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático (ver Tabla 2.150).

**Tabla 2.150 Referencia cartográficas empleadas para la construcción del portafolio**

CAPA	ENTIDAD	ESCALA	AÑO BASE /PUBLICACIÓN
Planeación Ambiental para la conservación para la biodiversidad	IAvH- Ecopetrol	1:100.000	2015
Escenarios de Cambio Climático	IDEAM	1:100.000	2015
Índice de uso de agua	IDEAM	1:500.000	2014
Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico	IDEAM	1:500.000	2014
Captaciones y Vertimientos	Ecopetrol	N/A	2014
Compensaciones Ambientales e Inversiones del 1 %	Ecopetrol	N/A	2015
Peticiones, quejas y reclamos asociadas a recurso hídrico	Ecopetrol	N/A	2014
Mapa de Ecosistemas	IDEAM	1:500.000	2007
Áreas susceptibles a procesos de Restauración	MADS	1:100.000	2014
Áreas de SINAP	Parques Nacionales	1:100.000	2014
Áreas de Reservas Naturales de la Sociedad Civil	Parques Nacionales	1:100.000	2014
Zonificación Reservas de Ley 2da	MADS	1:500.000	2013
Áreas del RUNAP	Parques Nacionales	1:100.000	2014
Territorios Colectivo y resguardos indígenas	INCODER	1:500.000	2010
Histórico de incidentes y alertas	Ecopetrol	N/A	2015
Infraestructura bloques ANH_ECP	ANH	N/A	2015
Infraestructura bloques ECP, Campos de Producción, Sistemas de Transporte	Ecopetrol	N/A	2015
Zonas inestables geológicamente (remoción en masa)	IGAC	1:500.000	2006

CAPA	ENTIDAD	ESCALA	AÑO BASE /PUBLICACIÓN
Zonas susceptibles salinización	IGAC	1:500.000	2005
Zonas susceptibles a incendios forestales	IDEAM	1:500.000	2009
Zonas susceptibles a la deforestación	IDEAM	1:250.000	2015
Mapa de Conflicto de uso del suelo	IGAC	1:500000	2013

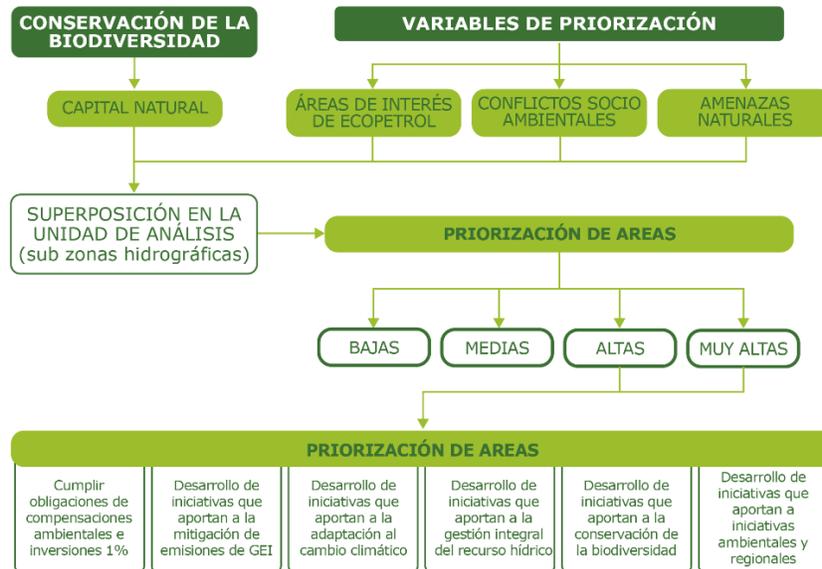
Fuente: Ecopetrol S.A., 2017

Por último, se realizó una superposición de las zonas en donde Ecopetrol tiene operaciones y proyectos de exploración, producción, transporte y refinación, con las Subzonas Hidrográficas del país, de tal manera que las áreas definidas para la inversión están enmarcadas dentro de las Subzonas hidrográficas en donde la Empresa se encuentre presente (Ver Figura 2.90).

Clasificando las áreas de interés estratégico ambiental en zonas de influencia de proyectos y operaciones de Ecopetrol para la implementación de proyectos de responsabilidad social empresarial, compensaciones por cambio de componente biótico e inversión 1%.

- Áreas que permiten cumplir obligaciones de Compensaciones ambientales por cambio del componente biótico e Inversión del 1%.
- Áreas para el desarrollo de iniciativas que aportan a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).
- Áreas para el desarrollo de iniciativas que aportan a la adaptación al cambio climático.
- Áreas para el desarrollo de iniciativas que aportan a la gestión integral del recurso hídrico.
- Áreas para el desarrollo de iniciativas que aportan a la conservación de la biodiversidad.
- Áreas para el desarrollo de iniciativas que aportan a iniciativas ambientales a nivel regional.

**Figura 2.90 Marco conceptual para la construcción de la metodología de núcleos**

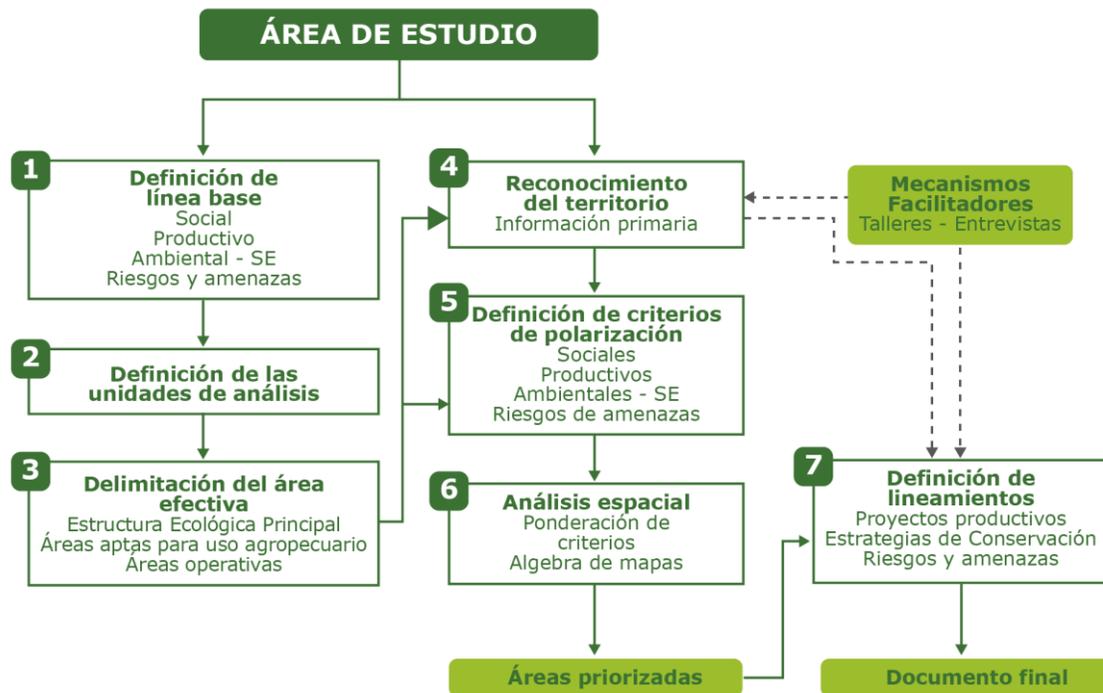


Fuente: Ecopetrol S.A., 2017

#### 2.4.10.5.4 Definición de paisajes

La definición de paisajes y la priorización de áreas está dirigida a la convergencia tanto estrategias de conservación como sistemas productivos de uso sostenible que favorezcan la conectividad ecosistémica y se ajusten a las condiciones ambientales, económicas y socioculturales a escalas tanto locales como regionales (Cormacarena, 2018). La ruta metodológica general para esta actividad se muestra en la Figura 2.91.

**Figura 2.91 Ruta metodológica para la identificación de áreas para la implementación de proyectos productivos y estrategias de conservación**



Fuente: Ecopetrol S.A., 2020

#### 2.4.10.5.5 Definición de línea base

La selección y análisis de información en que brinde un contexto a escala local y regional en los aspectos ambientales, sociales y productivos, es fundamental para la identificación de áreas idóneas para la implementación de proyectos productivos sostenibles y estrategias de conservación (Cormacarena, 2018).

La recopilación de información en los diversos instrumentos de planificación y ordenación del territorio (POMCA's, POTsEOT's) es indispensable, dado que establecen determinantes ambientales, abordan la gestión del riesgo y definen áreas de producción en la zonificación del territorio.

#### 2.4.10.5.6 Definición de unidades de análisis

La identificación de unidades de análisis resulta fundamental para determinar el contexto espacial en el cual se identifican y priorizan las áreas de interés. Usualmente, estas unidades se definen dependiendo de la escala de interés y considerando el recurso hídrico como el elemento prioritario dada su relevancia para la vida, la correlación de la oferta hídrica con determinadas condiciones ambientales y agronómicas en cualquier territorio y la utilización de cuerpos de agua o de sus cuencas como elementos para establecer divisiones políticas o unidades de ordenamiento territorial y de manejo (Cormacarena, 2018).

#### **2.4.10.5.7 Delimitación del área efectiva**

A partir de la definición de la estructura ecológica principal (EEP) en el área de estudio, se define el área efectiva, por lo cual se debe realizar la intersección de capas temáticas que determinan el conjunto de áreas de conservación y protección ambiental, dicha información incluye la capa de coberturas generada mediante la metodología CORINE LandCover adaptada para Colombia (IDEAM, 2013), áreas protegidas del departamento, determinantes ambientales de los diferentes municipios y las capas de recurso hídrico, así como las franjas forestales protectoras, entre otras (Cormacarena, 2018).

La definición de la EEP, permite identificar las áreas en las cuales no se podrán desarrollar proyectos productivos sostenibles o implementar estrategias de conservación, estas áreas incluyen territorios artificializados, áreas de expansión urbana, áreas operativas de exploración y explotación de minas e hidrocarburos e infraestructura vial, entre otras (Cormacarena, 2018).

#### **2.4.10.6 Plan de compensación por pérdida de la biodiversidad**

A partir de los términos de referencia del sector hidrocarburos M-M-INA-01 correspondientes a la presentación de “ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA PROYECTOS DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA DE HIDROCARBUROS, expedidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible –MADS y acogidos mediante Resolución 0421 del 20 de marzo de 2014, se configura la necesidad de Formular un Plan de Compensación por pérdida de la Biodiversidad, denominado bajo la normatividad vigente como Plan de Compensación del componente biótico (Resolución 0256 de 2018).

El plan de compensación del componente biótico consiste en un documento a través del cual se presenta una serie de medidas (acciones, modos, mecanismos y formas), para resarcir a la biodiversidad por los impactos o efectos negativos que no pudieron ser evitados, corregidos, mitigados o sustituidos, y que probablemente puedan conllevar a la pérdida de la biodiversidad por el desarrollo de un proyecto, procurando la conservación efectiva de un área ecológicamente equivalente y tratando en últimas, de evitar la pérdida neta de biodiversidad.

Como objetivo general se planteó dar cumplimiento con la compensación del componente biótico del APE Medina Occidental, para compensar los impactos residuales generados por el desarrollo de las actividades exploratorias, a través de la implementación de acuerdos de conservación que permitan proteger los ecosistemas naturales presentes, que incluyan incentivos en especie tales como estufas ecoeficientes y huertos dendroenergéticos, en áreas ecológicamente equivalentes a la intervenida, donde se logre generar una categoría de manejo y estrategia de conservación permanente que mejore las condiciones de la biodiversidad.

Estableciendo las acciones de preservación para el mantenimiento del estado natural de la biodiversidad y los ecosistemas mediante la limitación o eliminación de la intervención humana, a través del aislamiento de sectores naturales en el área núcleo, en una superficie equivalente a la compensación generada por el desarrollo del proyecto, en el marco del

manual de la resolución 256 de 2018.

El Plan de compensación del medio Biótico del APE Medina Occidental, se organizó de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Manual de compensaciones para responder a tres cuestiones básicas: i) qué compensar, relacionada con los ecosistemas afectados y equivalentes ii) cuánto compensar, en términos de área; ii) dónde compensar, con referencia a la localización de los ecosistemas equivalentes y iii) cómo compensar, es decir, mediante qué tipo de acciones se va desarrollar la compensación de la biodiversidad, de manera que contribuyan a garantizar la conservación efectiva de la misma, teniendo como referencia el territorio de influencia del proyecto.

#### **2.4.10.6.1 Fase I. Qué compensar**

El área a compensar se refiere a la zona que se vio impactada o afectada por el desarrollo del proyecto, obra o actividad, teniendo en cuenta los atributos ecosistémicos identificados en la línea base del estudio de impacto ambiental, con el objetivo de establecer el ecosistema equivalente y el área a compensar.

#### **2.4.10.6.2 Fase II. Cuánto compensar**

A partir de la ubicación final de las áreas de perforación proyectadas dentro del APE Medina Occidental, se calculó el área a compensar, identificando en primer lugar la extensión del área impactada por cada tipo de ecosistema, en segundo lugar, el factor de compensación en el listado nacional de factores (MADS 2015) y en tercer lugar se multiplicó el valor del área impactada por el factor de compensación.

A partir de esto y basándose en la proyección del área de intervención total, se establecieron los Biomas y Ecosistemas presentes en el área total del APE, así como de los presentes en los seis (6) puntos de perforación o áreas de intervención potencial dentro del mismo APE. A partir de la identificación de la extensión de cada tipo de ecosistema presente en los seis (6) puntos potenciales de perforación, se calculó el área a compensar.

No obstante, es de recalcar que la ubicación final de los puntos de perforación podrá variar dentro del mismo APE, dado el caso se deberá ajustar las áreas específicas de cada ecosistema a intervenir, y consecuentemente el área a compensar.

#### **2.4.10.6.3 Fase III. Dónde compensar**

Según el Manual de Compensación, el dónde compensar se enfoca en la identificación de un área ecológicamente equivalente al área de intervención, esta equivalencia se refiere a áreas de ecosistemas naturales y/o vegetación secundaria que mantienen condiciones similares a los presentes en el ecosistema natural o vegetación secundaria impactados y que tienen una viabilidad ecológica similar por área, condición y contexto paisajístico (MADS, 2012).

La identificación de las áreas potenciales para la selección de las áreas ecológicamente equivalentes contempló el cumplimiento de 10 criterios determinantes para la selección del

área a compensar (MADS, 2012), los cuales se listan a continuación:

- a. Ser el mismo tipo de ecosistema natural afectado.
- b. Ser equivalente al tamaño o área a compensar al fragmento del ecosistema impactado.
- c. Igual o mayor condición y contexto paisajístico al fragmento del ecosistema impactado.
- d. Igual o mayor riqueza de especies al fragmento del ecosistema impactado.
- e. Que esté localizada en el área de influencia del proyecto.
- f. De no ser posible lo anterior, porque no existe el mismo tipo de ecosistema natural afectado o área ecológicamente equivalente, o aun existiendo, no es posible el acceso o existen restricciones para hacer posible la compensación, se buscará que el área a compensar se encuentre dentro de la misma subzona hidrológica donde se ubica el proyecto, en lo más cerca posible al área impactada.
- g. Si no se encuentra el área ecológicamente equivalente en la subzona hidrológica donde se ubica el proyecto, se acudirá a las subzonas hidrológicas circundantes, en lo más cerca posible al área impactada.
- h. De ser posible, se privilegiarán áreas ecológicamente equivalentes dentro del municipio donde se ubica el proyecto.
- i. En caso de no encontrarse suficientes áreas ecológicamente equivalentes, deberá realizarse actividades de restauración ecológica que podrán incluir herramientas de manejo del paisaje (silvopastoriles, agroforestales, silviculturales, etc.), hasta cumplir con el área a compensar.
- j. Las actuales áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas protegidas – SINAP podrán ser objeto de compensación si cumplen los criterios a), b), c) y d) antes descritos, y si requieren actividades de saneamiento predial o ampliación, siempre y cuando incluya medidas de restauración ecológica o de prevención de deforestación y degradación.

A partir de lo anterior, se consideraron dentro de las áreas potenciales para ejecutar las actividades de compensación del proyecto, las áreas de importancia ambiental de la SZH del Embalse del Guavio que hayan sido reglamentadas con enfoque hacia la conservación, restauración o uso sostenible, por los diferentes instrumentos de ordenamiento del territorio, así como áreas de protección reconocidas en el SIRAP, y con Prioridades de Conservación Nacional (CONPES 3680).

#### **2.4.10.6.4 Fase IV. Cómo compensar**

Las acciones de compensación se establecieron de acuerdo con los siguientes criterios:

- i. El diseño del proyecto, a partir del cual se determinan el/los Bioma Unidad Biótica en el que este se localiza, las coberturas y el grado de naturalidad de los ecosistemas en las áreas afectadas.
- ii. Los determinantes ambientales establecidos para el territorio por las autoridades ambientales.
- iii. Los tipos de acciones identificadas se encuentran en línea con el análisis territorial realizado para el dónde compensar, así como con los instrumentos de ordenamiento ambiental del territorio.

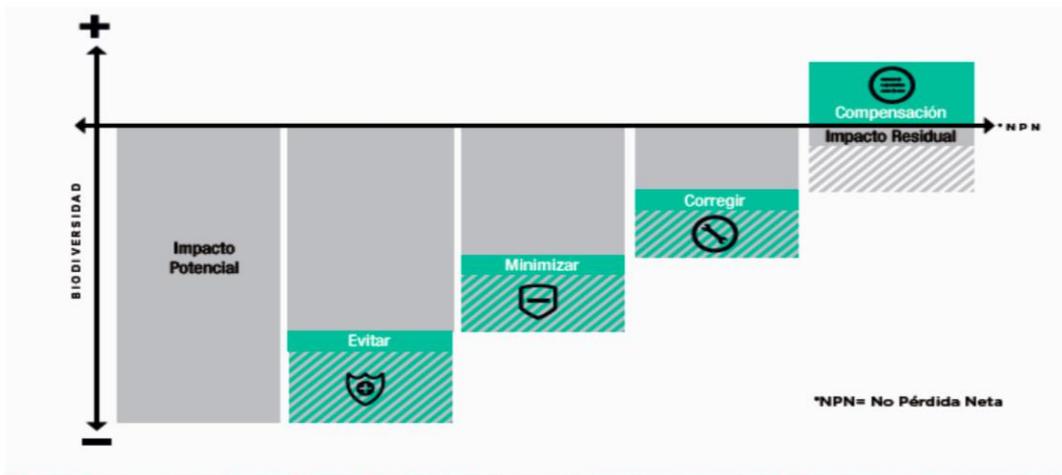
- iv. Los tipos de acciones propuestos se encuentran descritos en el numeral 8 del Manual de Compensaciones del componente biótico.

Con el fin de determinar las acciones de compensación, se realizó un análisis que permitiera seleccionar las acciones de compensación de acuerdo con los instrumentos de gestión regional consultados, y las líneas de inversión definidas por Ecopetrol.

#### 2.4.10.6.5 Identificación de impactos no evitados, mitigados o corregidos

La identificación de los impactos residuales partió de la aplicación de la jerarquía de la mitigación para establecer los impactos no evitados, mitigados o corregidos, lo que genera la compensación. Como parte de la aplicación de la jerarquía de la mitigación se diseñaron medidas orientadas a prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos buscando alcanzar una no pérdida neta de biodiversidad. (Ver Figura 2.92)

**Figura 2.92 Jerarquía de la mitigación.**



Fuente: MADS, 2018.

#### 2.4.11 Cartografía y SIG

La información cartográfica del estudio se elaboró teniendo en cuenta la Resolución No. 2182 de diciembre de 2016, por la cual se modifica y consolida el Modelo de Almacenamiento Geográfico para la evaluación de estudios ambientales (Geodatabase) contenido en la Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales de 2010, esto con el fin de recopilar y almacenar la información de manera precisa, confiable e intercambiable. En lo relacionado con la cartografía base se adoptó el modelo almacenamiento según estipulado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, entidad encargada de la producción de la cartografía básica de Colombia.

Para la documentación de la información se empleó la Norma Técnica Colombiana NTC 4611 del 13 de abril de 2011 establecida por el Icontec para los Metadatos, y la plantilla publicada por la Agencia Nacional de Licencias Ambientales – ANLA.

Se elaboró el anexo cartográfico, a escala 1:10.000, partiendo de los requerimientos de los términos de referencia HI-TER-1-03, estándares para la generación y publicación cartográfica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y de lo estipulado en la Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2010.

Los procedimientos realizados se dividen en las siguientes etapas:

#### 2.4.11.1 Definición de las ventanas cartográficas

Consiste en la delimitación del área geográfica a cartografiar de acuerdo con la escala de salida gráfica de cada mapa, contiene a su vez las áreas temáticas de interés en un contexto.

El criterio para la definición de la ventana cartográfica a escala de presentación 1:25.000 obedeció la necesidad de representar las diferentes temáticas dentro del contexto del área de influencia abiótica-biótica y demás elementos que integran la ejecución del estudio.

#### 2.4.11.2 Procesamiento de fuentes de información

Como fuentes de información se partió de la cartografía del IGAC oficial para el área a una escala 1:25.000 empleó una Imagen Satelital WorldView, cuyas características son las siguientes: fecha de captura Octubre a diciembre de 2017, Resolución espacial 40cm, Resolución espectral 4 bandas (Azul, Verde, Rojo, NIR 1). Como complemento se usaron unas imágenes satelitales Sentinel de 20cm de resolución, 4 bandas espectrales y fecha de captura Mayo – Julio de 2019, según se resume en la Tabla 2.151.

**Tabla 2.151 Fuentes de información cartográfica**

COMPONENTE	FUENTE	NOMBRE
BASE CARTOGRÁFICA	IGAC 25.000	229ID, 229IIC, 229IIIB, 229IIID, 229IVA, 229IVC y 248IB
IMAGEN SATELITAL	ADQUIRIDA	Imagen Satelital WorldView, cuyas características son las siguientes: fecha de captura Octubre a diciembre de 2017, Resolución espacial 40cm, Resolución espectral 4 bandas (Azul, Verde, Rojo, NIR 1)
IMAGEN SATELITAL	ADQUIRIDA	Imágenes satelitales Sentinel de 10m de resolución, 4 bandas espectrales y fecha de captura mayo de 2019

Fuente: Concolby WSP, 2019

#### 2.4.11.3 Actualización cartográfica con base en información de sensores remotos y campo

Durante esta etapa se realizó la actualización de la cartografía base a través de los procesos de digitalización, restitución y reajuste de la información capturada en las etapas anteriores. A continuación, se describen las principales entidades geográficas actualizadas:

Drenajes Sencillos y Dobles: Se actualizaron los recorridos y trayectorias de los drenajes a partir de la información obtenida de las planchas IGAC a escala 1:25.000, el ortomosaico y las demás imágenes satelitales de apoyo.

#### **2.4.11.4 Vías**

Se contrastó la tipología vial de la información proveniente de la cartografía base 1:100.000 y 1:25.000 con la información levantada por el profesional del área civil en campo.

Curvas de Nivel: Se realizó la creación de contornos aplicando herramientas de análisis espacial e incluyendo en el modelamiento a los cuerpos de agua y vías como líneas de quiebre (breaklines). Posteriormente, se ajustó de manera visual el paso de curvas con los drenajes del área del proyecto, garantizando la consistencia lógica entre estas dos entidades.

En relación con la cartografía temática, ésta se actualizó teniendo en cuenta la información geográfica primaria previamente procesada y el análisis de las condiciones de las áreas verificadas en campo de acuerdo con el criterio del profesional que realizó la visita.

#### **2.4.11.5 Digitalización, estructuración, y almacenamiento en geodatabase**

La base cartográfica del área del estudio fue empleada del IGAC en formato de almacenamiento Geodatabase (GDB). Para el área de estudio se contempló las planchas 229ID, 229IIC, 229IIIB, 229IIID, 229IVA, 229IVC y 248IB en escala 1:25.000. Se ajustó la cartografía base teniendo en cuenta el trabajo de campo e interpretación mediante la imagen satelital. Contiene vías, red hídrica, construcciones, curvas de nivel, sitios de interés en otros. La información está representada en el Marco de referencia MAGNA – SIRGAS origen Bogotá, con los siguientes parámetros:

- 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°4'39.0285" W
- Latitud de origen 4°35'46.3215"N
- Unidades metros.

Cadanivel de información temática elaborada y capturada fue diligenciado en el modelo de datos de la ANLA (Resolución No. 2182 de diciembre de 2016), cumpliendo con el control de calidad topológico y consistencia temática según requerimientos de la Geodatabase. Los principales formatos de almacenamiento de la información vectorial y raster se presentan a continuación en la Tabla 2.152.

**Tabla 2.152 Formatos de almacenamiento información cartográfica**

NOMBRE	FORMATO
Imágenesplanchas IGAC escala 25.000	Geodatabase GDB
ImágenesSatelitales	Tif
Feature Class	Geodatabase GDB
Metadatos	XLS
Mapas	PDF
Proyecto (MXD)	ArcgisVersión 10.5

Fuente: (Consultoría Colombiana S.A. by WSP, 2019)

#### 2.4.11.6 Creación de metadatos

Con el objetivo de documentar la información cartográfica desarrollada, se elaboraron los metadatos basados en la plantilla publicada por la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) por cada capa temática o featureclass y un metadato para la cartografía base basado en la información IGAC. Estos metadatos permiten que la información tenga trazabilidad y transparencia 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

#### 2.4.11.7 Listado de mapas

En cumplimiento de los términos de referencia HI-TER-1-03, se elaboraron 40 mapas que se fueron codificados como se detalla en la Tabla 2.153.

**Tabla 2.153 Inventario de mapas**

N°	NOMBRE ARCHIVO	NOMBRE DEL MAPA	ESCALA	ESCALA PRESENTACIÓN
1	01_LLA_X_MLO_20200916	Localización general del Proyecto	1:10.000	1:70.000
2	02_LLA_X_VIA_20200916	Vías de acceso	1:10.000	1:25.000
3	03_LLA_X_INF_20200916	Infraestructura asociada	1:10.000	1:25.000
4	04_LLA_X_AIF_20200916	Área de influencia Física	1:10.000	1:25.000
5	05_LLA_X_AIB_20200916	Área de influencia Biótica	1:10.000	1:25.000
6	06_LLA_X_AIFB_20200916	Área de influencia Físico biótica	1:10.000	1:25.000
7	07_LLA_X_AIFS_20200916	Área de influencia Socioeconómica	1:10.000	1:30.000
8	08_LLA_X_MGE_20200916	Geología	1:10.000	1:25.000
9	09_LLA_X_GMF_20200916	Geomorfología y Procesos Morfodinámicos	1:10.000	1:25.000
10	10_LLA_X_PEN_20200916	Pendientes	1:10.000	1:25.000
11	11_LLA_X_GTC_20200916	Zonificación Geotécnica	1:10.000	1:25.000
12	12_LLA_X_SUE_20200916	Suelos	1:10.000	1:25.000
13	13_LLA_X_ASU_20200916	Uso actual del suelo	1:10.000	1:25.000
14	14_LLA_X_CSU_20200916	Capacidad de uso del suelo	1:10.000	1:25.000
15	15_LLA_X_CFL_20200916	Conflicto de uso del suelo	1:10.000	1:25.000
16	16_LLA_X_HLG_20200916	Hidrología	1:10.000	1:50.000
17	17_LLA_X_HGE_20200916	Hidrogeología	1:10.000	1:30.000
18	18_LLA_X_AIR_20200916	Calidad de aire	1:10.000	1:25.000

448

N°	NOMBRE ARCHIVO	NOMBRE DEL MAPA	ESCALA	ESCALA PRESENTACIÓN
19	19_LLA_X_ISOHD_20200916	Ruido: Isófonas Diurnas Hábil	1:10.000	1:25.000
20	20_LLA_X_ISOHN_20200916	Ruido: Isófonas Nocturnas Hábil	1:10.000	1:25.000
21	21_LLA_X_ISOFD_20200916	Ruido: Isófonas Diurnas Festivo	1:10.000	1:25.000
22	22_LLA_X_ISOFN_20200916	Ruido: Isófonas Nocturnas Festivo	1:10.000	1:25.000
23	23_LLA_X_UPJ_20200916	Paisaje	1:10.000	1:25.000
24	24_LLA_X_ECT_20200916	Ecosistemas Terrestres	1:10.000	1:25.000
25	25_LLA_X_VEG_20200916	Cobertura de la tierra	1:10.000	1:25.000
26	26_LLA_X_SEC_20200916	Socioeconómico	1:10.000	1:25.000
27	27_LLA_X_PARQ_20200916	Potencial arqueológico	1:10.000	1:25.000
28	28_LLA_X_ZFIS_20200916	Zonificación Medio Abiótico	1:10.000	1:25.000
29	29_LLA_X_ZBIO_20200916	Zonificación Medio Biótico	1:10.000	1:25.000
30	30_LLA_X_ZSEC_20200916	Zonificación Medio Socioeconómico	1:10.000	1:30.000
31	31_LLA_X_MLN_20200916	Marco legal y normativo	1:10.000	1:25.000
32	32_LLA_X_ZAMB_20200916	Zonificación Ambiental	1:10.000	1:30.000
33	33_LLA_X_ZMAN_20200916	Zonificación de manejo ambiental	1:10.000	1:30.000
34	34_LLA_X_AMZINU_20200916	Amenaza por inundación	1:10.000	1:25.000
35	35LLA_X_AMZINC_20200916	Amenaza por incendios	1:10.000	1:25.000
36	36_LLA_X_AMZRM_20200916	Amenaza por procesos de remoción en masa	1:10.000	1:25.000
37	37_LLA_X_AMZAT_20200916	Amenaza por avenidas torrenciales	1:10.000	1:25.000
38	38_LLA_X_AMZCE_20200916	Amenaza ceraunica	1:10.000	1:25.000
39	39_LLA_X_UARN_20190530	Uso y aprovechamiento de recursos	1:10.000	1:25.000
40	40_LLA_X_VUL_20190530	Vulnerabilidad de acuíferos	1:10.000	1:25.000

Fuente: Concolby WSP., 2020.

## 2.5 PROFESIONALES QUE INTERVINIERON EN EL DESARROLLO DEL ESTUDIO

A continuación, en la Tabla 2.154, se relacionan los profesionales que estuvieron a cargo de la realización del Estudio de Impacto Ambiental para la modificación de la Licencia Ambiental del Área de Perforación Exploratoria – APE Medina Occidental.

**Tabla 2.154 Profesionales que intervinieron en la elaboración del EIA**

NOMBRE	PROFESION	RESPONSABILIDAD EN EL PROYECTO
Ibonne Henao	Ingeniero Civil	Descripción de proyecto
Cristhian Rojas	Ingeniero Civil	Descripción de proyecto
Luis Caro	Ingeniero Civil	Descripción de proyecto
Giovanni Otálora	Geólogo	Geología - Geomorfología
Carolina Otálora	Geólogo	Hidrogeología
Juan Manuel López	Geólogo	Geología - Geomorfología
Lorena Morales	Geólogo	Geología - Geomorfología
Ana María Moros	Hidróloga	Hidrología
Carlos Eduardo González Calvo	Ingeniero Ambiental	Hidrología
Tatiana Nuñez	Ingeniera Ambiental	Ambiental

NOMBRE	PROFESION	RESPONSABILIDAD EN EL PROYECTO
Julián Gómez	Ingeniero Ambiental	Ambiental
Deisy Herrera Torres	Ingeniera Ambiental	Ambiental
Jorge Velásquez	Ingeniero Ambiental	Ambiental
Oscar Muñoz	Ingeniero Químico	Ambiental
Gabriel Serna	Ingeniero Forestal	Flora
Diana Rojas	Ingeniera Forestal	Flora
Viviana González	Ingeniera Forestal	Flora
Julio Cañas	Ingeniero Forestal	Flora
Alejandro Vargas	Ingeniero Forestal	Flora
Diego Murillo	Ingeniero Forestal	Flora
Juan Arredondo	Ingeniero Forestal	Flora
Juan Pablo Guaneme	Ingeniero Ambiental	Evaluación Ambiental
Fabian Ardila	Economista- Especialista en Evaluación Económica Ambiental	Evaluación Económica
Cesar Leonardo Suarez	Ingeniero en transporte y vías	Especialista en tráfico
Jhon Niño	Ingeniero Civil - Especialista en tránsito	Especialista en tráfico
Andres Alfonso	Biólogo	Biólogo (Mamíferos)
Juan Sebastián Forero	Biólogo	Biólogo (Herpetofauna)
Jhonatan Vanegas	Biólogo	Biólogo (Herpetofauna)
Rafael Gutierrez	Biólogo	Biólogo (Aves)
Henry Benítez	Biólogo	Biólogo (Aves)
Maribel Ceron	Bióloga	Biólogo (Herpetofauna)
Diana Lorena Lopez	Bióloga	Biólogo (Aves)
Andres Garcia	Biólogo	Fauna
Henry Benitez	Biólogo	Fauna
Juana Cuy	Ingeniera Agrónoma	Suelo - Paisaje
Edwar Qinchanegua	Ingeniero Agrónomo	Suelo - Paisaje
Sandra Rosero	Ingeniera Agrónoma	Suelo - Paisaje
Sergio Guerra	Ingeniero Agrónomo	Suelo - Paisaje
Randy Forero	Ingeniero Agrónomo	Suelo - Paisaje
Jorge Gonzalez	Antropólogo - Maestría en Ciencia política	Componente Socioeconómico
Vilma Velez	Psicóloga	Componente Socioeconómico
Viviana Flautero	Trabajadora Social - Especialista en Educación y Orientación Familiar - Cursante de Maestría en Derechos Humanos	Componente Socioeconómico
Natalia Galarza	Economista. Especialista en desarrollo local y regional	Componente Socioeconómico
María Angélica García Villamil	Arqueólogo	Arqueología
Oscar Gilberto Riveros	Arqueólogo	Arqueología
Harold Ávila	-	Logístico
Cristhian Rivera	Ingeniero Forestal Especialista en evaluación de Impactos	Evaluación Ambiental
Julian Barrera	Ingeniero Ambiental	Plan de Gestión del Riesgo
Katherine Ruiz	Ingeniero Ambiental	Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo del Vertimiento

NOMBRE	PROFESION	RESPONSABILIDAD EN EL PROYECTO
Jeffer Daza	Ingeniero Catastral y Geodesta Especialista SIG	SIG
Nancy Liliana Barreto	Ingeniero Catastral y Geodesta	SIG
Andrea Jara	Ingeniero Catastral y Geodesta	SIG
Katherine Martínez	Ingeniera Químico	Coordinación de proyecto
Miguel Antonio De Luque Villa	Ingeniero ambiental y Sanitario Magister en Gestión Ambiental	Coordinación de proyecto
Jenny Viviana Delgado Granados	Ingeniera Forestal - Especialista en Gestión Energética y Ambiental	Ingeniero Ambiental
Héctor Mauro Díaz Sánchez	Biólogo - Especialista en Ingeniería Ambiental	Biólogo Vegetación
Albert cruz caballero	Ingeniero Catastral y Geodesta - Magíster en Desarrollo Urbano	Profesional SIG
Jaime Alberto Moreno Gutiérrez	Ingeniero Forestal / Magister en Administración / Magister en Ciencias de Gestión / Magister en Economía	Economista Ambiental
Nelson Enrique Espitia Pinto	Administración Ambiental - Maestría en Gestión Ambiental para el Desarrollo Sostenible	Profesional Riesgos
Álvaro José Ñañez Rodríguez	Ingeniería Forestal / Especialista en Sistemas de Información Geográfica	Ingeniero Forestal
Fernando Antonio Rivera Ruiz	Ingeniero Ambiental	Especialista en SIG
Angie Julieth Rodríguez Villalba	Ingeniera Ambiental - Especialista en Recursos Hídricos	Hidrólogo
Andrés Camilo Acuña Méndez	Ingeniero Ambiental	Hidrólogo
Liseth Viviana Cruz Camacho	Ingeniero Ambiental	Hidrólogo
Yesica Paola Pérez Pardo	Ingeniera Ambiental - Especialización en Sistemas de Información Geográfica	Hidrólogo
María Carolina Rojas	Bióloga / Especialista en Planeación Ambiental y Manejo Integral de Recursos Naturales	Profesional Biótico
Catalina Diaz Roa	Bióloga	Profesional Biótico
Oscar Daniel Navarro Bermúdez	Ingeniero Geólogo - Especialista en Sistemas de Información Geográfica	Profesional Abiótico
Juan Carlos Bonilla Neuto	Ingeniero Ambiental - Especialista en Gerencia de la Seguridad y Salud en el Trabajo	Profesional Abiótico
Oscar Andrés Estupiñán Bejarano	Antropólogo - Magister en Ciencias del Habitat	Profesional Social
Angela María Herrera Castillo	Profesional en Relaciones Internacionales y Estudios Políticos - Especialista en Ambiente y Desarrollo Local	Profesional Social

NOMBRE	PROFESION	RESPONSABILIDAD EN EL PROYECTO
Edgar Mauricio Roberto Becerra	Politologo - Especialista en Gerencia Social	Profesional Social
María Teresa Camacho Socha	Trabajadora Social	Profesional Social
Juan Carlos Cortina Gómez	Ingeniero Civil	Ingeniero Civil
José Javier Oliveros Acosta	Ingeniería Ambiental / Magister en Ingeniería Civil con énfasis en Hidrología e Hidráulica / Magister en Ingeniería con énfasis en Civil y Ambiental	Hidrólogo Líder
Mario Alejandro Lee Uribe		Logística
Ronald Arvey Rivera Molina		Logística
Andrés Felipe Arango Rodríguez		Logística
Oscar Camilo Ortega Bernal		Logística

Fuente: Concol by WSP., 2020.