



El ambiente
es de todos

Minambiente

MINISTERIO DE AMBIENTE Y
DESARROLLO SOSTENIBLE

AUTORIDAD NACIONAL
DE LICENCIAS
AMBIENTALES - ANLA

BOGOTÁ D.C. - 2020

Términos de referencia
para la elaboración
del estudio de impacto
ambiental.

**Proyectos Piloto de
Investigación Integral
- PPII sobre Yacimientos
no Convencionales - YNC** de
hidrocarburos con la utilización
de la técnica de **Fracturamiento
Hidráulico multietapa con
Perforación Horizontal - FH-PH.**

(Experimentos de naturaleza científica y técnica).



Tabla de contenido

LISTA DE ACRÓNIMOS	9
0 CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO	11
GLOSARIO	13
CONTENIDO DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA PPII-FH-PH:.....	20
1 OBJETIVOS DEL PPII.	21
2 GENERALIDADES	21
2.1 ANTECEDENTES	21
2.2 ALCANCES	21
2.3 METODOLOGÍA.....	22
2.3.1 Especificaciones para la presentación de la información geográfica y cartográfica. 23	
2.3.1.1 Captura de información	24
2.3.1.1.1 Modelo de datos geográfico	24
2.3.1.1.2 Información tipo Ráster	24
2.3.1.2 Entrega de información geográfica y cartográfica.....	25
3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	25
3.1 LOCALIZACIÓN	26
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL PPII.....	26
3.2.1 Fases y actividades del proyecto	26
3.2.2 Infraestructura existente y necesaria en el área de influencia del proyecto de FH-PH del-PPII 26	
3.2.2.1 Para corredores de acceso existentes públicos y/o privados se debe incluir la siguiente información:	27
3.2.2.2 Para corredores de acceso al área y locaciones proyectados	27
3.2.3 Perforación de pozos para FH-PH y/o inyectores para disposición final	28
3.2.4 Transporte de fluidos.....	29
3.2.5 Insumos generales del proyecto	29
3.2.6 Materiales sobrantes de excavación y Residuos de Construcción y Demolición RCD 30	
3.2.7 Residuos sólidos y peligrosos.	30
3.3 COSTOS, CRONOGRAMA Y ORGANIZACIÓN DEL PPII	31
4 ÁREA DE INFLUENCIA	31
4.1 CONSIDERACIONES GENERALES	31
4.2 DEFINICIÓN, IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	32
4.2.1 Fase previa	34
4.2.2 Fase de análisis.....	38
4.2.2.1 Medio abiótico	39
4.2.2.2 Medio biótico	43

4.2.2.3	Medio socioeconómico	46
5	PARTICIPACIÓN DE AUTORIDADES, COMUNIDADES Y GRUPOS DE INTERÉS	48
5.1	Socialización para las autoridades regionales, departamentales y municipales	52
6	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....	52
6.1	MEDIO ABIÓTICO.....	53
6.1.1	Geología	53
6.1.1.1	Estratigrafía	53
6.1.1.2	Geología estructural	54
6.1.1.3	Sismicidad	54
6.1.1.4	Geotecnia	54
6.1.1.5	Geomorfología.....	54
6.1.2	Paisaje	56
6.1.3	Suelo y uso del suelo	56
6.1.3.1	Suelo de soporte de la infraestructura requerida	56
6.1.3.2	Capacidad de uso de la tierra	59
6.1.4	Hidrológico.....	59
6.1.4.1	Localización del área de estudio del proyecto	60
6.1.4.2	Recopilación y análisis de información hidrológica y de calidad del agua.....	60
6.1.4.3	Levantamiento de línea base de mayor detalle	61
6.1.4.3.1	Monitoreo de variables hidrológicas, y de calidad del agua	61
6.1.4.3.2	Componente hidrológico	61
6.1.4.3.3	Calidad del agua	62
6.1.4.3.4	Usos del agua.....	64
6.1.5	Hidrogeología	65
6.1.5.1	Contenido del informe de línea base local del componente hidrogeológico y obligaciones para el Interesado	70
6.1.6	Atmósfera	71
6.1.6.1	Análisis de variables meteorológicas	71
6.1.6.2	Inventario de emisiones e identificación de receptores	72
6.1.6.3	Calidad del aire.....	73
6.1.6.3.1	Modelo de dispersión de contaminantes en el aire.....	77
6.1.6.4	Ruido	80
6.1.6.4.1	Modelo de ruido.....	81
6.1.6.5	Olores ofensivos.....	82
6.1.7	Fuentes Naturales de Radiación Ionizante	82
6.2	MEDIO BIÓTICO	83
6.2.1	Paisajes sonoros	85

6.2.2	Microorganismos	85
6.2.3	Ecosistemas acuáticos, componente hidrobiológico	85
6.2.4	Fauna y flora	86
6.2.4.1	Requerimientos adicionales para flora	86
6.2.4.1.1	Caracterización de la flora en Categoría de Veda Nacional y/o Regional	87
6.2.4.2	Análisis de fragmentación.	87
6.2.5	Áreas de Especial Interés Ambiental (AEIA)	88
6.3	MEDIO SOCIOECONÓMICO	89
6.3.1	Demográfico	90
6.3.2	Espacial	91
6.3.3	Económico	92
6.3.4	Cultural	92
6.3.4.1	Comunidades no étnicas	92
6.3.4.2	• Comunidades étnicas	93
6.3.5	Arqueológico	95
6.3.6	Político-organizativo	95
6.3.6.1	Características políticos-administrativos	95
6.3.6.2	Presencia institucional y organización comunitaria	95
6.3.7	Tendencias del desarrollo	96
6.3.8	Información sobre población a reasentar	96
6.4	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	97
6.4.1	Definición de la unidad de análisis	98
6.4.2	Identificación y descripción general de los servicios ecosistémicos	98
6.4.2.1	Análisis de los servicios ecosistémicos	98
7	ZONIFICACIÓN AMBIENTAL	102
8	DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES	103
8.1	CONCESIÓN DE AGUA SUPERFICIAL	103
8.2	CONCESIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	106
8.3	VERTIMIENTOS	107
8.3.1	Para vertimientos en cuerpos de agua superficiales	108
8.3.2	Para vertimiento al suelo de aguas residuales	108
8.4	OCUPACIONES DE CAUCES	108
8.5	APROVECHAMIENTO FORESTAL	109
8.5.1	Aprovechamiento de especies en veda	110
8.6	PERMISO DE RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES SILVESTRES DE LA BIODIVERSIDAD	110
8.7	PERMISO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS	111

8.7.1	Tratamiento y Disposición de fluidos de retorno y/o aguas de producción por Evaporación Forzada	112
8.8	PROTECCIÓN DE LOS ACUÍFEROS Y ECOSISTEMAS CONEXOS EN LAS ACTIVIDADES DE FH-PH Y DE REINYECCIÓN DURANTE EL DESARROLLO DE LOS PPII	113
8.8.1	Información sobre el área de revisión para el fracturamiento hidráulico con perforación horizontal	113
8.8.2	Sobre el fracturamiento previsto	114
8.8.3	Caracterización del fluido de fracturamiento hidráulico	114
8.8.4	Fluido de retorno y aguas de producción	115
8.8.5	Disposición final de fluidos de retorno y aguas de producción a través de pozos inyectoros.	115
8.8.5.1	Reporte de información, una vez finalizada la perforación de pozos reinyectores:	117
8.8.5.2	Diseño del Plan de monitoreo	118
8.8.5.3	Inyección en pozos reinyectores existentes	119
9	EVALUACIÓN AMBIENTAL	119
9.1	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS PARA EL ESCENARIO SIN PROYECTO	121
9.2	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS PARA EL ESCENARIO CON PROYECTO	121
9.2.1	Análisis de Impactos Acumulativos	122
9.3	EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL	122
10	ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO	122
11	PLANES Y PROGRAMAS	123
11.1	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	123
11.1.1	Programas de manejo ambiental	123
11.1.1.1	Manejo de recurso suelo como soporte	124
11.1.1.2	Manejo sobre el Uso de aguas	124
11.1.1.3	Manejo Aguas superficiales	125
11.1.1.4	Manejo Aguas subterráneas	125
11.1.1.5	Ecosistemas y biodiversidad	126
11.1.1.5.1	Manejo de especies Vedadas, tanto del orden Nacional como regional: ...	126
11.1.1.6	Pozos de reinyección para disposición final	126
11.1.1.7	Emisiones atmosféricas y calidad del aire	126
11.1.1.7.1	Plan de Manejo para el tratamiento y Disposición de fluidos de retorno y/o aguas de producción recuperados por Evaporación Forzada	127
11.1.1.7.2	Plan de Manejo de ruido	127
11.1.1.8	Fracturamiento hidráulico	128
11.1.1.9	Manejo del fluido de retorno y de agua de producción	129
11.1.1.10	Vías de acceso al área y locaciones	130

11.1.1.11	Medidas de socialización.....	130
11.1.1.12	actividad de transporte terrestre vehicular	130
11.1.2	Plan de seguimiento y monitoreo	130
11.1.2.1	Seguimiento y monitoreo a los planes y programas	130
11.1.2.1.1	Seguimiento y Monitoreo Recurso suelo como soporte	131
11.1.2.1.2	Seguimiento y Monitoreo Uso de aguas	131
11.1.2.1.3	Seguimiento y Monitoreo Aguas superficiales	131
11.1.2.1.4	Seguimiento y Monitoreo Aguas subterráneas	131
11.1.2.1.5	Seguimiento y Monitoreo Ecosistemas y biodiversidad	132
11.1.2.1.5.1	Implementación del programa de monitoreo.....	133
11.1.2.1.5.2	manejo de las especies de flora en categoría de Veda nacional y/o regional	134
11.1.2.1.6	Pozos reinyección para disposición final	134
11.1.2.1.7	Seguimiento a las Emisiones atmosféricas y calidad del aire	135
11.1.2.1.8	Seguimiento y monitoreo Ruido	135
11.1.2.1.9	Seguimiento y monitoreo, Fracturamiento hidráulico.....	136
11.1.2.1.10	Seguimiento y monitoreo a la gestión de los fluidos de retorno y de agua de producción	136
11.1.2.2	Seguimiento y monitoreo a la tendencia del medio	139
11.1.3	Plan de desmantelamiento y abandono	140
11.1.4	Plan de Contingencia	141
11.1.4.1	Conocimiento del riesgo	142
11.1.4.2	Reducción del riesgo	144
11.1.4.3	Manejo de la contingencia.....	145
11.1.4.4	Actualización del plan contingencia	146
11.2	OTROS PLANES Y PROGRAMAS.....	147
11.2.1	Plan de inversión del 1%.....	147
11.2.2	Plan de compensación del componente biótico.....	148
11.3	INFORMES DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL	148
	BIBLIOGRAFÍA.....	149
	ANEXO 1 ANEXOS QUE DEBEN SER PRESENTADOS EN EL ESTUDIO	151
	ANEXO 2 RECOMENDACIONES METODOLÓGICAS DEL IDEAM PARA EL MONITOREO Y ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE AGUA SUPERFICIAL EN PROYECTOS PILOTO DE INVESTIGACIÓN INTEGRAL – PPII	152
	ANEXO 3 PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO (LÍNEA BASE) EN EL MARCO DEL LICENCIAMIENTO AMBIENTAL.....	155
0	INTRODUCCIÓN.....	155
1	MÉTODOS GENERALES PROPUESTOS PARA ECOSISTEMAS	156
1.1	Ecosistemas	156

1.2	MÉTODOS GENERALES PROPUESTOS PARA EL COMPONENTE BIÓTICO	157
1.2.1	Definición de unidad espacio-temporal	157
1.2.2	Análisis de datos para los distintos grupos taxonómicos	157
1.3	MÉTODOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS POR GRUPO TAXONÓMICO	157
1.3.1	Invertebrados.....	157
1.3.1.1	Diseño de muestreo Colémbolos	157
1.3.1.2	Diseño de muestreo Microinvertebrados acuáticos	158
1.3.1.3	Diseño de muestreo Himenópteros terrestres (hormigas)	158
1.3.1.4	Diseño de muestreo Lepidópteros diurnos.....	158
1.3.1.5	Coleópteros (escarabeidos y melolóntidos)	159
1.3.1.5.1	Diseño de muestreo Escarabajos coprófagos (Scarabaeinae).....	159
1.3.1.5.2	Diseño de muestreo Escarabajos Melolóntidos.	159
1.3.2	Insectos estridulantes (ortópteros y cicadidae)	159
1.3.2.1	Diseño de muestreo	159
1.3.2.2	Análisis de los datos obtenidos:	159
1.3.3	Anfibios y Reptiles	160
1.3.3.1	Diseño de muestreo	160
1.3.4	Aves	160
1.3.4.1	Diseño del muestreo.....	160
1.3.4.2	Muestreos complementarios de aves.....	161
1.3.4.3	Análisis de los datos obtenidos:	161
1.3.5	MAMÍFEROS.....	162
1.3.5.1	Escala espacial y temporal para el monitoreo de mamíferos	162
1.3.5.2	Muestreo de mamíferos en unidades fijas de monitoreo	162
1.3.5.2.1	Mamíferos pequeños terrestres	162
1.3.5.2.2	MAMÍFEROS MEDIANOS Y GRANDES	162
1.3.5.3	MAMÍFEROS VOLADORES	162
1.3.5.4	Recolección de especímenes	163
1.3.5.5	Atropellamiento de fauna	163
1.3.5.6	Análisis de datos: Composición y estructura de los ensamblajes:	163
1.4	DIMENSIONES AMPLIAS DE LA BIODIVERSIDAD	164
1.4.1	Paisajes sonoros	164
1.4.1.1	Diseño para el muestreo	164
1.4.1.2	Toma de datos en campo.....	164
1.4.1.3	Espectro audible.....	164
1.4.1.4	Ultrasonido	165
1.4.1.5	Análisis de los datos obtenidos:	166

1.5	MICROORGANISMOS.....	166
1.5.1	Diseño para el muestreo	167
1.5.2	Laboratorio molecular y secuenciación	167
1.5.3	Trabajo bioinformático de secuencias genéticas	167
1.5.4	Interpretación y aplicaciones ecológicas de datos de diversidad obtenidos por metabarcoding.....	167
2	MÉTODOS PROPUESTOS PARA EL COMPONENTE FLORA.....	168
3	ECOSISTEMAS ACUÁTICOS	169
3.1	Macrófitas	169
3.2	Ictiofauna	169
3.2.1	Diseño para el muestreo	170
3.2.2	Análisis de los datos obtenidos	171
3.3	Componente hidrobiológico - Índices ecológicos.....	171
3.3.1	Índice Estimación de idoneidad del hábitat para la comunidad íctica.....	172

LISTA DE ACRÓNIMOS

ANLA: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales

BTEX: Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno

CAS: Chemical Abstracts Service, identificación numérica única para compuestos químicos

CAP: Circunferencia a la Altura del Pecho

CITES: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres

CLC: Corine Land Cover

CTA: Contaminantes Tóxicos Del Aire

COV Compuestos Orgánicos Volátiles

DAP: Diámetro a la Altura del Pecho

EIA: Estudio de Impacto Ambiental

EPA: *Environmental Protection Agency* (Agencia de Protección Ambiental de EUA)

EOT: Esquema de Ordenamiento Territorial

FH-PH: Fracturamiento Hidráulico Multietapa con Perforación Horizontal -

HAP: Hidrocarburos aromáticos policíclicos

IAvH: Instituto Alexander Von Humboldt

ICA: Informe de Cumplimiento Ambiental

ICANH: Instituto Colombiano de Antropología e Historia

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi

IIAP: Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico

INVEMAR: Instituto de Investigaciones Marinas José Benito Vives de Andreis

MAG: Modelo de Almacenamiento Geográfico

Minambiente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Minenergía: Ministerio de Minas y Energía:

MTDS: Mesa Territorial de Diálogo y Seguimiento

NBI: Necesidades Básicas Insatisfechas

PBOT: Plan Básico de Ordenamiento Territorial

PET: Población en Edad de Trabajar

PGIRS: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos

PM2.5: Material particulado de diámetro inferior a 2.5 micrómetros

PM10: Material particulado de diámetro inferior a 10 micrómetros

PMA: Plan de Manejo Ambiental

POA: Proyecto, Obra o Actividad

POMCA: Plan de Ordenacion y Manejo de Cuenca Hidrografica

POT: Plan de Ordenamiento Territorial

PPII: Proyectos Piloto de Investigación Integral
PRIO: Plan de Reducción del Impacto por Olores
RCD: Residuos de Construcción y Demolición
RPEB: Respuesta-Presión-Estado-Beneficio
SGC: Servicio Geológico Colombiano
SIG: Sistema de Información Geográfica
SINAP: Sistema Nacional de Áreas Protegidas
SINCHI: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- SINCHI
SPNN: Sistema de Parques Nacionales Naturales
SSEE: Servicios Ecosistémicos
SITC: Subcomité Intersectorial Técnico y Científico
SVCA: Sistemas de vigilancia de la calidad de aire
TMI: Tecnologías de Mínimo Impacto
TPD: Tráfico Promedio Diario
UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
VITAL: Ventanilla Integral de Trámites Ambientales en Línea
YNC: Yacimientos no Convencionales
ZODAR: Zonas de disposición de agua residual doméstica tratada
ZODME: Zona de manejo de residuos de construcción y demolición y material de excavación

0 CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO

En este documento se presentan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (en adelante EIA) para Proyectos Piloto de Investigación Integral– PPII en yacimientos no convencionales con fracturamiento hidráulico y perforación horizontal, de acuerdo con lo contemplado en el Decreto 328 de 2020:

De acuerdo con el mismo, la licencia ambiental que se expida con base en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), será el requisito para pasar de la etapa previa a la etapa concomitante.

Para la etapa concomitante, tanto el avance en las Líneas Base Generales determinadas por las entidades estatales, como el seguimiento a las Líneas Base Locales, a cargo del contratista, resultado del EIA, deben permitir medir los impactos de las actividades relacionadas con el Proyecto Piloto de Investigación Integral – PPII, como lo establece el Decreto 328 de 2020.

Como insumo para medir el impacto de las actividades relacionadas con los Proyectos Piloto de Investigación Integral - PPII, que debe estar consolidado para la etapa de evaluación de los PPII, está previsto contar con las Líneas Base Generales en las siguientes materias: ambiental, sismicidad, salud y social.

La comunidad que se encuentre dentro del área de influencia, participará en los PPII de conformidad con las disposiciones establecidas en el Decreto 328 de 2020 en relación con el diálogo social y la metodología para el desarrollo de los Diálogos Territoriales definida por el Subcomité Intersectorial Técnico y Científico - Social y de Transparencia, que en el caso de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental se refiere a la etapa de condiciones previas, sin perjuicio de otros espacios de participación establecidos en las normas vigentes.

Teniendo en cuenta el Informe de Expertos recibido por el Gobierno Nacional, para el desarrollo del FH-PH del PPII¹, se precisa de un buen nivel del conocimiento hidrogeológico y del uso de agua, generado o verificado por entidades públicas, que permita *“evaluar y minimizar el nivel de riesgo de que las intervenciones asociadas al proyecto generen contaminación de aguas con uso actual o potencial para consumo humano y otras actividades productivas, tales como agricultura, ganadería, pesca, usos recreativos y turísticos entre otros, generando mayor confianza a las comunidades. Esto es aún más importante ahora que conocemos mejor los efectos del cambio climático y que está previsto el incremento de los impactos negativos sobre la disponibilidad de agua.”*

De acuerdo con el informe de expertos, los PPII deben permitir acordar indicadores claros para asegurar que los resultados de las actividades extractivas se expresen en la creación de valor económico, social y ambiental que benefician a las comunidades locales, al Estado y al sector privado.

- **Consideraciones adicionales**

Estos términos son de carácter genérico para PPII y en consecuencia deberán ser adaptados a la magnitud y particularidades del proyecto, así como a las características ambientales regionales y locales en donde se pretenda desarrollar.

El EIA es un instrumento que soporta la toma de decisiones de la Autoridad Ambiental sobre el desarrollo del proyecto, se realiza para la planificación y ajuste del proyecto, obras o actividades que requieren Licencia Ambiental, con base en lo cual se definen las correspondientes medidas de prevención, corrección, compensación y mitigación de los impactos ambientales que generará el proyecto.

¹ Comisión Interdisciplinaria Independiente. (Andrade, M., Donado, L., Escobar, J., García, M., Manzano, O., Muñoz, M., Neslin, D., Rosselli, D., Ruiz, J., Salazar, N., Vargas, C., Yoxtheimer, D., Zamora, J.) (2019, Abril). Informe sobre efectos ambientales (bióticos, físicos y sociales) y económicos de la exploración de hidrocarburos en áreas con posible despliegue de técnicas de fracturamiento hidráulico de roca generadora mediante perforación horizontal

El EIA deberá ser elaborado en concordancia con el principio de desarrollo sostenible y partiendo de la aplicación de las mejores técnicas disponibles y buenas prácticas industriales para prevenir y reducir los impactos y riesgos asociados.

El EIA debe realizarse con la mejor información disponible científica y técnica, y con metodologías rigurosas para el levantamiento y análisis de información, acorde con las metodologías definidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (en adelante Minambiente), las propias de cada una de las disciplinas que intervienen en el estudio y lo establecido en los presentes términos de referencia.

Estos términos determinan condiciones para el seguimiento y evaluación de los proyectos, que, al estar enmarcados en PPII, experimentos de naturaleza científica y técnica, deben generar insumos que contribuyan a la decisión del gobierno de si la actividad puede ser desarrollada en su etapa comercial.

La información recopilada a lo largo del proyecto será insumo para el análisis y síntesis de los impactos que se requiere identificar, para constatar los efectos de la implementación de la técnica de FH-PH.

El Plan de Manejo Ambiental (en adelante PMA) deberá plantearse con base en la jerarquía del manejo de los potenciales impactos identificados, es decir en primera instancia considerar e implementar medidas para prevenir que ocurran los impactos, seguidas de medidas para mitigar, corregir o compensarlos

GLOSARIO

Para la aplicación de los presentes términos de referencia se tendrá en cuenta el siguiente glosario²:

- **Acuífero**: unidad de roca o sedimento, capaz de almacenar y transmitir agua, entendida como el sistema que involucra las zonas de recarga, tránsito y de descarga, así como sus interacciones con otras unidades similares, las aguas superficiales y marinas (Artículo 2.2.3.1.1.3. del Decreto 1076 de 2015)
- **Agua de formación**³: agua presente naturalmente en los poros de las rocas. El agua proveniente de los fluidos introducidos en una formación a través de las operaciones de perforación e inyección, no constituyen agua de formación.
- **Agua de producción**⁴: es el agua de formación obtenida en superficie, durante el periodo de limpieza del pozo (Flowback), y el dimensionamiento del yacimiento.
- **Altura de avance de la fractura**⁵: distancia y dirección en el eje vertical desde la cara del pozo, estimada mediante simulación que calcula la propagación de la fractura sobre el yacimiento.
- **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.
- **Área de PPII**: polígono en superficie delimitado por el solicitante de la licencia ambiental, para adelantar, las diferentes actividades relacionadas con la perforación de pozos e implementación de la técnica de FH-PH. [2]
- **Área de Revisión**
 - **Para pozos de FH-PH**: área comprendida entre las secciones verticales y horizontales del pozo. El radio horizontal deberá ser del lateral más largo que se tenga proyectado para el pozo.
 - **Para pozos de reinyección de fluidos recuperados para disposición final**: área comprendida dentro de un radio de 4 km del pozo.

El Área de Revisión de pozos de FH-PH y de reinyección, por tratarse de la verificación de condiciones subterráneas, no implica que trascienda y haga parte del área de influencia del PPII.
- **Asentamientos humanos rurales**⁶. Es un núcleo de población conformado por vivienda agrupada en suelo rural, localizado en un área delimitada, que comparte infraestructura y dinámicas sociales y económicas.
- **Biodiversidad**: variabilidad de organismos vivos, incluidos entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende también la diversidad genética dentro de cada especie, entre las especies y los ecosistemas [3]. Esta definición permite entender la biodiversidad como un sistema, territorialmente explícito, que se caracteriza no sólo por tener estructura, composición (expresado en los diversos arreglos de los niveles de organización de la biodiversidad, desde

² Las referencias para esta sección se encuentran al final del documento, en el ítem de Bibliografía.

³ Tomado de la Resolución Minenergía 40185 de 2020

⁴ Resolución Minenergía 40185 de 2020 “Por la cual se establecen lineamientos técnicos para el desarrollo de los Proyectos Piloto de Investigación Integral - PPII en Yacimientos No Convencionales - YNC de Hidrocarburos a través de la técnica de Fracturamiento Hidráulico Multietapa con Perforación Horizontal - FH-PH”

⁵ Tomado de la Resolución Resolución Minenergía 40185 de 2020

⁶ Fuente-artículo 1º Decreto 1232 de 2020 del Ministerio de Vivienda.

los genes hasta los ecosistemas) y un funcionamiento entre estos niveles (Cadenas tróficas", "hidrobiota", "conectividad funcional", "ecosistema en estado crítico -CR", "ecosistema en peligro EN, hábitat"), sino que también tiene una relación estrecha e interdependiente con los beneficios que pueden proveer a los seres humanos a través de un conjunto de procesos ecológicos que han sido establecidos como servicios ecosistémicos los cuales incluyen categorías de soporte, aprovisionamiento, regulación y cultura (ver definición de servicios ecosistémicos), para el desarrollo de los diferentes sistemas culturales humanos en todas sus dimensiones (político, social, económico, tecnológico, simbólico, mítico y religioso) [4].

- **Cadenas tróficas:** relaciones de transferencia de nutrientes y energía entre las distintas especies de seres vivos que componen una comunidad biológica o ecosistema.
- **Centros poblados:** Concentraciones de edificaciones conformadas por veinte (20) o más viviendas contiguas o adosadas entre sí. Corresponde a los caseríos, inspecciones de policía y corregimientos pertenecientes al área rural del municipio [5].
- **Componentes:** Aspectos ambientales que constituyen un medio (abiótico, biótico o socioeconómico) como, por ejemplo, componente atmosférico, hidrológico, faunístico, demográfico, entre otros.
- **Conectividad funcional:** continuidad de los atributos ecológicos presentes en una comunidad biológica entre fragmentos de un ecosistema.
- **Cuenca hidrográfica:** Entiéndase por cuenca u hoyo hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar (Decreto Ley 2811 de 1974, artículo 312 y Decreto 1640 de 2012 compilado en el Decreto único reglamentario 1076 de 2015)
- **Desarrollo sostenible:** Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades. (Ley 99 de 1993, artículo 3)
- **Ecosistema:** Complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional. [7]
- **Ecosistema en Estado Crítico (CR):** un ecosistema está En Peligro Crítico cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple con cualquiera de los criterios desde A hasta E para la condición En Peligro Crítico según las Categorías y Criterios de la Lista Roja de Ecosistemas de la UICN. Por lo tanto, se considera que tiene un riesgo extremadamente alto de colapso.
- **Ecosistema en Peligro (EN):** un ecosistema está En Peligro cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple con cualquiera de los criterios desde A hasta E para la condición En Peligro según las Categorías y Criterios de la Lista Roja de Ecosistemas de UICN. Por lo tanto, se considera que tiene un riesgo muy alto de colapso.
- **Estructura del ecosistema:** Suma del hábitat y la biocenosis. El hábitat se define como un área con condiciones físicas uniformes que permiten que se desarrollen las comunidades biológicas. La biocenosis es la coexistencia de las comunidades biológicas en una misma área. [8]
- **Exposición natural:** Exposición a radiactividad causada por fuentes naturales.
- **Fluido de fracturamiento hidráulico:** está constituido, por un agente de transporte generalmente el agua, otro agente de soporte de las fracturas llamado apuntalante o propante (puede ser la arena o cualquier otro que la tecnología indique en su momento) y otros componentes que mejoran las condiciones del proceso, haciendo compatibles los fluidos de transporte y agentes de soporte con los fluidos y roca de formación, estos componentes son generalmente compuestos químicos.

- **Fluido de retorno (flowback):** es el porcentaje de fluido de fractura y/o completamiento que regresa a superficie durante el periodo de limpieza del pozo
- **Fondo natural (natural background)⁷:** dosis, tasas de dosis o concentraciones de la actividad asociadas a fuentes naturales o a cualesquiera otras fuentes existentes en el medio ambiente que no sean susceptibles de control.
- **Formación geológica objetivo de inyección para disposición final:** formación en cuyo interior se presentan capas con condiciones favorables para la inyección de las aguas residuales no domésticas provenientes de la exploración de hidrocarburos, tales como buena capacidad de almacenamiento y conductividad hidráulica. A su vez podrá considerarse formación geológica objetivo de inyección aquella que sea productora de hidrocarburos o minerales, que en este caso debe ser avalado por el ente de fiscalización de hidrocarburos. En cualquier caso, la capa o capas dentro de una formación geológica objetivo de inyección debe asegurar el confinamiento, y estar limitado en su base y techo por capas que conformen un sello hidráulico, y, adicionalmente, que no se impida el uso actual o potencial del agua subterránea contenida en el acuífero (artículo 2.2.3.3.4.6. del Decreto 1076 de 2015 modificado por el numeral 11 del artículo 12 del Decreto 050 de 2018)
- **Fracturamiento Hidráulico Multietapa con Perforación Horizontal - FH-PH:** técnica usada en la extracción de gas o petróleo en Yacimientos No Convencionales - YNC, como lutitas y carbonatos apretados de baja porosidad y permeabilidad, mediante la cual se inyecta en una o varias etapas, un fluido compuesto por agua, propano y aditivos a presiones controladas con el objetivo de generar canales que faciliten el flujo de los fluidos de la formación productora al pozo perforado horizontalmente. Esta técnica difiere de las técnicas utilizadas en los yacimientos convencionales en los que se utiliza el fracturamiento hidráulico y en los Yacimientos No Convencionales - YNC de gas metano asociado a los mantos de carbón y las arenas bituminosas.
- **Fuentes Naturales de Radiación⁸:** fuentes de radiación natural, como el sol y las estrellas (fuentes de radiación cósmica), y las rocas y el suelo (fuentes de radiación terrestres)
- **Funcionalidad del ecosistema:** capacidad de los procesos y componentes naturales de proporcionar los bienes y servicios que satisfacen directa o indirectamente las necesidades del ser humano. En este mismo sentido los ecosistemas pueden ser analizados desde el concepto de servicio ecosistémico. [9]
- **Hábitat:** lugar o medio donde vive un organismo.
- **Hidrobiota:** conjunto de especies que habitan un ecosistema acuático.
- **Impacto acumulativo:** impacto ambiental que resulta de efectos sucesivos, incrementales, y/o combinados de proyectos, obras o actividades cuando se suma a otros impactos existentes, planeados y/o futuros razonablemente anticipados.
- **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
- **Impacto residual:** impactos cuyos efectos persistirán en el ambiente, luego de aplicadas las medidas de prevención, mitigación y corrección, razón por la cual se deben aplicar medidas de compensación.
- **Impacto sinérgico:** impacto que tiene origen en las interacciones complejas entre otros impactos, ya sean generados por un mismo proyecto o por varios. Un impacto sinérgico puede

⁷ Fuente Glosario de Seguridad Tecnológica del OIEA. Viena, 2007

⁸ Fuente Glosario de Seguridad Tecnológica del OIEA. Viena, 2007

evidenciarse cuando el efecto combinado de dos impactos es mayor que su suma o cuando éstos ocasionan la aparición de un tercer impacto.

- **Línea Base:** condiciones iniciales ambientales, sociales, económicas y de salud, previa a las intervenciones que se originen de los Proyectos Piloto de Investigación Integral - PPII sobre un espacio determinado.
- **Línea Base Ambiental Disponible:** información existente y disponible de las características iniciales ambientales previas a las intervenciones que se originen de los Proyectos Piloto de Investigación Integral – PPII sobre un espacio determinado, para realizar una primera predicción de la forma en que dichas características se impactarían durante el desarrollo y operación del proyecto, con el fin de identificar y valorar los impactos, y determinar el área de influencia del proyecto. Estas condiciones iniciales serán complementadas con la información que se recoja en el EIA y serán el punto de referencia para el posterior monitoreo de los recursos naturales renovables en términos de calidad y cantidad. Su principal fuente provendrá de la información existente de la que dispongan las autoridades ambientales, como las Corporaciones Autónomas Regionales y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, así como las entidades científicas adscritas y vinculadas al Minambiente, Servicio Geológico Colombiano y universidades, entre otras.
- **Líneas Base Locales:** son las líneas base que deben establecer los interesados en adelantar los Proyectos Piloto de Investigación Integral – PPII para solicitar la licencia ambiental.
- **Líneas Base Generales:** son las líneas base que determinan las siguientes entidades estatales, en los términos del artículo 2.2.1.1.1A.2.8 del Decreto 1073 de 2015:
 - La línea base ambiental de aguas superficiales, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
 - La línea base ambiental de aguas subterráneas, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, con base en la información hidrogeológica que suministre el Servicio Geológico Colombiano.
 - La línea base ambiental de ecosistemas y biodiversidad, el Instituto Alexander Von Humboldt y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
 - La Línea Base de Sismicidad, el Servicio Geológico Colombiano.
 - Línea Base de Salud a nivel municipal, la Secretaría Municipal respectiva, según los lineamientos que establezca el Ministerio de Salud y Protección Social y en coordinación con éste.
 - La línea base social, el Ministerio del Interior, en coordinación con el Ministerio de Minas y Energía y la Agencia Nacional de Hidrocarburos.
- **Locación:** es el polígono en superficie de máximo 10 hectáreas, donde se desarrollan las actividades de perforación, completamiento, fracturamiento hidráulico en perforación horizontal FH-PH, limpieza y dimensionamiento del yacimiento con fines investigativos, sin perjuicio de las operaciones que se desarrollen en el subsuelo para las actividades de FH PH.
- **Paisaje Fisiográfico:** Se define como una porción del espacio geográfico homogénea en términos del relieve, y de este en relación con otros factores físicos como el clima, los suelos y la geología. Según Villota (1995), el paisaje fisiográfico se establece dentro de un gran paisaje, con base a su morfología específica, a la cual se le adicionan como atributos la litología y la edad (muy antiguo, subreciente, reciente, actual).
- **Periodo de limpieza del pozo (Flow back)⁹:** operación mediante la cual se induce el flujo del Pozo con el fin de limpiar y/o recuperar un porcentaje del fluido de fractura y/o completamiento. El período de limpieza del pozo se da por terminado cuando el pozo se encuentre con caudales

⁹ Tomado de la Resolución Minenergía 40185 de 2020

estables y esté produciendo fluido del yacimiento, de conformidad con los análisis fisicoquímicos de laboratorio que se desarrollen

- **Propante o apuntalante¹⁰:** es un material sólido, típicamente arena, arena tratada o materiales cerámicos artificiales, diseñados para mantener abierta una fractura hidráulica inducida, durante o después de un tratamiento de fractura.
- **Pozo reinyector:** pozo para disposición final, que permite inyectar fluidos a un yacimiento o a un acuífero, sin impedir su uso actual o potencial,
- **Proyecto Piloto de Investigación Integral – PPII:** proceso experimental, científico y técnico, de carácter temporal, que se desarrollan en un polígono específico, y que buscan: (i) recopilar información social, ambiental, técnica, operacional y de dimensionamiento de los Yacimientos No Convencionales - YNC que requieren el uso de la técnica de Fracturamiento Hidráulico Multietapa con Perforación Horizontal - FH-PH para su extracción; (ii) generar conocimiento para el fortalecimiento institucional; promover la participación ciudadana, la transparencia y acceso a la información, y (iii) evaluar los efectos de la técnica FH-PH, según las condiciones de diseño, vigilancia, monitoreo y control que se establezcan.
- **Radiación ionizante¹¹:** para los efectos de la protección radiológica, radiación capaz de producir pares de iones en materia(s) biológica(s).
- **Radiactivo¹²:** que presenta radiactividad; que emite radiación o partículas ionizantes que guardan relación con esas emisiones.
- **Radionucleidos de origen natural¹³:** radionucleidos presentes naturalmente en la Tierra en cantidades importantes.
- **Receptor sensible de la comunidad al ruido o emisiones atmosféricas ocasionadas por la actividad de fracturamiento hidráulico y flujo del fluido de retorno:** cualquier individuo (persona) que tiene potencial de ser afectado significativamente por el ruido o emisiones generadas por la actividad de fracturamiento hidráulico y/o por el flujo del fluido de retorno.
- **Sensibilidad ambiental:** susceptibilidad inherente de los componentes ambientales y sus procesos físicos, bióticos y socioeconómicos a la transformación o cambio que resulta de las actividades antrópicas o de los procesos de desestabilización natural que experimenta el ambiente.
- **Servicios ecosistémicos:** procesos y funciones de los ecosistemas que son percibidos por el humano como un beneficio (de tipo ecológico, cultural o económico) directo o indirecto.
- **Tecnología de Mínimo Impacto – TMI¹⁴:** es el conjunto de instrumentos, métodos y técnicas empleados durante la ejecución de los PPII, de manera que minimice la afectación al medio ambiente y a la comunidad del área de influencia de los proyectos. La TMI deberá ser utilizada durante todas las fases de los PPII. Tales instrumentos métodos y técnicas deben responder como mínimo a las disposiciones, estándares, y mejores prácticas de la industria contenidos en el Anexo 1 de la Resolución 40185 de 2020 del Ministerio de Minas y Energía.
- **Tramo homogéneo para captación y/o vertimiento:** Sector del cuerpo de agua que tiene condiciones similares en sus características fisicoquímicas, hidrobiológicas, hidráulicas, hidrológicas, de cobertura vegetal y de uso.

¹⁰ Tomado de la Resolución Minenergía 40185 de 2020

¹¹ Tomado de la Resolución Minenergía 18 1434 de 2002

¹² Glosario de Seguridad Tecnológica del OIEA. Viena, 2007

¹³ Glosario de Seguridad Tecnológica del OIEA. Viena, 2007

¹⁴ Tomado de la Resolución Minenergía 40185 de 2020

- **Tramo homogéneo para ocupación de cauce:** Sector de un cuerpo de agua con características similares en estabilidad de márgenes, características hidráulicas y características hidrológicas, de cobertura vegetal a lo largo del cual la intervención del cauce causaría un impacto similar. [16]
- **Unidad Social**¹⁵ conjunto de personas que guardan una relación de dependencia legal, física o económica con relación a un inmueble. Las unidades sociales pueden ser:
 - Unidad social residente: persona sola, o aquellas unidas o no por lazos de parentesco, que habitan una vivienda, entendiendo por “habitar una vivienda” la residencia permanente para la satisfacción de necesidades básicas como alojamiento y consumo de al menos una de las comidas.
 - Unidad social productiva: persona natural o jurídica que desarrolla de manera permanente actividades productivas, entendidas como aquellas relacionadas con la producción y/o comercialización de bienes y servicios generadores de ingresos, dentro de un inmueble específico, contando con una infraestructura mínima para su funcionamiento, como equipos o estanterías.
 - Unidad Social Mixta: corresponde a la persona que no solo tiene dentro de su inmueble condiciones de habitabilidad o residencia, sino que, además, dentro de la misma cuenta con una o más actividades productivas.
 - Otras unidades sociales: propietarios y mejoratarios que, siendo o no residentes, obtienen ingresos provenientes del arrendamiento de una parte o la totalidad del inmueble para habitación o desarrollo de actividades productivas.
- **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.
- **Vigilancia radiológica**¹⁶: medición de la exposición, la dosis o la contaminación por razones relacionadas con la evaluación o el control de la exposición a radiación o a sustancias radiactivas e interpretación de los resultados.
- **Vulnerabilidad**¹⁷: susceptibilidad o sensibilidad que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos, en caso de que un evento físico peligroso, de origen natural o antrópico, se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, daños y pérdida de bienes, infraestructura, líneas vitales y medios de sustento, así como la predisposición a sufrir daños en otros elementos del ambiente y a la prestación de servicios ecosistémicos. [18]
- **Yacimiento no convencional- YNC:** son aquellos que se caracterizan por tener una baja permeabilidad primaria y que se les debe realizar estimulación para mejorar las condiciones de movilidad y recobro de hidrocarburos, entre ellos se incluyen gas y petróleo de lutitas, carbonatos

¹⁵ Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales. Resolución 1402 de 2018

¹⁶ Tomado de la Resolución Minenergía 18 1434 de 2002

¹⁷ Se pueden identificar diferentes contextos para definirla, como se plantea en :https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/ABE_/MADS_Guia_AbE_LIBRO_Digital-Cambio.pdf,
https://www.researchgate.net/publication/265259132_Determinacion_de_la_vulnerabilidad_de_ecosistemas_a_ndinos_al_cambio_climatico_quien_es_vulnerable_a_que,
<https://fundacionhumedales.org/wp/wp-content/uploads/2017/05/Evaluacion-de-vulnerabilidad-y-estrategia-de-adaptacion.pdf>,
<http://bdigital.unal.edu.co/3900/1/905011.2011.pdf>

apretados, gas metano asociado a mantos de carbón (en inglés *coal bed methane CBM*), las arenas apretadas, y arenas bituminosas.

- **Zonificación ambiental:** proceso de sectorización de un área compleja en áreas relativamente homogéneas de acuerdo con factores asociados a la sensibilidad e importancia ambiental de los componentes de los medios abiótico, biótico y socioeconómico.

CONTENIDO DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA PPII-FH-PH:

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es el instrumento básico para la toma de decisiones respecto a la construcción de obras y actividades que afecten significativamente el ambiente natural o artificial. Para el caso de los proyectos PPII, los EIA deben contener:

RESUMEN EJECUTIVO

El resumen ejecutivo debe ser una síntesis de los principales elementos del PPII que permitan a la autoridad ambiental tener una visión general del mismo, las particularidades del medio donde se pretende desarrollar, los impactos significativos y los programas ambientales identificados para su manejo. El resumen ejecutivo no será una descripción general de los contenidos del estudio, y debe incluir como mínimo:

- Síntesis del Proyecto Piloto de Investigación Integral en donde se establezca:
 - Características relevantes de las obras y acciones básicas de la construcción y operación, las cuales deben obedecer exclusivamente a las que se asocian a las actividades de investigación previstas en el Decreto 328 de 2020.
 - Localización, extensión y características principales del área de influencia por medio.
 - Necesidades de uso y/o aprovechamiento de recursos naturales.
 - Método de evaluación ambiental de impactos utilizado, jerarquización y cuantificación de los impactos ambientales significativos.
 - Síntesis del proceso de consulta previa, en los casos que éste deba adelantarse
 - Zonificación ambiental.
 - Zonificación de manejo ambiental.
 - Breve reseña del Plan de Manejo Ambiental (PMA).
 - Principales riesgos identificados.
 - Costo total estimado del proyecto.
 - Costo total estimado del PMA.
 - Cronogramas de ejecución del proyecto.
 - Cronograma de ejecución del PMA concordante con la ejecución del proyecto.
 - Actividades para seguir en la fase de desmantelamiento y abandono.

1 OBJETIVOS DEL PPII.

Definir los objetivos generales y específicos del proyecto, teniendo en cuenta los cometidos previstos en el Decreto 328 de 2020 para los Proyectos Piloto de Investigación Integral – PPII y el alcance de la solicitud.

2 GENERALIDADES

2.1 ANTECEDENTES

Se deben adelantar las siguientes actividades al inicio de la elaboración del EIA, anexando los respectivos actos administrativos o las respectivas constancias, según el caso:

- Ubicación de otros proyectos en el área de influencia del proyecto, en especial proyectos de interés nacional y regional (departamental) y municipal y establecer su posible superposición e implicaciones del PPII en relación con los planes, programas y proyectos, que de ellos se derivan.
- Contar con el Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales al que se refiere la Sección 2, del Capítulo 9, Título 2, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015 (que compiló el Decreto 3016 del 27 de diciembre de 2013), o el que lo modifique o sustituya, y la acreditación de los métodos expedida por el IDEAM.
- Acto administrativo de procedencia o no de la consulta previa expedido por el Ministerio del Interior - DANCP.
- Anexar la aprobación del Registro del programa de arqueología preventiva del Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH), conforme a los lineamientos del ICANH y a lo establecido en el Decreto 138 de 2019 que modifica el Decreto 1080 de 2015 o aquel que lo modifique, sustituya o derogue.
- Presencia de áreas de conservación y protección ambiental y áreas de manejo especial o de importancia estratégica, así como, de áreas o figuras de protección declaradas en materia ambiental definidas por entidades territoriales según instrumentos de ordenamiento territorial (POT, PBOT y EOT).

2.2 ALCANCES

El alcance del EIA debe atender lo establecido en los presentes términos de referencia y cualquier información adicional que responda a las características específicas del proyecto y a los recursos ambientales que puedan verse afectados. Adicionalmente, en el desarrollo del estudio se debe tener en cuenta:

- La racionalización en el uso de los recursos naturales renovables, minimizando los riesgos e impactos ambientales negativos que pueda ocasionar el futuro proyecto y potenciando los impactos positivos.
- Las características de las obras tendrán los alcances propios de estudios de factibilidad, en los cuales se deben definir e indicar los diferentes programas, obras o actividades del proyecto.
- Las líneas base ambientales y sociales, que deberán ser levantadas a partir de los diferentes métodos, metodologías, técnicas y herramientas propias de cada una de las disciplinas que intervienen en el estudio y complementada con la información secundaria requerida, según sea el caso.
- Identificar y evaluar cualitativa y cuantitativamente los impactos que pueda producir el proyecto de FH-PH del PPII, con el fin de establecer la afectación sobre los ecosistemas, su biodiversidad y el contexto social. Se deberán analizar, dimensionar, evaluar y declarar claramente el nivel de

incertidumbre asociada a los diferentes aspectos considerados por la metodología o herramienta empleada para la identificación de los impactos, y concluir al respecto.

- Identificar y delimitar los vacíos de información en los diferentes medios (abiótico, biótico y socioeconómico) y la manera como se abordarán en el EIA.
- Proponer y diseñar medidas de manejo para todos y cada uno de los impactos identificados, estableciendo el conjunto de estrategias, programas, y/o proyectos estructurados en un Plan de Manejo Ambiental (PMA). Este último, incluirá justificación, impacto tratado, etapa de aplicación, objetivos, metas, actividades, lugar de aplicación, población beneficiada, indicadores, responsables, tecnologías a utilizar, resultados a lograr, costos y cronogramas de inversión y ejecución.
- Describir los mecanismos, espacios y procedimientos pedagógicos, conforme con los lineamientos en materia de diálogo social y relacionamiento territorial que emitan los Ministerios del Interior y Minas y Energía, para propiciar la participación de las comunidades que se encuentren dentro del área de influencia, desarrollando procesos de identificación situacional participativa, información de los impactos generados por el proyecto y las medidas propuestas.

Los resultados de este proceso se deberán incorporar al EIA y se consignarán en las respectivas actas y/o ayudas de memoria de las reuniones y/o talleres realizados, en las cuales se evidencien los contenidos tratados, las inquietudes, comentarios, sugerencias y/o aportes de los participantes sobre el proyecto, las respuestas o aclaraciones realizadas por parte del solicitante, los listados de asistencia donde se evidencie a qué grupo de interés pertenece cada participante, y el registro fotográfico, de audio y/o fílmico (preferiblemente) de las reuniones y las actividades realizadas (si los participantes lo permiten). Se debe indicar qué comentarios, aportes o sugerencias fueron acogidos en el EIA y frente a aquellos que no se hayan acogido, explicar por qué no se hizo.

- Proponer, en caso de ser necesario, investigaciones específicas adicionales, justificadas científicamente, para la toma de decisiones técnicas dentro del proyectos.

Limitaciones y/o restricciones del EIA: Cuando por razones técnicas y/o jurídicas no pueda ser incluido algún aspecto específico exigido en los presentes términos de referencia, esta situación debe ser informada explícitamente, presentando la respectiva justificación y las posibles alternativas para su abordaje.

2.3 METODOLOGÍA

Presentar las diferentes metodologías, completas y detalladas utilizadas para la elaboración del EIA, incluyendo los procedimientos de recolección, el procesamiento y análisis de la información; sus memorias de cálculo y el grado de incertidumbre de cada una de ellas, así como las fechas o períodos a los que corresponde el levantamiento de información para cada componente y medio.

Para tal efecto, el Interesado debe basarse en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales expedida por el Minambiente mediante Resolución 1402 de 2018, o aquellas normas que la modifiquen, adicionen o sustituyan; no obstante, de ser necesario, o por la especificidad de los temas se puede recurrir a procedimientos metodológicos acordes con las variables a medir.

Los archivos en formato *Raster* deben ser entregados a la Autoridad en formato digital, como soporte a la información geográfica y cartográfica exigido en el Modelo de Almacenamiento Geográfico – (en adelante MAG), reglamentado por la Resolución 2182 de 2016 o aquella norma que la modifique, adicione o sustituya. En caso de que apliquen, los productos de sensores remotos deben ser entregados con licencia monousuario con una resolución espacial acorde a la escala del estudio y con una fecha de toma lo más reciente posible, con la cual se autorice a la ANLA para hacer uso de la información. Esta información deberá ser en lo posible no mayor a tres (3) años.

Se debe incluir la información de los consultores encargados de la elaboración del EIA y relacionar los profesionales que participaron en el mismo y su disciplina.

- Igualmente, se debe tener en cuenta:
 - Todos los monitoreos físicos, químicos y bióticos (de conformidad con el parágrafo 2 del artículo 2.2.8.9.1.5. del Decreto 1076 de 2015) deben realizarse a través de laboratorios con acreditación vigente expedidas por el IDEAM, o en su defecto por la entidad de acreditación competente, tanto para la toma de muestras como para los análisis de laboratorio respectivos. En caso de que no haya laboratorios acreditados para el análisis de algún parámetro, los laboratorios acreditados por el IDEAM (o la entidad competente), podrán enviar la muestra a un laboratorio internacional acreditado en su país de origen o por un estándar internacional.
 - Se debe presentar un informe sobre la toma de muestras, el cual debe relacionar los protocolos de monitoreo, toma, preservación, transporte y análisis de muestras, con su respectivo registro fotográfico, copia de la cadena de custodia y registros de control de calidad, cumpliendo con lo establecido en los protocolos respectivos publicados por el IDEAM.
 - El levantamiento de la información se debe realizar teniendo en cuenta la normativa ambiental vigente.
 - Las metodologías para Evaluación del recurso hídrico (aguas superficiales, aguas subterráneas, cantidad, calidad) corresponden a los “Lineamientos conceptuales y metodológicos para las Evaluaciones regionales del Agua ERAS” o Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos – PMAA, Minambiente 2014; y para el monitoreo del agua (aguas superficiales, aguas subterráneas cantidad, calidad, sedimentos, monitoreo hidrobiológico, monitoreo isotópico) corresponden al “Protocolo del Agua”. Se debe aplicar la última versión disponible en la página web del IDEAM.
 - De existir información ambiental de proyectos que se desarrollen en el área que tengan como instrumento de manejo ambiental una licencia a cargo de la ANLA, podrá hacer uso de ésta como insumo para la Licencia Ambiental para el PPII, siempre que cumpla con los criterios establecidos en estos TdR, sea válida, actual y pertinente para los propósitos del estudio.
 - El EIA debe ser entregado junto con la solicitud de la Licencia Ambiental a través de la Ventanilla Integral de Trámites Ambientales en Línea (en adelante VITAL), en el portal de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (en adelante ANLA).

2.3.1 Especificaciones para la presentación de la información geográfica y cartográfica

El propósito de este numeral es establecer las normas mínimas que se deben cumplir en el proceso de captura y estructuración de la información geográfica de acuerdo con las políticas y estándares oficiales vigentes.

Se deben seguir los lineamientos establecidos en la Resolución 2182 de 2016 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, o aquella norma que la modifique o sustituya, frente al diligenciamiento y presentación del Modelo de Almacenamiento Geográfico, mediante la cual se proporcionan recomendaciones y directrices en relación con el uso, desarrollo, diligenciamiento, estructuración y presentación de la información espacial asociada al estudio ambiental. En caso de que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) adopte con posterioridad a este documento una guía específica sobre el manejo de la información geográfica referida a la inversión forzosa de no menos del 1% y a las compensaciones del medio biótico, ésta deberá ser utilizada por el usuario.

Conforme con lo establecido en la Guía para el diligenciamiento y presentación del Modelo de Almacenamiento Geográfico, no debe editarse la identificación ni estructura de los Directorios/Dataset, Capas Geográficas, Tablas, Campos y Dominios ya definidos en los Formatos Geográficos y en el Diccionario de Datos; sin embargo, si se tiene información que no se ajusta a ninguna capa geográfica, tabla, campo o valor de dominio establecido, es posible crear o adicionar dichas entidades, campos o valores, anexando un archivo .txt, con la relación de los elementos incorporados.

2.3.1.1 Captura de información

Para desarrollar una correcta representación cartográfica de los objetos de interés de los estudios, es decir, de toda la información que se represente mediante algún tipo de geometría (punto, línea o polígono) en la cartografía básica y temática, se deben seguir los siguientes requerimientos:

- **Datum:** la información debe tener como Datum el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS, asociado al elipsoide GRS80 (Global Reference System 1980), conforme lo establece la Resolución 68 de 2005 del IGAC o aquella norma que la modifique o sustituya. Los datos o información que se encuentren referidos al Datum Bogotá, deben ser transformados a MAGNA-SIRGAS; la transformación de coordenadas se debe realizar acorde con los parámetros establecidos por el IGAC, que se encuentran disponibles en su portal Web (www.igac.gov.co – Trámites y servicios – Servicios – Información geodésica).
- **Origen:** la información debe ser capturada en origen nacional, según lo establecido en la Resolución 471 de 2020 del IGAC, o de acuerdo con lo que defina aquella norma que la modifique o sustituya.
- **Altura:** para esta variable se debe especificar si está referida al elipsoide GRS80 (altura elipsoidal) o si está medida a partir de la red de nivelación nacional (altura nivelada).
- **Precisión:** para sobreponer, complementar y ajustar la información colectada en campo sobre cartografía en diferentes escalas, se deben cumplir los siguientes criterios de precisión:

Escala de error permitido*

Escala	Error máximo
1:5.000	2,6 m
1:10.000	5,2 m
1:25.000	13 m
1:100.000	52 m

* Se refiere al error reportado después de ajustar las observaciones de campo mediante mínimos cuadrados.

- **Escala de trabajo:** la escala de trabajo y almacenamiento de la información debe ser la que señalan los términos de referencia. Cabe aclarar que se establecen la escala trabajo o captura y no, la escala de presentación, ya que esta última puede ser ajustada para mejorar la presentación de la información que realice el usuario.

2.3.1.1.1 Modelo de datos geográfico

La información geográfica debe ser almacenada y presentada de acuerdo con los modelos adoptados para la base de datos geográfica institucionales de Minambiente y ANLA; los datos espaciales deben tener la estructura que se define en la resolución 2182 de 2016 o aquella que la modifique o sustituya.

La información correspondiente a cartografía básica debe ser almacenada según la estructura del modelo de datos geográficos establecido por el IGAC, y debe guardar consistencia con la información temática (vector o raster) que se genere para la elaboración de los estudios ambientales.

2.3.1.1.2 Información tipo Ráster

Las imágenes de sensores remotos (imágenes satelitales, de radar, lidar, ortofotografías, entre otras) utilizadas como insumo para la elaboración de la cartografía y la caracterización ambiental, deben tener las siguientes características: i) una resolución espacial acorde a la escala solicitada en los respectivos términos de referencia (resolución mínima de 30m, 10m, 5m y 2,5m para escalas 1:100.000, 1:25.000, 1:10.000 y 1:5.000 respectivamente) y, ii) El periodo de tiempo que transcurre entre la ocurrencia del fenómeno o característica que describen las imágenes y el momento en el que se presenta la información a la autoridad ambiental, deberá ser en lo posible no mayor a tres (3) años; en caso de no encontrar insumos para la zona de estudio con esta característica, es posible

utilizar información menos oportuna, siempre y cuando se argumente y demuestre apropiadamente las razones por las cuales no se utiliza información más reciente.

Esta información debe tener el mismo sistema de coordenadas que el que presente la información vector (temática y base).

2.3.1.2 Entrega de información geográfica y cartográfica

Se debe entregar como parte integral del documento, la información geográfica y cartográfica del proyecto de la siguiente manera:

- Una carpeta con los archivos geográficos (Shapefile, GeoPackage o Geodatabase de archivos) de la cartografía base según el modelo de datos del IGAC y la cartografía temática según el modelo de almacenamiento geográfico establecido en la Resolución 2182 de 2016 o aquella que la modifique o sustituya. Asimismo, se debe entregar un archivo léame, con la información que se considere relevante (cambios, adiciones, justificaciones) en el diligenciamiento de la base de datos geográfica.
- Una carpeta con los insumos utilizados en la elaboración de la cartografía (imágenes de sensores remotos, planchas IGAC, planos de POT, POMCA, entre otros).
- Una carpeta con los metadatos documentales y geográficos, utilizando la plantilla de metadato dispuesta en la página Web de la ANLA.
- Una carpeta con los respectivos mapas en formato pdf.
- Una carpeta con las plantillas utilizadas para la elaboración de cada uno de los mapas presentados (archivos mxd, gvsproj, qgz o qsg). En caso de no entregar las plantillas, se debe entregar una carpeta con los archivos de simbología de las capas (archivos lyr, qml, gvsleg o sld).
- Para la presentación de la cartografía se debe verificar que ésta contenga como mínimo los elementos que se mencionan a continuación:
 - Localización político administrativa del proyecto hasta el nivel municipal.
 - Fuente de información de la cartográfica básica; p. e. número de planchas IGAC.
 - Fuente de información de la cartográfica temática y datos relacionados; p. e. número de fotografía aérea, escala de la fotografía y fecha de interpretación.
 - Escala de trabajo y escala de presentación.
 - Fecha de elaboración del proyecto.
 - Norte.
 - Grilla de coordenadas.
 - Sistema de referencia.
 - Número del mapa.
 - Nombre de empresa solicitante.
 - Nombre de empresa consultora.

Nota: La base para la producción cartográfica del estudio es lo dispuesto en la Resolución 471 de 2020 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)

3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Se debe realizar una descripción detallada del proyecto, señalando su objetivo, localización, diseño y características técnicas, especificando entre otras, la duración del proyecto y el cronograma estimado para el desarrollo de sus actividades, las particularidades de cada una de sus fases, la infraestructura existente, los insumos que requiere, el manejo y forma de disposición de los residuos peligrosos y no peligrosos así como de los materiales que genere, los costos estimados y la estructura organizacional planteada para su ejecución.

Es obligación de quien elabora el EIA brindar información que permita a las autoridades ambientales conocer todas las particularidades del proyecto, de forma que más adelante, y de acuerdo a las características ambientales del lugar en el que se plantea su desarrollo, tengan total claridad y puedan verificar la identificación y valoración de impactos ambientales, la definición del área de influencia, las especificaciones técnicas de los elementos que potencialmente pueden afectar la biodiversidad. p. ej. sustancias químicas utilizadas en los fluidos de fracturación hidráulica o

presencia de radionucleidos de origen natural, describir en forma detallada la estrategia de tráfico que empleará para la movilización de los volúmenes de agua requeridos para la etapa de FH-PH, el uso y aprovechamiento de recursos naturales, la formulación de planes y de más componentes del EIA; es decir, se debe proporcionar la información necesaria y suficiente a fin de que las autoridades ambientales tomen una decisión informada sobre la viabilidad ambiental del proyecto.

3.1 LOCALIZACIÓN

Presentar la localización geográfica y político-administrativa que permita dimensionar y ubicar el proyecto de FH-PH en el entorno geográfico, en un mapa georreferenciado en coordenadas planas (*datum magna sirgas*) a escala 1:25.000 o de mayor detalle, cumpliendo con los estándares de cartografía base del IGAC, como los catálogos de objetos y siguiendo la infraestructura de datos definida en el Modelo de Almacenamiento Geográfico –Geodatabase (en adelante MAG), reglamentado por la Resolución 2182 de 2016 o aquella norma que la modifique, adicione o sustituya..

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL PPII

- Especificar las características técnicas del proyecto en las diferentes fases de la etapa concomitante, acompañada de los respectivos diseños de la infraestructura que se pretende construir y/o adecuar.
- Presentar las necesidades de recursos naturales renovables.
- Relacionar la duración del proyecto en concordancia con los objetivos de investigación propuestos dentro del PPII, la reglamentación expedida por el Gobierno Nacional, el cronograma de actividades.
- Costos.
- Estructura organizacional del proyecto.

Describir, dimensionar y ubicar en mapas las actividades de las diferentes fases del proyecto:

3.2.1 Fases y actividades del proyecto

Presentar la descripción de las actividades para cada una de las fases del PPII (previa, constructiva, perforación, completamiento, fracturamiento hidráulico, dimensionamiento del yacimiento, desmantelamiento, abandono y restauración), y diseños de las obras (en los casos en que aplique), contemplando la infraestructura proyectada (vías, plataformas incluidos los detalles de las estructuras de contención propias de la plataforma como contrapozos, placa taladro, skimmers, cunetas y sistemas de contención complementarios como jarillones, locaciones, pozos, estructuras de conducción de agua, áreas y bodegas de almacenamiento, piscinas y sistemas de almacenamiento de aguas, áreas de instalación de equipos, áreas de operación, obras civiles, campamentos, líneas de flujo y otro tipo de transporte dentro del área a licenciar, asociado a las actividades del FH-PH del PPII, entre otras), descripción de otras actividades previstas (reinyección, evaporación forzada o captación de agua a partir de pozos) y la infraestructura asociada,.

3.2.2 Infraestructura existente y necesaria en el área de influencia del proyecto de FH-PH del-PPII

Identificar las vías, corredores de acceso e infraestructura existente y prevista en el proyecto de FH-PH del-PPII. y describir:

- Infraestructura asociada a servicios públicos como son redes de transmisión energía, gas, acueductos etc.
- El tipo de vías, con especial énfasis en las que serán empleadas para el transporte de agua e insumos y equipos que se emplearán para la etapa de FH-PH, en particular cuando este se realice por carrotanque, camiones, entre otros.

- Para las vías e infraestructura que vaya a ser utilizada por el proyecto, realizar la localización de los accesos (viales, fluviales, aeroportuarios y otros), necesarios para el desarrollo de las obras y actividades que hacen parte del proyecto, diferenciando los accesos nuevos y existentes.
- Cualquier otra infraestructura del sector de hidrocarburos existente o que haya sido utilizada dentro del área de influencia del proyecto, identificando fecha de construcción y responsable de la misma, para ello, debe revisar los inventarios georreferenciados de pozos en el área de revisión con que cuente la ANH y hacer la verificación en campo, así como revisar en terreno la existencia de pozos adicionales, sobre los cuales debe revisar la información con que se cuente en las instituciones del estado, que den cuenta sobre su condición y situación actual.

Presentar la información relacionada con los corredores de acceso a las locaciones del proyecto en mapas a escala de 1:10.000 o de mayor detalle y para las obras de arte y las locaciones e infraestructura relacionada a escala de diseño.

3.2.2.1 Para corredores de acceso existentes públicos y/o privados se debe incluir la siguiente información:

- Localización de los corredores.
- Descripción, dimensiones y especificaciones técnicas generales del acceso. Para las vías incluir, el ancho de las vías y Tráfico Promedio Diario (TPD), calculado, utilizando los periodos de mayor tráfico vehicular, en el momento de la elaboración del EIA
- Condiciones actuales de los corredores.
- Propuesta de adecuación con la descripción de las obras a construir, estimando las cantidades de materiales y volúmenes de disposición, métodos constructivos e instalaciones de apoyo (campamentos, talleres, plantas y caminos de servicio).
- Referencia descriptiva de los tramos de vías a adecuar; se debe presentar la descripción de las actividades que se ejecutarán incluyendo el mejoramiento geométrico y altimétrico (curvas, pendientes anchos, drenajes y sitios de cruce de cuerpos de agua).
- Respecto a las vías de acceso privadas y públicas, establecer quién es el administrador de la vía, y los trámites para obtención de permisos, autorizaciones y/o convenios para la utilización estos corredores viales.

La información sobre la infraestructura existente debe presentarse en mapas a escala de 1:10.000 o de mayor detalle.

Describir las actividades de mantenimiento para la infraestructura proyectada descrita. En particular, cuando se prevean convenios, acuerdos u otras figuras para el mantenimiento de las vías con sus administradores, la estrategia prevista para la obtención de materiales de origen natural requeridos para estos mantenimientos.

3.2.2.2 Para corredores de acceso al área y locaciones proyectados

a) Para los corredores de acceso nuevos se debe incluir la siguiente información:

- Especificaciones técnicas de las vías a construir, estimado de cantidades de materiales y volúmenes de corte y relleno requeridos, métodos constructivos e instalaciones de apoyo (campamentos, talleres, plantas y caminos de servicio, entre otros).
- Obras de arte tipo.
- Longitud máxima (en km) a construir tanto para el acceso al Área de -PPII como al interior de la misma.
- En caso de que el solicitante acuerde la entrega del acceso a un tercero, se deberá plantear la propuesta de entrega del acceso.
- En zonas cercanas a planicies de inundación identificadas presentar los elementos previstos para asegurar la conectividad rio-zonas inundables
- Los cruces fluviales y de los sistemas hidráulicos, la ubicación y el tipo de obra requerida y la descripción de las técnicas y métodos constructivos a emplear para los diferentes tipos cruces fluviales.
- El diseño deberá contemplar un análisis ambiental de menor impacto sobre los recursos naturales renovables. P.ej. Mínima afectación de ecosistemas naturales.

b) Locaciones

Se debe presentar la información sobre el área a ocupar con cada uno de los componentes o elementos que conformarán las locaciones y las facilidades necesarias para el dimensionamiento del yacimiento, incluyendo como mínimo la siguiente información:

- El llenado de los requisitos previstos en el párrafo primero del Artículo 2.2.1.1.1 A.2.2 del Decreto 1073 de 2015.
- Establecer el número de plataformas proyectadas.
- Área de las plataformas.
- Características de las plataformas.
- Relacionar las áreas a utilizar por cada tipo de infraestructura a adecuar o construir. Se deben justificar las áreas solicitadas, analizando las condiciones operativas y de optimización de áreas con respecto a las necesidades de espacio y distribución de los equipos dentro del área.
- Especificar si las áreas estimadas para las locaciones contemplan:
 - Las áreas para las facilidades necesarias para el dimensionamiento del yacimiento,
 - El área para la adecuación de Zonas de Disposición y Materiales de Excavación (en adelante ZODME),
 - Zonas de disposición de agua residual doméstica tratada - ZODAR.
- Definir las instalaciones de apoyo (campamentos, talleres, y otras), con que contará cada plataforma a construir.
- Describir los métodos constructivos de las obras proyectadas, especificando si el sistema constructivo es total o modular, para el cual se deberá indicar las secuencias en las áreas a intervenir. La suma de estas áreas debe estar considerada en el área total de la locación que se presente.

Para las locaciones e instalaciones de apoyo se deberá incluir la descripción de los siguientes aspectos:

- Asentamientos humanos rurales e infraestructura social, económica y cultural a intervenir.
- Fuentes de emisiones contaminantes a la atmósfera.
- Emisiones de ruido por fuentes fijas o móviles.
- Fuentes factibles y autorizadas de materiales de construcción.
- Maquinaria y equipos a utilizar.
- Los equipos maquinaria, sistemas y procesos para el fracturamiento hidráulico.
- Identificación de las fuentes de energía para el fracturamiento hidráulico, especificando su capacidad de generación en kW por unidad de tiempo.
- La ubicación y descripción precisa de la locación.
- Justificación de la intervención generada en ecosistemas naturales y/o seminaturales, si existe.

3.2.3 Perforación de pozos para FH-PH y/o inyectores para disposición final

Para esta actividad describir o definir:

- Número y tipo de pozos a perforar por plataforma y el total por el PPII
- Proceso de perforación y de completamiento previstos:
 - Descripción de los equipos, maquinaria,
 - Insumos (lodos de perforación, agua para la perforación, fluido de completamiento, aditivos químicos, entre otros),
 - Profundidad estimada de perforación,
 - Sistemas y procesos de perforación, registros geofísicos contemplados,
 - Proceso de cementación y completamiento (casing superficial, intermedio, y de producción o final),

- Pruebas de presión y cementación previstas para demostrar la integridad del pozo y del intervalo cementado, en particular para aislamientos hidráulicos de acuíferos.
- Fuentes de energía.
- Estrategias para minimizar la generación de GEI.
- Materiales y elementos de integridad de pozo a ser utilizados en el (los) pozo (s) que permitan prevenir la corrosión y asegurar su integridad, anticipando los esfuerzos de tensión y presión y la susceptibilidad del material al agrietamiento debido a la combinación de factores ambientales o altas cargas cíclicas de trabajo
- Tipo de residuos.
- Ubicación, equipos, procesos de construcción y servicios de las facilidades para el dimensionamiento del yacimiento o de inyección.
- Para el Área de Revisión del polígono propuesto que contiene los pozos que serán fracturados hidráulicamente o el (los) pozo(s) de disposición final, debe presentar el inventario de la totalidad de los pozos de hidrocarburos activos, inactivos y abandonados (temporales y definitivos); para los pozos sellados y abandonados se debe establecer la profundidad, las posibles causas y tiempo de abandono.

3.2.4 Transporte de fluidos

a) Líneas de flujo por ducto

En caso de aplicar, para esta actividad describir y dimensionar:

- Los posibles cruces fluviales y de los sistemas hidráulicos.
- Los métodos de construcción, pruebas hidrostáticas e instalaciones de apoyo (campamentos, talleres, caminos de servicio, entre otros).
- Los estimativos de maquinaria y equipos.
- Longitud, diámetro y profundidad estimada de las líneas de flujo y ancho del derecho de vía.
- Tipo de sustancias que serán transportadas por este medio.
- La ubicación y descripción precisa de las líneas de flujo, incluyendo posibles ubicaciones de *manifold* de recibo y entrega y todas las medidas de aseguramiento.

b) Transporte por carrotanque

Para esta actividad describir o definir:

- Tipo de fluidos a transportar.
- Vías potenciales para utilizar.
- Estimación de frecuencia de viaje.
- Tipo de vehículos previstos.
- Medidas de seguridad y movilidad.
- zonas de cargaderos en las plataformas.

3.2.5 Insumos generales del proyecto

Teniendo en cuenta aquellos insumos que no se listan de forma particular para la ejecución del proyecto, y de acuerdo con los diseños tipo, se requiere presentar como mínimo el listado y la estimación de los volúmenes de insumos que se relacionan en la Tabla 1, los cuales pueden ser necesarios para el desarrollo de las actividades del proyecto en cada una de sus fases.

Tabla 1. Insumos del proyecto

TIPO DE INSUMO	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN
Materiales de construcción	Materiales pétreos (explotados en minas y canteras usados como agregados en concretos, obras de tierra y otros).	
Insumos	Materiales y productos como combustibles, aceites, grasas, disolventes, entre otros.	

TIPO DE INSUMO	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN
	Demás insumos que se requieran para las diferentes fases del proyecto. Para aquellos que se precise, adjuntando fichas técnicas y de seguridad.	
Aprovechamiento de RCD	Residuos sólidos provenientes de las actividades de excavación, construcción, demolición, reparaciones o mejoras locativas de obras civiles u otras actividades conexas, susceptibles de aprovechamiento.	

Cuando se requiera de materiales de construcción para la ejecución de las obras civiles o su mantenimiento, se debe identificar y localizar (georreferenciar) los sitios que respondan a la demanda del proyecto y que cuenten con las autorizaciones vigentes de la Agencia Nacional Minera (ANM) y las autoridades ambientales competentes, incluyendo el título minero registrado o la licencia ambiental, respectivamente, sin que el proyecto se encuentre en su fase de abandono y recuperación, especificando la capacidad de la fuente, en términos de reservas autorizadas en el caso de canteras o volúmenes anuales de explotación en el caso de materiales de arrastre.

3.2.6 Materiales sobrantes de excavación y Residuos de Construcción y Demolición RCD

Cuando se requiera realizar el manejo, transporte y disposición de materiales sobrantes de excavación o RCD y su disposición esté fuera de las plataformas, se debe seguir lo establecido en la Resolución 472 de 2017, o aquella que la modifique, adicione o sustituya, incluir como mínimo lo siguiente para cada sitio de disposición:

- Tipo de materiales a disponer (rocas, arenas, arcillas, concreto demolido, etc.)
- Relación de los volúmenes estimados de material a disponer.
- Descripción de manejo de materiales sobrantes y residuos de construcción y demolición incluyendo su manejo hidráulico, estabilidad geotécnica y diseños tipo.
- Descripción de las condiciones requeridas para la disposición.
- Posible localización georreferenciada de los sitios potenciales para la ubicación de las ZODME.
- Análisis de factores de seguridad y riesgo de desplazamiento ante cargas externas.
- Identificación de las viviendas y los cuerpos de agua existentes en el área propuesta de adecuación final de las ZODME y programa de revegetalización (diseño paisajístico).

Dentro de estos materiales sobrantes para disposición se podrán incluir los que se originan en la perforación de los pozos de FH-PH del PPIL, siempre que se establezca que no es un residuo peligroso.

3.2.7 Residuos sólidos y peligrosos.

Con base en las características del proyecto se debe presentar la siguiente información:

- Clasificación de los residuos sólidos (aprovechables, especiales, de construcción y demolición, ordinarios, etc., de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1077 de 2015 o la normativa que aplique según el tipo de residuos) y residuos peligrosos.
- Estimación de los volúmenes de residuos sólidos y peligrosos a generarse en desarrollo del proyecto.
- Propuesta de manejo de cada tipo de residuo: almacenamiento, transporte interno y externo, aprovechamiento (reutilización, reciclaje, incineración con fines de generación de energía, compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos) y tratamiento.
- Alternativas de disposición final seleccionadas e infraestructura asociada cuando el manejo no lo haga un tercero.

Para el manejo de los residuos sólidos, el Interesado debe considerar el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (en adelante PGIRS) municipal, y lo ordenado en la Resolución 472 de 2017 *“por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de demolición y construcción”* y las demás normas vigentes sobre la materia. El manejo de residuos peligrosos

debe realizarse basado en lo establecido en la Ley 1252 de 2008 y el Decreto 1076 de 2015 (que compiló el Decreto 4741 de 2005 “*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*”), o aquel que lo adicione, modifique o sustituya.

Para los cortes de perforación se deberá realizar los análisis fisicoquímicos para establecer si se consideran residuos peligrosos, según lo establecido en el Decreto 1076 de 2015

Para el manejo de residuos por parte del Interesado se deben identificar los impactos previsibles y plantear las correspondientes medidas de manejo. Las instalaciones respectivas se deben presentar en mapas a escala de 1:5.000 o de mayor detalle, tal que permita la lectura adecuada de la información.

3.3 COSTOS, CRONOGRAMA Y ORGANIZACIÓN DEL PPII

- Presentar los costos totales estimados del proyecto.
- Incluir el plazo de duración del proyecto y el cronograma de actividades de PPII, para cada una de las etapas de este.
- Presentar la estructura organizacional establecida para la ejecución del proyecto, estableciendo la instancia responsable de la gestión ambiental, transparencia y flujos de información, así como sus funciones para la ejecución del proyecto.

4 ÁREA DE INFLUENCIA

4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Para la aplicación de la definición, identificación y delimitación de las áreas de influencia en la etapa de condiciones previas, deben tenerse en cuenta los conceptos de medio y componente (ver Glosario).

Adicionalmente, se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El proyecto de FH-PH del PPII incluye la planeación, emplazamiento, instalación, construcción, montajes, operación, mantenimiento, así como la previsión del desmantelamiento, abandono y restauración de todas las acciones, usos del espacio, y las demás actividades e infraestructura relacionadas y asociadas con su desarrollo¹⁸. La infraestructura puede ser de propiedad del solicitante de la licencia ambiental o de terceros, y de igual forma las actividades, donde no se indique lo contrario, podrán ser desarrolladas o gestionadas incluso mediante contratistas.
- Con relación a las vías de acceso del proyecto, dentro de las áreas de influencia se deben considerar las vías nuevas (construidas como parte del proyecto) y a partir de la evaluación de impactos significativos, determinar las demás a utilizar por el proyecto, que deben ser consideradas dentro del área de influencia.
- Los componentes sobre los cuales se debe hacer el análisis de las áreas de influencia, corresponden a los indicados en el capítulo de caracterización ambiental para cada uno de los medios (abiótico, biótico y socioeconómico).
- Se deben identificar y localizar espacialmente todas las actividades relacionadas con la demanda, uso y aprovechamiento de recursos naturales renovables requeridos por el proyecto, obra o actividad tales como, captación y transporte de uso de aguas superficiales o subterráneas (según sea el caso), vertimientos a cuerpos de agua, suelo o disposición final de fluidos a través

¹⁸ Algunos ejemplos son los corredores para el transporte de energía, tuberías, canales, túneles, caminos de reubicación y acceso, zonas de préstamo y disposición, campamentos de construcción y terrenos contaminados (por ejemplo, suelos, aguas subterráneas y superficiales y sedimentos). (Corporación Financiera Internacional – IFC. Normas de Desempeño sobre Sostenibilidad Ambiental y Social. Enero de 2012).

de pozos reinyectores, ocupación de cauces, aprovechamiento forestal, recolección de especímenes de la biodiversidad y emisiones atmosférica (aire y/o ruido).

- Definir la unidad de análisis de cada componente de los medios abiótico, biótico y socioeconómico.
- Representar espacialmente, de acuerdo con el componente de que se trate, la manifestación de los impactos ambientales significativos, teniendo en cuenta que tal manifestación depende de su sensibilidad ambiental y de los elementos que ejercen presión sobre el componente y/o medio.
- Para el uso de modelos de simulación, se debe tener en cuenta los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad ambiental vigente asociados a cada componente (hidrológico, hidrogeológico y atmosférico), según aplique, o en defecto de esta la norma internacional de referencia, como insumo para la delimitación del área de influencia de cada medio de acuerdo con su aplicación.

4.2 DEFINICIÓN, IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

El área de influencia se define como la zona en la cual se manifiestan los impactos ambientales significativos¹⁹ ocasionados por el desarrollo de las obras o actividades del proyecto de FH-PH del PPII, y su identificación y delimitación está estrechamente vinculada a la caracterización ambiental y a la evaluación ambiental (numerales 6 y 9 de los presentes términos de referencia), pues son procesos que dependen los unos de los otros y que deben realizarse de forma conjunta e iterativa hasta establecer una superficie que satisfaga la definición de área de influencia.

Resulta conveniente para desarrollar estos procesos, que se tenga presente el concepto de ambiente, la definición de ambiente, adoptada en el marco del licenciamiento ambiental²⁰, conlleva a que la delimitación del área de influencia y su caracterización, así como la evaluación ambiental del EIA, deban enfocarse en brindar una visión integral de los componentes, grupos de componentes y los medios afectados en cada una de las fases de desarrollo del proyecto.

Los impactos ambientales significativos que determinan la extensión del área de influencia son aquellos impactos negativos directos, indirectos, sinérgicos y/o acumulativos, que por la afectación que producen al ambiente, resultan de importancia para la sociedad, que los valora tomando en consideración múltiples perspectivas²¹ a fin de tomar una decisión respecto de la viabilidad ambiental de emprender el proyecto que los generaría.

Es importante tener en cuenta que las metodologías que se empleen para establecer la significancia de los impactos ambientales deben considerar en lo posible información cuantitativa y permitir, de acuerdo a las características del proyecto, obra o actividad que se plantea y las condiciones ambientales particulares del lugar en el que se prevé su desarrollo, valorar y jerarquizar los impactos a fin de seleccionar, según las categorías de valoración que se fijen, aquellos que resulten significativos.

Con el objeto de realizar la caracterización del área de influencia, la evaluación ambiental, la formulación de medidas de manejo y seguimiento del proyecto de forma precisa y eficiente, se debe definir la unidad de análisis de cada componente, empleando criterios para el componente analizado,

¹⁹Los impactos ambientales significativos se determinan después del proceso de evaluación ambiental del proyecto y corresponden a los que obtengan mayores calificaciones, de acuerdo con la metodología utilizada y la jerarquía de valoración establecida.

²⁰Fracción del globo terráqueo que comprende los elementos naturales, tanto físicos como biológicos, los elementos artificiales, sociales y culturales, y las interacciones de éstos entre sí.

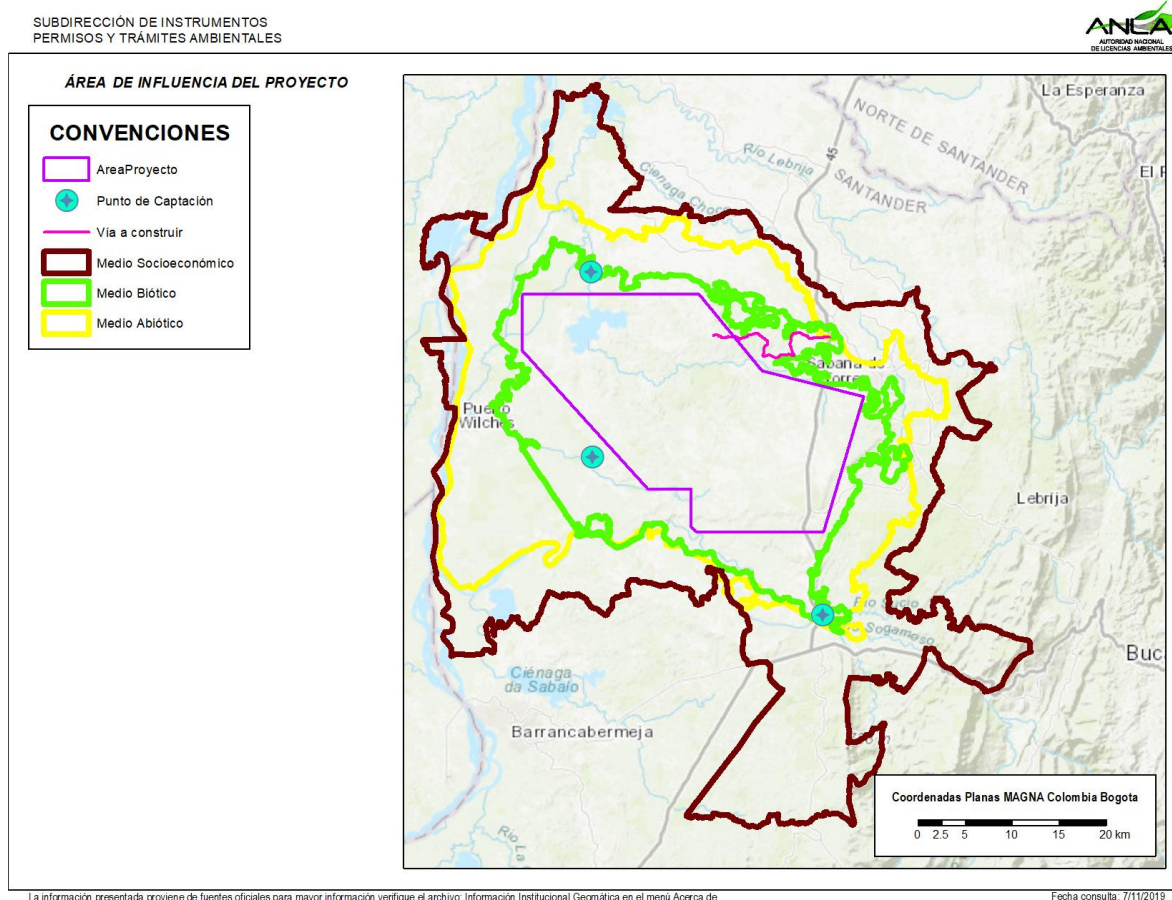
²¹ Guiadas entre otras, por el cumplimiento de la normativa ambiental, los principios generales de la Ley 99 de 1993, así como por los derechos fundamentales de la población y las responsabilidades señaladas en la Constitución política respecto de la protección de los recursos culturales y naturales del país y de velar por la conservación de un ambiente sano.

propios que permitan ajustar los límites de la unidad, teniendo en cuenta que estos límites también podrán ser definidos con criterios de otro(s) componente(s), para tener obtener el área de influencia del medio. Los límites del área de influencia de cada medio se construyen a partir de la interacción de los componentes propios del medio (cuando haya lugar), delimitando tramo a tramo el componente preponderante frente al impacto ambiental significativo identificado.

En todo caso el área de influencia del proyecto, obra o actividad corresponde al área en la que se manifiestan, en los medios abiótico, biótico y socioeconómico, los impactos ambientales significativos de las actividades que se desarrollan durante todas las fases del mismo. El área de influencia del proyecto, obra o actividad está compuesta por el área de influencia delimitada para el medio abiótico, biótico y socioeconómico. En este sentido, la geometría y forma de las áreas de influencia de los medios que conforman el área de influencia del proyecto, pueden ser diferentes.

En la Figura 1 se presenta a manera de ejemplo la representación gráfica del área de influencia del proyecto, identificando el área de influencia de cada medio.

Figura 1 Área de influencia del proyecto, obra o actividad



Fuente: ANLA – SIPTA 2019

Al definir el área de influencia para los medios, se debe tomar como punto de referencia los escenarios más críticos de manifestación y trascendencia de los impactos ambientales significativos asociados con el proyecto, obra o actividad sujeto a licenciamiento ambiental.

De acuerdo con lo anterior, el área de influencia adquiere las siguientes características: i) es un área única por medio, que resulta del análisis de la manifestación y trascendencia de los impactos ambientales significativos, tramo a tramo de acuerdo con el componente preponderante en cada

medio, ii) es un área que no se restringe solamente al espacio geográfico en el cual se prevé ejecutar las actividades propias del proyecto, obra o actividad, sino que por el contrario incluye las áreas de uso y aprovechamiento de recursos naturales renovables, y se extiende a las zonas en las que se manifiestan los impactos ambientales significativos asociados a cada unidad de análisis correspondiente, iii) puede ser un área discontinua, por tanto el área de influencia de un medio puede conformarse por varios polígonos discontinuos.

A partir de los lineamientos señalados anteriormente, la identificación y delimitación del área de influencia se debe efectuar en las siguientes dos fases:

4.2.1 Fase previa

En esta fase se debe plantear un área de influencia preliminar y recopilar para la misma, información primaria y/o secundaria (de tipo cualitativo y/o cuantitativo) a fin de obtener una aproximación al conocimiento de las características del ambiente (línea base local), de forma que sea posible realizar una primera predicción de la forma en que dichas características se impactarían durante el desarrollo y operación del proyecto, obra o actividad (identificación y valoración de impactos).

En esta fase previa es necesario establecer una visión generalizada del área en donde se emplaza el proyecto, obra o actividad y sus actividades asociadas (incluyendo los sitios de uso y aprovechamiento de recursos naturales), lo cual se realiza a partir de la delimitación de las unidades de análisis definidas para cada componente empleando principalmente información secundaria. Se puede utilizar como fuente de información complementaria para todos los elementos y los diversos medios los Informes de Cumplimiento Ambiental -ICA- los EIA, PMAe, PMA aprobados por la ANLA en las licencias ambientales.

En las Tablas 2 a 5 se muestran las fuentes de información que se recomienda utilizar para el cumplimiento de las especificaciones técnicas de caracterización de los medios abiótico, biótico y socioeconómico que se han establecido para la elaboración de los estudios ambientales. Lo anterior no condiciona a que el Interesado pueda emplear otras fuentes de información oficial que considere pertinente.

Tabla 2. Listado de fuentes de información cartográfica

Tipo	Fuente principal	Observaciones
Cartografía básica	IGAC, DIMAR.	Se puede realizar la actualización y/o ajuste de cartografía a partir de información primaria y secundaria, siguiendo los estándares de generación de cartografía del IGAC; asimismo, dicha actualización puede tomar como insumo las imágenes de sensores remotos (imágenes de satélite, ortofotografías, imágenes radar y LIDAR, entre otras) que se puedan obtener de distintas fuentes. Para la construcción o elaboración de cartografía básica se deben tener en cuenta las especificaciones del IGAC, como ente rector en producción de información geográfica y cartográfica en el país.
Cartografía temática	IGAC, DIMAR, SGC, Corporaciones Autónomas Regionales, IDEAM, DANE.	Se puede realizar el ajuste de cartografía a partir de información primaria y secundaria, siguiendo los estándares en generación de cartografía del IGAC; asimismo, dicha actualización puede tomar como insumo las imágenes de sensores remotos (imágenes de satélite, ortofotografías, imágenes radar y LIDAR, entre otras) que se puedan obtener de distintas fuentes. Para la construcción o elaboración de cartografía temática se deben tener en cuenta las especificaciones del IGAC, como ente rector en producción de información geográfica y cartográfica en el país, y los estándares emitidos por las entidades oficiales, así como lo solicitado en estos términos de referencia.

Tabla 3. Fuentes de información del medio abiótico

Componente	Fuente principal	Otras fuentes
Geológico-Sismicidad	SGC.	IGAC, IDEAM, ANH, estudios existentes para el área de influencia del proyecto y aquellos elaborados por las autoridades ambientales
Geomorfológico	IGAC y SGC	
Geotécnico	Información primaria, SGC y autoridades ambientales regionales y locales, SINPAD.	Estudios existentes en el área de influencia del proyecto y entidades territoriales.
Edafológico	IGAC, CORPOICA, IDEAM.	Autoridades ambientales, regionales y locales y entidades territoriales, SINCHI, IIAP, centros de investigación.
Hidrológico	IDEAM, autoridades ambientales regionales y locales, ADR, ANT, Sistema de Información del Recurso Hídrico-SIRH.	Estudios existentes en el área de influencia del proyecto (ENA u otros), Centros de investigación (universidades, institutos de investigación). y entidades territoriales (Corporaciones Autónomas Regionales o de Desarrollo Sostenible)
Calidad del agua	IDEAM, SIRH, Autoridades ambientales regionales y locales.	Cormagdalena, centros de investigación y fuentes de Internet documentadas. Empresas departamentales de servicio público
Uso del agua	Información primaria y autoridades ambientales, regionales y locales.	IDEAM, SIAC, autoridades ambientales regionales y locales. Empresas departamentales de servicio público
Hidrogeológico	Minambiente, SGC, SIRH, autoridades ambientales regionales y locales.	Estudios existentes en el área de influencia del proyecto (ENA u otros) y entidades territoriales.
Atmosférico	IDEAM, Sistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE, autoridades ambientales regionales y locales, DIMAR.	Universidades y estudios existentes en el área de influencia del proyecto, estaciones climáticas privadas y entidades territoriales.
Paisaje	IGAC, ANH, autoridades ambientales regionales y locales.	Entidades territoriales, universidades y estudios existentes en el área de influencia del proyecto.
Radiactividad	SGC	Estudio de materiales radiactivos de origen natural en diferentes matrices: suelos, sedimentos, agua, aire

Tabla 4. Fuentes de información del medio biótico

Componente	Fuente principal	Otras fuentes
Flora	Información primaria, IGAC, centros de investigación (ICN, universidades, entre otros), IDEAM. Cormagdalena, UAESPNN, RESNATUR, IAvH, IIAP, SINCHI, SiB, SiBM, SIAC, Herbario Nacional, jardines botánicos, autoridades ambientales regionales y locales, Libros rojos, guías generales de flora, publicaciones científicas circunscritas al área de estudio (p. e. artículos científicos, libros, capítulos de libros), Planes de Manejo de Áreas Protegidas.	Estudios existentes en el área de influencia del proyecto, plan de ordenamiento, o plan básico o esquema de ordenamiento territorial, plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica, ONG, asociaciones especializadas.
Fauna	Información primaria, IAvH, IIAP, SINCHI, IDEAM, ADR, ANT, centros de investigación, SiB, Sistema de Información sobre Biodiversidad Marina (SiBM), SIAC, AICAS, centros de documentación de autoridades ambientales regionales y locales, Libros Rojos, guías generales de fauna, publicaciones científicas circunscritas al área de estudio (p. e. artículos científicos, libros, capítulos de libros), Planes de Manejo de Áreas Protegidas.	Estudios existentes en el área de influencia del proyecto, asociaciones especializadas.

Ecosistemas Acuáticos	Información primaria, IDEAM, IAvH, SINCHI, Minambiente, SiB, AUNAP, autoridades ambientales regionales y locales, Libros Rojos, guías generales de peces, publicaciones científicas circunscritas al área de estudio (p. e. artículos científicos, libros, capítulos de libros), Planes de Manejo de Áreas Protegidas.	Estudios existentes en el área de influencia del proyecto por parte de Universidades públicas y privadas; Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH); artículos en revistas indexadas.
-----------------------	--	---

Tabla 5. Fuentes de información del medio socioeconómico

Componente	Fuente principal	Otras fuentes
Demográfico	DANE, SISBEN, Ministerio de Agricultura, Ministerio del Interior, Agendas de competitividad del DNP, SIGOT, IGAC, UAEGRTD, ANSPE-DPS, SIAC entidades territoriales y fuentes primarias.	Estudios existentes sobre el área de influencia del proyecto.
Espacial		
Económico		
Cultural	Información primaria, ICANH, Agencia de Desarrollo Rural ADR, Agencia Nacional de Tierras ANT, Ministerio de Cultura y Ministerio del Interior.	Estudios existentes sobre el área de influencia del proyecto, centros de investigación (universidades, entre otros), ONG y Asociaciones Indígenas y Afrocolombianas.
Arqueológico	Información primaria, Ministerio de Cultura e ICANH.	Estudios existentes sobre el área de influencia del proyecto, centros de investigación (universidades, entre otros).
Político administrativo	Entidades territoriales, DANE, Agendas de competitividad del DNP, IGAC, UAEGRTD, SIAC, Observatorios de paz regionales e información primaria.	Estudios existentes sobre el área de influencia del proyecto, centros de investigación (universidades, entre otros), instrumentos de ordenamiento territorial.
Tendencias de desarrollo		
Información de población a reasentar	Información primaria en el marco de la metodología para reasentamiento del Banco Mundial y a partir de los conceptos del DANE (hogares).	

Adicionalmente se listan algunas fuentes de Internet que pueden ser útiles durante la elaboración de los estudios:

- <http://www.siac.gov.co/>
- <http://www.ideam.gov.co/>
- <http://www.humboldt.org.co/>
- <http://www.sinchi.org.co/>
- <http://www.iiap.org.co>
- <http://www.dimar.mil.co>
- <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/>
- <http://www.resnatur.org.co/>
- <http://siam.invermar.org.co/siam/index.jsp>
- <http://vital.anla.gov.co/SILPA/TESTSILPA/Security/Login.aspx>
- <http://www.supertransporte.gov.co/>
- <http://www.tremarctos.org/>
- <http://www.dnp.gov.co/>
- <http://www.mintransporte.gov.co>
- <http://www.minminas.gov.co/>
- <http://www.mincultura.gov.co/>
- <http://www.mininteriorjusticia.gov.co>
- <http://www.dane.gov.co/>
- <http://www.igac.gov.co:8080/>

- <http://www.ingeminas.gov.co/>
- <http://www.anh.gov.co/>
- <http://www.anm.gov.co/>
- <http://www.sgc.gov.co/>
- <http://www.invenmar.org.co>
- <http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/>
- <http://www.sigpad.gov.co/index.aspx>
- <http://www.si.edu/> (Smithsonian)
- <http://www.sisaire.gov.co:8080/faces/portal/default.jsp>
- <http://www.epa.gov/ceampubl/> (modelación)
- <http://www.fort.usgs.gov/Products/Software/IFIM/> (Instream Flow Incremental Methodology (IFIM))
- <http://ioc.unesco.org/glodir/>
- <http://www.asmtusa.org/International/international-unesco.htm>
- <http://www.unesco.org/science/life/life1/cen.htm>
- <http://search.usgs.gov/nbii/>
- <http://www.setac.org/>
- <http://www.epa.gov/>
- <http://www.epa.gov/ogwdw/>
- <http://www.epa.gov/opptintr/biotech/>
- <http://es.epa.gov/oeca/ofa/legis.html><http://es.epa.gov/oeca/ofa/iecd/importexport/hazardwaste.htm>
- <http://www.epa.gov/nerlcwww/mceard.htm>
- <http://www.epa.gov/owow/nps/cwact.html>
- <http://www.epa.gov/owow/nps/czmact.html>
- <http://www.epa.gov/owowwtr1/oceans/>
- <http://www.epa.gov/epahome/rules.html>
- <http://es.epa.gov/oeca/ofa/pollprev.html>
- <http://es.epa.gov/oeca/ofa/84policy.html>
- <http://es.epa.gov/oeca/ofa/iecd/importexport/chemlaws.html>
- <http://www.state.va.us/~dcr/sw/docs/jrgoals.pdf>
- <http://water.usgs.gov/>
- <http://www.epa.gov/owow/monitoring/rbp/> (Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish)
- <http://filaman.ifm-geomar.de/search.php> (Fish Base (29300 Especies, 216800 Nombres comunes, 41300 Imágenes, 37900 Referencias, 1340)
- <http://www.neodat.org/> (Search Museum Records of Neotropical Fishes Links to 24 ichthyological search engines Visit the Neodat Literature Project Search our Database of Species Description References)
- www.fao.org
- <http://ccma.nos.noaa.gov/about/biogeography> (Center for Coastal Fisheries and Habitat Research)
- <http://www.cco.gov.co/> Comisión Colombiana del océano
- <http://www.cioh.org.co/>
- <http://www.cccp.org.co/>
- <http://www.odincarsa.net/>
- <http://coastalscience.noaa.gov>
- <http://oceanservice.noaa.gov>
- <http://ccma.nos.noaa.gov> (Center for Coastal Monitoring and Assessment)
- <http://www.ccfhr.noaa.gov> (NOAA Biogeography Program)
- <http://www.cop.noaa.gov> (Center for Sponsored Coastal Ocean Research)
- <http://www.cop.noaa.gov/stressors/extremeevents/hab/>
- <http://merhabfl.org/> (MERHAB Florida Monitoring Program) National Benthic Inventory

- <http://nbi.noaa.gov/> (Office of Ocean and Coastal Resource Management)
- <http://coastalmanagement.noaa.gov> (Coastal Indicators Information Exchange)
- <http://coastalindicators.noaa.gov/>
- <http://cleanmarinas.noaa.gov>
- <http://cammp.nos.noaa.gov> (Coastal and Marine Management Program)
- <http://nerrs.noaa.gov> (National Estuarine Research Reserve System)
- <http://ioc.unesco.org/iocweb/index.php> Intergovernmental Oceanographic commission
- <http://www.globaloceans.org/secretariat/index.html>
- <http://extoxnet.orst.edu> (The EXtension TOXicology NETwork)
- <http://www.fishbase.org/home.htm>
- <http://www.reptile-database.org/>
- <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/>
- <http://www.batrachia.com/http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>
- <http://www.departments.bucknell.edu/biology/resources/msw3/browse.asp>
- <http://www.sibcolombia.net/web/sib/home>
- <http://biomodelos.humboldt.org.co/>
- <http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/>
- <http://www.iucnredlist.org/>
- <http://www.cites.org/esp>
- <http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/pagina.aspx>
- <http://sig.anla.gov.co:8083/>

A partir de esta fase en la que se adquiere conocimiento del ambiente, se identifican y evalúan los impactos ambientales de forma preliminar, se inicia un proceso de ajuste sucesivo, que mediante el análisis descrito en el siguiente numeral, debe culminar con la delimitación del área de influencia definitiva para cada medio, que corresponde al área de influencia del proyecto, cuya caracterización debe cumplir con los requerimientos señalados en este capítulo.

En el modelo de almacenamiento geográfico no se debe estructurar la información obtenida, analizada y utilizada durante el proceso de delimitación del área de influencia preliminar, en el modelo, se debe estructurar únicamente la información referida al área de influencia definitiva para cada medio.

4.2.2 Fase de análisis

El área de influencia por componentes o medio debe ser planteada en función de unidades de análisis tales como: cuencas hidrográficas, sistemas acuíferos, unidades ambientales costeras, ecosistemas, unidades de paisaje, unidades territoriales político-administrativas, o cualquier otra que se identifique en la formulación del EIA. Cada área de influencia por componentes o medio, debe tener una unidad de análisis, la cual debe ser debidamente sustentada.

La determinación del área de influencia del proyecto, la cual corresponde al área de influencia de cada medio, es un proceso que se debe desarrollar iterativamente, de forma que un área de influencia preliminar que resulta de una primera evaluación ambiental, se ajusta progresivamente de acuerdo a la información detallada que aporta la caracterización ambiental y a las sucesivas evaluaciones que estiman la forma en que las actividades del proyecto podrían impactar significativamente los elementos del ambiente. Descartar o identificar impactos ambientales significativos no contemplados inicialmente, eventualmente implicaría una nueva delimitación de la extensión, forma y ubicación del área de influencia delimitada de manera preliminar para cada medio.

Esta sucesión de procesos de evaluación, delimitación y caracterización culmina, cuando se satisface la definición de área de influencia para un proyecto, obra o actividad particular bajo unas condiciones ambientales específicas y, su ejecución, debe estar apoyada en el uso de software de procesamiento geoespacial, la modelación de sistemas, la validación de dichos modelos, los estudios de caso, el conocimiento de expertos, entre otras herramientas, según corresponda.

El EIA debe describir claramente la metodología empleada para identificar y definir el área de influencia definitiva por cada medio. En el modelo de almacenamiento geográfico se debe estructurar la información asociada con la delimitación del área de influencia definitiva para cada medio.

A continuación, se señalan algunos lineamientos específicos para delimitar las áreas de influencia de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, considerando las características particulares para cada componente.

4.2.2.1 Medio abiótico

La definición y delimitación del área de influencia para el medio abiótico, debe partir de la ubicación espacial de las actividades, obras e infraestructura asociada al proyecto en lo que se denomina área de intervención, en la cual se encuentran contenida las actividades asociadas con el uso y aprovechamiento de recursos naturales.

Para la delimitación del área de influencia del medio abiótico y la de sus componentes, se deben integrar las siguientes zonas: i) zona del proyecto que será directamente intervenida con obras civiles e infraestructura permanente y temporal asociada a las actividades de instalación, ejecución y mantenimiento del mismo (pozos, locaciones, vías, campamentos, Zona de Manejo de RCDs y Material de Excavación (ZODME), talleres, plantas y demás construcciones) ii); zonas en las que se prevé la intervención por el uso y/o aprovechamiento de recursos naturales (captaciones, vertimientos, ocupaciones de cauce, entre otros) y iii); zonas hacia las cuales trascienden los impactos significativos provocados por las actividades ejecutadas en el área de intervención y en el área de uso y aprovechamiento de recursos naturales.

Esta delimitación debe considerar además del análisis de la información primaria y/o secundaria que se deriva de la caracterización ambiental, los resultados de modelos analíticos, numéricos o estocásticos que se desarrollen en la elaboración del EIA, para simular la magnitud, extensión y duración de los impactos que se generan en todas las fases del proyecto sobre los diferentes componentes que hacen parte de este medio. La delimitación del área de influencia se debe adelantar a partir del escenario de modelación más crítico para el componente analizado, es decir, se escoge la simulación que contenga el impacto de mayor significancia.

La decisión de cuáles son los fenómenos y situaciones para modelar, está dada por la identificación y evaluación de los impactos ambientales; se debe dar una explicación del porqué se realiza o no un modelamiento determinado. En los casos en que no exista una norma de referencia nacional como punto de comparación, la significancia del impacto se debe evaluar considerando un referente de norma extranjera, cuya selección debe estar técnicamente sustentada.

Algunos ejemplos de modelaciones numéricas que se pueden presentar en el medio abiótico son, el modelamiento de dispersión de las emisiones generadas por las fuentes asociadas al proyecto y el modelamiento de los niveles de ruido ambiental para el componente atmosférico; el modelamiento de los vertimientos en agua superficial para el componente hidrológico y el modelamiento para validar el modelo hidrogeológico conceptual. Estos modelos deben ser formulados utilizando software especializado y una vez obtenidos los modelamientos finales en los componentes que se consideren de acuerdo con las particularidades propias del proyecto, deben ser incluidos como insumos para la definición del área de influencia del medio abiótico.

Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación, se presentan algunas consideraciones particulares para los diversos componentes del medio abiótico, que se deben tener en cuenta al momento de realizar la definición y delimitación del área de influencia para dicho medio, acorde con las características propias del proyecto.

- **Geología**

Este componente, debe estar en función de las unidades geológicas que se vean afectadas por la materialización de los impactos ambientales significativos, asociados con la ejecución del proyecto; dichas unidades se definen por quien elabora el estudio y deben ser construidas tomando como insumo las definidas a escala 1:100.000, por el Servicio Geológico Colombiano o de mayor detalle siempre que la misma cumpla con las normas y procedimientos establecidos por éste para considerarse como válida. Teniendo en cuenta las dimensiones de dichas unidades, la delimitación

está regida por las limitantes físicas que pudieran presentarse en las mismas (p. e. fallas geológicas, contactos, pliegues, etc.), que constituyen barreras a la trascendencia de algún impacto ambiental, buscando acotar el área de las unidades de interés, haciéndola coherente a la manifestación de los impactos ambientales significativos del proyecto, obra o actividad.

- **Geomorfología**

En el área de influencia del medio, se debe efectuar la caracterización de las geoformas, incluyendo la génesis de las diferentes unidades y su evolución; la definición de las unidades geomorfológicas se debe llevar a cabo a través de una metodología validada y de acuerdo al propósito del proyecto (respetando las leyendas que la entidad competente determine para el caso); en todo caso la descripción de las unidades geomorfológicas se debe realizar a partir del análisis de los siguientes factores:

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

Además de los anterior, presentar el mapa de pendientes acorde con la cartografía básica disponible, en lo posible considerando los siguientes rangos: 0-1%, 1-3%, 3-7%, 7-12%, 12-25%, 25-50%, 50-75% y mayores a 75%.

- **Suelos y Usos de la Tierra**

Este componente, debe definirse teniendo en cuenta las unidades de análisis resultantes de la aplicación de los lineamientos establecidos en la metodología para el levantamiento de suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC (2019), o aquella que la sustituya, modifique o derogue. Se deben tener en cuenta los siguientes criterios de delimitación: cambios en el tipo de suelo asociado con la degradación, vocación, uso permitido y conflictos de uso, entre otros.

- **Hidrología**

Los criterios de delimitación que se tienen para este componente corresponden principalmente al procedimiento de delimitación de una unidad hidrológica, la cual como referencia general debe considerar la delimitación realizada en la Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia (IDEAM – 2013), o aquella que la sustituya, modifique o derogue. La escala para este componente define como unidad menor las cuencas hidrográficas en el nivel jerárquico necesario (niveles subsiguientes a subzona) que considere los siguientes criterios:

- Cuencas que definan los cauces que crucen la envolvente o área de influencia medio de los diferentes componentes o criterios que hacen parte de la definición de la línea base.
- Lo anterior requiere identificar la red de drenaje o corrientes superficiales presentes en el área de intervención en cartografía oficial o aquella que se encuentre disponible que tenga una mayor resolución.
- Para la definición de cuencas se hará empleando la información de curvas de nivel, modelos digitales de terreno, que permitan definir la divisoria de agua correspondiente. Se empleará la información cartográfica oficial u otra información disponible de mejor resolución para verificar que la divisoria no cruce corrientes hídricas, empleando como insumo la información definida en otros instrumentos de planificación del recurso hídrico (POMCA o PORH).
- En particular para las zonas cercanas a los pozos asociados a estos términos de referencia, se deberá resaltar la cuenca del nivel jerárquico representativa en la que esté el pozo de interés.

Para las cuencas de mayor tamaño se puede acotar el área de influencia en un punto donde exista una estación hidrológica cerca o externa a la envolvente de los criterios de área de influencia, o a un punto de monitoreo que proponga y mantenga el Interesado de manera que permita caracterizar la corriente hídrica para los fines de estos términos de referencia.

- Identificar la red de drenaje o corrientes superficiales presentes en el área de intervención.

- Hacer uso de las isolíneas topográficas (curvas de nivel), con el fin de determinar una cuenca preliminar.
- Identificar las divisorias de agua presentes en el área de intervención. Teniendo en cuenta que cuando la divisoria va aumentando su altitud, corta a las curvas de nivel por su parte convexa.
- Delimitar la cuenca final con base en la información obtenida.
- Como comprobación, la divisoria nunca corta una quebrada o río, sea que este haya sido graficado o no en el mapa, excepto en el punto de interés de la cuenca (Salida).
- Para la definición de cuencas se deberán usar insumos como información LIDAR, modelos digitales de terreno, cartografía de proyectos y demás insumos que permitan precisar los cursos de corrientes y áreas aferentes a niveles subsiguientes a subzonas que no puedan ser generados por la información cartográfica actual a la escala disponible. Lo anterior empleando como insumo la información definida en otros instrumentos de planificación del recurso hídrico (POMCA's o PORH).

De igual manera en el caso de un punto o tramo homogéneo de vertimiento, se debe incluir el punto de la descarga, además de la zona de dispersión del contaminante derivado por las obras o actividades del proyecto, reconociendo que dicha intervención afecta potencialmente la sección de ambos costados. En todo caso, para actividades de vertimiento, el área de influencia corresponde a la pluma de dilución definida mediante los procesos de modelización, es decir, hasta donde el cuerpo de agua asimile completamente el vertimiento.

Como se mencionó anteriormente, es importante resaltar que para este componente se pueden considerar para la definición y delimitación del área de influencia de un proyecto, los resultados de los procesos de modelización de impactos ambientales significativos, por ejemplo, de actividades de vertimiento en fuente superficial, lo cual permite establecer la distancia hasta donde se manifiestan los impactos derivados de la misma, distancia que automáticamente, se debe incluir en el área de influencia del medio.

• **Hidrogeología**

Tomando como referencia los acuíferos o sistemas acuíferos identificados en la Base regional de protección de acuíferos identificada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM en la Línea Base Ambiental Disponible, o los sistemas hidrogeológicos establecidos en el Estudio Nacional del Agua – ENA 2018 o en los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos aprobados por las Autoridades Ambientales regionales, se deberá delimitar el área de influencia, considerando los acuíferos que puedan verse afectados por impactos ambientales significativos. Teniendo en cuenta las dimensiones de dichas unidades, la delimitación está regida por limitantes físicos (como presencia de fallas geológicas, estructuras, contactos, divisorias de aguas superficiales de interés hidrogeológico), que constituyen barreras a la trascendencia de algún impacto ambiental.

• **Atmosférico**

Para la delimitación del área de influencia para el componente atmosférico, se deberá realizar un estudio de dispersión de contaminantes de interés, olores ofensivos y de ruido, para la evaluación de los impactos del PPII sobre la calidad de aire. Este estudio se deberá desarrollar a través de modelos de dispersión y ruido, aplicando las buenas prácticas de modelización generalmente aceptadas a nivel académico e internacional, que permitan simular los procesos de transporte de contaminantes en el aire, una vez son emitidos por las diferentes fuentes del proyecto, considerando las condiciones meteorológicas y receptores (asentamientos humanos) de la zona donde se desarrollará el PPII.

Estos modelos de dispersión requieren como información de entrada, todas las fuentes de emisión georreferenciadas y la localización de los receptores, que se tendrán en cuenta dentro del ejercicio de modelización, así como un buen conocimiento de las condiciones meteorológicas incluidas variables relevantes en los procesos de dispersión, tales como la velocidad y dirección de viento, la radiación solar, la precipitación, entre otras variables. Para lo anterior, se deberán seguir los

lineamientos establecidos en los numerales 6.1.6.3 y 6.1.6.4 del presente documento, para contaminantes atmosféricos y ruido, respectivamente.

El área de influencia del componente de calidad del aire corresponderá a la isopleta de mayor extensión, para la cual, sumando la concentración de fondo se supera el valor límite establecido en la reglamentación colombiana vigente entre los contaminantes modelizados y sus periodos de exposición regulados (Resolución 2254 de 2017 y tabla 2 de la Resolución 1541 de 2013)²²

Adicional al análisis de información primaria y secundaria, se debe tener en cuenta la normativa ambiental vigente en materia de prevención y control de la contaminación del aire, tales como:

- Decreto 1076 de 2015 – Libro 2, Parte 2, Título 5 – Capítulo 1 “Reglamento de protección y control de la calidad del aire”.
- Resolución 2254 de 2017 – “Por la cual se adopta la norma de calidad de aire del aire ambiente y se dictan otras disposiciones”.
- Resolución 909 de 2008 – “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 910 de 2008 – “Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones”.
- Resolución 760 de 2010 “Por la cual se adopta el Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas”
- Resolución 2153 de 2010 - “Por la cual se ajusta el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, adoptado a través de la Resolución 760 de 2010 y se adoptan otras disposiciones”.
- Resolución 2154 de 2010 – “Por la cual se ajusta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones”.
- Resolución 1541 de 2013 – “Por la 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 2087 de 2014 – “Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo, Control y Vigilancia de Olores Ofensivos”
- Resolución 627 de 2006 – “Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental”.

El estudio de dispersión podrá considerar la información disponible que sea pertinente, contenida en el modelo de almacenamiento geográfico (MAG) de los ICA y/o de las licencias ambientales otorgadas a proyectos aledaños; asimismo, es recomendable hacer uso de la información oficial que las autoridades ambientales han dispuesto en sus herramientas de planificación, sistemas de vigilancia de calidad de aire, estudios específicos, entre otras fuentes de datos e información.

La delimitación del área de influencia para el componente ruido se debe basar en los modelos proyectados de emisiones acústicas calculados a partir del total de fuentes involucradas en las etapas del proyecto. El área de influencia corresponderá a la isófona de mayor extensión, para la cual se supera los valores límites establecidos en la Resolución 627 de 2006.

Los modelos de ruido deben ser obtenidos por medio de software especializados en cálculos de dispersión de ruido, tomando como referencia base el estándar ISO 9613-2 y de forma

²² Para los tiempos de exposición cortos menores a 24 horas, la comparación normativa se podrá realizar utilizando los percentiles recomendados por la regulación de US EPA.

complementaria para la obtención de datos se recomienda tener en cuenta las recomendaciones internacionales de adecuada idoneidad (estándares internacionales, agremiaciones, entre otros), los cuales deben estar debidamente sustentados.

Una vez obtenidos los modelamientos en los diferentes componentes (calidad del aire y ruido) requeridos de acuerdo con las características del proyecto, obra o actividad, éstos deben ser superpuestos mediante el uso de software de procesamiento geoespacial, a fin de incluir dichos resultados como uno de los insumos en el análisis para la definición del área de influencia del medio abiótico.

En los casos en los que, para ninguno de los contaminantes modelados, la isopleta o isófona de mayor extensión sumada a la concentración de fondo alcancen el valor límite vigente, y con la finalidad de hacer seguimiento, el área de influencia del componente atmosférico corresponderá a un (1) kilómetro alrededor de las fuentes de emisión.

4.2.2.2 Medio biótico

La afectación a un ecosistema no se restringe solamente al lugar en el que ocurre un impacto ambiental; por ejemplo, la pérdida de cobertura de bosque ocasiona otros impactos que más allá de los que se evidencien de manera inmediata por la intervención o cambio de una cobertura vegetal, que afecta procesos ecológicos que van más allá de dicha área, por ejemplo, la pérdida de conectividad ecológica y el cambio en la distribución de especies de fauna silvestre. En este sentido, el área de influencia tiene que expresar el alcance total de los impactos ambientales significativos sobre los componentes impactados, para lo cual se deben considerar unidades de análisis que permitan evidenciar de la forma más precisa posible, los impactos sobre los procesos ecológicos de un organismo o de un elemento que haga parte del ecosistema afectado y sobre las características de interés como los elementos sensibles del medio biótico que se encuentran inmersos en las unidades de análisis de cada componente (p. e. especies con distribución restringida, especies con hábitats muy específicos, áreas en condiciones exclusivas de funcionalidad ecosistémica, entre otras).

Es importante aclarar que, para el caso del medio biótico y sus componentes, la delimitación del área de influencia debe idealmente partir del ecosistema como unidad de análisis, no obstante, es posible definir unidades diferentes al ecosistema, tales como las unidades de cobertura vegetal de la tierra (en cuyo caso debe utilizarse la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia). En todo caso, la delimitación de los ecosistemas y demás unidades de análisis, debe asociar y reconocer las características de funcionalidad, estructura y composición de los distintos niveles de la biodiversidad.

Como base para la definición del área de influencia para el medio biótico, ha de considerarse además de las generalidades expuestas anteriormente, la revisión de información secundaria, relacionada con posibles impactos sobre la biodiversidad identificados a nivel mundial en el marco de la ejecución de proyectos de FH-PH y de manera específica se pueden tener en cuenta los siguientes criterios para la definición y delimitación del área de influencia del medio biótico.

- **Ecosistemas**

A partir de las unidades ecosistémicas, las cuales pueden ser terrestres o acuáticas, determinadas en el área de intervención, se debe revisar la continuidad de las diferentes unidades que conforman el componente ecosistémico, para lo cual se establece el alcance espacial del impacto ambiental significativo en términos de áreas de distribución que involucren desde el punto directo del disturbio generado por la actividad o el aprovechamiento del recurso sobre el componente ecosistémico y su alcance alrededor del mismo.

- **Cobertura de la tierra y conectividad**

El área de influencia puede ser delimitada por el área en la cual existan interrupciones de la continuidad de las coberturas de la tierra, las unidades ecosistémicas y la conectividad ecológica por condiciones determinadas de manera general con base en los siguientes criterios:

Cambios de cobertura: El cambio de una cobertura a otra es uno de los principales criterios para la delimitación del área de influencia en el medio biótico, dado que el cambio estructural y funcional que implica las coberturas que hacen parte de un área de acuerdo a la metodología Corine Land

Cover, se pueden presentar para delimitar un área considerando que las dinámicas entre grupos de coberturas son diferentes y en estos casos se presentan como barreras que se comportan como interruptores o elementos que limitan la continuidad de la energía generada por el impacto. Se debe justificar si el impacto ambiental no se manifiesta más allá de la unidad de análisis seleccionada, es decir, sobre la cobertura adyacente. En este sentido pueden existir casos de cambios de coberturas a otras, con una estructura, dinámica y funcionalidad diferente.

➤ **Conectividad ecológica**

Teniendo en cuenta las diferentes funciones ecológicas, se debe establecer e identificar los flujos de conectividad existentes en un área asociados a la unidad de análisis.

En este sentido la conectividad funcional²³ puede ser usada como un criterio de delimitación a partir de las unidades de análisis que lo integren como resultado de la conectividad regional de un territorio. Esta conectividad deberá tener en cuenta los posibles efectos de las obras asociadas al proyecto con los flujos de agua y las especies que dependen de dichos flujos.

Como lineamientos generales para su aplicación, en principio, se debe contar con insumos que permitan la identificación de las coberturas vegetales naturales y/o seminaturales para una porción del territorio que contenga de manera amplia el área de intervención. Como por ejemplo la información de contexto regional a partir de unidades como subcuenca o microcuenca dependiendo de las dimensiones del proyecto.

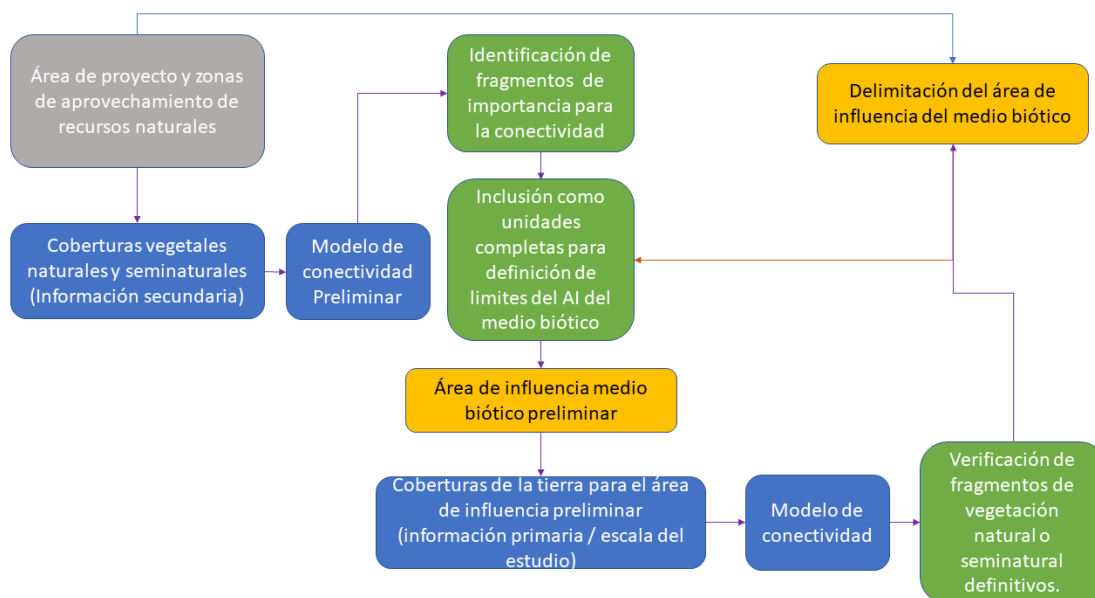
Para ello se puede tomar información de las coberturas de la tierra de fuentes oficiales tales como IDEAM, CAR u otras que tengan información disponible; el cual constituye insumo principal para la identificación de las coberturas para la fauna silvestre identificada en un territorio. Esta identificación, permite de manera general identificar los fragmentos de coberturas que, como unidades de importancia de conservación para la fauna y la conectividad, pueden incluirse para el área de influencia del medio biótico.

La identificación de estos fragmentos se puede realizar mediante la modelación de las condiciones de los fragmentos encontrados mediante el uso de herramientas de análisis espacial que permitan realizar un análisis de conectividad funcional y análisis de corredores de conectividad.

Una vez identificados los fragmentos a partir de las coberturas vegetales naturales, estos pueden ser incluidos como unidades completas de tal forma que complementen la definición y delimitación del área de influencia del medio biótico, ver Figura 2.

²³ Entendida como la descripción del grado en que los paisajes facilitan o impiden el movimiento de organismos y procesos, de acuerdo con lo expuesto por Ament, R., R. Callahan, M. McClure, M. Reuling, and G. Tabor. 2014. *Wildlife Connectivity: Fundamentals for conservation action*. Center for Large Landscape Conservation: Bozeman, Montana. La conectividad funcional se hará basada en información secundaria de carácter espacial.

Figura 2 Diagrama de inclusión de conectividad ecológica para la definición y delimitación del área de influencia del medio biótico



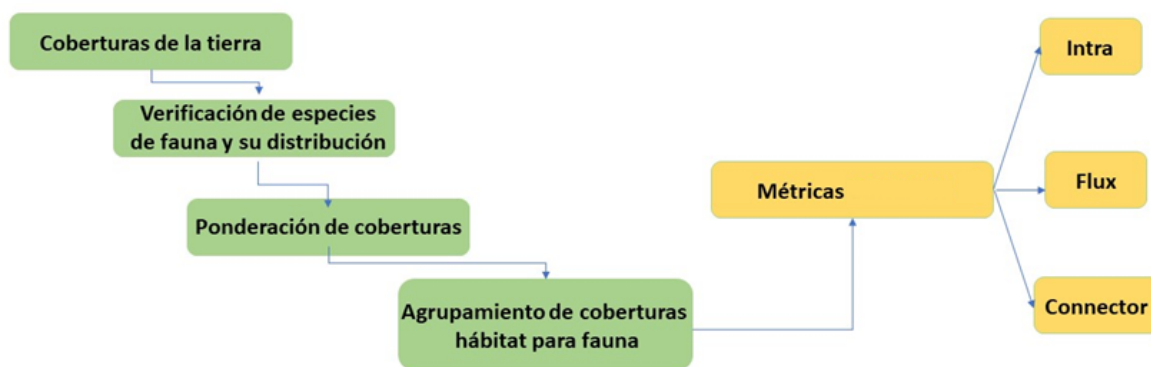
Fuente: ANLA – SIPTA 2019

La inclusión de lineamientos de conectividad ecológica como parte de la definición y delimitación del área de influencia del medio biótico, se resume en la incorporación de las unidades de cobertura vegetal natural y seminatural de mayor importancia para la fauna y la flora silvestre, identificadas mediante un análisis preliminar a partir de información secundaria y verificado y ajustado a partir de información primaria; en consecuencia a partir de los fragmentos se pueden obtener elementos adicionales que soporten los límites del área de influencia para el medio biótico.

La conectividad permite establecer la probabilidad de supervivencia y limitaciones de una especie, por disponibilidad de coberturas vegetales, como unidades en donde las poblaciones tienen un mayor potencial de desarrollo y tránsito.

Para ello es posible tener en cuenta el siguiente esquema de manera general:

Figura 3



Fuente: ANLA – SIPTA 2019

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales significativos relacionados con conectividad y fragmentación ecológica, se recomienda el uso de modelos de identificación y valoración

de los fragmentos de ecosistemas que actúan como receptores, fuentes y/o áreas de paso; así como los documentos de Saura et al. (2011), Mateo-Sánchez et al. (2015) y Bodin & Saura (2010), los cuales contienen ejemplos que desarrollan estos modelos.

En otros documentos especializados se pueden encontrar herramientas adicionales para la identificación y evaluación de impactos, tales como los modelos espaciales que estudian los efectos de borde sobre anfibios y reptiles²⁴, los efectos de la fragmentación sobre aves²⁵, los efectos del ruido sobre la fauna silvestre²⁶, los efectos de la luz sobre la fauna silvestre²⁷, entre otros.

Finalmente, para la determinación de la cobertura de la tierra y conectividad, los límites establecidos a partir de cercas vivas, cercas o mallas divisorias de predios o potreros, caminos angostos, u otros con estructuras similares, deben ser validados y debidamente justificados de tal forma que se evidencie que la magnitud del impacto ambiental significativo identificado no trascienda dicha barrera por su condición difusa y mínima en el terreno.

- **Hidrobiota**

Las condiciones de la hidrobiota están ligadas exclusivamente a los ecosistemas acuáticos, por lo cual su uso está relacionado principalmente con las actividades que interactúan generando cambios en la calidad del hábitat para la hidrobiota y disponibilidad de hábitat, pensando en que, por ejemplo, una reducción de caudal va a ocasionar una disminución en la disponibilidad de recurso que es utilizado por la hidrobiota como hábitat. Estas condiciones se enmarcan en proyectos, obras o actividades, en donde las condiciones acuáticas cambian, ya sea en aumento de caudales y/o niveles de agua como ocurre con el repesamiento o de abastecimiento del recurso hídrico, o aquellas obras de infraestructura que alteran los flujos existentes en zonas inundables. Los parámetros determinantes que sirven como insumo para la definición y delimitación del área de influencia para este componente, están relacionados con las dinámicas y cambios de la población que componen la hidrobiota como resultado de los monitoreos u otros métodos para su determinación.

4.2.2.3 Medio socioeconómico

Para la definición y delimitación del área de influencia del medio socioeconómico es necesario definir la unidad de análisis sobre la cual se establecen los criterios para la espacialización de los impactos ambientales significativos sobre el medio, entendiendo sin embargo que la delimitación busca definir espacios geográficos en los cuales se manifiesten de manera objetiva y en lo posible cuantificable los impactos ambientales del medio socioeconómico generados por el proyecto, aunque no siempre los impactos puedan ser representados en un área determinada.

Para la delimitación del área de influencia del medio socioeconómico se debe definir, como unidad de análisis, las unidades territoriales, que pueden corresponder a los corregimientos, veredas, sectores de vereda, barrios, inspecciones de policía, resguardos indígenas, territorios colectivos, u otras unidades reconocidas administrativa o socialmente.

De otro lado, el área de influencia del medio debe tener en cuenta las relaciones existentes entre las dinámicas propias de los territorios y el área de intervención lo que permite el análisis de los componentes que determinan el área de influencia del medio socioeconómico y sus condiciones sociales.

A continuación, se presentan los criterios generales que deben ser considerados al momento de delimitar el área de influencia para el medio socioeconómico:

- Los impactos ambientales significativos del medio abiótico y biótico deben estar contenidos dentro de una unidad de análisis territorial definida para el medio socioeconómico.

²⁴ Ver por ejemplo los estudios de Schneider-Maunoury y otros (2016) y de Urbina-Cardona y otros (2006).

²⁵ Ejemplo de ello son las investigaciones de Stratford & Stouffer (2015) y de Vetter et al. (2013).

²⁶ Ver por ejemplo los estudios de Bunkley, et al. (2015), Deichmann et al (2017), y King y Murphy (2016).

²⁷ Se encuentran ejemplos en Azam (2016), Bennie et al. (2015), Eisenbeis y Hänel (2009), Lyytimäki (2013) y Rowse et al (2016).

- Analizar la forma en que los impactos ambientales previstos para los medios abiótico y biótico afectan a la población y sus relaciones económicas, sociales y culturales, manifestados en una unidad territorial.
- Formas de organización político-administrativa del territorio, así como las reconocidas socialmente.
- Formas de asentamiento de la población (nucleada o dispersa).
- Puntos de acceso a los servicios sociales (vivienda, salud y educación, entre otros).
- Puntos de acceso a servicios administrativos y financieros.
- Sitios de interés cultural, religioso, turístico y recreativo.
- Puntos clave para el desarrollo de las actividades económicas (sitios de comercialización, provisión de insumos, servicios técnicos, entre otros).
- Formas de uso y aprovechamiento de los recursos naturales por parte de la población y dependencia de las actividades locales a los mismos.
- Existencia de resguardos indígenas y de territorios ancestrales, territorios colectivos de comunidades negras, asentamientos de comunidades étnicas, sitios sagrados o sitios de pago ubicados fuera de resguardos o territorios colectivos.
- Es necesario hacer uso de herramientas participativas como cartografía social y etnografía que permitan obtener información detallada y actualizada de la unidad de análisis territorial sobre la cual se suscriba el área de influencia del medio socioeconómico y que permita validar límites territoriales y dinámicas poblacionales, económicas y culturales.

Así las cosas, para el medio socioeconómico se ha establecido la unidad de análisis territorial, la cual corresponde con el área geográfica o territorio en el cual se manifiestan los impactos ambientales significativos generados por el proyecto, del medio socioeconómico y que puede coincidir con la división político-administrativa de los entes territoriales reconocidos legalmente, es decir, municipios, resguardos indígenas, territorios colectivos, corregimientos, barrios, veredas o sectores de veredas.

A continuación, se describe de manera general las áreas geográficas o territorios asociados a la delimitación de la unidad de análisis, para el medio socioeconómico.

- Municipio: De acuerdo con el artículo 311 de la actual Constitución Política de Colombia y la Ley 136 del 2 de junio de 1994, es la entidad territorial fundamental de la división político-administrativa del Estado.
- Resguardo indígena: Corresponde a una entidad territorial que de acuerdo con los artículos 286 y 287 de la actual Constitución Política de Colombia, goza de autonomía para la gestión de sus intereses dentro de los límites de la Constitución y de la ley.
- Territorios colectivos: Hace referencia a los territorios en los cuales se ha determinado el derecho a la propiedad colectiva de una comunidad negra, según lo establece la ley 70 de 1993. Se define como la ocupación colectiva, y como “el asentamiento histórico y ancestral de comunidades negras en tierras para su uso colectivo, que constituyen su hábitat, y sobre los cuales se desarrollan en la actualidad sus prácticas tradicionales de producción”.
- Corregimiento: Tipo de centro poblado, ubicado en el área rural o urbana de un municipio, el cual incluye un núcleo de población y está considerado en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT)
- Barrio: Agrupación de viviendas de extensión relativamente grande, que contiene un agrupamiento social establecido en el plan de ordenamiento correspondiente y que tiene un carácter peculiar, físico, social, económico por el que se identifica.

- Vereda: División territorial de carácter administrativo en el área rural de los municipios, establecida mediante acuerdo municipal. Se concibe como una agrupación comunitaria de base territorial y principal espacio de sociabilidad, caracterizada por la proximidad de residencia de sus miembros, el sentido de pertenencia e identidad común y el predominio de las relaciones vecinales.
- Sector de vereda: Se conforma principalmente por la agrupación de predios delimitados por accidentes geográficos o vías principales que permiten el desarrollo de relaciones vecinales y la apropiación de sus habitantes por el territorio o sector.

Esta categoría puede utilizarse como unidad de análisis, cuando cumpla las siguientes condiciones:

- Cuento con organizaciones sociales legalmente reconocidas.
- Cuento con reconocimiento social de los pobladores del sector.
- Tenga preexistencia en el territorio con respecto al proyecto que pretende ejecutarse. En este caso, se debe aportar la información con base en la cual se soporta dicha preexistencia.

Además, es posible delimitar el área de influencia del medio socioeconómico teniendo en cuenta criterios asociados a las condiciones fisiográficas del área de intervención del proyecto y la trascendencia de los impactos ambientales significativos; en todo caso dicha delimitación debe corresponder con unidades de análisis propias del medio socioeconómico y asociadas a aspectos como la presencia de organizaciones sociales orientadas al desarrollo social, económico y cultural y al mejoramiento de la calidad de vida de la población.

El “*predio*” no puede ser considerado como una unidad de análisis territorial, por cuanto es un inmueble, perteneciente a personas naturales o jurídicas, en el que no se establecen relaciones de tipo comunitario, ni se promueven la organización y el desarrollo social, por tanto, su identificación y análisis está asociado únicamente con los impactos que genere el proyecto y las personas o familias que en él habiten y su caracterización está asociada a la unidad de análisis territorial que se defina para el área de influencia del medio socioeconómico.

- **Acto administrativo de procedencia de la consulta previa por presencia de comunidades étnicas territorialmente asentadas.**

Conforme con lo establecido por la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta previa, se debe obtener la determinación de procedencia y oportunidad de la consulta previa de comunidades étnicas sobre las cuales se deba garantizar el derecho fundamental a la Consulta Previa.

5 PARTICIPACIÓN DE AUTORIDADES, COMUNIDADES Y GRUPOS DE INTERÉS

Los lineamientos establecidos en el presente capítulo tienen el propósito de fijar los aspectos que han de considerarse a fin de generar espacios de participación efectiva con los diferentes actores interesados (comunidades, organizaciones comunitarias, instituciones, autoridades, gremios, ONG, entre otros) en el proceso de elaboración del EIA requerido para la solicitud de la licencia ambiental para la ejecución de los PPII.

Para alcanzar dicho propósito, el interesado puede definir y emplear las metodologías que considere más apropiadas, teniendo en cuenta que los espacios de participación generados en el proceso de elaboración del EIA, los lineamientos sociales establecidos en la Resolución 904 de 2020 de los Ministerios del Interior y de Minas y Energía y demás aspectos señalados en la normativa, pueden retroalimentar los espacios de diálogo territorial, puesto que las dos instancias, en diferente proporción, persiguen garantizar la transparencia, el involucramiento de los actores interesados, la legitimidad y la efectividad, entre otros.

Para el desarrollo de este proceso de participación, se debe tener en cuenta la aplicación de mecanismos de participación ciudadana relativos a licencias, permisos, autorizaciones, concesiones y trámites ambientales reconocidos en la normatividad vigente, el alcance del EIA para efectos del licenciamiento ambiental de las obras o actividades del PPII y medios apropiados

para que la información relacionada en el EIA pueda ser comunicada y accesible para los diferentes actores interesados, lo cual implica convocatorias suficientes y que el lenguaje, presentaciones y demás herramientas comunicativas sean claras y aseguren el entendimiento de todos los actores.

Este proceso se debe realizar de manera que de él puedan hacer parte la comunidad en general, las diferentes organizaciones comunitarias instituciones, autoridades con injerencia en el área de influencia del medio socioeconómico.

La aplicación de los lineamientos de participación debe garantizar los siguientes propósitos:

1. Proporcionar la información suficiente, de manera clara, oportuna, accesible y comprensible, para la efectiva participación de los actores del área de influencia. Esta información debe estar relacionada por los menos con las siguientes temáticas:
 - Las características técnicas, actividades y alcance del proyecto.
 - Objetivo y alcance del estudio ambiental a elaborar en el marco del trámite de la licencia ambiental.
 - Características y diferencias de cada una de las etapas del proyecto, obra o actividad, cuando aplique.
 - Normativa ambiental aplicable (proceso de licenciamiento ambiental, permisos, autorizaciones y concesiones ambientales, autoridades competentes, entre otros).
2. Promover la deliberación, argumentación y debate de los actores involucrados, sobre el proyecto, así como identificar y registrar los impactos ambientales a generarse con las actividades del proyecto y formular las medidas de manejo ambiental encaminadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos ambientales que se puedan generar en cada una de las fases del proyecto. Esta deliberación debe considerar como mínimo los siguientes contenidos, conforme lo señalado en el Artículo 2.2.2.3.5.1. del Decreto 1076 de 2015, para cada uno de los medios según corresponda:
 - Fases y actividades.
 - Infraestructura proyectada.
 - Área de influencia de cada medio.
 - Resultados de la caracterización ambiental de cada medio²⁸.
 - impactos ambientales asociados con la ejecución del proyecto²⁹
 - Resultados de la zonificación ambiental y de la zonificación de manejo ambiental
 - Compensaciones por pérdida de biodiversidad.
 - Permisos solicitados para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales (captaciones, vertimientos, etc.).
 - Inversión de no menos del 1%.
 - Plan de contingencia.³⁰

Deben garantizarse los espacios suficientes para que se les permita a las comunidades expresar sus aportes, inquietudes u observaciones respecto a la información sobre el proyecto, obra o actividad e impactos ambientales y medidas de manejo. Asimismo, deben anexarse al estudio evidencias suficientes que validen el nivel de participación alcanzado durante los espacios de diálogo y deliberación.

²⁸ Se debe propiciar el reconocimiento de los servicios ecosistémicos que prestan los medios Biótico y abiótico.

²⁹ Se refiere a todos sus impactos, inclusive a los resultantes de la demanda de agua, manejo y disposición de fluidos recuperados, circulación de vehículos, los que se generen por el uso de las vías secundarias y terciarias, sismicidad, afectación al uso del suelo por el desarrollo de la actividad en el área (usos que puedan resultar incompatibles con las instalaciones del proyecto), impactos de corto y largo plazo, emisiones.

³⁰ Se debe abordar, entre otros, los riesgos por posible contaminación de agua superficial o subterránea con ocasión a vertimientos accidentales en superficie de químicos o fluidos recuperados

3. Presentar los resultados del EIA, de manera previa a su radicación ante la autoridad ambiental. En estos espacios se deben presentar las decisiones tomadas por el solicitante sobre el resultado de la implementación del proceso de participación en la elaboración del estudio. En caso de que no se estimen pertinentes los aportes de los actores involucrados en el proceso participativo, el solicitante debe argumentar las razones por las cuales se aparta de dichas consideraciones.

El resultado del intercambio y análisis de información de los diferentes actores involucrados, así como las conclusiones y acuerdos que de ello se deriven, deben ser incluidos y analizados en el estudio ambiental; por tanto, el interesado debe documentar y evidenciar la incorporación de este contenido en el EIA.

Durante el proceso de participación se deben aplicar los siguientes lineamientos mínimos:

- Definir con claridad el procedimiento metodológico a adoptar para el desarrollo de las reuniones, talleres, estrategias informativas, entre otras actividades a realizar, especificando los recursos de apoyo pedagógico y didáctico (plegables, cartillas, audiovisuales-video, entre otros) que permitan una adecuada información y comprensión del proyecto, una eficiente transmisión y presentación de la información relacionada con el EIA, promover la participación de los asistentes en los asuntos asociados al estudio. Asimismo, el procedimiento metodológico debe señalar la forma en la que se promueve la participación de las entidades, organizaciones, comunidades y propietarios de predios, entre otros participantes.
- Realizar procesos de convocatoria, garantizando elementos como cobertura, oportunidad y eficacia, señalando en éstos el objeto del proceso, así como las instancias e instrumentos específicos de participación. Las convocatorias deben desarrollarse con suficiente antelación y considerar las dinámicas sociales propias de los actores, como días y horas disponibles para la ejecución de reuniones, entre otras. Durante la convocatoria, se debe informar a la comunidad dónde y cómo podrá consultarse la información del proyecto, la cual debe estar disponible para quien quiera pueda consultarla gratuitamente.
- Disponer de estrategias y medios de comunicación permanentes que garanticen el acceso de información a las comunidades y organizaciones sociales del área de influencia y en general de los actores interesados, y que a su vez les permita contar con los elementos de tipo técnico y ambiental para expresar inquietudes frente al proyecto, obra o actividad, impactos y medidas de manejo ambiental.
- Tener en cuenta las características sociales y culturales de los grupos o actores a quienes está dirigido el proceso, así como los saberes de los habitantes sobre su entorno, elementos que enriquecen sustancialmente la calidad del EIA y mejoran el relacionamiento del responsable del proyecto con los grupos de interés del área de influencia del proyecto, obra o actividad.
- Hacer uso de lenguaje comprensible claro y sencillo de tal manera que los conceptos técnicos utilizados para describir y analizar el proyecto sean comprensibles para los asistentes y permitan su análisis; asimismo se deben establecer mecanismos y medios para la recepción de inquietudes y observaciones relacionadas con el proyecto, obra o actividad.
- Garantizar espacios y escenarios adecuados, para el desarrollo del proceso participativo, que garanticen condiciones de ubicación, mobiliario y recursos pedagógicos y tecnológicos, de acuerdo con las condiciones del área de influencia del medio socioeconómico.
- El número de encuentros para el desarrollo del proceso de participación depende de las características propias de los actores involucrados dentro del proceso y de la metodología

definida por el solicitante. Estos encuentros deben garantizar la participación efectiva³¹, amplia³² y suficiente³³ de los grupos de interés relacionados con el proyecto, obra o actividad.

- Documentar el EIA con los respectivos soportes, los cuales deberán incluir como mínimo: la correspondencia u otras formas de convocatorias de carácter privado o público que se ejecuten, las actas o ayudas de memoria de las reuniones o talleres realizados, en las cuales se evidencien los contenidos tratados, las inquietudes, comentarios, sugerencias o aportes de los participantes sobre el proyecto, las respuestas o aclaraciones realizadas por parte del solicitante, los listados de asistencia que evidencien a qué grupo de interés pertenece cada participante, y el registro fotográfico y/o fílmico (preferiblemente) de las reuniones y actividades realizadas (si los participantes lo permiten). Se debe indicar en las actas y ayudas de memoria, qué comentarios, aportes o sugerencias fueron acogidos en el EIA, así como argumentar las razones que llevaron a no acoger otros comentarios, aportes o sugerencias.

Para promover la eficiencia y facilitar la articulación de los resultados de este proceso en el marco del EIA con lo requerido en materia de transparencia y participación para los PPII, el interesado debe consolidar un documento que refleje de manera fiel los temas tratados, intervenciones y acuerdos resultado de los espacios de participación, con las sugerencias, críticas, preocupaciones y recomendaciones surgidas durante el proceso de elaboración del EIA, así como el tratamiento dado a cada una de estas situaciones. Este documento debe estar disponible para que los actores interesados en el proceso, el Subcomité Intersectorial Técnico y Científico Social y Transparencia de los PPII y en general, cualquier interesado, pueda tener fácil acceso a la información asociada.

Las actas que permitan evidenciar las actividades de participación adelantadas sean elaboradas *in situ*, con redacción clara y legible de manera que puedan ser suscritas por sus participantes y entregadas a las autoridades presentes y a los representantes de las comunidades, una vez finalizado cada espacio de participación.

Adicionalmente, deben contener como mínimo, fecha y lugar de realización del evento, objetivo de la reunión o taller, orden del día (agenda), listado de asistencia, temas abordados, comentarios y observaciones de los asistentes y compromisos adquiridos en lo correspondiente al Estudio de impacto Ambiental, si hay lugar a ello.

En caso de la no suscripción de las actas, el solicitante debe dejar registro de los hechos que acontecieron y que justificaron la no firma por parte de los participantes. Debe utilizarse como respaldo la firma de un delegado de la autoridad municipal en el caso que éste acompañe el proceso o del representante del Ministerio Público que asista a la reunión (Defensoría, Procuraduría y/o Personería).

En caso de presentarse dificultades durante la aplicación de los lineamientos de participación, el responsable del proyecto, obra o actividad debe especificar y soportar de manera detallada las situaciones que impidieron el desarrollo de un adecuado proceso participativo con los actores del área de influencia; asimismo y en vista de tal situación, debe establecer acciones adicionales para garantizar la efectividad del proceso.

Si existen condiciones de conflictividad social o ambiental entre el interesado en el proyecto y los actores del área de influencia asociados al proyecto, obra o actividad, el proceso de participación puede ser mediado por una entidad idónea y reconocida como objetiva e independiente (organizaciones o entidades públicas o privadas, del orden nacional e Internacional), que promueva un proceso de participación a partir de un diálogo cualificado y en el marco de condiciones

³¹ Real y verdadera. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., versión 23.3 en línea. Mayo de 2020

³² Extenso, espacioso. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., versión 23.3 en línea. Mayo de 2020

³³ Bastante para lo que se necesita. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., versión 23.3 en línea. Mayo de 2020

adecuadas, simétricas en flujo de información, enfocadas en la construcción de acuerdos para la elaboración del EIA.

5.1 Socialización para las autoridades regionales, departamentales y municipales

El proceso de participación también debe involucrar a las autoridades regionales departamentales y municipales y, a Parques Nacionales Naturales en los casos que el proyecto aun cuando se realice fuera de las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales – SPNN o de sus zonas de amortiguación declaradas, pueda afectarlas, las autoridades nacionales competentes, igualmente, debe adelantarse con las entidades de control local que tengan injerencia en las unidades territoriales que se definan en el EIA, sin que ello implique que los niveles territoriales a los cuales responden (regional, departamental y municipal) se asuman en su totalidad como el área de influencia del proyecto.

En particular, en los espacios de participación que se desarrollen con las autoridades territoriales, se deben abordar los siguientes temas.

- Presentación y discusión del desarrollo del proyecto frente a los instrumentos de ordenamiento EOT, PBOT o POT existentes.
- Planes de contingencia en el marco de los planes de gestión de riesgo territoriales.

6 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

La caracterización ambiental brinda elementos que permiten establecer la zonificación ambiental, así como estimar la forma en que el proyecto impactaría las condiciones ambientales, los cuales son insumos de análisis para la autoridad ambiental en la toma de decisión respecto de la viabilidad ambiental del proyecto; igualmente, en la fase de control y seguimiento ambiental, esta información constituye el patrón básico de comparación que permite contrastar los cambios que se previeron mediante la identificación y evaluación de impactos, con los cambios que realmente experimentan los factores ambientales durante cada una de las fases de ejecución del proyecto.

Conforme al Informe entregado por la Comisión de Expertos sobre Efectos Ambientales (bióticos, físicos y sociales) y Económicos de la Exploración de Hidrocarburos en Áreas con Posible Despliegue de Técnicas FH-PH en YNC, es necesaria una línea base en aspectos sociales, ambientales, y económicos, que permita contar con información completa y suficiente. El informe resalta los aspectos hidrogeológicos y ecosistémicos en estas áreas para disminuir los riesgos de contaminación de acuíferos y el deterioro de la biodiversidad y de los ecosistemas terrestres. Esta información a futuro debería servir para evaluar los impactos a largo plazo, en una posible fase explotación de YNC

En relación con la línea base ambiental de las aguas superficiales, aguas subterráneas, de ecosistemas y biodiversidad, el Decreto 328 de 2020 prevé la generación de dos escalas de información, una general y otra local. La primera debe ser establecida por instituciones del Gobierno Nacional y la segunda a cargo de los Contratistas de los Proyectos Piloto de Investigación Integral.

La información sobre el área de influencia de los PPII (línea base local), que debe producir el Interesado, aporta información primaria y secundaria, de carácter cualitativo o cuantitativo, con el propósito de conocer las características ambientales de las áreas de influencia del proyecto previas a su ejecución.

Es importante que, al adaptar los requerimientos los presentes términos de referencia para PPII sobre YNC mediante FH-PH a las condiciones particulares de cada proyecto, se incorporen los indicadores ambientales que permitan monitorear los cambios que ocasione la ejecución del proyecto sobre los recursos naturales. En caso de existir y en lo pertinente, se deben utilizar los indicadores ambientales que han formulado los institutos de investigación del SINA (IDEAM, IAvH, IIAP y SINCHI), PNN y los que se han establecido en la línea base de indicadores del diagnóstico del Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas -los POMCA; así como el indicador biológico definido

en el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH, en el caso de contar en el área de influencia del proyecto con estos instrumentos de planificación y administración del recurso hídrico.

Como introducción al capítulo de caracterización del área de influencia, antes de la descripción detallada de los componentes de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, es necesario presentar una caracterización general que dé contexto a toda el área de influencia y que señale de forma sucinta sus principales características ambientales.

En este sentido, la información que se adquiera para la línea base local debe ser contextualizada y complementada con la información de línea base ambiental disponible; al respecto, se deberán identificar los aspectos de la caracterización del área de influencia del proyecto que resulten concordantes, aislados o que no resultan conformes con la línea base ambiental disponible y plantear posibles explicaciones de las diferencias.

De acuerdo con las condiciones particulares del área, se deberá contar con una escala de trabajo de detalle y una escala de presentación que permita realizar la correspondiente lectura. La escala básica de referencia para los diferentes componentes y medios es 1:10.000.

6.1 MEDIO ABIÓTICO

La información de caracterización de este medio debe permitir conocer las condiciones físicas y químicas existentes en el área de influencia antes de la ejecución del proyecto. Para ello, se deben caracterizar los siguientes componentes:

6.1.1 Geología

Para el área de influencia del componente, se debe presentar la descripción de las unidades geológicas aflorantes y de la geología estructural del área y la tectónica regional (orientación de estratos, fallas geológicas, pliegues, entre otras), con base en información secundaria (línea base regional existente) verificada y ajustada con los controles de campo que sean requeridos.

La cartografía geológica debe ser ajustada al proyecto con fotointerpretación y control de campo, utilizando técnicas cartográficas disponibles y de sensores remotos; este proceso de ajuste debe ser consistente con la nomenclatura geológica nacional, establecida por el Servicio Geológico Colombiano - SGC. Presentando una tabla de correlación entre la nomenclatura de las unidades litoestratigráficas, de la información de la industria del petróleo y la del SGC.

Se debe complementar la información con planos en planta, secciones transversales, incluyendo la cartografía de elementos geológicos de carácter local, insumos fundamentales para la formulación de los modelos hidrogeológicos.

Respecto a la información específica relacionada con las unidades estratigráficas y rasgos estructurales, esta debe ser soportada mediante columnas estratigráficas, correlacionadas con núcleos de perforación y/o registros geofísicos de los pozos perforados en el área y los levantamientos sísmicos 2D o 3D ya existentes en la región de estudio. Las secciones también pueden estar soportadas con observaciones directas en campo o columnas de afloramientos.

Esta información debe ser ajustada a partir de la información que se adquiera en el proyecto utilizando las técnicas disponibles y debe cuidarse que mantenga consistencia con la nomenclatura geológica nacional, establecida por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), así como con la establecida en los rangos de dominio del MAG.

Se establece que la información debe generarse en escala 1:10.000 o de mayor detalle; donde se requiera. De acuerdo con las condiciones particulares del área, se deberá contar con una escala de trabajo de detalle y una escala de presentación que permita realizar la correspondiente lectura.

6.1.1.1 Estratigrafía

Describir las unidades litológicas en función de su composición mineralógica, propiedades físicas y geoquímicas, referenciando su edad, origen y todas las características que reconozcan la secuencia de eventos geológicos que dieron su origen.

La descripción y secuencia tanto vertical y horizontal de la totalidad de la secuencia estratigráfica se deberá presentar a una escala detallada no inferior a 1:10.000.

6.1.1.2 Geología estructural

Presentar la identificación y caracterización de las estructuras geológicas regionales y locales, así como los lineamientos fotogeológicos y demás estructuras tectónicas.

Elaborar y presentar el análisis de rasgos tectónicos con base en la interpretación de imágenes de sensores remotos y fotografías aéreas, indicando las frecuencias de direcciones y las zonas de máxima densidad de lineamientos.

Entregar la localización cartográfica y la caracterización de las fallas geológicas regionales, indicando su orientación, sentido, ancho de la zona de falla, presencia de brechas, entre otras características, con el fin de establecer fuentes de sismo generación.

La información relacionada con las unidades estratigráficas y los rasgos estructurales, que está soportada en perfiles estratigráficos, debe tener su respectivo registro fotográfico debidamente fechado, identificado y georreferenciado.

6.1.1.3 Sismicidad

Presentar una descripción de la sismicidad existente en el área de influencia del proyecto, a partir de la información disponible por parte del SGC y la que haya sido evaluada para definir el emplazamiento, diseño, construcción y operación del proyecto.

Presentar el análisis de la información de sismos históricos y su relación con las fallas geológicas cartografiadas, el desarrollo de deslizamientos, los flujos torrenciales, o en general con procesos denudativos o de transporte de masas, o de posible relación con causas antrópicas, asociadas con la ocurrencia de actividades de inyección para disposición final, en actividades de hidrocarburos.

6.1.1.4 Geotecnia

Realizar una descripción y zonificación geotécnica cualitativa, incluyendo las condiciones existentes en el área de influencia del proyecto con base en la información geológica, geomorfológica, de pendientes, cartografía de formaciones superficiales, hidrogeológica, hidrológica, de coberturas y usos del suelo, atmosférica, y de amenazas naturales (inundación, movimiento en masa, sísmica, entre otras).

La información se debe presentar en mapas a escala 1:10.000 y de mayor detalle según el caso, para fenómenos relevantes.

6.1.1.5 Geomorfología

Efectuar una caracterización de las geoformas y de su dinámica, considerando la génesis de las diferentes unidades y su evolución, rangos de pendientes, patrón y densidad de drenaje, etc.

Cartografiar de manera precisa en el área de influencia del proyecto de FH-PH del-PPII los procesos geomorfológicos, con énfasis en los de remoción en masa y erosión o intervenciones antrópicas (frentes mineros, pozos existentes, vías, rellenos, adecuaciones urbanísticas, entre otros). Efectuar un análisis multitemporal con base en interpretación de fotografías aéreas e imágenes de sensores remotos disponibles, que permita evaluar la dinámica de dichos procesos sobre la base topográfica del EIA. Dicho análisis debe incluir el estado de la situación actual, y de la más antigua, de acuerdo con la información disponible.

Presentar el levantamiento geomorfológico con énfasis en la localización de los procesos de inestabilidad sobre la base topográfica del EIA. En caso de existir fotografías aéreas detalladas a una escala 1:10.000 o de mayor detalle, deben ser éstas las imágenes a utilizar.

Incluir como parte del análisis geomorfológico, la fotointerpretación geomorfológica de imágenes de sensores remotos disponibles, junto con la verificación en campo, incluyendo las siguientes variables:

- Pendientes, de acuerdo con los dominios establecidos en la MAG.

- Áreas de erosión activa (erosión laminar, erosión lineal, cárcavas, cicatrices, grietas, canales, surcos y otros criterios geomorfológicos), materiales y grado de fracturamiento de la roca.
- Áreas de sedimentación activa (conos de talus, abanicos aluviales activos, lóbulos de sedimentación, barras de sedimentación activas, deltas y áreas en subsidencia relativa con acumulación de sedimentos).
- Cartografía de procesos de remoción en masa activos y latentes (caídas, deslizamientos, flujos) y su relación con el proyecto. Estos aspectos deberán ser insumos de la zonificación de amenaza por remoción en masa.
- Clasificación geomorfológica que contemple las formaciones superficiales, unidades geomorfológicas, unidades de paisaje y subpaisaje, formas y procesos erosivos dominantes.

Con la anterior información se deben elaborar los siguientes mapas:

- De pendientes.
- De procesos morfodinámicos. Su elaboración debe tener en cuenta lo siguiente:
 - Una caracterización de los procesos morfodinámicos que incluya los siguientes parámetros: área, volumen (en la medida en la que este pueda ser estimado), pendiente, material afectado (unidad geológica), descripción del material desplazado, humedad natural, presencia del nivel freático, tipo (deslizamientos, flujos, reptación), causas, fuente de la información (fotografías aéreas, imagen satelital, modelo de elevación digital, o información de campo), año de identificación, año de ocurrencia y una calificación de acuerdo a su actividad: antiguo o reciente; activo o latente. Para aquellos procesos identificados únicamente en las fotografías aéreas antiguas la caracterización debe incluir al menos al área afectada.
 - Un análisis de las causas de los procesos morfodinámicos, mediante el estudio de las familias de discontinuidades (diaclasas o fracturas), que en conjunto con la orientación de las laderas generan zonas susceptibles a presentar procesos de movimientos en masa.
- Un análisis, en caso de que aplique para el área de influencia del proyecto, de los eventos de torrencialidad con base en la caracterización morfométrica de las unidades de análisis hidrográficas, en conjunto con los inventarios de procesos morfodinámicos y avenidas torrenciales. La caracterización debe estar relacionada con la velocidad del movimiento, volumen de material removido (si es posible su estimación), distancia recorrida, y granulometría del material transportado. Se deben incluir elementos de geomorfología fluvial para caracterizar procesos de erosión lateral en zonas donde halla obras de conducción, obras complementarias y rutas de movilización de insumos, personal o productos que puedan afectar las obras propuestas.

La presentación del mapa de procesos morfodinámicos debe realizarse para cada período analizado. Es decir, que, si se interpretan tres décadas, deben entregarse tres mapas de procesos morfodinámicos. En todo caso, se debe presentar un mapa que evidencie el estado actual de los procesos morfodinámicos.

- De unidades geomorfológicas con énfasis en la morfogénesis y la morfodinámica.
- De susceptibilidad por la ocurrencia de procesos erosivos y de susceptibilidad ante procesos de movimientos en masa.

Presentar la información cartográfica a una escala 1:10.000 o de mayor detalle si el análisis lo requiere, haciendo uso de la tecnología disponible y control de campo. Esta información debe contar con una escala de trabajo detallada y una escala de presentación que permita su lectura. El documento debe adjuntar las imágenes interpretadas.

La determinación de la geomorfología deberá seguir los lineamientos establecidos en la metodología del IGAC según textos precedentes.

6.1.2 Paisaje

Desarrollar lo siguiente para el componente de paisaje fisiográfico y/o geomorfológico:

- Definir, describir y representar cartográficamente los elementos del paisaje en el área de influencia del proyecto.
- Definir las unidades de paisaje local (escala 1:10.000 o de mayor detalle) y su interacción con el proyecto, considerando como mínimo: i) Paisaje fisiográfico y/o geomorfológico, ii) Coberturas de la tierra asociadas a cada ecosistema identificado, incluyendo aquellos ecosistemas estratégicos.

Realizar las siguientes acciones y presentar la siguiente información para el componente de percepción del paisaje para cada unidad de paisaje:

- Analizar la visibilidad, calidad y fragilidad visual del paisaje.
- Análisis de integridad escénica que incluya:
 - La Identificación de los elementos discordantes con el respectivo análisis de correspondencia cromática y tamaño de la discordancia.
 - La correspondencia cromática.
 - La escala visual.
 - Los sitios de interés paisajístico.
- Descripción del proyecto dentro del componente paisajístico de la zona.
- Percepción de las comunidades respecto del valor paisajístico de los sitios de interés identificados y de la relación de éste con su cultura e identidad local y regional. Esta información puede ser obtenida a partir de los diferentes momentos de socialización (por ejemplo, cartografía social, entrevistas y/o encuestas)

Para este análisis, se debe hacer uso de información primaria o secundaria actualizada (p.ej. imágenes satelitales, sensores remotos, entre otras).

Una vez realizados los análisis de visibilidad, calidad, fragilidad, integridad escénica y percepción social del paisaje, se debe elaborar una zonificación del valor paisajístico del área de influencia, teniendo en cuenta el nivel de sensibilidad (alto, medio, bajo) que tiene cada unidad de paisaje a las intervenciones del proyecto.

La zonificación paisajística obtenida, debe ser un insumo para la zonificación ambiental del proyecto.

6.1.3 Suelo y uso del suelo

6.1.3.1 Suelo de soporte de la infraestructura requerida

Se considera suelo de soporte, el suelo en el cual se localiza la infraestructura requerida y aquella en la cual se presenta riesgo de contaminación al suelo por las actividades y/o facilidades del FH-PH, tales como:

- Infraestructura de edificaciones operativas (talleres de equipos, maquinaria, etc)
- Infraestructura para almacenamiento de líquidos (fluidos de retorno y agua de producción, sustancias químicas para operación, combustibles, etc)
- Sistemas de almacenamiento y conducción de lodos de perforación y tratamiento de cortes.

En tal virtud debe realizarse una caracterización del suelo de soporte a escala 1:10.000, o más detallada dependiendo del área de influencia, con la cual se pueda definir las unidades cartográficas donde se determine el contenido pedológico como mínimo a nivel de familia textural, de acuerdo con las metodologías de las etapas de precampo, campo y poscampo actualizadas vigentes del IGAC.

Al respecto se debe entregar la siguiente información:

- Localización de los lugares propuestos para las áreas principales de las facilidades a habilitar en el desarrollo del proyecto identificando las zonas donde se planifiquen perturbaciones del suelo

para infraestructuras subterráneas (por ejemplo, tanques de almacenamiento y tuberías), o zonas con potencial de filtración de sustancias nocivas donde se almacenen o se mezclen sustancias peligrosas.

- Georreferenciación de las observaciones de identificación (cajuelas)³⁴ con una densidad dependiente de la escala de detalle y de los perfiles modales (calicatas)³⁵ en el mapa de unidades cartográficas de suelos con su respectiva leyenda de acuerdo con las metodologías vigentes del IGAC. Delimitando de la zona vadosa³⁶ (no saturada) y haciendo énfasis en la descripción del estado de degradación del suelo (erosión, movimientos en masa, compactación, etc).

Para el suelo de soporte y aquellas áreas en donde se ubiquen actividades con alta potencialidad de filtración de sustancias nocivas y/o perturbaciones al suelo se presente específicamente un levantamiento o estudio de suelos a escala 1:5000, o más detallado.

Respecto al muestreo de suelos para identificación de la línea base se debe considerar la caracterización que se solicita en la tabla 6, que se realiza por cada horizonte definido en la descripción de los perfiles modales del suelo, a una profundidad mínima de 1.5 m dependiendo de las limitantes de profundidad efectiva (roca continua o pedregosidad >90%, en caso de ser el nivel freático, drenar hasta la profundidad especificada). Esta información será verificada en el momento de cierre del proyecto, definido posteriormente en el ítem de plan de desmantelamiento y abandono.

Tabla 6 Parámetros fisicoquímicos y biológicos a caracterizar en suelos de soporte de la infraestructura requerida

Parámetro	Unidades	Técnica y/o Principio
in situ:		
Velocidad de Infiltración	cm/h	Anillos infiltrómetros
Físicos:		
Textura (porcentaje de arena, limo y arcilla),	%	Método de Bouyoucos
Densidad real	g/cc	Picnometro - Gravimétrico
Densidad aparente	g/cm3	Cilindro de volumen constante - Gravimétrico
Retención de Humedad, 3 puntos/horizonte)	%	Gravimétrico
Estabilidad Estructural,	%	Gravimétrico
Conductividad hidráulica saturada	cm/h	Permeámetro de carga constante en muestras inalteradas
Químicos:		
pH,	Unidades de pH	electrométrico
Cromo Hexavalente	mg/kg	Colorimetría
Fósforo disponible	mg/kg	Colorimetría
Cloruros	mg/kg	Colorimetría
Conductividad Eléctrica,	mS/cm o uS/cm	Electrométrico
Capacidad de Intercambio Cationico,	cmol/kg	Volumétrico
Bases intercambiables (Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio)	cmol/kg	Espectrometría
Acidez intercambiable	cmol/kg	Volumétrico

³⁴ Hueco cúbico con un tamaño de 50 cm de lado, en el fondo de este se realiza un orificio de aproximadamente 8 cm de diámetro, generado por un barreno el cual profundiza y saca muestras del suelo hasta una profundidad de 120 cm.

³⁵hueco cúbico de mayor, 120 cm de frente, 130 cm de largo y 150 cm de profundidad

³⁶Región situada entre la superficie topográfica y la delimitada por aguas subterráneas

Parámetro	Unidades	Técnica y/o Principio
Contenido de Carbono Orgánico,	mg/kg	Colorimétrico / Volumétrico / Combustión
Grasas Y Aceites,	mg/kg	Gravimétrico / Infrarrojo de partición
Relación de Absorción del Sodio – RAS	meq/L	Cálculo
Porcentaje de Sodio Intercambiable - PSI	mg/kg	Cálculo
Metales totales		
Arsénico	mg/kg	Espectrometría
Bario	mg/kg	Espectrometría
Boro	mg/kg	Espectrometría
Cadmio	mg/kg	Espectrometría
Cromo	mg/kg	Espectrometría
Cobalto	mg/kg	Espectrometría
Cobre	mg/kg	Espectrometría
Hierro	mg/kg	Espectrometría
Manganeso	mg/kg	Espectrometría
Mercurio	mg/kg	Espectrometría
Molibdeno	mg/kg	Espectrometría
Níquel	mg/kg	Espectrometría
Plata	mg/kg	Espectrometría
Plomo	mg/kg	Espectrometría
Selenio	mg/kg	Espectrometría
Vanadio	mg/kg	Espectrometría
Zinc	mg/kg	Espectrometría
Biológicos		
Bacterias totales	NMP/g	Manual de técnicas de análisis de suelos aplicados a la remediación de suelos contaminados, 2006
Bacterias sulfatoreductoras	NMP/g	tubos múltiples
Cuantificación de microorganismos del ciclo del Nitrógeno: Nitrificantes	NMP/g	Tubos Múltiples - IGAC.
Cuantificación de microorganismos del ciclo del Nitrógeno: Amonificantes (oxidantes de amonio y oxidantes de nitrito)	NMP/g	Tubos Múltiples - IGAC.
Cuantificación de Actinomicetos	UFC/g (suelo seco)	Recuento en placa - Siembra en superficie - IGAC.
En caso de identificarse actividad previa por parte del sector de hidrocarburos, incluya los siguientes análisis		
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y orto, meta y para-Xileno)	µg/Kg	Purga y trampa / Headspace - Cromatografía de gases
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP),	µg/Kg	Extracción Ultrasonido - Cromatografía de gases
Hidrocarburos Totales de petróleo	µg/Kg	

Fuente: MinAmbiente 2020, específica para este proyecto

En el reporte del análisis precisar para cada parámetro la técnica de análisis utilizada, los límites de detección de la técnica y las observaciones pertinentes. Una tabla que identifique los lugares y procedimientos de muestreo y los parámetros analíticos para cada lugar de muestreo, destacando los valores, si los hay, que son mayores que los establecidos en la Regional Screening Levels (RSLs) (EPA, 2020)³⁷, considerando la siguiente Nota 1, conforme a su vigencia o hasta que el MADS Minambiente determine los límites genéricos basados en riesgo para Colombia LGBR.

³⁷ <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables>

Una evaluación e interpretación de todos los resultados analíticos con respecto a los resultados locales de la caracterización del suelo, cualquier anomalía geoquímica regional y local y los derrames históricos.

Nota 1: Para un sitio no desarrollado en el que se sospecha que la condición de suelo de referencia para un parámetro de suelo está afectada por cualquier anomalía geoquímica regional o local, o evento de contingencia ese parámetro debe incluirse para el análisis y debe ser georreferenciado.

Nota 2. Si los resultados de los análisis físico-químicos arrojan valores vinculados a la presencia de sustancias que puedan afectar el suelo por desarrollo de actividades industriales previas, el hallazgo deberá ser notificado ante la Autoridad Ambiental competente para que esta actúe de acuerdo con la normatividad vigente y se tomen las acciones que correspondan. Corresponderá entonces, que ante la afectación identificada el área deba ser excluida del área de operaciones que se vayan a desarrollar en el marco de los PPII.

6.1.3.2 Capacidad de uso de la tierra

Presentar el mapa de capacidad de uso de la tierra a escala 1:10.000, que incluya la clasificación agrológica de los suelos con base en información existente. En caso de no existir, este mapa debe elaborarse con la información obtenida en el ítem anterior del levantamiento de suelos con sus respectivas UCS, siguiendo la “Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso” del IGAC, con el fin de identificar las principales limitantes del suelo que los hacen más vulnerables a una posible degradación.

Presentar una memoria técnica del mapa de suelos que contenga el análisis y la evaluación de los resultados, en términos de las clases agrológicas de los suelos y la leyenda a esta escala. La caracterización, análisis y evaluación de los suelos, se debe enmarcar en la política y normativa vigente, además se deberá identificar el uso actual y potencial, establecer los conflictos de uso del suelo, y adjuntar la información documental y cartográfica de soporte.

Presentar el mapa de uso actual del suelo a partir del mapa de coberturas, siguiendo la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010), a partir de la fotointerpretación e interpretación de imágenes de satélite (sensores remotos) y del control de campo y el mapa de conflicto de uso del suelo. Asimismo, se debe presentar información sobre el estado actual de los suelos (fertilidad, contaminación³⁸, compactación, degradación por erosión, degradación por salinización, degradación por desertificación, entre otros), con base en información primaria y secundaria.

Tener en cuenta, en relación con el estado de degradación de los suelos, los protocolos para la identificación y evaluación de erosión (IDEAM y UDCA, 2015), salinización (IDEAM, CAR y UDCA, 2017) y desertificación (IGAC, IDEAM y MAVDT, 2010). Para otros procesos de degradación de suelos, se pueden tomar como referencia las normas técnicas vigentes del ICONTEC (NTC 4113-1, NTC 4113-2, NTC 3656, NTC 3934, NTC 1522, NTC 4508, NTC 4711, entre otras) o sus actualizaciones, hasta tanto el IGAC no expida las normas respectivas.

Presentar el mapa de uso permitido de la tierra de acuerdo a lo establecido en los instrumentos de ordenamiento territorial (POT, PBOT, EOT y/o POMCA, en caso de que existan), presentar el mapa de determinantes ambientales, elaborar el mapa de conflictos de la tierra y presentar la información documental y cartográfica adicional que sirva de soporte.

6.1.4 Hidrológico

Para el estudio hidrológico se debe tener en cuenta lo indicado en el Anexo 2, y presentar, como mínimo, la siguiente información:

³⁸ Una vez el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establezca una metodología para caracterizar la contaminación del suelo, ésta debe ser implementada y sus resultados incorporados en .

6.1.4.1 Localización del área de estudio del proyecto

Localizar el área de estudio del proyecto dentro de la zonificación hidrográfica nacional del IDEAM y Minambiente (área, zona, subzona y nivel subsiguiente), así como dentro de los niveles subsiguientes definidos por las autoridades ambientales competentes, en caso de existir, identificando los sistemas lénticos y lóticos, así como las zonas susceptibles a inundación, con su respectiva toponimia, las cuales deben estar localizadas en mapas a escala 1:10.000 o de mayor detalle.

En caso de no existir niveles subsiguientes, se deben definir unidades hidrográficas de análisis, hasta el nivel de detalle requerido, conservando los criterios de codificación establecidos por el IDEAM. En casos donde se considere necesario se deberá determinar en esta etapa (antes del levantamiento de línea base detallada) la necesidad de información *LIDAR* o análisis de información aerofotogramétrica, si las condiciones de la subcuenca hacen necesaria información detallada para definir límites o identificar potenciales impactos de forma adecuada.

6.1.4.2 Recopilación y análisis de información hidrológica y de calidad del agua

Identificar y recolectar, para las subzonas hidrográficas en las que se encuentra el área de estudio del proyecto, los datos hidroclimáticos disponibles de la red nacional de referencia del IDEAM, así como de otras redes existentes en el ámbito regional. La escala temporal de los datos debe ser diaria y la longitud mínima de la serie debe ser de quince (15) años. Debe indicarse la longitud temporal de datos disponibles, el porcentaje de datos faltantes y realizar el respectivo tratamiento de datos cuando aplique (llenado de datos, homogeneidad, consistencia, detección de datos anómalos).

Efectuar un análisis objetivo de la calidad y consistencia de los datos hidroclimáticos que incluya pruebas estadísticas paramétricas y/o no paramétricas sobre homogeneidad, consistencia e identificación de datos anómalos; hacer el completado de las series, indicando claramente el método adoptado y efectuar la caracterización estadística básica de las series de tiempo tratadas.

Realizar una correlación de las series temporales, a escala mensual, con la de indicadores de ocurrencia de fenómenos macroclimáticos con influencia en la hidroclimatología colombiana (p. e. El Niño-Oscilación del Sur, Oscilación del Atlántico Norte, Oscilación Quasi-Bienal, Oscilación Decadal del Pacífico). En los casos de encontrarse correlación en las variables, principalmente de precipitación y caudal, clasificar los períodos hidrológicos en húmedos, normales y seco, considerando el concepto de año hidrológico (1 junio-31 mayo).

Realizar el análisis temporal y espacial de las variables climáticas referidas a: precipitación media anual y mensual; temperatura media, máxima y mínima mensual y anual y otras estimadas a partir de estas variables como la evapotranspiración potencial y real anual y mensual. Mediante un balance hídrico de largo plazo, aplicar diferentes metodologías para la estimación de la evapotranspiración potencial y real que sean aplicables a las características climáticas regionales en función de la información disponible para su validación, como caudales medios mensuales multianuales, reportando los grados de incertidumbre en el análisis.

En caso de existir, referenciar los datos del índice de aridez (IA) y el índice de retención y regulación hídrica (IRH) para las unidades de análisis hidrológico definidas, de acuerdo con la propuesta metodológica del IDEAM para la escala de trabajo (Evaluaciones Regionales del Agua - ERA), respecto a su estimación y representación espacial.

Si el contratista instala o cuenta con estaciones hidrometeorológicas o de monitoreo de calidad del agua se deberá reportar al Catálogo Nacional de estaciones que administra el IDEAM. A partir de la información disponible, realizar el análisis de los resultados de los monitoreos realizados, calculando índices de calidad del agua (ICA, ICOMO, ICOMI, ICOSUS e ICOTRO), así como el análisis de variación de la calidad dentro del área de influencia, para todos los monitoreos realizados. Es posible presentar índices diferentes a los mencionados anteriormente, siempre y cuando se justifique el cambio, y el grado de análisis y representatividad sea el mismo o superior al de los índices sugeridos.

6.1.4.3 Levantamiento de línea base de mayor detalle

6.1.4.3.1 Monitoreo de variables hidrológicas, y de calidad del agua

Describir y localizar mediante un mapa a escala 1:10.000 (o de mayor detalle) la red hidrográfica y el tipo y la distribución de las redes de drenaje, e identificar la dinámica fluvial de las fuentes que pueden ser afectadas por el proyecto, así como las posibles alteraciones de su régimen natural (relación temporal y espacial de inundaciones)

Caracterizar el régimen hidrológico, considerando en el análisis los valores normales (anuales, mensuales y diarios), así como los extremos (máximos y mínimos), frecuencia de presentación, duración, momento de ocurrencia, tasa de cambio. Para el análisis de eventos extremos (máximos y mínimos) se deben considerar los efectos de la variabilidad climática en el régimen, por tanto, se deben realizar análisis no estacionarios (los períodos de retorno mínimos a considerar deben ser: en caudales máximos, 2, 5, 10, 15, 25, 50 y 100 años; en caudales mínimos, 2, 5, 10, 15 y 20 años).

Para los cauces a intervenir (por ocupación o captación de agua) que tengan ausencia de información (series de datos con periodos temporales inferiores a 15 años o con series cuyo análisis indique una incertidumbre importante en los resultados obtenidos), se podrán implementar metodologías de estimativos indirectos mediante técnicas de regionalización, correlaciones hidrológicas, relaciones área-precipitación-caudal, modelos de simulación hidrológica alimentados con datos espaciales, hidroclimatológicos y de uso y cobertura del suelo, entre otros. Los modelos de simulación hidrológica deberán estar debidamente calibrados y validados.

En caso de otorgarse la licencia ambiental, se deberá instrumentar el monitoreo diario de nivel de las fuentes de agua susceptibles de intervención por el proyecto, con el fin de calibrar las series sintéticas generadas mediante los métodos descritos. Este monitoreo deberá realizarse siguiendo los protocolos establecidos por el IDEAM y deberá ser previamente avalada por dicha entidad. En la etapa previa se iniciarán estas mediciones con la instrumentación existente y se continuarán en la etapa concomitante hasta contar con valores representativos que abarquen el “año hidrológico” para su posterior evaluación.

Adicionalmente, se deberá monitorear la calidad del agua y las variables hidrobiológicas, de acuerdo con las consideraciones descritas en los numerales 6.1.4.3.3 y Anexo 3 (Numeral 3) respectivamente, del presente documento.

6.1.4.3.2 Componente hidrológico

Presentar las principales características morfológicas (área, perímetro, pendiente media, índice de compacidad, factor de forma, tiempos de concentración, índice de sinuosidad, densidad de drenaje y corrientes, patrones de drenaje regionales y locales) de las unidades de análisis hidrográficas asociadas a los puntos de intervención por captación, vertimiento u ocupación de cauce, así como a nivel de unidad hidrográfica de análisis (como mínimo niveles subsiguientes de las subzonas en la que se encuentra localizada el área de estudio del proyecto y áreas de drenaje de cuerpos de agua susceptibles de afectación por el proyecto). Dentro de las características de la cuenca, identificar: área, longitud de la corriente principal, longitud axial, ancho y profundidad del cauce, altura media, pendiente media, pendiente del cauce, curva hipsométrica, índice de compacidad, índice de forma, orden de la cuenca y densidad de drenaje, entre otros.

Construir, para las series de caudal observadas o generadas sintéticamente, las respectivas Curvas de Duración de Caudales medios diarios y mensuales en cada uno de los puntos susceptibles de intervención por captación, vertimiento u ocupación de cauce. Igualmente, se debe presentar un resumen gráfico de las series diarias, mensuales y anuales de caudal utilizando diagramas de cajas y bigotes (boxplots), en donde se indiquen los valores máximos, medios y mínimos, y los cuartiles.

Para aquellas unidades de análisis (cuencas) o corrientes sin información hidrológica se debe establecer un programa de aforos que se iniciará en la Etapa previa cuya duración se recomienda debe ser de un año hidrológico como mínimo. En caso de existir, referenciar los datos del índice de aridez (IA) y el índice de retención y regulación hídrica (IRH) para las unidades de análisis hidrológico definidas.

La estimación de caudal ambiental se deberá realizar a escala diaria, sobre el drenaje de intervención principal y cada uno de los puntos susceptibles de intervención por captación o vertimiento en aguas superficiales, así como, en los cuerpos de agua con posible afectación. Se debe implementar una metodología o conjunto de métodos técnicamente validos que consideren el régimen hidrológico natural (magnitud, duración, frecuencia, momento de ocurrencia, tasa de cambio), la funcionalidad y servicios provistos por los ecosistemas dulceacuícolas y conexos. Igualmente, se debe evaluar integralmente la alteración del régimen (al menos en los atributos mencionados) y considerar factores como la calidad del agua, los usos y usuarios actuales y prospectivos en los puntos de interés en el análisis. La metodología de estimación del caudal ambiental será la definida por el IDEAM y el Minambiente.

Presentar la oferta hídrica disponible en los puntos de interés a escala agregada mensual, teniendo en cuenta que ésta es la oferta hídrica total menos el caudal ambiental.

Para la estimación del caudal ambiental se deberán establecer métricas hidrológicas e hidromorfológicas que permitan evaluar el posible impacto del proyecto sobre el componente hidrobiológico y los servicios ecosistémicos prestados por el cuerpo de agua.

Se deberá implementar monitoreo hidrobiológico en los mismos puntos y con las mismas frecuencias especificadas para el monitoreo de calidad del agua.

6.1.4.3.3 Calidad del agua

Realizar la evaluación de la calidad del agua continental en los cuerpos de agua proyectados para intervención o susceptibles de ser impactados. Todas las actividades y la determinación de criterios sobre las campañas de monitoreo, definición de puntos, muestreos y reporte de resultados deben realizarse con base en el Protocolo para el monitoreo de calidad del Agua vigente publicado en la página web del IDEAM.

Por otra parte, los puntos de monitoreo deben ser representativos y consecuentes con el área de influencia, considerando los patrones de drenaje aguas arriba y aguas abajo de los sitios intervenidos y a lo largo del área de influencia. Se deben contar como mínimo con monitoreos mensuales en época de temporada de mayor precipitación y temporada de menor precipitación en puntos localizados en los sitios a intervenir o susceptibles de ser afectados (dentro del área de influencia del componente hidrológico), siguiendo el Protocolo para el monitoreo del Agua vigente publicado en la página web del IDEAM.

Para puntos de muestreo en cuerpos lóticos se debe realizar el aforo de caudal presentando la sección mojada y hacer entrega del formato de estimación de caudal, reportando allí las velocidades, el ancho superficial, el área mojada, el perímetro mojado, la velocidad media, la profundidad media, la velocidad máxima y el caudal.

Para cuerpos de agua lénticos, la empresa deberá realizar el monitoreo distribuido justificando la fijación de más de un punto de monitoreo, tanto en superficie como en la columna de agua, que permita el análisis de entradas, salidas del sistema y los métodos de aprovechamiento del recurso.

Se debe presentar el informe sobre la toma de muestras, el cual debe relacionar los protocolos de monitoreo, toma, preservación, transporte y análisis de muestras, con su respectivo registro fotográfico y copia de la cadena de custodia.

Tabla 7. Relación de los parámetros fisicoquímicos a monitorear para caracterizar los cuerpos de agua superficiales del área de influencia del proyecto.

Parámetro /Actividad	Unidades
Información atmosférica in situ	
Temperatura del aire	°C
Humedad relativa	
Generales	
Caudal	m ³ /s
Temperatura	°C
pH	Unidades de pH
Conductividad eléctrica	µS/cm

Parámetro /Actividad	Unidades
Oxígeno Disuelto	mg/L O ₂
Turbiedad	UNT
Color real	m-1
Alcalinidad	mg CaCO ₃ /L
Carbono orgánico Total	
Saturación de oxígeno disuelto (OD)	%
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L O ₂
Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco (5) días (DBO ₅)	mg/L O ₂
Sólidos suspendidos totales	mg/L
Sólidos disueltos totales	mg/L
Sólidos sedimentables	ml/L
Grasas y aceites	mg/L
Amonio	mg/L
Nitratos (N-NO ₃ -)	mg/L
Nitritos	mg/L
Nitrógeno total	mg/L
Fósforo total	mg/L
Sulfuro total	mg/L
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L
Compuestos orgánicos	
Bromuro de Metilo (Bromometano)	mg/L
Compuestos Orgánicos Volátiles COVs,	mg/L
Fenoles	mg/L
Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos PAH	mg/L
Hidrocarburos	
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L
Metano (CH ₄)	mg/L
Ácidos Nafténicos	mg/L
Metales	
Aluminio total	
Arsénico total	mg/L
Bario total	mg/L
Cadmio total	mg/L
Cobre total	mg/L
Cromo total	mg/L
Estroncio total	mg/L
Hierro total	mg/L
Magnesio Total	mg/L
Manganeso total	mg/L
Mercurio total	mg/L
Níquel total	mg/L
Plata total	mg/L
Plomo (Pb) total	mg/L
Selenio (Se) total	mg/L
Vanadio total	mg/L
Zinc total	mg/L
Minerales	
Calcio total	mg/L
Cloruros	mg/L
Potasio total	mg/L
Sodio total	mg/L
Sulfatos	mg/L
Otros parámetros para análisis y reporte	
Dureza Cálrica (CaCO ₃)	mg/L
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/L
Microbiológicos	
Coliformes totales	NMP/100 ml

Parámetro /Actividad	Unidades
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml
Escherichia Coli	NMP/100 ml
Componente sedimentos	
Caracterización física	
Granulometría de la capa de sedimentos de fondo.	%
Densidad real o peso específico de la capa de sedimentos de fondo.	kg/m3 o kN/m3
Caracterización del lecho del cauce, de la capa de sedimentos de fondo	
Carbono orgánico total (),	mg/L
Demanda béntica,	mgO2/m2/dia
Sulfuros ácidos volátiles AVS,	umoles/g
Capacidad de intercambio catiónico,	meq/100g o CEC
Metales .	
Cromo total	mg/L
Cromo hexavalente	mg/L
Zinc	mg/L
Cobre total	mg/L
Níquel total	mg/L
Otros parámetros	
Grasas y aceites	mg/L
Fenoles	mg/L

De contar con Evaluaciones Regionales del Agua, referir los Índices de Calidad (ICA, ICOMO, ICOMI, ICOSUS e ICOTRO), de lo contrario estimarlos a partir de la información disponible, así como el análisis de variación de la calidad aguas arriba y aguas abajo para las corrientes susceptibles de intervención (vertimiento de aguas domésticas o captación) o susceptibles de ser impactadas. Es posible presentar índices diferentes a los mencionados anteriormente, siempre y cuando se justifique el cambio, y el grado de análisis y representatividad sea el mismo o superior al de los índices sugeridos.

Para el caso de los proyectos que realicen vertimientos de aguas residuales domésticas en cuerpos de agua superficiales se deberá realizar la caracterización de la calidad del agua y de la capa de sedimentos de fondo sobre el cuerpo receptor y los principales afluentes y abstracciones, se deberá hacer siguiendo un programa de toma de muestras (utilizando el programa de tiempos de viaje definido para el cuerpo de agua), en donde se siga la misma masa de agua que fluye hacia aguas abajo con el fin de reducir la incertidumbre debido a la variabilidad temporal de las descargas sobre el cuerpo de agua. (ver los lineamientos respectivos en la Guía Nacional de modelación del recurso hídrico para aguas superficiales continentales, adoptada mediante la resolución 959 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).

6.1.4.3.4 Usos del agua

Identificar los usos actuales y potenciales de los cuerpos de directa intervención por el uso y aprovechamiento del recurso y de aquellos presentes en el área de influencia y que estén expuestos a los posibles impactos por el desarrollo del proyecto, para lo cual se deben tener en cuenta los inventarios y censos de usos y usuarios de recurso hídrico realizados por las autoridades ambientales regionales, los Planes de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA), objetivos de calidad, registros de concesiones, y Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH), Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH) y demás reglamentaciones o fuentes de información existentes, en caso de que existan dichos instrumentos.

Identificar los usos establecidos en el Decreto 1076 de 2015 (artículos 2.2.3.3.2.1 y 2.2.3.2.7.6) o en aquel que lo modifique, sustituya o derogue, cuantificando la demanda por uso en el área de influencia del proyecto, utilizando información presuntiva, primaria y/o secundaria (aquella que esté disponible en la autoridad ambiental competente).

El análisis de los usos del agua deberá tener en cuenta las posibles interrelaciones con subcuencas aledañas y/o localizadas aguas arriba o aguas abajo del proyecto.

Finalmente, se deben identificar los posibles conflictos por el uso del agua actuales en relación a la disponibilidad y calidad del recurso, de acuerdo al inventario de usos del agua, teniendo en cuenta el análisis de frecuencias de caudales mínimos para diferentes períodos de retorno, haciendo especial énfasis en los períodos de estiaje.

6.1.5 Hidrogeología

El alcance de este componente está enfocado a la identificación y caracterización de las diferentes unidades hidrogeológicas existentes bajo el área de influencia (que se encuentren en uso o sean susceptibles de intervención o afectación por el proyecto, obra o actividad), de manera que se pueda establecer una línea base local que sirva para determinar las medidas de protección a que haya lugar y se constituya en el punto de referencia para el posterior monitoreo y seguimiento en términos de calidad y cantidad del agua subterránea y de sus ecosistemas conexos.

Como referencias metodológicas para este componente, se deberán emplear las definidas en la guía metodológica para la formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos (fase de diagnóstico) – Minambiente, 2014, en los Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para la Evaluación Regional del Agua – ERA – IDEAM, 2013. Asimismo, deberán seguirse el Protocolo de Monitoreo del agua, IDEAM 2020 y los estándares internacionales que apliquen, referenciando siempre dicha fuente.

Para caracterizar las unidades hidrogeológicas se debe considerar tanto la información colectada en el presente estudio, como la mejor información técnica disponible para el área de influencia de los PPII, que incluya la base regional que servirá para establecer los requerimientos para la protección de los acuíferos conforme la determine el IDEAM así como los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos - PMAA, Planes de Ordenación de Cuencas hidrográficas - POMCA, Evaluaciones Regionales del Agua- ERA, las investigaciones hidrogeológicas realizadas en la zona por diferentes instituciones estatales o académicas.

Asimismo, se debe utilizar la mejor información del sector de hidrocarburos que cada Contratista del PPII tenga disponible, como de pozos estratigráficos, de producción, inyección, análisis de testigos de perforación, líneas sísmicas, o información geofísica adquirida por diferentes metodologías, el Banco de Información Petrolera de Colombia -EPIS, entre otras que se consideren adecuadas y puedan ser validadas para la caracterización de las unidades hidrogeológicas que no cuenten con captaciones de agua que permitan la toma de datos, muestreos o realización de pruebas.

Para el área de influencia del componente hidrogeológico, se debe construir el modelo hidrogeológico conceptual orientado a plasmar el conocimiento sobre el funcionamiento de las unidades hidrogeológicas susceptibles a intervención o a afectación por el proyecto, identificar las zonas de recarga, tránsito y descarga, caracterizar los flujos locales, semiregionales y regionales, determinar las características hidrogeoquímicas y de calidad del agua, las interconexiones con cuerpos de agua superficial y ecosistemas conexos. Para ello se deben realizar las siguientes etapas:

- **Identificación de las unidades hidrogeológicas** (acuíferos, acuitardos, acuífugos o acuícludos), indicando el nombre de la formación o formaciones geológicas que la conforman y sus características litológicas, texturales y estructurales que condicionan y describen su posible comportamiento hidrogeológico. Asimismo, deberá establecerse su probable comportamiento hidráulico, y la continuidad lateral o en profundidad de las unidades hidrogeológicas (acuíferos y no acuíferos) identificadas.
- **Modelo geológico-geofísico**, en el cual se determinen la profundidad del techo y base de las diferentes unidades identificadas, sus espesores promedio, extensión lateral y sus fronteras permeables, impermeables y semipermeables. Para tal propósito, el solicitante debe interpretar, analizar y evaluar la información geofísica que haya sido levantada en el área (por métodos de superficie o perfiles de pozo). Se debe incluir la descripción del método geofísico empleado, las condiciones geológico-estructurales particulares del área, la georreferenciación de los puntos

de medición empleados, los valores de la propiedad geofísica medida y su correlación con las características de las unidades litológicas; adicionalmente, se deben presentar perfiles geológicos, geofísicos y bloques diagrama que ilustren la geometría de las unidades hidrogeológicas. Se debe suministrar tanto los datos de campo, como la interpretación de estos. Este modelo debe incluir, en lo posible, todas las unidades litoestratigráficas desde superficie hasta mínimo la primera unidad litoestratigráfica objetivo de FH-PH de YNC.

- **Inventario de los puntos de agua subterránea** que incluya pozos, aljibes, manantiales y piezómetros del Área de influencia del-PPH, considerando lo establecido en el Formulario Único Nacional de Inventario de Puntos de Agua Subterránea – FUNIAS, diligenciando los campos obligatorios establecidos en el Sistema de información de Recurso Hídrico (SIRH). En el caso en que esta información no esté disponible o no se pueda tener acceso al punto para el correcto diligenciamiento del FUNIAS, se deberá realizar la correspondiente justificación, en el campo de observaciones. Se debe prestar especial énfasis en pozos de abastecimiento de agua subterránea, para los cuales se debe levantar toda la información necesaria para calcular sus perímetros de protección, en especial el área de protección microbiológica correspondiente a la isócrona o tiempo de flujo horizontal de 50 días.
- **Determinación de las principales direcciones de flujo del agua subterránea:** se debe establecer el sistema de flujo de los acuíferos identificados, a partir de los niveles freáticos y piezométricos medidos en los pozos existentes en el área de influencia que estén debidamente georreferenciadas y niveladas topográficamente, se conozca el acuífero captado, cuenten con una distribución espacial adecuada y sean medidos en un mismo período climático. Información que debe ser indicada tanto en los datos de campo como en los mapas piezométricos que sean construidos. A partir de esta información se deben identificar las posibles zonas de recarga y descarga naturales de los acuíferos y posibles conexiones hidráulicas entre acuíferos y cuerpos de agua superficiales. Para la validación de este componente se debe utilizar la información de la caracterización hidrogeoquímica solicitada más adelante, o las técnicas que se consideren apropiadas para tal fin, las cuales deben ser sustentadas técnicamente. Para validar las conexiones agua superficial y subterránea, se podrán emplear técnicas de evaluación “rápida” en las corrientes de agua superficial, como aforos diferenciales en ríos influentes, mediciones de la variación de la temperatura o mediciones de radón-222, trazadores o isótopos, análisis de flujo base con hidrogramas, entre otros.
- **Estimación de la recarga potencial** de los acuíferos o sistemas acuíferos identificados, se debe emplear una metodología reconocida: publicada en revistas indexadas, artículos nacionales o internacionales o acogida por instituciones nacionales o internacionales, que aplique a las condiciones del área de estudio.
- **Caracterización hidráulica de los acuíferos.** Determinación de los parámetros hidráulicos (conductividad hidráulica, transmisividad, coeficiente de almacenamiento, capacidad específica, del pozo, radio de influencia del pozo) de los acuíferos identificados que cuenten con pozos en los cuales se pueda realizar pruebas de bombeo, justificando en cada caso, los métodos empleados para su adquisición e interpretación. Se debe suministrar los datos de campo (niveles vs tiempo y control del caudal durante la prueba en el pozo bombeado, y niveles vs tiempo en pozos de observación, siempre y cuando sea posible contar con estos pozos de observación en el área de estudio y acceso a la medición de niveles en los mismos) y parámetros hidráulicos interpretados. Se debe prestar especial énfasis en la determinación de perímetros de protección de pozos de abastecimiento público, en especial el área de protección microbiológica correspondiente a la isócrona o tiempo de flujo horizontal de 50 días.

La duración de las pruebas de bombeo realizadas en pozos que capten los acuíferos identificados, debe permitir conocer espacial y temporalmente el comportamiento del cono de bombeo generado tanto en el pozo bombeado o en pozos vecinos o piezómetros lo que permite conocer los parámetros hidráulicos durante los tiempos de bombeo o recuperación, en todo caso se proponen inicialmente que la etapa de bombeo sea entre 36 a 72 horas siempre y cuando no se alcance un régimen estacionario en las primeras 24 a 36 horas y la etapa de recuperación que alcance un 95 a 100% del abatimiento producido.

La caracterización hidráulica de los acuíferos podrá complementarse con información secundaria disponible con una temporalidad no mayor a 5 años, que cumpla con los mismos requisitos solicitados en el numeral para la realización de dichas pruebas. En caso de no contar con una adecuada caracterización hidráulica de acuíferos, deberá proponerse la adquisición de estos parámetros dentro del Programa de Monitoreo. Cuando se empleen otros ensayos para determinar los parámetros hidráulicos de acuíferos con captaciones muy someras o de gran diámetro, se debe indicar las condiciones en las que se realiza la prueba, los datos de campo y definir el alcance de los parámetros hidráulicos interpretados.

- **Caracterización hidrogeoquímica**, se debe realizar el muestreo en puntos de agua subterránea existentes y representativos (incluyendo piezómetros existentes) de cada unidad hidrogeológica identificada en el área de influencia del componente hidrogeológico, donde se tenga información para determinar el acuífero captado. Estos puntos de agua deben estar debidamente georreferenciadas, tener una distribución espacial adecuada para la realización de mapas hidroquímicos de los parámetros de interés. Los muestreos se deben iniciar en la Etapa Previa y se continuarán en la Etapa Concomitante, de acuerdo con el programa de monitoreo que se proponga, procurando que se realicen en el mismo periodo climático, indicando la fecha de los análisis en los datos de campo y en la leyenda de los mapas resultantes.

El control en la calidad de los resultados de laboratorio se realizará por medio del error en el balance iónico, se aceptarán análisis con errores analíticos inferiores al 5%, y excepcionalmente al 10% o mayores, considerando la conductividad de las aguas a 25°. Además, se deben reportar las relaciones interparamétricas que se consideren apropiadas para verificar la calidad de los análisis de laboratorio (como las indicadas en la metodología de la guía metodológica para la formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos -PMAA y otras referencias citadas anteriormente).

Para la caracterización hidrogeoquímica se debe monitorear como mínimo los parámetros de la Tabla 8, estableciendo el período climático de análisis. Esta caracterización servirá de referencia para la posterior comparación con los datos reportados por el Interesado en el plan de monitoreo, cuyo diseño se debe anexar al EIA.

Los resultados analíticos pueden ser presentados e interpretados mediante diagramas que se consideren adecuados como los de Piper, Stiff y Durov, Schoeller -Berkaloff, relaciones binarias, índice de saturación que conlleva a identificar facies, procesos hidrogeoquímicos, trayectorias y sistemas de flujos y zonas de recarga, tránsito y descarga, así como posibles mezclas con agua lluvia y superficial.

- **Caracterización isotópica**: se debe efectuar el monitoreo de isótopos estables, radiactivos y trazadores ambientales del agua lluvia (precipitación), agua superficial y subterránea de acuerdo con las metodologías establecidas en los protocolos estandarizados por el Laboratorio de Análisis de Isótopos estables en agua líquida del Servicio Geológico Colombiano, los protocolos de Monitoreo del agua del IDEAM vigentes o las normas y protocolos internacionales que apliquen.

El monitoreo del agua lluvia (precipitación) debe iniciarse durante el desarrollo del EIA y continuará de acuerdo con el programa de monitoreo que se establezca para el PPII hasta completarse por lo menos un año hidrológico y, cuando haya a lugar, se deberán localizar recolectores de agua lluvia (totalizadores) a diferentes alturas en las cuales se presume una recarga del acuífero en el área de influencia del PPII, con objeto de determinar la firma isotópica de la lluvia local.

Asimismo, deberán monitorearse las aguas superficiales y puntos de agua subterránea en las infraestructuras existentes y disponibles que capten de una sola unidad hidrogeológica reconocida, de conformidad con los parámetros y frecuencias de la Tabla 9, siguiendo los protocolos del agua vigentes en la página WEB del IDEAM. De existir manantiales deben monitorearse mensualmente. En la etapa concomitante se deberá realizar caracterización y monitoreo de las unidades intervenidas para explotación de aguas subterráneas o inyección, a medida que se avance en la perforación.

- **Calidad del agua subterránea:** para establecer la calidad del agua subterránea de las unidades hidrogeológicas identificadas, se debe reportar el análisis de laboratorio de los puntos de agua representativos, definidos en el Programa de Monitoreo que sea diseñado, reportando como mínimo los elementos establecidos en la Tabla 8, así como su comparación con los criterios de calidad definidos en la normativa vigente (Artículo 2.2.3.3.3.1 del Decreto 1076 de 2015, las normas complementarias que apliquen o la actualización de las mismas). En el programa de monitoreo deberá contemplarse la medición de los parámetros de calidad del agua por lo menos cada 6 meses. En la etapa concomitante se deberá realizar caracterización y monitoreo de las unidades intervenidas para explotación de aguas subterráneas o inyección, a medida que se avance en la perforación.
- **Uso actual del agua subterránea:** Con base en los resultados del inventario de puntos de agua subterránea, se debe establecer su uso teniendo en cuenta el análisis estadístico sobre la demanda actual de agua subterránea para consumo humano, uso doméstico, industrial, agropecuario o cualquier otro uso.
- **Vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación.** Se debe realizar la evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, para lo cual se pueden utilizar los métodos expuestos en el documento: Propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación (MAVDT, 2010a). Se debe justificar técnicamente el método seleccionado de conformidad con el tipo de acuífero y con la información disponible para la zona de desarrollo de los PPII.
- **Fuentes potenciales de contaminación de acuíferos.** Se deben identificar todos los componentes de los PPII y las actividades antrópicas existentes en el área de influencia del proyecto en los que se realice actividades que puedan catalogarse como potencialmente contaminantes de los recursos hídricos subterráneos, en especial de los acuíferos superficiales, para establecer las medidas de manejo adecuadas, con base en su superposición con el mapa de vulnerabilidad a la contaminación, así como de su cercanía fallas geológicas y zonas de fractura.

Adicionalmente, se realizará la identificación de la ocurrencia de los rezumaderos naturales de hidrocarburos, los cuales deben estar georreferenciados

Tabla 8 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a caracterizar en las fuentes de agua subterránea asociadas al área de influencia, para establecer la línea base

PARÁMETROS	
GENERALES	Unidades
Nivel freático o piezométrico	m
Temperatura	(°C)
pH	Unidades de pH
Conductividad eléctrica	(uS/cm)
Potencial redox	mV
Carbono Orgánico Total (COT)	mg/L
Dióxido de carbono CO ₂	mg/L
Dióxido de silicio (SiO ₂)	mg/L
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L
Sólidos Totales (ST)	mg/L
Grasas y Aceites	mg/L
HIDROCARBUROS	
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L
Compuestos orgánicos volátiles	mg/L
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y orto, meta y para-Xileno)	mg/L
Metano	mg/L
CATIONES	
Amonio (NH ₄ ⁺)	mg/L

PARÁMETROS	
Calcio (Ca ⁺⁺)	mg/L
Estroncio (Sr ²⁺)	mg/L
Hierro Total (Fe)	mg/L
Manganeso (Mn)	mg/L
Magnesio (Mg ⁺⁺)	mg/L
Potasio (K ⁺)	mg/L
Sodio (Na ⁺)	mg/L
ANIONES	
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	mg/L
Carbonato (CO ₃ ⁼)	mg/L
Cloruro (CL ⁻)	mg/L
Fluoruros (F ⁻)	mg/L
Fósforo Reactivo Total	mg/L
Nitrato (N-NO ₃)	mg/L
Nitritos (N-NO ₂)	mg/L
Sílice Total (SiO ₂)	mg/L
Sulfato (SO ₄ ⁼)	mg/L
METALES Y METALOIDES	
Aluminio Total (Al)	mg/L
Arsénico (As)	mg/L
Bario Total (Ba)	mg/L
Cadmio Total (Cd)	mg/L
Zinc Total	mg/L
OTROS PARÁMETROS PARA ANÁLISIS Y REPORTE	
Acidez Total	mg/L CaCO ₃
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃
Dureza Cálrica	mg/L CaCO ₃
Dureza Total	mg/L CaCO ₃
MICROBIOLÓGICOS	
Coliformes totales	NMP/100 mL
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL
Escherichia. Coli	NMP/100 mL

• TABLA 9. VARIABLES DE MONITOREO ISOTÓPICO

Variable	Tipo de variable	Frecuencia de monitoreo	Método/técnica
Precipitación	Hidrológica	Diaria, horaria	Estaciones pluviométricas
Precipitación, manantiales ¹⁸ O, ² H (Unidades de Tritio), ¹³ C	Isótopos estables	Muestras compuestas mensuales.	Espectrometría laser y de masas.
Aguas superficiales y acuíferos. ¹⁸ O, ² H, ¹³ C	Isótopos estables	Época seca, época húmeda.	Espectrometría laser y de masas.
Acuíferos hasta la base hidrogeológica regional (³ H, CFC's, ¹⁴ C) Acuíferos a partir de la base hidrogeológica regional y hasta la formación objeto de fracturamiento (¹⁴ C y ³⁶ Cl (si no hay ¹⁴ C))	Datación del agua	Una vez	Variadas Considerar el documento "Lineamientos técnicos para el muestreo y análisis de materiales radiactivos de origen natural en los PPII" (SGC-2020)

6.1.5.1 *Contenido del informe de línea base local del componente hidrogeológico y obligaciones para el Interesado*

A partir de la compilación, análisis, integración y síntesis de la información del inventario de puntos de agua, geológica, geofísica, hidrológica (dinámica de flujo, inventarios de puntos de agua, delimitación de áreas de recarga y su cuantificación), hidráulica (pruebas o ensayos de bombeo), hidrogeoquímica e isotópica y de la mejor información disponible se debe elaborar un **Modelo Hidrogeológico Conceptual - MHC**. En este sentido, el MHC cual debe incluir por lo menos:

- Nombre de la unidad (es) hidrogeológica (s) identificada (s)
- Evaluación geológica – geofísica con la cual se estimen la profundidad del techo y base de las diferentes unidades identificadas, sus espesores promedio, extensión lateral y sus fronteras permeables, impermeables y semipermeables.
- Características litológicas, texturales y estructurales que condicionan y determinan el comportamiento hidrogeológico.
- Tipos de captaciones y principales usos y usuarios del agua subterránea, con base en los inventarios de puntos de agua existentes
- Estimación de la recarga potencial.
- Caracterización hidrogeoquímica e isotópica.
- Determinación de la calidad del agua subterránea (fondo hidroquímico).
- Parámetros hidráulicos disponibles (conductividad hidráulica, transmisividad, coeficiente de almacenamiento, capacidad específica, radio de influencia, entre otros).
- Mapa de vulnerabilidad de los acuíferos (superficiales) a la contaminación.
- Identificación fuentes potenciales de contaminación.
- Calculo de perímetros de protección de pozos empleados para abastecimiento público,

Con base en el análisis anterior, identificar los acuíferos o zonas de los acuíferos que deben ser objeto de medidas de manejo, protección o monitoreo diferenciales, como zonas de recarga, zonas de interconexión hidráulica con fuentes de aguas superficiales, zonas con alta vulnerabilidad a la contaminación, perímetros de protección de pozos en especial los de abastecimiento doméstico, existencia de actividades potencialmente contaminantes, entre otros.

El modelo hidrogeológico conceptual debe ser representado mediante mapas a escala 1:10.000 o de mayor detalle, utilizando la leyenda hidrogeológica internacional adoptada por el Servicio Geológico Colombiano. El mapa hidrogeológico incluirá la distribución de unidades hidrogeológicas, de puntos de agua (pozos, aljibes y manantiales), direcciones de flujo, datos hidroquímicos y parámetros hidráulicos. Estos mapas hidrogeológicos deberán estar acompañados de perfiles o cortes, bloques diagrama, en los que se pueden observar en profundidad, los espesores, los rasgos estructurales que definen las relaciones entre los sistemas acuíferos y las demás formaciones geológicas.

Hoja de Ruta Modelo Numérico: a partir de la información adquirida, procesada e interpretada para la construcción del Modelo Hidrogeológico Conceptual, se debe elaborar la hoja de ruta para la futura construcción de un Modelo Numérico que incluya marco conceptual, objetivos, alcances, resultados esperados, criterios de selección de modelos, requerimientos del modelo, reglas de calibración y validación, productos a obtener. Este modelo se alimentará en la Etapa concomitante con la información generada a partir de la implementación del programa de monitoreo de Agua Subterráneas.

Diseño de redes y programa monitoreo: Este Programa de Monitoreo de Aguas Subterráneas será desarrollado por el Interesado en la Etapa Concomitante.

Con base en el MHC formulado para los sistemas acuíferos, en la Etapa Previa, se debe formular y elaborar la hoja ruta de un Programa de Monitoreo de Aguas Subterráneas que incluya:

1. Componente estratégico: Objetivos de monitoreo, alcance del monitoreo, cobertura de monitoreo, beneficios del monitoreo. En términos generales, el programa debe permitir reconocer el funcionamiento del sistema acuífero y las afectaciones a su dinámica de flujo, comportamiento de niveles piezométricos y calidad de las aguas. Así mismo, debe ser representativo de todas las unidades acuíferas definidas en el MHC.
2. Componente programático: Diseño de la red, variables (cantidad, calidad y variables isotópicas tomando como referencia los definidos en las tablas 8 y 9), frecuencia de monitoreo, gestión de datos e información.
3. Componente tecnológico: Sensores, equipos, transmisión almacenamiento de datos. Tecnologías y metodologías de interpretación de datos.

6.1.6 Atmósfera

Con el objetivo de determinar la afectación a la calidad del aire en el área de influencia del proyecto, se requiere conocer la línea base del componente atmosférico como referencia para evaluar su evolución a través del tiempo. En concordancia con lo anterior, se debe efectuar la caracterización del área de estudio que incluya el análisis de variables meteorológicas, la caracterización de las fuentes de emisión de contaminantes y de ruido, la evaluación de la calidad del aire y la evaluación de la dispersión de estos contaminantes en el aire a través de ejercicios de modelización.

6.1.6.1 *Análisis de variables meteorológicas*

Describir y analizar las condiciones meteorológicas mensuales multianuales, representativas para el área de estudio durante un período mínimo de cinco (5) años, con base en información disponible de las estaciones meteorológicas existentes de entidades públicas en la región avaladas por el IDEAM, las cuales deben estar georreferenciadas. Los elementos básicos de análisis son los siguientes:

- Tendencias de vientos anuales.
- Rosas de viento diurna y nocturna.
- Variaciones mensuales de la rosa de viento.
- Determinar si en el área de estudio existen varias condiciones micrometeorológicas de vientos.
- Tendencias en temperatura superficial promedio, temperatura máxima diaria registrada, temperatura mínima diaria registrada.
- Presión atmosférica promedio mensual (mlb).
- Tendencias de precipitación durante los últimos años (medias horarias, medias diarias, mensuales y anuales).
- Identificación de temporada de mayor precipitación y temporada de menor precipitación a través de histogramas de temperatura vs precipitación.
- Humedad relativa: media, máxima y mínima mensual.
- Tendencia de la Radiación solar anual.
- Variaciones mensuales y perfiles horarios de la radiación solar.
- Tendencia de la Nubosidad horaria, mensual y anual.
- Variación de la Nubosidad horaria.
- Evaporación.

El análisis debe presentarse en un informe que incorpore los datos de cada parámetro y sus respectivas unidades. Para el caso de las condiciones de los vientos, se debe determinar predominancias en velocidad y dirección con el fin de evaluar su grado de dispersión en la atmósfera.

Cuando no exista información disponible de estaciones meteorológicas del IDEAM la información meteorológica puede ser tomada de los datos de reanálisis global (Global Reanalysis), obtenidos directamente de internet de fuentes confiables y que puedan ser validadas como por ejemplo los modelos de clima o tiempo (CFRS, ERA 40, CAM, WRF, etc.). Sin embargo, como paso previo a la selección de la fuente de datos se debe realizar un análisis estadístico del error obtenido mediante el proceso de reanálisis, comparando los resultados obtenidos con los datos de algunas estaciones localizadas en la zona de estudio. Para este caso, se requiere que el EIA establezca claramente la

fuentes de la información, anotando el periodo que se analiza, la resolución de la información, el tipo de dato procesado y las variables contenidas en un formato de texto de fácil manipulación y visualización.

6.1.6.2 *Inventario de emisiones e identificación de receptores*

La elaboración de un inventario de emisiones consiste en primer lugar, en la identificación de las fuentes de emisión y, en segundo lugar, en la estimación de la masa de contaminantes emitidos al aire por estas fuentes. Para el desarrollo de este inventario, se podrá emplear la información contenida en inventarios formales de emisiones por parte de las autoridades competentes o institutos de investigación. De no existir la información, el usuario podrá considerar fuentes de información secundaria, así como la información disponible que sea pertinente, contenida en los ICA o en las licencias ambientales otorgadas a proyectos aledaños. El usuario deberá consultar el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) y en el Sistema para el Análisis y Gestión de Información del Licenciamiento Ambiental (AGIL), los proyectos de competencia de la ANLA que cuentan con permisos de emisiones vigentes, así como los permisos de emisiones otorgados por las Autoridades Ambientales.

Para este inventario de emisiones, se deberá considerar:

- **Identificación de fuentes.** Identificar y georreferenciar las fuentes de emisión atmosférica existentes en el área de influencia del componente y las identificadas en las diferentes fases del PPII. Se deberán incluir las fuentes naturales (solo para aquellas generadoras de emisiones de metano), las fuentes fijas (puntuales y de área), fuentes lineales y los trazados de operación de las fuentes móviles con sus respectivos aforos.
- **Descripción de fuentes.** Describir las fuentes de emisión que son objeto de evaluación en las diferentes fases del PPII, mediante diagramas de flujo del proceso en el que se identifiquen las fuentes de emisión existentes y proyectadas georreferenciadas. Se deberá incluir la descripción de los sistemas de control de emisiones previstos para las fuentes identificadas.
- **Estimación de emisiones.** Se deberá cuantificar la emisión atmosférica de cada una de las fuentes identificadas en el inventario de emisiones. Se deberán considerar los contaminantes presentados en la Tabla 10 del presente documento, y en el caso del ozono, aunque no procede estimar sus emisiones, sí se deben cuantificar las emisiones de sus precursores, es el caso de los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles.

Para la estimación de las emisiones, se recomienda consultar la “*Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas*”, publicada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Se deberá estimar la masa de descarga de los contaminantes atmosféricos previstos en los procesos y actividades, identificados como fuentes de emisión en las diferentes fases del PPII. La estimación de emisiones podrá realizarse a través de balances de masa o factores de emisión, como está establecido en el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, o el documento técnico que lo sustituya.

Para fuentes móviles se podrán utilizar modelos de emisión de fuentes móviles (ej. IVE, MOBILE, MOVES y/o COPERT) combinados con variables locales (distancias viajadas por la flota, velocidades, etc.), o factores de emisión usados internacionalmente (EPA y Unión Europea). El aforo vehicular a realizar tiene como propósito la identificación de las fuentes móviles que transitan por las vías del proyecto o que se encuentran en el área de influencia. El levantamiento de información de la flota vehicular como mínimo deber ser de veinticuatro (24) horas continuas por día, en día hábil y festivo. Se deberá realizar la identificación y características del punto de aforo y la clasificación de los vehículos por peso y tipo de combustible. Se deberá presentar un informe con los resultados del inventario de fuentes y emisiones y se deberá anexar las memorias de cálculos con la estimación de emisiones de los contaminantes considerados, los cálculos y suposiciones realizados.

Para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero, se deberá realizar la cuantificación estimada de alcance 1 y 2 de las emisiones aplicables al proyecto, entre ellos, dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄), los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆) de acuerdo con las consideraciones de la NTC ISO14064-2.

De otra parte, se deberán identificar y georreferenciar los potenciales receptores de interés en asentamientos (humanos, viviendas, infraestructura social, económica cultural y/o recreativa) y ecosistemas estratégicos que puedan ser afectados en las fases del proyecto, obra o actividad.

6.1.6.3 Calidad del aire

Se deberán presentar los resultados y el análisis de la información concerniente a estudios realizados o soportados adecuadamente sobre la calidad del aire en la zona de influencia del componente atmosférico y actualizada (máximo 2 años) por terceros. En caso de no existir información de calidad técnica y pertinente para los fines del estudio, el solicitante deberá realizar la línea base, teniendo en cuenta las particularidades del proyecto, las fuentes de emisión en el área de influencia del componente, los receptores y el comportamiento de las variables meteorológicas, así como considerar si la zona donde se va a desarrollar el proyecto está clasificada como área fuente de contaminación por parte de las autoridades ambientales competentes.

Para evaluar la calidad del recurso para la línea base, deberá basarse en lo establecido en el Manual de Diseño del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, para los Sistemas Indicativos de Vigilancia de Calidad de Aire adoptada mediante la Resolución 650 de 2010 monitoreando como mínimo una época climática completa (de preferencia en la temporada de menor precipitación).

Para la ubicación de las estaciones se deberá seguir lo contemplado en el Manual de diseño para este tipo de sistemas de vigilancia. No obstante, en caso de existir al menos una población involucrada dentro del área de influencia del proyecto, se deberán instalar de forma adicional una estación en cada población como mínimo.

La caracterización de la calidad del aire debe ser realizada por laboratorios acreditados por el IDEAM tanto para la toma de muestras como para los análisis de laboratorio respectivos.

Los datos e información cartográfica del componente se deben presentar de acuerdo con las especificaciones establecidas en el MAG, teniendo en cuenta los contaminantes atmosféricos previstos en los procesos y actividades identificadas como fuentes de emisión. La presentación del informe debe incluir los resultados y análisis de los monitoreos para cada contaminante.

Adicionalmente, se deberán evaluar mediante medición directa, las concentraciones en aire ambiente de los contaminantes atmosféricos en los tiempos de exposición definidos en la tabla 10 de este documento, de conformidad con los métodos sugeridos o recomendados en la misma. No obstante, el usuario podrá usar todos los que se encuentren aprobados por US-EPA (Environmental Protection Agency), los desarrollados y validados por el Comité Europeo de Normalización CEN (European Committee for Standardization) a través de su Comité técnico 246 o internacionales como la ISO (International Standards Organization), tal y como lo define el Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire a través de laboratorios que cuenten con certificación ISO-17025.

TABLA 10, COMPUESTOS DE INTERÉS EN LA CALIDAD DEL AIRE

Parámetro	Unidades	Técnica	Método aceptable o recomendado	Tiempo de exposición
Contaminantes criterio				
Material particulado, PM 10	µg/m ³	Gravimétrica Microbalanza Oscilante Dispersión de Luz Atenuación de rayos Beta, Óptico	UNE-EN 12341. Aire Ambiente. Método de Medición Gravimétrico Normalizado para la Determinación de la Concentración Máscica PM10 o PM2.5 de la Materia Particulada en Suspensión. U.S. EPA CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice J. UNE-EN 16450. Aire Ambiente. Sistemas Automáticos de Medida para la Medición de la Concentración de Materia Particulada (PM10; PM2.5).	Mediciones horarias y promedios 24 horas

Parámetro	Unidades	Técnica	Método aceptable o recomendado	Tiempo de exposición
			Métodos equivalentes aprobados por la USA EPA (40 CFR-50) o Unión Europea	
Material particulado, PM 2.5.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Gravimétrica Microbalanza Oscilante Dispersión de Luz Atenuación de rayos Beta, Óptico	UNE-EN 12341. Aire Ambiente. Método de Medición Gravimétrico Normalizado para la Determinación de la Concentración Másica PM10 o PM2.5 de la Materia Particulada en Suspensión. U.S. EPA CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice J. UNE-EN 16450. Aire Ambiente. Sistemas Automáticos de Medida para la Medición de la Concentración de Materia Particulada (PM10; PM2.5). Métodos equivalentes aprobados por la USA EPA (40 CFR-50) o Unión Europea	Mediciones horarias y promedios 24 horas
Óxidos de nitrógeno (NO_x).	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Quimioluminiscencia en Fase Gaseosa	U.S. EPA CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice F. UNE-EN 14211:2013. Aire ambiente. Método normalizado de medida de la concentración de dióxido de nitrógeno y monóxido de nitrógeno por quimioluminiscencia. Métodos de referencia o equivalentes aprobados por la USA EPA (40 CFR-53 Parte B métodos automáticos) o Unión Europea	Mediciones horarias
Dióxidos de azufre (SO_2).	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Fluorescencia Ultravioleta	U.S. EPA CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice A-1. Principio de Medición de Referencia y Procedimiento de Calibración para la Medición de Dióxido de Azufre en la Atmósfera, Método de Fluorescencia Ultravioleta. Métodos de referencia o equivalentes aprobados por la USA EPA (40 CFR-50, Anexo A o 40 CFR-53 Parte B métodos automáticos) Unión Europea UNE-EN 14212:2013 (Método normalizado de medida de la concentración de dióxido de azufre por fluorescencia de ultravioleta)	Mediciones horarias y promedios 24 horas
Monóxido de carbono (CO).	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Fotometría Infrarrojo No Dispersivo	U.S. EPA CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice C. UNE-EN 14626:2013. Método normalizado para la medición de la concentración de monóxido de carbono por espectroscopía infrarroja no dispersiva Métodos de referencia o equivalentes aprobados por la USA EPA (40 CFR-50, Anexo C o 40 CFR-53 Parte B; Métodos automáticos) o Unión Europea	Mediciones horarias y octohorarias
Ozono	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Quimioluminiscencia ultravioleta	U.S. EPA CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice D. Quimioluminiscencia	Mediciones octohorarias

Parámetro	Unidades	Técnica	Método aceptable o recomendado	Tiempo de exposición
			UNE-EN 14625:2013. Aire ambiente. Método normalizado de medida de la concentración de ozono por fotometría ultravioleta Métodos de referencia o equivalentes aprobados por la USA EPA o Unión Europea	
Otros contaminantes				
Metano. (CH ₄).	µg/m ³	CG-EM Ionizador de llama de hidrogeno	Métodos de referencia o equivalentes aprobados por la USA EPA, Unión Europea (EEA) o normas estándar ISO.	
Compuestos orgánicos volátiles (COVs), como mínimo: 1,2dicloroetano, 1,3butadieno, propileno, acetaldehído.	µg/m ³	CG-EM	Method TO-14A Determination Of Volatile Organic Compounds (VOCs) In Air Collected In Specially-Prepared Canisters And Analyzed By Gas Chromatography Method TO-15 Determination Of Volatile Organic Compounds (VOCs) In Air Collected In Specially-Prepared Canisters And Analyzed By Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS). Second Edition Compendium Method TO-17 Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Active Sampling Onto Sorbent Tubes	Mediciones diarias con tiempo de exposición de 24 horas
Hidrocarburos no metánicos (HCNM), etano, propano, butano, pentano, hexano	µg/m ³	CG-EM	Métodos de referencia o equivalentes aprobados por la USA EPA, Unión Europea (EEA) o normas estándar ISO. Method TO-12 Method for the Determination Of Non-methane Organic Compounds (NMOC) in Ambient Air Using Cryogenic Preconcentration and Direct Flame Ionization Detection (PDFID) ISO 14965:2000 Air quality — Determination of total non-methane organic compounds — Cryogenic preconcentration and direct flame ionization detection method	Mediciones diarias con tiempo de exposición de 24 horas
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	µg/m ³	CG-EM	Métodos de referencia o equivalentes aprobados por la USA EPA, Unión Europea (EEA) o normas estándar ISO. Compendium Method TO-15 Determination Of Volatile Organic Compounds (VOCs) In Air Collected In Specially-Prepared Canisters And Analyzed By Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS). Second Edition Compendium Method TO-17 Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Active Sampling Onto Sorbent Tubes Benceno: (UNE-EN 14662:2006, partes 1, 2 y 3, cromatografía de gases)	Mediciones diarias con tiempo de exposición de 24 horas

Parámetro	Unidades	Técnica	Método aceptable o recomendado	Tiempo de exposición
Formaldehído.	µg/m3	HPLC	Métodos de referencia o equivalentes aprobados por la USA EPA o Unión Europea Method TO-11A: Determination of Formaldehyde in Ambient Air Using Adsorbent Cartridge Followed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) Determinación del contenido de formaldehído de la atmósfera Método 116 Methods of air Sampling and Analysis. (3rd ed.) CRC Press. Lodge Jr, J. P. (1988). EPA SW-846 - Test Method 8520: continuous measurement of formaldehyde in Ambient Air	Mediciones diarias con tiempo de exposición de 24 horas
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos - HAP (Modelo de dispersión)	µg/m3		GC-MS	Compendium Method TO-13A Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Ambient Air Using Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) (para las fracciones diferentes a benzo(a)pireno) UNE-EN 15549:2008 (HAP, El método de medición comprende el muestreo de B(a)P como parte de las partículas PM10, la extracción de muestra y su análisis por: - Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), con detector de fluorescencia (DFL), O por cromatografía de gases, con detector de espectrometría de masas (CG/EM): ISO 12884:2000 Ambient air — Determination of total (gas and particle-phase) polycyclic aromatic hydrocarbons — Collection on sorbent-backed filters with gas chromatographic/mass spectrometric analyses. UNE-EN 15549:2008 UNE. Calidad del aire. Método normalizado para la medición de la concentración de benzo(a)pireno en el aire ambiente. ISO 16362:2005. Ambient air - Determination of particle-phase polycyclic aromatic hydrocarbons by high performance liquid chromatography
Sustancias generadoras de olores ofensivos				
Sulfuro de hidrógeno (H2S). .	µg/m3	Fluorescencia Ultravioleta / Oxidación Termocatalítica	Method 701. Methods of air Sampling and Analysis. (3rd ed.) CRC Press. Lodge Jr, J. P. (1988)	Mediciones horarias y promedios 24 horas
Amoniaco	µg/m3		Método CTM027 Método IO-4.2 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA). Determinación de compuestos inorgánicos en el aire ambiente.	

Parámetro	Unidades	Técnica	Método aceptable o recomendado	Tiempo de exposición
			Analizadores automáticos incluidos dentro del programa de Verificación de Tecnología Ambiental de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA). Muestreadores pasivos que cumplan con los criterios establecidos en la Norma Europea	

Se deberá presentar la línea base ajustada a los pozos para los parámetros de la tabla 10. El programa de monitoreo deberá incluir la medición de estos parámetros durante las actividades de FH-PH y durante el flujo de fluido de retorno.

Para el caso específico de vías que estén dentro del área de influencia del componente analizado, cuyo contaminante principal emitido es material particulado, en los casos en que existan centros poblados dentro del área de influencia del componente atmosférico, se deberán localizar estaciones vientos abajo de las fuentes identificadas.

6.1.6.3.1 Modelo de dispersión de contaminantes en el aire

En tanto que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible adopta la Guía de Modelación de Contaminantes Atmosféricos, para la modelación de contaminantes como mínimo se deben considerar los contaminantes criterio, establecidos en la Resolución 2254 de 2017 (excluyendo ozono) y los siguientes contaminantes: metano -CH₄, Compuestos Orgánicos Volátiles -COV, BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno), sulfuro de hidrógeno – H₂S e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos -HAP (benzo(a)pireno, naftaleno, clorobenceno, fenoles).. Se seguirán los siguientes lineamientos:

- **Formulación del problema a resolver mediante la simulación:** procedimiento que conlleva la selección de los procesos a representar y de las escalas y resoluciones a las que se hará la representación. En esta fase se identifican también las fuentes y receptores de interés y se elige el método más adecuado para su representación.
- **Formalización del modelo matemático:** etapa durante la cual se formulan las ecuaciones diferenciales que representan el proceso, se selecciona la aproximación matemática para la representación del problema (Gaussiana, Lagrangiana, Euleriana) y se define el modelo computacional que mejor represente el problema. En esta etapa se justifican los criterios tenidos en cuenta para la selección del modelo computacional, así como las configuraciones y parametrizaciones utilizadas.
- **Modelo conceptual:** Características de las fuentes: número, tipo, ubicación, geometría, altura, etc. Características de la emisión: contaminantes emitidos, tasas de emisión, factores de emisión, temperaturas, velocidades, etc. Condiciones iniciales y de frontera: concentración de fondo, topografía, usos del suelo y coberturas, información meteorológica inicial (sondeos, superficie, salida de modelos mesoescala).
- **Selección y validación de los datos de entrada:** procedimiento estándar dentro del proceso experimental que resulta de suma importancia en razón a que la disponibilidad de los datos es con frecuencia uno de los criterios decisivos en la formulación o selección del modelo matemático. Se deben describir los criterios de selección y validación utilizados.
- **Análisis de sensibilidad de los resultados:** durante esta fase se definen bandas de confianza para la simulación. El procedimiento puede realizarse automáticamente para determinar la sensibilidad de cada variable a cada parámetro, mediante variaciones individuales o combinadas.

El análisis de sensibilidad se enfoca a aquellos parámetros o variables que son asumidas y de las cuales no se tienen datos medidos en campo, por ejemplo, la estimación de emisiones por

métodos indirectos (contenido de finos, contenido de humedad, factores de emisión, factores de actividad, capacidades caloríficas de combustibles, entre otros),

Además, se deberá realizar la validación de la información meteorológica e información de elevación de terreno (modelo digital de terreno) mediante su comparación con datos primarios.

- **Definición del dominio de modelación:** El tamaño del dominio de modelación depende del tipo de fuente, de las emisiones másicas, del tipo de contaminante y del modelo seleccionado para llevar a cabo el estudio. Modelos simples pueden requerir información de las actividades presentes en el dominio de modelación (rural o urbano) y la complejidad del terreno. Para elegir el tamaño del dominio de modelación se deben considerar:
 - Las áreas donde los receptores sean sensibles a la dispersión.
 - Otras fuentes de emisión que deban ser incluidas en la modelación en la medida que éstas no hayan sido incluidas en la medición de la concentración de fondo.
 - El espaciado mínimo entre receptores será entre 300-500 m

Para determinar el área de influencia del componente atmosférico, se debe proyectar el comportamiento de los contaminantes presentes en el aire y estimar sus concentraciones durante el desarrollo del proyecto (construcción, perforación, fracturamiento y pruebas hasta dimensionamiento de yacimiento). La simulación de las emisiones generadas por cada una de las actividades asociadas al proyecto y de la dispersión de las mismas, debe realizarse utilizando herramientas de modelación y software especializados.

- **Simulación atmosférica de la dispersión de contaminantes:** El objetivo de esta fase es identificar el comportamiento de los contaminantes en el dominio de modelación. Se deben modelar, como mínimo, tres escenarios:
 - Primer escenario: Línea base (en caso de existir fuentes de emisiones), sin proyecto.
 - Segundo escenario: Operación del proyecto sin medidas de control. El escenario de operación se define como la simulación para el año más crítico, es decir, el año con las mayores emisiones. La distribución temporal de las emisiones deberá realizarse según la duración estimada de cada fase del proyecto durante el año crítico.
 - Tercer escenario: Operación del proyecto con medidas de control.

Para cada escenario se debe aplicar un modelo de dispersión en cuyo procedimiento se analice, como mínimo: los datos de entrada y de salida (anexar los archivos de entrada y de salida originales del modelo), el procedimiento utilizado y los criterios de selección y validación de la información de entrada; se debe presentar información detallada de los parámetros requeridos para ejecutar la simulación, entre los cuales se encuentran:

- Inventario y posible localización de todas las fuentes de emisión que contempla el proyecto, las cuales deben ser incluidas como parte de los datos de entrada para alimentar la modelación (fuentes fijas que a su vez pueden ser dispersas, de área o puntuales, y fuentes móviles). A partir de los criterios aceptados internacionalmente para el análisis de emisiones, se deben estimar las emisiones de cada una de las fuentes del proyecto.
- Análisis de la información meteorológica utilizada (velocidad y dirección del viento, temperatura, altura de mezcla y estabilidad atmosférica, entre otros) y características de la estación o estaciones de donde se tome dicha información.

Cuando no exista información disponible de estaciones meteorológicas del IDEAM la información meteorológica puede ser tomada de los datos de reanálisis global (Global Reanalysis), obtenidos directamente de internet de fuentes confiables y que puedan ser validadas como por ejemplo los modelos de clima o tiempo (CFRS, ERA 40, CAM, WRF, etc.).

Se deben precisar los diferentes análisis de consistencia a los datos meteorológicos disponibles y utilizados en la modelación. Se debe tener en cuenta que para que un modelo de dispersión provea estimaciones precisas, la información meteorológica usada en el mismo debe ser

representativa de las condiciones de transporte y dispersión de partículas (anexar los archivos meteorológicas de modelación y aquellos utilizados para su generación y construcción)..

- Información topográfica del área modelada que pueda influir en los resultados de la modelación (anexar los archivos topográficos ingresados al modelo).
- Localización de los lugares o sitios de interés (receptores) sobre los cuales se debe enfocar el análisis del impacto atmosférico, teniendo en cuenta especialmente las áreas pobladas localizadas en el área de influencia del componente (anexar la cartografía base utilizada en la identificación de centros poblados o receptores).
- Información de calidad del aire utilizada para el análisis de resultados del modelo y el análisis de las concentraciones de fondo.

Para el caso en que no existan fuentes de emisión (fijas o móviles) en el área de influencia del componente atmosférico, la modelación se referirá sólo al segundo y tercer escenario. Para ello se debe realizar la justificación correspondiente y anexar el estudio de calidad del aire de línea base que verifique la información anterior.

- **Validación de datos simulados:** el propósito principal de este proceso es definir la metodología mediante la cual van a compararse los resultados del modelo con las concentraciones atmosféricas reales obtenidas mediante monitoreo de calidad del aire, en un rango que se considere aceptable. Como mínimo, deben calcularse los índices estadísticos típicamente usados en la validación de modelos matemáticos: el coeficiente de correlación, el error cuadrático promedio normalizado y el sesgo fraccional. Estos índices pueden compararse directamente con la coordenada correspondiente en el modelo o calcularse como el promedio de los índices entre el punto observado y las celdas adyacentes al punto.
- **Informe de resultados de modelación:** Los resultados de la modelación deben ser reportados de manera concisa y clara. El desarrollo de la modelación debe indicar cuáles son los aportes de contaminación producto de las actividades del proyecto, en relación con las concentraciones de fondo y los aportes de las fuentes ajenas al proyecto que tienen incidencia en la zona, haciendo estimaciones de inmisión para las áreas de asentamientos humanos rurales y zonas críticas identificadas. Por otra parte, la modelación debe permitir:
 - Identificar las zonas de mayor incremento en la presencia de contaminantes de interés para cada uno de los escenarios del proyecto.
 - Valorar la magnitud del impacto realizando un análisis de excedencias esperadas en función del número de ocurrencias y localización en el período y tiempos de exposición evaluados. Adicionalmente se debe realizar un análisis detallado del impacto en los receptores sensibles a fin de presentar los niveles de contaminación a que se encuentran expuestos en los períodos de exposición aplicables Resolución 2254 de 2017).
 - Identificar el aporte de contaminantes que realiza cada fuente o grupos de fuentes (Fuentes móviles y fuentes fijas puntuales o dispersas) sobre la calidad del aire.

La estructura del informe debe corresponder a la siguiente:

- Objetivo de la modelación / simulación
- Modelo conceptual
- Descripción del modelo
- Validación y análisis de sensibilidad
- Escenarios modelados
- Análisis de resultados
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencias
- Anexos electrónicos

Los mapas de dispersión de contaminantes se deben presentar con el tiempo de exposición para cada parámetro en términos de la normatividad vigente, teniendo en cuenta la adición de la

concentración de fondo, con la cual se determine el área de afectación debido a las fuentes presentes hacia cada uno de los receptores (destacando la presencia de receptores sensibles) y centros poblados identificados.

Los datos e información cartográfica del componente se deben presentar de acuerdo con las especificaciones establecidas en el MAG. La anterior información se debe presentar en mapas a escala 1:10.000 o más detallada y de acuerdo con lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

6.1.6.4 Ruido

Para evaluar el impacto de las actividades del PPII en el nivel de ruido, se deberán identificar las fuentes generadoras de ruido, se deberá monitorear y se deberá realizar un ejercicio de modelización con el fin de proyectar los niveles de presión sonora que pueden llegar a generarse por las actividades del PPII.

Inventario de fuentes de generación de ruido e identificación de receptores

Se debe realizar un inventario de fuentes generadoras de ruido para el área de influencia del componente atmosférico, en el cual se deberán identificar y georreferenciar:

- Fuentes de generación de ruido existentes y proyectadas, clasificadas por fijas, de área y lineales y los trazados de operación de las fuentes móviles con sus respectivos aforos.
- Información del flujo vehicular en un lapso mínimo de veinticuatro (24) horas continuas, por día, en día hábil y festivo, que debe incluir periodos de mayor y menor flujo y la clasificación de los vehículos por peso y tipo de combustible.
- Identificación y características del punto de aforo (como mínimo ancho de calzada, número de carriles, material de rodadura de la vía, pendiente).
- Los potenciales receptores de interés en asentamientos humanos rurales (viviendas, infraestructura social económica, cultural y/o recreativa), en zonas agropecuarias y en áreas con elementos naturales susceptibles (p. e. AICA), entre otras.

Metodología de monitoreos

Se debe realizar un muestreo de los niveles de presión sonora (ruido ambiental) en las zonas que se hayan identificado como las más sensibles (entre las que se deben considerar: áreas habitadas, zonas de actividades pecuarias, áreas con especial presencia de fauna silvestre como las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), áreas de importancia para la biodiversidad y/o servicios ecosistémicos (entre otras). y áreas donde se identifiquen fuentes de generación de ruido (áreas con presencia de actividades industriales, comerciales) que interfieran de manera significativa en clima sonoro de la zona objeto de estudio, de tal manera que se constituyan en la línea base del proyecto. Los muestreos deben realizarse de conformidad con los parámetros y procedimientos establecidos en la normativa vigente.

Los muestreos se deben ejecutar conforme a la ubicación de las fuentes de emisión que hagan parte del proceso constructivo, perforación, completamiento, fracturamiento hidráulico en perforación horizontal FH-PH, limpieza y dimensionamiento, de manera que permitan analizar las emisiones sobre las áreas sensibles, siguiendo la metodología establecida en la Resolución 0627 del 2006 expedida por el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, o aquella que la modifique o sustituya.

El número de puntos de muestreo debe ser significativo para cubrir las zonas posiblemente afectadas. Igualmente se deben definir parámetros, valores máximos permisibles, procedimientos, tomando como base la normatividad nacional y utilizando software especializados de ruido, considerando que las plataformas de modelización acústica deben contar o tener en cuenta recomendaciones de calidad en cuanto a procesos de desarrollo de software (Ej. sistemas de calidad ISO) e implementación de métodos de cálculo o estándar aplicables (Ej. ISO 9613), por medio programas de validación o calidad de los procedimientos empleados por el fabricante, permitiendo asegurar la calidad de los resultados, adicionalmente deben contar con respaldo o representación

técnica idónea (Ej. Pertenecientes a grupos de trabajo de agremiaciones de reconocimiento internacional (ISO 17534 entre otras), publicaciones o artículos de investigación, aplicación de normativas internacionales, investigación), deben contar con programas de actualización y mantenimiento constante del software como de los métodos de cálculo o estándar que estos incluyan. Para los muestreos se deben tomar registros mínimo de tres (3) días a la semana, uno de los cuales debe ser domingo. Los tiempos del monitoreo de ruido, deben comprender las 24 horas del día, contemplando el periodo diurno y nocturno, y se deberá verificar frente a los límites establecidos en la Resolución 627 de 2006.

Presentación de informes

Se debe presentar un informe de los puntos muestreados, con una descripción clara de las fuentes sonoras que influyen en las mediciones, tipo de emisión y modo de operación. Se deben anexar los reportes de los muestreos sin procesamiento, junto con la memoria de sumatorias de niveles y aplicación de los ajustes K en formato Excel.

Se deben presentar en planos las curvas de igual presión sonora (isófonas) en el área de influencia del componente; estos niveles, se deben comparar con los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, En el caso de que los niveles registrados superen los límites establecidos en la norma, debido a fuentes de emisión naturales, o fuentes diferentes a las del proyecto, se debe realizar el respectivo análisis sustentado técnicamente. Es importante que en este análisis se incluyan los niveles de presión sonora existentes y su comportamiento al introducir nuevas fuentes.

6.1.6.4.1 Modelo de ruido

Los modelos proyectados de emisiones acústicas deberán considerar el total de fuentes involucradas en las etapas del proyecto. Dichos modelos deben ser obtenidos por medio de software especializados en cálculos de dispersión de ruido, tomando como referencia base el estándar ISO 9613-2 y de forma complementaria para la obtención de datos se recomienda tener en cuenta las recomendaciones internacionales de adecuada idoneidad (estándares internacionales, agremiaciones, entre otros), los cuales deben estar debidamente sustentadas.

Se debe realizar una simulación que permita proyectar los niveles de presión sonora que pueden llegar a generarse como producto de la realización de las obras de construcción y las actividades de operación del proyecto, con la cual se pueda visualizar y evaluar la afectación que, sobre receptores sensibles, tengan los niveles de presión sonora monitoreados. La simulación para la etapa de operación debe demostrar que se cumplen los niveles previstos de la Resolución 0627 de 2006 o la que la modifique, sustituya o derogue; con base en esta información si es del caso, se debe proponer medidas de mitigación del impacto por ruido.

Se deben incluir las previsiones establecidas en la Sección 5, Capítulo I, Título 5, Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1076 de 2015, y en las normas que lo modifiquen, sustituyan o deroguen. En particular se deben tener en cuenta las especificaciones consignadas en el artículo 2.2.5.1.5.12 del citado Decreto con relación a las zonas de amortiguación de ruido.

En este sentido, se deberán evaluar tres escenarios (actual sin proyecto, futuro con proyecto sin medidas de control y futuro con proyecto con medidas de control) teniendo en cuenta los siguientes lineamientos:

- Metodología: identificación y selección del sistema de modelación a emplear, indicando supuestos, consideraciones y limitaciones, tanto de la información utilizada como de los resultados obtenidos. Debe incluir criterios acústicos (difracción, reflexión, absorción y modelo digital de elevación de terreno, entre otros).

Identificar y seleccionar el marco conceptual de modelación (norma de modelación aplicable por actividad, y metodología de cálculos, aceptados internacionalmente). Adjuntar archivos de entrada, de salida y de procesamiento.

Inventario de fuentes (puntuales, de área y lineales) , georreferenciado, por tipo de escenarios con las correspondientes potencias acústicas en dB(A), globales y por octava, aportando las

fuentes de información . De igual manera el solicitante debe informar la altura de las fuentes teniendo como referencia el modelo digital de elevación.

- Potenciales y receptores: debe realizarse de acuerdo a los lineamientos establecidos en el numeral “Ruido” (6.1.6.4 del presente documento).
- Las variables meteorológicas a emplear son temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, viento (dirección y velocidad) Esta información debe corresponder con los lineamientos establecidos en el numeral sobre Meteorología, 6.1.6.1 del presente documento.
- Topografía (modelo digital de elevación de terreno): Para la realización del cálculo de emisiones de ruido se debe contar con un modelo digital de terreno específico del proyecto y su área de influencia para la curva de 30 dB(A) (sin limitarse a esta). Se debe evitar la utilización de modelos digitales de superficie, puesto que estos incluyen elementos no representativos del terreno, generando distorsión en los resultados de cálculo que no corresponden con la realidad del proyecto (apantallamientos, difracciones).
- El modelo de terreno debe abarcar el área total de cálculo, la cual debe incluir como mínimo los receptores identificados previamente, las vías o fuentes lineales objeto de análisis. Se deben presentar anexos al Estudio de Impacto Ambiental, los archivos de entrada, de salida al motor de cálculo y archivos del modelo digital de elevación de terreno (curvas de nivel o puntos de elevación).
- Los datos de salida deben adjuntar los resultados del cálculo de las Isófonas como archivo Shape File y Raster, los valores de ruido asociados a receptores y el reporte del cálculo generado directamente desde el software.
- Reportar el tipo de sistema de control empleado documentando sus características, el método de cálculo empleado por el modelo, la atenuación final obtenida, la ubicación debidamente georreferenciada, fuente asociada, fuente de obtención del método o sistema empleados el cual debe ser de reconocida idoneidad (p.ej. estándares internacionales, fabricante).

Los resultados de la modelación deben ser presentados en planos con curvas isófonas, donde se identifiquen claramente las fuentes de generación de ruido, los receptores sensibles identificados y las curvas isófonas. Adicionalmente, debe presentar un documento técnico de soporte asociado a los resultados, en donde se detalle el proceso metodológico utilizado, los insumos, configuración del proceso de cálculo, listado de fuentes, descripción de escenarios y todas aquellas condiciones relevantes para el proceso de modelización.

6.1.6.5 Olores ofensivos

En cuanto a la generación de olores ofensivos, se debe evaluar si durante las diferentes etapas del proyecto, se pueden generar sustancias o mezcla de sustancias generadoras de olores ofensivos de acuerdo con lo establecido en la Resolución 1541 de 2013 Se deberán medir las sustancias indicadas en la Tabla 10 y comparar con los niveles máximos permisibles establecidos en citada resolución.

6.1.7 Fuentes Naturales de Radiación Ionizante

Se debe tomar una línea base de radiación de fondo natural (natural background) teniendo en consideración registros históricos (como *gamma ray* y núcleos de perforación) de pozos existentes en el área de influencia y en especial, para las áreas de interés con similitudes geológicas e hidrogeológicas del PPII. De manera puntual, se debe tomar una línea base del fondo radiactivo natural (*background*) en superficie en las áreas previstas para las actividades del PPII para detección de radiación ionizante alfa, beta y gama, a través de análisis dosimétricos con monitores de mano de amplio espectro.

Igualmente, se debe realizar análisis de los radionúclidos para todas las matrices (agua, suelo, aire) donde habrá presencia de los fluidos de retorno o agua de producción (almacenamiento, tratamiento o disposición) o almacenamiento de tubería de perforación.

Se deben medir los elementos de la Tabla 11, en relación con cada componente, el Interesado deberá determinar otros más, atendiendo las características previstas de los fluidos del proceso de FH-PH:

Tabla 11, Elementos radiactivos de interés de origen natural por componente

Aire	Suelo	Agua Superficial	Agua Subterránea	
(Bq/m ³)	(Bq/g)	(Bq/L)	(Bq/L)	
²²² Rn y productos de decaimiento	²²⁶ Ra	²²⁶ Ra	²²⁶ Ra,	
	²²⁸ Ra	²²⁸ Ra	²²⁸ Ra	
	⁴⁰ K	²²⁴ Ra	²²⁴ Ra	
	²¹⁰ Pb	²¹⁰ Pb	²¹⁰ Pb	
	²³² Th	²²² Rn	²²² Rn	
	²³⁸ U			

Se deben aplicar los lineamientos técnicos para el muestreo (etapas, puntos de muestreo y metodología para la toma de muestras) y análisis de laboratorio que suministre el SGC, para la caracterización de las fuentes naturales de radiación.

El manejo de sustancias que exceden los límites que establezca el Minenergía, están sujetos a los criterios de vigilancia radiológica asociados con la exposición natural de acuerdo con el instrumento que expida Minenergía para poder dar cumplimiento al Artículo 9 de la Resolución 40185 de 2020 de ese Ministerio.

6.2 MEDIO BIÓTICO

El interés de esta sección es la de definir un procedimiento estandarizado y por tanto repetible, tanto para la formulación de la línea base local, del estado de la biodiversidad, como de su posterior monitoreo, en tanto se desconoce el impacto de la actividad sobre los ecosistemas y el componente biótico en las áreas de influencia de los Proyectos Piloto de Investigación (PPI).

Basado en lo anterior, y teniendo en cuenta la megadiversidad de nuestro país, y el alto número de especies endémicas, se hace necesario realizar una especial y profunda propuesta de monitoreo de los diversos impactos a partir de la generación de una línea base apropiada que permita generar los indicadores apropiados (vitales) que puedan monitorearse durante y posterior a la implementación en las áreas de intervención de este tipo de proyectos en campo en el corto, mediano y largo plazo (ver Anexo 3).

Sin embargo, debido a la heterogeneidad de las áreas en Colombia, uno de los mayores desafíos en la cuantificación y monitoreo de los efectos del Fracturamiento Hidráulico Multietapa con Perforación Horizontal - FH-PH son el enorme potencial de variación dentro y entre diferentes ecosistemas existentes en nuestro país.

Para la caracterización del medio biótico, se deben tener en cuenta los aspectos metodológicos definidos en el Anexo 3, para aquellos aspectos metodológicos no definidos en este anexo, se debe seguir lo establecido en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, acogida mediante Resolución 1402 de 2018 del Minambiente, o aquella que la modifique, o sustituya. Para el levantamiento de la información se debe contar con el *Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales* teniendo en cuenta los métodos establecidos en el presente documento.

Se deberán identificar las coberturas de la tierra en mapas escala 1:10.000 o de mayor detalle, al menos a un nivel 3 de CLC. El muestreo deberá realizarse por coberturas, que representen un gradiente de transformación dentro de las unidades espaciales, de tal manera que se evalúe la heterogeneidad ambiental de la zona y que, además, se pueda contrastar entre las unidades de muestreo (coberturas). Dichas unidades deberán reportarse según el MAG.

Para la caracterización del medio biótico se deberán realizar muestreos en los diferentes periodos de lluvias manifestados en el territorio de análisis, es decir temporada de mayor precipitación y

temporada de menor precipitación para un periodo de 6 meses. Así mismo, con información secundaria de la línea base ambiental disponible, se debe analizar dicha información del medio biótico en los periodos de variabilidad climática extrema, como son periodo de lluvias muy por encima del promedio años 2010, 2011 y 2012 y de lluvias muy por debajo del promedio años 2015 y 2016.

Para efectos del monitoreo, se deberá mantener la misma periodicidad, con el fin de garantizar la comparación de la información respecto a la línea base.

Las coberturas de la tierra se deberán definir, sectorizar y describir según la metodología *Corine Land Cover* adaptada para Colombia (IGAC, 2010). Esta nomenclatura puede ser ajustada durante la fase de elaboración de acuerdo a las características del área de influencia, pero sin modificar los niveles 1, 2 y 3.

Se deben realizar análisis de estructura de las coberturas presentes en el área de influencia de los componentes del medio biótico, con el fin de determinar su sensibilidad, estado y uso actual, análisis de fragmentación y tendencias de poblamiento; para ello, se deberá tener en cuenta la información secundaria disponible, como imágenes de satélite, fotografías aéreas, estudios, monitoreos, mapas de especies, entre otros, la cual debe ser validada en campo.

Para el levantamiento de la línea base biótica se recomienda: realizar en primera medida la recopilación de toda la información secundaria disponible en el Global Biodiversity Information Facility (GBIF), el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia – SiB, las colecciones biológicas Nacionales, buscando grupos de organismos que tengan distribución en la región, así mismo realizar una búsqueda documentada en bases de datos y literatura científica sobre características de la biodiversidad, servicios ecosistémicos, componentes sociales y abióticos en las áreas de perforación exploratoria y zonas aledañas.

Dicha búsqueda y recopilación de información secundaria preliminar, deberá contar con una descripción detallada tanto de los criterios y recursos que se usaron para la búsqueda de literatura, como de los procedimientos que se utilizaron para verificar los registros obtenidos de fuentes secundarias en cuanto a verificación taxonómica (que todas las especies estén reportadas con su nombre más actualizado), verificación geográfica (que todos los registros correspondan realmente a la zona de estudio) y verificación ecológica (que todas las especies reportadas si tenían un rango de distribución posible en la zona de estudio en el momento que fueron registradas). Con esto se pretende contar con una evaluación del estado del conocimiento de la biodiversidad, identificar necesidades de información y establecer planes de acción que serán útiles para complementar los datos obtenidos en la fase de campo.

Finalmente, se debe adelantar un levantamiento de información en campo con el fin de precisar las condiciones de los diferentes grupos taxonómicos que son buenos indicadores del estado de los ecosistemas presentes en el área de influencia. Los grupos taxonómicos se seleccionaron, según su potencial de indicar un proceso de cambio por algún disturbio específico de este tipo de proyectos.

Dentro de los grupos de la biodiversidad se debe considerar los siguientes:

- Invertebrados (sensibles a cambios en coberturas terrestres)
- Anfibios (sensibles a cambios en la interfase agua-tierra)
- Reptiles (sensibles a cambios en coberturas terrestres)
- Aves
- Mamíferos (sensibles a cambios en coberturas terrestres)
- Microorganismos (METABARCODING EN AGUA Y SEDIMENTOS) (Sensibles a cambios en la composición fisicoquímica del agua)
- Paisajes sonoros (Da una idea de grupos de organismos a nivel de comunidad, varias especies al tiempo)
- Comunidades de Hidrobiológicos (ver sección Ecosistemas acuáticos (componente hidrobiológico) Sensibles a cambios en la composición fisicoquímica y biótica del agua)

Tanto para el levantamiento de la información a nivel de ecosistemas como para el desarrollo de los muestreos de cada uno de los grupos biológicos seleccionados, se debe revisar el Anexo 3 (Numeral

1) donde se detallan los requerimientos de los levantamientos, se precisan criterios y se relacionan los análisis específicos que se deben adelantar.

El fin último es generar una línea base robusta que permita hacer análisis comparativos y permita identificar aquellas especies con potencial de indicadores del estado de salud de los hábitats muestreados. Analizar la estructura para cada uno de los grupos en estudio, con base en atributos de composición, riqueza y abundancia de cada taxón para cada una de las unidades de cobertura presentes en el área de influencia. La diversidad local debe ser cuantificada usando índices de riqueza y dominancia, tales como el de dominancia de Simpson, o los de diversidad de Shannon-Weiner y de Margalef. En lo que respecta al recambio de especies entre comunidades se pueden utilizar índices como el de Bray-Curtis, de similitud de Jaccard o el de complementariedad.

6.2.1 Paisajes sonoros

Cada lugar en el planeta tiene una huella acústica particular que puede responder de manera diferente a impactos (Lomolino et al. 2015, Deichmann et al. 2018). Esta otra dimensión de la biodiversidad (Rodríguez-Buriticá et al. 2019) deberá ser abordada desde el espectro audible, o percibido por el humano, así como desde el ultra o infra sonido, no percibido por el oído humano (Browning et al. 2017). El objetivo de monitorear acústicamente la biodiversidad alrededor de los pozos no convencionales será evaluar los posibles efectos que la actividad de operación en ellos tenga sobre la dinámica de la actividad acústica y ensamblaje de la comunidad acústica, en contraste con el ecosistema natural de la región, comparación que será realizada por el Estado.). En el Anexo 3 (Numeral 1), se especifican lineamientos a considerar para realizar el análisis de los paisajes sonoros a muestrear.

6.2.2 Microorganismos

Los servicios que prestan los ecosistemas y de los que dependen las sociedades, como el ciclaje de nutrientes, la productividad de plantas y la mitigación de la crisis climática a través del secuestro de carbono, dependen directamente de la composición y diversidad de comunidades microbianas (Delgado-Baquerizo et al., 2016; Wagg et al., 2014). Reducciones en la diversidad de comunidades microbianas, como aquellas causadas por actividades asociadas al fracking (Cluff et al., 2014; Trexler et al., 2014), podrían alterar la capacidad de ecosistemas de prestar dichos servicios a la sociedad. En el Anexo 3 (Numeral 3), se especifican lineamientos a considerar para realizar el muestreo y análisis de los microorganismos en agua.

6.2.3 Ecosistemas acuáticos, componente hidrobiológico

Con el fin de determinar la composición y estructura de la hidrobiota presente en los ecosistemas acuáticos presentes en el área de influencia del componente, grupo de componentes o del medio biótico, se deberán caracterizar las comunidades hidrobiológicas a partir de muestreos de perifiton, bentos y fauna íctica en sistemas lóticos y lénticos y adicionalmente muestreos de plancton y macrófitas en sistemas lénticos. Se analizarán sus diferentes hábitats, la distribución espacial y temporal (temporada de mayor precipitación y temporada de menor precipitación) y las interrelaciones con otros ecosistemas, empleando las herramientas estadísticas e índices ecológicos adecuados. Así mismo, se deben analizar estas comunidades como indicadores de calidad biológica del agua a partir de la correlación de los datos fisicoquímicos registrados en los monitoreos.

Para el desarrollo de los muestreos de la composición y estructura de la hidrobiota presente en los ecosistemas acuáticos, se debe revisar el Anexo 3 (Numeral 4) donde se detallan recomendaciones para el muestreo de perifiton, bentos y fauna íctica. Las metodologías específicas y criterios para el análisis de los resultados serán definidos de acuerdo a la particularidad de los ecosistemas y las áreas de influencia del PPII, con esto se garantizará la obtención de los datos y su interpretación, tendiente a generar insumos que permitan evaluar la trascendencia de los impactos sobre este componente.

Las especies migratorias, en veda, endémicas y/o amenazadas de acuerdo a la Resolución 1912 de 2017 de Minambiente, o aquella norma que la modifique, sustituya o derogue, los listados de la IUCN y los Apéndices I, II y III de la CITES y/o que no hayan podido ser identificadas taxonómicamente

deberán ser informadas a las entidades competentes como el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional, el Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Sinchi o IIAP (cuando aplique) u otras entidades adscritas al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Los índices ecológicos del componente hidrobiológico deben desarrollarse de acuerdo con el numeral 4,3 del Anexo 3, sin perjuicio de que se puedan considerar otros parámetros de calidad de agua que puedan afectar los grupos del componente hidrobiológico, según el resultado del análisis del impacto potencial de la actividad que haga el Interesado.

6.2.4 Fauna y flora

Como requerimiento general para los componentes de fauna y flora se debe:

a) Realizar inventario de especies de los grupos taxonómicos definidos por separado, por unidad de cobertura, con la georreferenciación y la temporalidad del sitio de muestreo, indicando la categoría de cada una de las especies de acuerdo con las categorías establecidas por la Resolución 1912 de 2017 o aquella norma que la modifiquen, adicionen o sustituyan, la UICN, libros rojos, la CITES y los actos administrativos de categorización generados por las Corporaciones Autónomas Regionales.

Se deberá precisar si las especies son endémicas o en veda a nivel nacional o regional, y en ese caso presentar las coordenadas ubicación. Asimismo, se debe reportar a las entidades competentes (tales como el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, el IAvH, el SINCHI y el IIAP) las nuevas especies halladas.

b) Presentar un mapa de cobertura vegetal y de distribución en especies faunísticas por separado mostrando la composición y estructura y uso actual del suelo a escala 1:10.000, o de mayor detalle. Los sitios de monitoreo deberán estar debidamente georreferenciados.

c) Especificar si las especies son de importancia económica, ecológica y/o cultural.

d) Describir los principales usos dados por las comunidades a las especies de mayor importancia.

e) Identificar las potenciales presiones existentes sobre fauna y flora.

La identificación de las especies deberá ser efectuada a nivel de especie o al mejor nivel taxonómico posible. Debe documentar el proceso de identificación incluyendo:

1) Quién(es) hicieron la identificación de especies.

2) Dónde y cómo se hizo la identificación de especies (en campo usando guías específicas, en laboratorio usando material de referencia específico, etc).

3) Cuáles procesos de, curaduría de información y control de calidad emplearon para garantizar la calidad de los registros de las especies recolectada.

4) Cuáles procesos contemplan o contemplaron para documentar las especies no esperadas.

f) Se deben identificar los hábitats de preferencia y su distribución para fauna y flora, si en el área de influencia del componente, grupo de componentes o del medio se identifican especies clasificadas en las categorías “vulnerables” (VU) en “peligro” (EN) o en “peligro crítico” (CR), con base en los criterios establecidos en la lista roja de la UICN, listas rojas publicadas por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, y la Resolución 1912 de 2017.

6.2.4.1 Requerimientos adicionales para flora

La evaluación de la flora y vegetación terrestre en el área de influencia del PPII debe enfocarse a generar información que permita caracterizar las coberturas vegetales y dar soporte a las variaciones que se observen en la fauna monitoreada.

Los muestreos que se lleven a cabo para la caracterización florística deberán efectuarse a partir del levantamiento de parcelas y ser estadísticamente representativos en función del área para cada

unidad de cobertura. En el Anexo 3 (Numeral 2), se especifican los lineamientos del muestreo a considerar para realizar el análisis y la caracterización florística requerida para el proyecto.

Con el fin de determinar las características de composición y estructura de cada cobertura se deberán tener en cuenta como mínimo los siguientes aspectos:

- a) Estado sucesional
- b) Inventario de especies por unidad de cobertura según las categorías establecidas por la Resolución 1912 de 2017 o aquella norma que la modifique, o sustituya y según las categorías CITES y UICN. Indicar presencia de especies en veda y/o endémicas.
- c) Determinar el índice de biodiversidad de las unidades de cobertura vegetal delimitadas.
- d) Abundancia, dominancia y frecuencia.
- e) Índice de Valor de Importancia (IVI).
- f) Densidad y distribución por clase diamétrica y altimétrica de las diferentes especies encontradas.
- g) Diagnóstico y análisis de la regeneración natural (dinámica sucesional para brinzales y latizales).
- h) Perfiles de vegetación por unidad de cobertura vegetal, con su respectivo análisis.

Adicionalmente se deben presentar los formularios de recolección de información (planillas de campo) para la caracterización de las unidades de cobertura vegetal identificadas.

6.2.4.1.1 Caracterización de la flora en Categoría de Veda Nacional y/o Regional

Posterior a la caracterización de los diferentes ecosistemas o coberturas en el Área de Influencia del proyecto, para las especies en Categoría de Veda se debe dar cumplimiento del Decreto 2106 de 2019 y los lineamientos incluidos en la comunicación 8201-2-808 de 9 de diciembre de 2019 de Minambiente, y las normas que los modifique, sustituya o derogue, y relacionar de manera clara la siguiente información, según el tipo de individuos en dicha categoría: -

- Muestreo a través de la metodología Grenstein 2003 para las especies de los grupos taxonómicos de Bromelias, Orquídeas, Musgos, Hepáticas, Anthocerotales y Líquenes, incluidas en la Resolución 213 de 1977 o las norma que la modifique o sustituya, que se desarrollan en los diversos hábitos de crecimiento (epífita, terrestre, rupícola).
- Censo al 100% de los individuos fustales (DAP >10cm) de las especies arbóreas y helechos arborescentes en veda nacional y/o regional (con nombre científico, soporte de la determinación taxonómica de la especie y coordenadas de localización. De encontrarse individuos de especies arbóreas y helechos arborescentes en veda nacional y/o regional, con diámetro a la altura del pecho (DAP) menor a 10 cm (brinzales y latizales), se deberá presentar la caracterización de la regeneración natural en el área de intervención.
- Determinación taxonómica más aproximada a nivel de especie y clasificación por grupo taxonómico, con certificado emitido por un herbario o un profesional, con soportes de su experiencia en el tema y evidencias de las determinaciones realizadas.
- Fotografías, protocolos empleados, etc.

6.2.4.2 Análisis de fragmentación³⁹.

Utilizar, para el análisis de fragmentación, las unidades de cobertura vegetal de tipo natural y seminatural en dos temporalidades: temporada de mayor precipitación y temporada de menor precipitación. Emplear métricas de parche (p. e. distancia euclidiana al vecino más cercano), métricas de clase (p. e. área total, número de parches, distancia de borde, radio de giro, índice de forma, índice de dimensión fractal) y métricas de paisaje (índices de diversidad), para definir el

³⁹ Se podrán utilizar herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para realizar los análisis de fragmentación.

estado actual del área y la dinámica de la zona en términos de tamaño, número de parches, aislamiento, forma y la identificación de los agentes que más contribuyen con el cambio.

De manera complementaria al uso de métricas, se debe realizar un análisis de conectividad de tipo estructural y funcional, dicho análisis debe ser multitemporal o con información de varios periodos de tiempo (de acuerdo a la disponibilidad de información). El mismo debe arrojar dentro de sus resultados la descripción de los elementos que aportan a la conectividad del territorio con el propósito de establecer medidas para asegurar la sostenibilidad de los hábitats.

6.2.5 Áreas de Especial Interés Ambiental (AEIA)

Especificar si en el área de influencia del proyecto se presentan:

- Ecosistemas sensibles y estratégicos identificados en el ámbito local, regional, nacional, y/o internacional (p. e. humedales, páramos, bosques secos, entre otros).
- Áreas sensibles y estratégicas identificadas en el ámbito local, regional, nacional, y/o internacional (p. e. zonas de recarga de acuíferos, rondas hídricas, entre otras).
- Áreas con prioridades de conservación contempladas por parte de Parques Nacionales Naturales de Colombia, dentro de las que se incluyen también las Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente⁴⁰.
- Áreas de Reservas Forestales Protectoras Nacionales.
- Áreas protegidas (de carácter público o privado) legalmente declaradas.
- Zonas amortiguadoras declaradas para las áreas protegidas del SPNN (en caso de que la hubiere) y zonas con función amortiguadora.
- Áreas de reserva forestal definidas por la Ley 2 de 1959 y sus reglamentaciones.
- Áreas con distinciones internacionales (estrategias complementarias para la conservación de la biodiversidad) y áreas con protección conferida por los instrumentos de ordenamiento o planificación del territorio y áreas de reglamentación especial (p. e. Sitios Ramsar, Reservas de Biósfera, AICA, Patrimonio de la Humanidad).

En el caso de que se identifique la existencia de alguna de estas áreas o ecosistemas, se deben delimitar cartográficamente a una escala 1:10.000 o de mayor detalle, de tal forma que permita su ubicación con respecto al proyecto en todos los mapas de ecosistemas que se elaboren.

En el evento en que el proyecto pretenda intervenir un área protegida diferente a las que hacen parte del Sistema de Parques Nacionales Naturales o a un Parque Natural Regional, debe seguir el procedimiento establecido en la normativa vigente para la sustracción de áreas. Por ejemplo, en el caso de las reservas forestales nacionales (Ley 2 de 1959) o regionales, se debe solicitar la sustracción de las mismas ante la autoridad competente, de conformidad con los términos de referencia establecidos para tal fin en cumplimiento de la Resolución 1526 del 3 de septiembre de 2012 “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”, o de aquella que la modifique, sustituya o derogue. La evaluación del EIA no puede desarrollarse hasta tanto no se haya adelantado la correspondiente sustracción.

De igual forma en el caso que el proyecto contemple intervenir áreas de Distrito de Manejo Integrado (DMI), el usuario debe solicitar la sustracción ante la autoridad competente, de conformidad con la información solicitada para tal fin en cumplimiento del artículo 2.2.2.1.18.1, Sección 18 (Distritos de Manejo Integrado), Capítulo I (Áreas de Manejo Especial), Título 2 (Gestión Ambiental) del Decreto 1076 de 2015, o aquel que lo modifique, sustituya o derogue.

A fin de identificar y de localizar las AEIA de los ámbitos nacional, regional y local asociadas al proyecto, tanto públicas como privadas, se recomienda el uso de la información oficial del país

⁴⁰ Zonas declaradas y delimitadas por Minambiente. Es necesario verificar la vigencia de estas zonas; las zonas actualmente vigentes fueron declaradas mediante las Resoluciones 1628 de 2015 (prorrogada por la Resolución 1433 de 2017), 1814 de 2015 (prorrogada por la Resolución 2157 de 2017) y 705 de 2018.

(Registro único de Ecosistemas y Áreas Ambientales (REAA), Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP), entre otras fuentes de información), así como de la que se encuentra disponible en algunas herramientas de análisis de información ambiental en línea (p. e. Tremarctos-Colombia).

6.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO

La caracterización del medio socioeconómico debe hacerse con base en información cuantitativa y cualitativa, y su análisis debe permitir dimensionar los impactos que el proyecto pueda ocasionar en cada una de las dimensiones del medio socioeconómico. Así mismo, la información de caracterización del medio socioeconómico debe permitir un análisis de la integralidad de sus condiciones y características, guardando coherencia para cada uno de sus componentes e involucrando información relevante de los medios abiótico y biótico.

Para el medio socioeconómico, se debe presentar en todos los casos información general (si se encuentra disponible) y de contexto de los municipios en cuya jurisdicción se ubiquen las unidades territoriales de análisis seleccionadas. En caso de que se decida considerar al municipio en su totalidad como unidad territorial de análisis, adicional a la información básica de contexto, se debe realizar la caracterización para el municipio según lo establecido en los numerales correspondientes a los componentes del medio socioeconómico.

La información debe permitir conocer las principales características socioeconómicas y culturales de la población del área de influencia del componente y su relación con el proyecto. Para tal efecto, dicha información se debe presentar conforme a lo establecido por las entidades responsables de su generación, procesamiento y análisis.

A pesar de que generalmente las unidades territoriales identificadas en el área de influencia no abarcan toda la superficie de un municipio, a fin de contar con una contextualización regional, en el presente capítulo se solicita información de alcance general y de contexto referida a los municipios.

Para el levantamiento de información de caracterización socioeconómica de las unidades territoriales (corregimientos, veredas, sectores de vereda, inspecciones de policía, u otras unidades reconocidas administrativa o socialmente), se debe acudir primordialmente a fuentes de información primaria.

Cuando se solicite información de contexto para el ámbito municipal y éste no sea considerado como unidad territorial de análisis, se puede hacer uso de información secundaria. En caso de que el municipio en su totalidad sea considerado como unidad territorial de análisis, su caracterización socioeconómica se debe presentar con el grado de detalle requerido en los presentes términos de referencia para PPII sobre YNC mediante FH-PH, utilizando fuentes de información secundaria, o primaria cuando el municipio potencialmente afectado no cuente con la información requerida o ésta no tenga la calidad suficiente.

Los métodos, herramientas y técnicas de recopilación de información deberán estar debidamente referenciadas y soportadas dentro del EIA.

Con base en la escala del proyecto y su área de influencia, se deben justificar las unidades territoriales de análisis desde las cuales se abordará la caracterización de los componentes del medio socioeconómico.

Las fuentes de información secundaria a emplear deben estar debidamente acreditadas proceder de instituciones gubernamentales y de otras instituciones de reconocida idoneidad, al igual que de información consignada en estudios regionales y locales realizados en los últimos 5 años. La información secundaria existente puede emplearse en la medida en que sus datos revistan confiabilidad y pertinencia, y sus fuentes sean plenamente identificadas y citadas.⁴¹

⁴¹ En el caso de las unidades territoriales correspondientes a territorios de comunidades étnicas, su abordaje para la caracterización se debe realizar en el marco de la Consulta Previa, coordinada por el Ministerio del Interior o quien haga sus veces.

El Modelo de Almacenamiento de Datos Geográficos (MAG) establece el detalle de la información solicitada para las unidades territoriales y municipios, aclarando que en aquellos casos en los que la unidad territorial contenga uno o más “asentamientos”, la información correspondiente debe presentarse de manera desagregada para cada uno de éstos, siguiendo lo establecido en la MAG.

La actualización de esta información puede ser solicitada en cumplimiento de las obligaciones establecidas en el acto administrativo mediante el cual se otorgue la respectiva autorización ambiental.

Debe presentarse la cartografía de las unidades territoriales correspondientes al medio socioeconómico a escala 1:10.000 o de mayor detalle.

La caracterización del medio socioeconómico debe referirse a los siguientes componentes:

6.3.1 Demográfico

Presentar la siguiente información para los municipios:

- Dinámica de poblamiento: desarrollar un análisis donde se describa: 1) la historia más relevante de la ocupación del territorio por parte de las poblaciones humanas (antecedentes e hitos importantes con relación a su asentamiento y expansión); 2) los grupos socioculturales (indígenas, negritudes, campesinos entre otros); 3) la ocupación y expansión de los asentamientos en el territorio.
- Dinámica poblacional: desarrollar un análisis donde se describa: 1) la tasa de natalidad y mortalidad, 2) la movilidad espacial actual y tendencial, así como los factores que influyen en fenómenos migratorios; 3) la estructura de la población por edad y sexo, distribución entre las áreas rural y urbana y su densidad; 4) los índices que se refieran a la situación de pobreza de la población (Necesidades Básicas Insatisfechas, Índice de pobreza multidimensional, Índice de calidad de vida, entre otros). Con esta información se busca identificar las condiciones de la población para luego analizarlas frente a los impactos del proyecto.

Para las unidades territoriales se deben analizar los siguientes aspectos en relación con las condiciones y demandas del proyecto, y en el entendido de que esta es la información base para el seguimiento a los cambios que se presenten en el área por incidencia del mismo:

- Caracterización de grupos poblacionales (étnicos, colonos, campesinos, entre otros).
- Dinámica de poblamiento: la cual debe establecer los procesos específicos de las unidades territoriales.
- Tendencias demográficas: describir los principales indicadores de demografía y efectuar un análisis histórico con base en la información disponible.
- Estructura de la población: población total y afectada en cada unidad territorial, composición por edad y sexo, tendencia de crecimiento poblacional, tipología familiar, número de hogares, promedio de personas por hogar, población en edad de trabajar (PET).
- Tipos de población asentada según tenencia de la tierra: asociativa, propietarios, arrendatarios, aparceros, colonos, etc.
- Nivel de cobertura del sistema de salud pública.
- Presencia de población en situación de desplazamiento, procedencia, formas de incorporación a la unidad territorial (de acuerdo con información secundaria de las alcaldías locales o información disponible).
- Presencia de población en proceso de retorno, o que haya retornado a los lugares de los que fue desplazada de manera forzosa o haber sufrido cualquiera de los hechos victimizantes de que trata la Ley 1448 de 2011 (de acuerdo con información secundaria de las alcaldías locales o información disponible) en los últimos 5 años.
- Patrones de asentamiento (nuclear o disperso), número de viviendas.
- Población migrante en relación con la existencia de otros proyectos en el área de influencia.

Indicar las instituciones que acompañan procesos de retorno y reparación integral a la población víctima.

La anterior información se requiere para establecer las condiciones de poblamiento actual, de manera que puedan ser contrastadas con posibles cambios que se presenten con la llegada del proyecto o sean atribuidas a otras dinámicas del territorio.

6.3.2 Espacial

Para los municipios se debe hacer una síntesis de los servicios públicos y sociales, incluyendo la calidad y cobertura, en tanto se relacionen con el proyecto.

Para las unidades territoriales se requiere la siguiente información, con una georreferenciación adecuada:

- Servicios públicos
 - Acueducto: fuentes de abastecimiento; infraestructura de captación, tratamiento y almacenamiento.
 - Disposición de excretas: tipos (alcantarillado, pozos sépticos, letrinas, a cielo abierto).
 - Sistemas de recolección y disposición de residuos sólidos, cobertura y calidad.
 - Servicios de energía y telecomunicaciones: cobertura y calidad.
 - Gas Natural Domiciliario
- Servicios sociales
 - Infraestructura educativa y de salud (Identificación y localización).
 - Infraestructura recreativa y deportiva (Identificación y localización).
 - Viviendas (tipificación de las características).
 - Infraestructura de transporte: vial, aérea, ferroviaria y fluvial (Identificación). Para la infraestructura vial, se debe hacer énfasis en los accesos veredales y su funcionalidad, así como en la infraestructura para conectividad (puentes, tarabitas, planchones y otros).
 - Centros poblados que ofrecen los servicios administrativos y financieros (notaría, inspección de policía, bancos, entre otros) y el acceso a los servicios sociales. Relaciones funcionales entre los distintos centros poblados y la zona rural.
 - Uso de las vías.
 - Frecuencia y el tipo de servicio de transporte.
 - Medios de comunicación: radio, prensa, internet, televisión y emisoras comunitarias (Identificación).
 - Formas de conectividad y dificultades de acceso de las comunidades a centros nucleados de prestación de servicios sociales y trámites legales.

Identificar las relaciones funcionales⁴² entre las distintas unidades territoriales, para acceder a los servicios públicos y sociales. La información relacionada con las relaciones funcionales se refiere específicamente a conocer las dinámicas de la población para aprovisionamiento e intercambio de bienes y servicios, comercialización, entre otros; asimismo, a determinar el uso de las vías, la frecuencia y el tipo de servicio de transporte, y las relaciones entre los distintos centros poblados, corregimientos, cabeceras y la zona rural.

Especificar las distancias aproximadas entre la ubicación de todas y cada una de las viviendas, escuelas y demás infraestructuras comunitarias, y las distintas obras y actividades de intervención a desarrollar por el mismo (incluyendo la demanda, uso y aprovechamiento de recursos naturales).

Esta información es relevante debido a que indica la calidad de vida de la población en términos generales, antes de la llegada del proyecto, obra o actividad. La información relacionada con los servicios sociales es especialmente importante para conocer las dinámicas de la población para aprovisionarse de servicios de salud, educación, comercialización, entre otros. Asimismo, se debe

⁴² Las relaciones funcionales son aquellas que facilitan o favorecen el intercambio de bienes y servicios entre las diferentes zonas urbanas y rurales que conforman el territorio, determinadas por condiciones adecuadas de proximidad y accesibilidad y que pueden ser intramunicipales o supramunicipales (UPRA, 2018. Contenidos del componente rural de los POT, elementos para su comprensión e insumos para su formulación.)

determinar el uso de las vías, la frecuencia y el tipo de servicio de transporte y las relaciones funcionales entre los distintos centros poblados y la zona rural.

6.3.3 Económico

Con el objeto de brindar un panorama general de la dinámica económica, se debe identificar el tipo de actividades presentes en el municipio, en términos de funcionalidad económica y su relación con los bienes y servicios ambientales. Para ello, se deben identificar y analizar los procesos existentes, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Estructura de la propiedad.
- Procesos productivos y tecnológicos.
- Mercado laboral actual.
- Polos de desarrollo y/o enclaves, que interactúan con el área de influencia.
- Estructura comercial, redes de comercialización, cadenas productivas y su relación en las dinámicas económicas regionales.
- Empresas productivas en los sectores primario, secundario y terciario.
- Tamaño de la Unidad Agrícola Familiar (UAF) establecida para cada municipio

Para las unidades territoriales del área de influencia se debe identificar, describir y analizar lo siguiente:

- Estructura de la propiedad (micro, minifundio, mediana y gran propiedad⁴³) y formas de tenencia (tierras colectivas, comunitaria, propiedad privada, aparcería, zonas de reserva campesina, zonas de desarrollo empresarial, Zonas de Interés de Desarrollo Rural Económico y Social (ZIDRES) entre otras), titularidad de los predios y conflictos asociados a la misma.
- Actividades productivas de los sectores primario, secundario y terciario, describiendo los procesos productivos y tecnológicos, e identificando los actores que las desarrollan.
- Actividades económicas relacionadas con el turismo y/o la recreación, que se desarrollan en el área, así como los agentes económicos que intervienen en las mismas, insumos, infraestructura, dinámica y demás elementos que las constituyen. Programas y proyectos productivos privados, públicos y/o comunitarios existentes, cuyas características sean de importancia para el desarrollo del proyecto. Cadenas productivas y su relación con las dinámicas económicas de la región.
- Características del mercado laboral actual en cuanto al tipo de mano de obra que se encuentra en el área (ocupación, empleo, desempleo y subempleo) y porcentajes de distribución en las principales actividades económicas.
- Tendencias del empleo en el corto y mediano plazo.
- Si el proyecto puede impactar la actividad económica de pescadores, presentar un censo de pescadores, identificando número de pescadores, principales especies, métodos de captura (artes de pesca), captura por unidad de esfuerzo y tallas promedio.

La anterior información se requiere para identificar la condición económica del área de influencia del proyecto y su relación con los municipios, de forma que pueda tenerse la línea base para establecer posibles afectaciones a la dinámica económica como consecuencia del proyecto.

6.3.4 Cultural

6.3.4.1 Comunidades no étnicas

La información cultural requerida, tiene el propósito de establecer los principales rasgos culturales de la población y que potencialmente, pueden verse afectados por las dinámicas propias del proyecto. Para establecer lo anterior, es preciso tener en cuenta cambios culturales derivados de

⁴³ Corresponde a la categoría de distribución de la propiedad. Anexo 1. Metodología y tratamiento de la Información, Atlas de la Propiedad Rural en Colombia. IGAC, Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia, 2012.

diversos estímulos externos, actividades económicas, eventos culturales, entre muchos otros que pudieron generar cambios históricos importantes en las características culturales.

Para los municipios se debe:

- Presentar un análisis general de los siguientes elementos: patrones de asentamiento ya descritos, dependencia económica y sociocultural con el entorno, articulando estos procesos históricos con la estructura y dinámica actual.
- Identificar los hechos históricos (migraciones, adopción de nuevas tecnologías, cambios de actividad productiva, estímulo a procesos de aculturación por presencia de migrantes, etc.), que hayan producido cambios culturales.
- Identificar los símbolos culturales más significativos para la población, con relación a las tradiciones económicas, tecnológicas, organizativas, religiosas, artísticas y otras.
- Identificar los usos tradicionales de los recursos naturales renovables y el medio ambiente por parte de los habitantes de la región: procesos, tecnologías, estacionalidad, usos culturales y tradicionales, valores simbólicos.

Para la población asentada en estas unidades territoriales, describir los siguientes elementos:

- Patrimonio cultural inmaterial: prácticas sociales, tradiciones estéticas, sistema de creencias y modos de conocimiento perpetuados en el seno de la comunidad.
- Bienes inmuebles declarados de interés cultural (a excepción del patrimonio arqueológico), que se encuentren dentro del área de influencia, indicando el acto administrativo mediante el cual fueron declarados, así como sus respectivos Planes Especiales de Manejo y Protección en caso de que existan.
- Espacios de tránsito y desplazamiento.
- Áreas de uso cultural para la recreación, el turismo, el esparcimiento u otros de importancia cultural.
- Modificaciones culturales: hacer una aproximación a la capacidad de adaptación al cambio para asimilar valores culturales exógenos que puedan conducir a un cambio de la autonomía cultural o de los valores fundamentales.
- Bases del sistema sociocultural: describir las prácticas culturales más relevantes y el sistema de creencias y valores que las generan y que de alguna manera podrían interactuar en algún momento con el proyecto.
- Uso y manejo del entorno: identificar la dinámica de la presión cultural sobre los recursos naturales renovables y el medio ambiente.
- Análisis del orden espacial y sus redes culturales a fin de evaluar la desarticulación que puede producirse en el territorio por la ejecución del proyecto.

6.3.4.2 • Comunidades étnicas

Cuando las entidades competentes se pronuncien sobre la procedencia de Consulta Previa para el POA, se deben caracterizar las comunidades étnicas identificadas en el pronunciamiento, en cumplimiento de la normatividad establecida por el Ministerio del Interior. La caracterización de dichas comunidades étnicas debe estar referido a los aspectos que a continuación se relacionan:

- **Dinámica de poblamiento:** Describir el tipo de tenencia de la tierra (resguardo, reserva, tierras colectivas, áreas susceptibles de titulación, entre otros) y los patrones de asentamiento (si es nucleado o disperso, así como la movilidad de la población), dependencia económica y sociocultural con los ecosistemas, concepciones tradicionales sobre la ocupación del territorio y los cambios culturales originados por el contacto con otras culturas.

La información debe describir la diferenciación cultural del territorio, a partir de las diversas expresiones culturales al interior y exterior de la comunidad étnica, constatando la heterogeneidad del manejo del espacio. Para esta descripción se deben tener en cuenta lugares sagrados, clasificaciones toponímicas, cotos de caza, salados, jerarquías espaciales y ambientales, uso de los recursos naturales renovables y el medio ambiente, entre otros.

- **Demografía:** Establecer la población total, su distribución, densidad, tendencia de crecimiento, composición por edad y sexo, tasa de natalidad, mortalidad, morbilidad y migración. Caracterización de la estructura familiar (tipo, tamaño) y la tendencia de crecimiento. Se deberá justificar la metodología empleada para el levantamiento de la información.
- **Salud:** Describir el sistema de salud tradicional, las estrategias y espacios de curación teniendo en cuenta los agentes de salud utilizados por la comunidad.
- **Educación:** Describir los tipos de educación (etnoeducación, propia, formal y no formal) que se imparten en las comunidades, teniendo en cuenta la infraestructura existente, la cobertura, y los entes encargados.

Describir la incidencia de los proyectos etnoeducativos en los procesos de socialización de la comunidad étnica. e Identificar la presencia de profesores bilingües.

- **Religiosidad y cosmogonía:** Presentar una síntesis de los características y sitios religiosos tradicionales más sobresalientes, ubicados dentro y fuera del territorio indígena, que puedan verse afectados por el desarrollo del proyecto, destacando la relación hombre - naturaleza.

Relacionar los cambios culturales que se han presentado en la conformación de la identidad a partir de procesos de choque, localización y resistencia.

- **Etnolingüística:** Identificar la lengua y dialectos predominantes en la población, la presencia de bilingüismo o multilingüismo, los mecanismos de relación intra e intercultural y las problemáticas más sobresalientes relacionadas con estos temas. Deberá precisar el uso actual de la lengua en el área de influencia del componente grupo de componentes o medio, estimando el número de hablantes y justificar la necesidad o no de la traducción a la lengua nativa.
- **Economía tradicional:** Describir los sistemas económicos y productivos, teniendo en cuenta la estructura de la propiedad, las actividades, estrategias productivas, tecnologías utilizadas y la infraestructura asociada. Identificar las redes de comercialización de productos tanto inter como extralocales, regionales y fronterizas (en el caso en que proceda). Describir las prácticas de uso, aprovechamiento e interacción de la población con los recursos naturales y la participación de los miembros de la comunidad en cada una de las actividades productivas, así como el uso cultural y grado de dependencia de los recursos naturales. Identificar la existencia de parcelaciones al interior del territorio, tamaño, usos y grado de dependencia de las familias, entre otros.
- **Organización sociocultural:** Presentar una síntesis de los roles más importantes reconocidos en las formas tradicionales de organización, precisando los tipos de organización, representantes legales, autoridades tradicionales y las legítimamente reconocidas. Identificar los espacios de socialización que contribuyen al fortalecimiento de la identidad cultural. Describir las relaciones interétnicas y culturales, los vínculos con otras organizaciones comunitarias y los diferentes conflictos que se presentan en la zona.
- **Presencia institucional:** Describir los proyectos existentes dentro de los territorios tradicionales y/o colectivos y el grado de participación de la comunidad. Se deben presentar las investigaciones, proyectos y obras que se adelanten por instituciones gubernamentales y no gubernamentales, dentro de los territorios tradicionales de las comunidades étnicas, incluyendo la función que cumplen y la vinculación que tienen las comunidades y la cobertura de dichos proyectos. Se identificarán los proyectos de etnodesarrollo, definidos por cada una de las comunidades, que se estén ejecutando o se encuentren en proyección.

Este análisis permite identificar los rasgos culturales característicos de las comunidades étnicas y no étnicas presentes en el territorio, estableciendo sus patrones de comportamiento y las referencias que permitan establecer el nivel de afectación del componente, derivados del desarrollo del proyecto, obras o actividades relacionadas con el territorio.

Los resultados de la consulta previa relacionados con temas ambientales (impactos, medidas de manejo, zonificación, entre otros) deben ser incorporados al EIA que se presente a la autoridad ambiental.

6.3.5 Arqueológico

Anexar la aprobación de la fase que corresponda al programa de arqueología preventiva del Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH), conforme a los lineamientos del ICANH y a lo establecido en el Decreto 138 de 2019 que modifica el Decreto 1080 de 2015 o aquella que la modifique, sustituya o derogue.

6.3.6 Político-organizativo

El propósito de este numeral consiste en conocer la estructura organizativa presente en un territorio, abarcando no solo las instituciones e instancias existentes y promovidas desde el sector público, sino considerando también aquellas iniciativas y organizaciones generadas desde el nivel comunitario, cívico y privado existentes en el municipio.

6.3.6.1 Características políticos-administrativos

Presentar las características político-administrativas de la(s) unidad(es) territorial(es) que corresponden al área de influencia del medio socioeconómico, de acuerdo a la información secundaria encontrada en los Planes de Desarrollo Municipal y Departamental, y en los respectivos estudios de ordenamiento territorial (EOT, PBOT y/o POT).

Presentar información referente a las relaciones e interacciones de poder, para identificar los intereses y demandas de los entes territoriales y de la comunidad.

6.3.6.2 Presencia institucional y organización comunitaria

Se deben identificar:

- Las instituciones públicas existentes en el municipio, describiendo la capacidad institucional para atender las condiciones actuales de su población y para intervenir ante situaciones que se puedan derivar de la ejecución del proyecto.
- Las organizaciones privadas (gremios, entre otros), sociales y comunitarias tales como asociaciones, corporaciones, Juntas de Acción Comunal (JAC), cívicas, cooperativas, entre otras (internacionales, nacionales, departamentales y municipales) presentes o que han tenido incidencia relevante en el área de influencia de los componentes del medio socioeconómico, precisando entre otros:
 - Tiempo de permanencia en la zona.
 - Temas de interés o trabajo.
 - Programas o proyectos ejecutados o en ejecución y población beneficiaria.
- Describir la capacidad institucional de los municipios para atender situaciones que puedan ser derivadas de la ejecución del proyecto.
- Las instancias y mecanismos de participación de la población, que puedan incidir en el proyecto; así como las instituciones y organizaciones del área de influencia de los componentes del medio socioeconómico que fortalecen y contribuyen a la participación de la población.
- Las intervenciones de tipo social que se realizan o que se han realizado desde el ámbito gubernamental (p. e. acuerdos de paz), así como desde los sectores económicos presentes en el área de influencia y la incidencia que dichas intervenciones han tenido en el componente político organizativo.
- La participación y representatividad que han tenido instituciones y organizaciones del área de influencia de los componentes del medio socioeconómico frente al desarrollo de otros proyectos que se hayan ejecutado en la zona.

Estos elementos en su conjunto evidencian los lazos de interrelación entre los ciudadanos y sus instituciones, y entre ellos mismos, reflejando estructuras y relaciones sociales requeridos para asumir y sobreponerse de una mejor manera a los cambios o efectos generados por la entrada de un factor externo, en este caso particular, por la implantación de un proyecto en un territorio

determinado. Adicionalmente, esta información debe indicar los posibles espacios de interlocución para el desarrollo del Plan de Manejo Ambiental del proyecto.

Para el caso de proyectos que se desarrollen en zonas de frontera, se deben tener en cuenta los efectos que puedan derivarse de la existencia de convenios bilaterales vigentes y las disposiciones determinadas en las instancias de coordinación interinstitucional que existan, siguiendo los lineamientos establecidos por las entidades competentes.

6.3.7 Tendencias del desarrollo

Realizar un análisis integral socioeconómico del área, resultante de la articulación de los elementos más relevantes examinados en las diferentes componentes (demográfica, espacial, económico, cultural y político-organizativa) y de estos con los planes de desarrollo, de ordenamiento territorial y de gestión ambiental existentes (en ejecución o proyectados) en los niveles nacional, departamental y municipal.

Teniendo como referencia que estos instrumentos de planeación (planes de desarrollo, de ordenamiento territorial y de gestión ambiental existentes) tienen un potencial de proyección de acciones estatales y comunitarias a corto y mediano plazo, se deben analizar los elementos más destacados de sus contenidos en relación con el análisis realizado en cada uno de los componentes, indicando cuáles de ellos podrían afectarse por el desarrollo del proyecto.

Determinar si algunas de las características actuales del medio socioeconómico, vienen precedidas por antecedentes históricos que mantienen su influencia en el presente y a futuro, destacando su importancia y retomando sus características en el análisis de las condiciones con y sin proyecto.

Adicionalmente, se debe destacar el análisis de las relaciones funcionales de mayor relevancia en el área de influencia del proyecto que puedan ser objeto de alteraciones por las obras y actividades de este.

Para la realización de este análisis se pueden utilizar metodologías participativas de construcción colectiva de información, diagrama de redes o estructuras relacionales entre los rasgos presentes en el territorio.

Este análisis permite articular la totalidad de la información del medio socioeconómico con las obras y actividades del proyecto e identificar si las tendencias del desarrollo pueden incidir o ser incididas en relación con el proyecto

6.3.8 Información sobre población a reasentar⁴⁴

Si como consecuencia del desarrollo del proyecto se requieren procesos de traslado involuntario de población se debe caracterizar la población objeto del programa de reasentamiento mediante un censo de las unidades sociales a reasentar, que contemple para cada unidad social, las siguientes características socioeconómicas:

- Tipo de unidad social (residente, productiva, mixta).
- Permanencia o tiempo vivido en el predio y en el área y situaciones anteriores de desplazamiento, de ser el caso.
- Forma de tenencia del inmueble y el uso de la propiedad (vivienda, actividades económicas: industria, comercio, servicios, agricultura, ganadería, alquiler, entre otras).
- Actividades económicas desarrolladas en la propiedad o en el entorno e ingresos.
- Grado de dependencia frente a los recursos naturales dispuestos en el predio o en la zona.
- Integrantes de la unidad social y características tales como, nombre, parentesco con el responsable de la unidad social, edad, género, actividad a la que se dedica, entre otras.

⁴⁴ En caso de que la autoridad ambiental establezca o adopte con posterioridad a estos términos de referencia lineamientos y procedimientos a seguir en proyectos, obras o actividades que implican reubicación o reasentamiento de población, estos deberán ser utilizados por el Interesado.

- Estructura familiar (tipo: nuclear, extensa), número de hijos y de miembros, redes familiares existentes.
- Existencia de unidades sociales con factores de vulnerabilidad social tales como discapacidad, enfermedades terminales, senectud y NBI, entre otras, y las medidas de manejo para atender dichas condiciones de forma diferenciada.
- Características constructivas, distribución espacial y dotación de las viviendas.
- Características agrológicas de los predios y de las actividades económicas, nivel de productividad y cadenas productivas implantadas allí.
- Expectativas que la unidad social tiene frente al proyecto, al posible traslado, las posibles alternativas de localización y de manejo.
- Organizaciones sociales existentes en la zona donde están ubicadas las unidades sociales a reasentar y niveles de participación de la población.
- Programas o servicios sociales de los que la unidad social y sus integrantes son beneficiarios, estableciendo las posibles afectaciones que, sobre su vinculación a los mismos, puede generar el traslado involuntario.
- Patrimonio cultural inmaterial, identificando prácticas sociales, culturales, tradiciones estéticas y modos de conocimiento perpetuados en el seno de la comunidad.
- Grado de cohesión entre los vecinos, niveles de participación, existencia de redes sociales de apoyo; adicionalmente se debe evaluar la desarticulación que puede producirse en el territorio por la ejecución del proyecto.
- Caracterizar la población que continuará residiendo en el lugar, las redes socioeconómicas existentes entre las personas que se quedan y la población objeto de reasentamiento, e identificar en la evaluación de impactos aquellos que se puedan ocasionar a esta población, a fin de formular las medidas de manejo correspondientes.
- Identificar y caracterizar la comunidad receptora o vecina a la(s) unidad(es) social(es) a reasentar, una vez se determine el sitio, analizando los aspectos más relevantes que se considere van a facilitar o dificultar su integración en la misma, y definir las medidas de manejo frente a los impactos que se puedan generar.

Se debe identificar la oferta de suelo y las áreas disponibles para el traslado acorde con los usos del suelo establecidos en el POT, PBOT y EOT.

6.4 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

De acuerdo con Gómez-Baggethun y Barton (2013) y a la iniciativa Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB; por sus siglas en inglés), los Servicios Ecosistémicos (SSEE) deben entenderse como los beneficios directos e indirectos que la sociedad recibe de la biodiversidad, por lo que constituyen el vínculo entre las funciones de los ecosistemas y el bienestar humano.

La identificación, cuantificación y análisis de los SSEE provistos por los ecosistemas del área de influencia del proyecto, y de sus relaciones con las comunidades e individuos que la habitan, es el objeto de este aparte del EIA. Este numeral constituye un insumo fundamental para integrar y dar coherencia a todo el EIA, pues brinda las pautas para vincular la Caracterización (numeral 6) y la Zonificación ambiental (numeral 7), con la Demanda, uso aprovechamiento y afectación de recursos naturales (numeral 8) y con la Evaluación ambiental (numeral 9) (incluyendo a la Evaluación Económica Ambiental (numeral 9.3)); asimismo, hace posible que la Zonificación de manejo ambiental (numeral 10) y los Planes y programas (numeral 11) del EIA sean formulados de manera integral.

El insumo fundamental para el desarrollo de este numeral, que contempla la definición de la unidad de análisis, la identificación, descripción y clasificación de SSEE, así como el análisis de los mismos⁴⁵, es la información de caracterización abiótica, biótica y socioeconómica, que debe ser

⁴⁵ Para la identificación, cuantificación y evaluación de SSEE, es posible tomar como referencia los documentos, metodologías y sistemas de indicadores sobre biodiversidad que se mencionan a continuación:

integrada para hallar las interrelaciones existentes entre los atributos ecosistémicos y las dimensiones sociales, económicas y culturales, donde las personas se benefician de los ecosistemas y a la vez, los ecosistemas son modificados por las acciones humanas.

Por lo anterior y con el propósito de brindar un panorama íntegro de los SSEE y las relaciones que ellos implican, debe adelantarse un trabajo interdisciplinar que fortalezca la complementariedad existente entre los enfoques de las ciencias naturales y de las ciencias sociales.

6.4.1 Definición de la unidad de análisis

Una vez identificados y descritos los ecosistemas naturales y transformados presentes en las áreas de influencia, se debe definir una unidad de análisis en la que se identifiquen, cuantifiquen y analicen los SSEE. Esta unidad puede ser la misma que se utilizó para definir el área de influencia del medio biótico (ecosistemas o coberturas de la tierra, por ejemplo), pero también, puede referirse a las unidades territoriales (veredas, sectores de vereda, barrios, entre otras) empleadas en la delimitación del área de influencia del medio socioeconómico, incluso, es posible incluso definir predios como unidades mínimas de análisis, si ello permite facilitar el análisis de la forma en que los ecosistemas brindan beneficios a la población.

6.4.2 Identificación y descripción general de los servicios ecosistémicos

Se deben identificar y describir los SSEE que prestan los ecosistemas presentes en el área de influencia; adicionalmente, deben ser clasificarlos en SSEE de aprovisionamiento, regulación, soporte y culturales (ver Tabla 12).

6.4.2.1 *Análisis de los servicios ecosistémicos*

Para desarrollar este análisis se recomienda iniciar estableciendo las relaciones entre procesos ecosistémicos, funciones ecosistémicas, estructuras biológicas y SSEE, señalando qué procesos permiten el desarrollo de qué funciones, qué funciones se vinculan a qué estructuras, y qué estructuras proveen cuáles SSEE; por ejemplo, la acumulación de nitrógeno en la materia orgánica (proceso) de las plantas (estructura), permite la remoción y retención de nutrientes (función), que a su vez, permite la purificación del agua (servicio) (Haines-Young & Potschin, 2009).

Así mismo, es necesario fijar escalas espaciales y temporales adecuadas para el estudio de los SSEE; ello quiere decir que a dichas escalas debe ser posible medir y evidenciar mediante indicadores, los cambios espaciales y temporales que ocurren en los SSEE. Se recomienda representar cartográficamente la información producto de este análisis, a escala 1:10.000 o de mayor detalle, a fin de señalar la distribución de los SSEE en el espacio.

El procedimiento que se señala a continuación, que hace uso de información primaria y secundaria, debe adelantarse para realizar el análisis de los SSEE:

- Determinación del estado de los SSEE mediante la definición y uso de indicadores técnicos (cuantitativos y cualitativos), así como del análisis de los medios abiótico, biótico y socioeconómico. Es posible formular categorías para los valores que puedan tomar los indicadores, a fin de clasificar el estado de los SSEE en las categorías alto, medio y bajo. Este análisis de caracterización del escenario sin proyecto puede soportarse principalmente en información secundaria.
- Identificación del tipo y cuantificación de la cantidad de beneficiarios directos de los SSEE.

-
- Ecoser: protocolo colaborativo de evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos y vulnerabilidad socio- ecológica para el ordenamiento territorial. Laterra, Barral, Carmona y Nahuelhual (2015).
 - Weaving ecosystem services into impact assessment. Landsberg, et al. (2013).
 - Methodologies for defining and assessing ecosystem, Haines-Young y Potschin (2009).
 - Ciencias de la sostenibilidad: guía docente. Martín-López, González y Vilardy (Coord.) (2012).
 - Common International Classification of Ecosystem Services: <http://cices.eu/>.
 - Biodiversity Indicators Partnership (BIP): <https://www.bipindicators.net/>.

- Evaluación de la dependencia de las comunidades a los SSEE y clasificación de dicha dependencia en categorías (alta, media o baja), de acuerdo con las siguientes consideraciones:
 - Dependencia alta: Los medios de subsistencia de la comunidad dependen directamente del servicio ecosistémico.
 - Dependencia media: La comunidad se beneficia del servicio ecosistémico, pero su subsistencia no depende directamente del mismo.
 - Dependencia baja: La comunidad se beneficia del servicio ecosistémico, pero su subsistencia no depende directa ni indirectamente del mismo; existen múltiples opciones alternativas para el aprovechamiento del servicio ecosistémico.
- Evaluación de la dependencia del proyecto a los SSEE y clasificación de dicha dependencia en categorías (alta, media o baja), de acuerdo con las siguientes consideraciones:
 - Dependencia alta: Las actividades que hacen parte integral y central del proyecto requieren directamente de este servicio ecosistémico (por ejemplo, agua para la constitución de lodos de perforación).
 - Dependencia media: Algunas actividades secundarias asociadas al proyecto dependen directamente de este servicio ecosistémico, pero podría ser reemplazado por un insumo alternativo (por ejemplo, el uso de madera aprovechada durante la construcción).
 - Dependencia baja: las actividades principales o secundarias no tienen dependencia directa con el servicio ecosistémico.
- Evaluación de la dinámica de los SSEE:
 - Establecer la tendencia de los SSEE de acuerdo a la forma en que se prevea evolucionen en el escenario sin proyecto. Debe tomarse en consideración la forma en que se espera cambien los indicadores utilizados para caracterizar el estado actual de los SSEE. Es posible generar categorías para señalar la evolución prevista teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:
 - Tendencia creciente: la proyección del comportamiento del estado del servicio ecosistémico es ascendente.
 - Tendencia estable: la proyección del comportamiento del estado del servicio ecosistémico se mantiene en la magnitud registrada actualmente.
 - Tendencia decreciente: la proyección del comportamiento del estado del servicio ecosistémico es descendente.
 - Determinar el grado de impacto que el proyecto tendría sobre el servicio ecosistémico, siguiendo el método de identificación y evaluación de impactos utilizado en el capítulo 9 sobre Evaluación ambiental.

La información obtenida y analizada respecto de los SSEE, debe incorporarse a la Tabla 12, a fin de facilitar el proceso de evaluación y de servir como insumo de otros capítulos del EIA como la Evaluación Económica Ambiental y la formulación de planes y programas:

TABLA 12. IMPACTOS Y DEPENDENCIA A SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Categoría de servicio ecosistémico	Servicio ecosistémico ⁴⁶	Cantidad de usuarios del SSEE (Número de personas)	Estado actual del SSEE (Indicador cuantitativo) ⁴⁷	Tendencia futura del SSEE (creciente, estable o decreciente) ⁴⁸	Dependencia de las comunidades (alta, media, baja)	Dependencia del proyecto (alta, media, baja)	Impacto del proyecto sobre el SSEE (Alto, Medio, Bajo) ⁴⁹
Aprovisionamiento	Agua						
	Arena y roca						
	Madera						
	Fibras y resinas						
	Biomasa						
	Pesca y acuicultura					NA	
	Ganadería					NA	
	Agricultura					NA	
	Otro servicio identificado (especificar)						
Regulación	Regulación de la erosión						
	Regulación del clima local/regional						
	Ecosistemas de purificación de agua (e.g. humedales)						
	Regulación de inundaciones						
	Otro servicio identificado (especificar)						
Culturales	Recreación y turismo					NA	
	Espirituales y religiosos					NA	

⁴⁶ Este es un listado ilustrativo de SSEE que debe ser ajustado de acuerdo a los SSEE identificados en cada caso particular.

⁴⁷ Se debe argumentar con soportes técnicos válidos la presencia de valores superiores o inconmensurables que no puedan

⁴⁸ La identificación y cuantificación de los usuarios del SSEE se debe realizar a partir de la caracterización de la línea base del medio socioeconómico.

⁴⁹ La valoración de los impactos debe corresponder a alguna de las categorías de calificación de los impactos establecidas en el capítulo 9 (evaluación ambiental).

Categoría de servicio ecosistémico	Servicio ecosistémico ⁴⁶	Cantidad de usuarios del SSEE (Número de personas)	Estado actual del SSEE (Indicador cuantitativo) ⁴⁷	Tendencia futura del SSEE (creciente, estable o decreciente) ⁴⁸	Dependencia de las comunidades (alta, media, baja)	Dependencia del proyecto (alta, media, baja)	Impacto del proyecto sobre el SSEE (Alto, Medio, Bajo) ⁴⁹
	Otro servicio identificado (especificar)						

7 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL⁵⁰

La zonificación ambiental es el proceso de sectorización de un área compleja como lo es el área de influencia, en áreas relativamente homogéneas de acuerdo con las características y a la sensibilidad ambiental de los componentes de los medios abiótico, biótico y socioeconómico. Por lo tanto, es un proceso que integra la información de la caracterización ambiental de línea base y establece, de acuerdo con la normativa ambiental vigente y a las propiedades de los atributos de los componentes ambientales, su susceptibilidad ante fenómenos naturales y antrópicos, a fin de identificar zonas del área de influencia con diferentes grados de sensibilidad ambiental.

La sensibilidad del área de influencia debe ser el resultado de la agregación de la sensibilidad ambiental de los factores que constituyen los componentes ambientales de los medios abiótico, biótico y socioeconómico. Se debe plantear un método para establecer la sensibilidad ambiental, el cual debe ser descrito; asimismo, es necesario describir y justificar el método utilizado para agregar o superponer espacialmente la susceptibilidad de los factores del ambiente.

Las siguientes son áreas cuyas características las hacen sensibles a fenómenos naturales y antrópicos, que conviene delimitar y analizar, para establecer la zonificación ambiental:

- Áreas de especial Interés ambiental (AEIA), tales como áreas naturales protegidas públicas o privadas, áreas con estrategias complementarias para la conservación de la biodiversidad y ecosistemas estratégicos (identificadas en el numeral 6.2.3 de este documento), rondas hidrográficas, corredores biológicos y zonas con presencia de especies endémicas, amenazadas (vulnerables, en peligro y/o en peligro crítico), áreas de importancia para cría, reproducción, alimentación y anidación de fauna y zonas de paso de especies migratorias.
- Áreas con reglamentación especial definida en los instrumentos de ordenamiento y planificación del territorio (p. e. POT, EOT, PBOT, POMCAS, PORH)
- Áreas degradadas (p. e. por erosión, salinización o contaminación del suelo) en recuperación ambiental o en las que se prevé adelantar acciones de recuperación ambiental y áreas con conflicto por uso del suelo.
- Áreas susceptibles a eventos amenazantes de origen hidrometeorológico y geológico, como inundaciones, movimientos en masa, avenidas torrenciales, sismos, erupciones volcánicas, entre otros, en los ámbitos nacional, regional y local.
- Áreas destinadas a producción económica agropecuaria, forestal, pesquera, acuícola, minera, entre otras.
- Asentamientos humanos rurales y áreas con infraestructura física y social, y de importancia histórica y cultural.

Elaborar y presentar los mapas de zonificación para cada uno de los medios (abiótico, biótico y socioeconómico), donde se identifiquen y definan las áreas o unidades con diferentes grados de sensibilidad ambiental.

Utilizar software de procesamiento geoespacial para realizar el cruce o superposición de la información de los mapas de cada medio para obtener la zonificación ambiental final del área de influencia, donde se sintetizan espacialmente las condiciones ambientales actuales más relevantes y la sensibilidad ambiental.

La descripción detallada del método utilizado para obtener la zonificación ambiental debe indicar lo siguiente:

- Los atributos relevantes de los componentes tenidos en cuenta en la zonificación ambiental de cada medio, con la respectiva justificación técnica para su selección.

⁵⁰ En caso de que la autoridad ambiental establezca o adopte con posterioridad a estos términos de referencia una metodología de zonificación ambiental y zonificación de manejo ambiental, esta deberá ser utilizada por el Interesado.

- En caso de que se establezcan, los criterios para la ponderación y la calificación cualitativa y cuantitativa de la sensibilidad ambiental de los atributos de cada componente dentro de la zonificación ambiental.
- El modelo de procesamiento de información geográfica, señalando los cálculos, funciones, métodos, ponderaciones y demás procedimientos ejecutados para establecer la sensibilidad de los atributos de los componentes, así como para agrupar y obtener unidades con diferentes grados de sensibilidad ambiental por medio (abiótico, biótico, socioeconómico) y para toda el área de influencia.
- El análisis de los resultados obtenidos en el procedimiento anterior.
- Las áreas obtenidas según su denominación de sensibilidad ambiental, tanto para los mapas por cada medio, como para la zonificación ambiental final, y su porcentaje de participación con relación al área de influencia.

Tanto la zonificación ambiental de cada medio (mapas *intermedios*), como la zonificación ambiental final, deben cartografiarse a escala 1:10.000, o de mayor detalle, acorde con la sensibilidad ambiental de la temática tratada.

La zonificación ambiental final será el insumo básico para formular la zonificación de manejo del proyecto, instrumento de planificación que permite que tanto su diseño, como sus subsecuentes fases de desarrollo (construcción, montaje, operación, mantenimiento, desmantelamiento, restauración final, abandono y/o terminación), contemplen y sean coherentes con la sensibilidad ambiental del entorno en el que se prevé su ejecución.

8 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Presentar una detallada caracterización de los recursos naturales que demandará el proyecto y que serán utilizados, aprovechados o afectados durante las diferentes fases del mismo.

En cuanto a los permisos, concesiones y autorizaciones para aprovechamiento de los recursos naturales, se debe presentar como mínimo la información requerida en la normativa ambiental aplicable y en los Formularios Únicos Nacionales, existentes para tal fin y lo establecido en la Resolución 2182 de 2016 o aquella norma que la modifique, adicione o sustituya.

De acuerdo con la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico y la Política de Producción más Limpia y Consumo Sostenible, Ley 373 de 1997, reglamentada por Decreto 1090 de 2018 (que modifica el Decreto 1076 de 2015) y Resolución 1257 de 2018, se debe presentar un programa de ahorro y uso eficiente del agua para las concesiones solicitadas; y un programa de ahorro y uso eficiente energética.

8.1 CONCESIÓN DE AGUA SUPERFICIAL

Cuando se requiera la captación de aguas superficiales, presentar como mínimo para cada sitio propuesto la siguiente información y la que se solicite en la normatividad vigente incluyendo las variables a reportar en el RURH (Resolución 0955 de 2012):

- Caudal de agua solicitado, expresado en litros por segundo, así como el estimativo del consumo de agua requerido para las diferentes fases del proyecto expresado en las mismas unidades, discriminando el tipo de uso (doméstico, industrial).
- Identificación de la fuente o sitio de captación, indicando los siguientes datos:
 - Nombre de la fuente a utilizar de acuerdo con las clasificaciones establecidas en el Registro Único de Recurso Hídrico.
 - Localización georreferenciada del punto o tramo homogéneo de captación propuesto.
 - Predio donde se ubica la captación de la fuente o a través del cual se accede directamente a ésta (nombre del predio, propietario, vereda y municipio).
- Análisis de los conflictos actuales o potenciales sobre la disponibilidad y usos del agua, teniendo en cuenta el análisis hidrológico de caudales mínimos, así como el inventario y cuantificación

aguas abajo de la captación hasta el límite del área de influencia del componente hidrológico, de los usos y usuarios registrados y no registrados ante la autoridad ambiental competente (analizando los volúmenes y caudales captados), de acuerdo con la caracterización de recurso hídrico superficial presentado en la línea base ambiental para el componente hidrológico (oferta hídrica total, oferta hídrica disponible y caudal ambiental).

- Para cada punto a intervenir, calcular el Índice de Uso de Agua (IUA), índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH) e Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH), de acuerdo a la metodología del ENA 2018 o su versión más actualizada o los indicados en la guía de Evaluación Regional del Agua (IDEAM, 2013) y construir las curvas de duración de caudales medios diarios o medios mensuales, según la disponibilidad de la información.
- Diseño tipo de la infraestructura y sistemas de captación, derivación, conducción, restitución de sobrantes y distribución.
- Si la concesión de agua incluye el uso para consumo humano y doméstico, se debe dar cumplimiento al Decreto 1575 de 2007 y a la Resolución 2115 de 2007, o a aquellas normas que los modifiquen, sustituyan o deroguen.

Es necesario tener en cuenta que de acuerdo a lo establecido en los artículos 2.2.3.2.13.16 y 2.2.3.2.7.8 del Decreto 1076 de 2015, en caso de producirse escasez crítica por sequías, contaminación, catástrofes naturales o perjuicios producidos por el hombre, que limiten los caudales útiles disponibles, la autoridad ambiental competente, tiene la facultad de restringir los usos o consumos temporalmente; para tal efecto, es posible establecer turnos para el uso o distribuir porcentualmente los caudales utilizables. Lo anterior es aplicable, aunque afecte derechos otorgados por concesiones o permisos, teniendo en cuenta que el uso doméstico siempre tiene prioridad sobre los demás, los usos colectivos sobre los individuales y los de los habitantes de una región sobre los de fuera de ella.

Adicionalmente, se deben tomar muestras y analizar puntos ubicados aguas arriba y aguas abajo de los potenciales puntos y/o zonas de captación, los puntos se deben localizar y justificar con base en la identificación de usos y usuarios y demás condiciones hidrológicas representativas de la zona. En la Tabla 13 se indican los parámetros a monitorear en las fuentes hídricas superficiales asociadas a concesiones

Tabla 13 Parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos a caracterizar en corrientes superficiales solicitadas por el Interesado.

Parámetro /Actividad	Unidades	Captación ⁵¹	Vertimientos Directos, agua Residual Doméstica	Ocupación de Cauces para Corrientes de Régimen Permanente
Información atmosférica in situ²				
Temperatura del aire	(°C)		X	
Humedad relativa	%		X	
Velocidad y dirección del viento	m/s		X	
Nubosidad (% de cobertura de nubes)			X	
Generales				
Temperatura	(°C)	X	X	X
pH	Unidades de pH	X	X	X
Conductividad eléctrica	(uS/cm)	X	X	X
Turbiedad	(UNT)	X		X
Sólidos suspendidos totales	mg/L	X	X	X
Sólidos disueltos totales	mg/L	X	X	X
Sólidos sedimentables	mL/L	X	X	X
Sólidos totales	mg/L	X	X	X

⁵¹ Las captaciones cuyo fin sea el consumo humano deberán cumplir con lo establecido en el Decreto 1575 de 2007, por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Parámetro /Actividad	Unidades	Captación ¹ ₅₁	Vertimientos Directos, agua Residual Doméstica	Ocupación de Cauces para Corrientes de Régimen Permanente
Sulfuros totales	mg/L	X		
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/		X	
Color real	m-1	X	X	X
Caracterización química de la columna de agua				
Oxígeno disuelto (OD)	%		X	
Demanda química de oxígeno (DQO)	(mg/L O ₂)	X	X	X
Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco (5) días (DBO ₅)	(mg/L O ₂)	X	X	X
Nitratos (N-NO ₃ -)	mg/L		X	
Nitritos (N-NO ₂ -)	mg/L		X	
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	mg/L		X	
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L		X	
Cloruros	mg/L		X	
Ortofosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L		X	
Fósforo total	mg/L		X	
Potasio	mg/L	X		
Grasas y aceites	mg/L		X	X
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/L	X		
Fenoles	mg/L	X		
Metales				
Arsénico total	mg/L		X	
Bario total	mg/L	X		
Cadmio total	mg/L		X	
Zinc total	mg/L	X		
Cromo total	mg/L	X		
Cobre total	mg/L	X		
Hierro total	mg/L		X	
Mercurio total	mg/L		X	
Níquel total	mg/L	X		
Plata total	mg/L	X		
Plomo (Pb total)	mg/L		X	
Selenio (Se) total	mg/L	X		
Sodio total	mg/L	X		
Sílice total	mg/L	X		
Vanadio total				
Hidrocarburos				
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	X		
Microbiológicos				
Coliformes totales	NMP/100 ml		X	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml		X	
Escherichia Coli	NMP/100 ml		X	
Hidrobiológicos				
Perifiton			X	
Plancton			X	
Bentos			X	
Macrófitas			X	
Fauna Íctica			X	
Componente sedimentos				
Caracterización física de la capa de sedimentos de fondo.				
Granulometría	%		X	
Densidad o peso específico	kg/m ³ o kN/m ³		X	
Porosidad	%		X	

8.2 CONCESIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Con base en la caracterización hidrogeológica y la información levantada, para la exploración de aguas subterráneas se debe presentar la información listada a continuación, sin perjuicio de lo definido en la normatividad superior:

- Localización georreferenciada de los predios en los que se propone ubicar las perforaciones exploratorias, presentando la cartografía a la escala 1:10.000. Se debe indicar el estado de propiedad de los predios (propios, ajenos o baldíos).
- Inventario de puntos de agua subterránea del área donde se proyecta realizar la exploración diligenciando el Formulario Único Nacional para Inventario de Puntos de Agua Subterránea.
- Estudio geofísico empleado para determinar la localización de los pozos exploratorios, con la ubicación y la interpretación de los sondeos eléctricos verticales (u otros métodos geofísicos) y los perfiles geológico-geofísicos realizados. Se deben adjuntar los datos de campo.
- Diseño preliminar del pozo (profundidad, diámetro, material de entubado, ubicación tentativa de filtros, tubería ciega y sello sanitario).
- Descripción del sistema de perforación a emplear, señalando las especificaciones del equipo, características técnicas, manejo ambiental, registros físicos del pozo.
- Análisis de los posibles conflictos por la disponibilidad y usos del recurso, de acuerdo con la caracterización hidrogeológica del área que se presenta en la línea base abiótica (p. e. inventario de los puntos de agua subterránea).
- Cronograma de obras y presupuesto estimado.
- Caudal requerido
- Formulario Único Nacional de Solicitud de Prospección y Exploración de Aguas Subterráneas debidamente diligenciado, o aquel que lo modifique, sustituya o derogue

Para la concesión de las aguas subterráneas se debe presentar la información requerida en el Formulario Único Nacional de Solicitud de Concesión de Agua Subterránea y el informe contemplado en el artículo 2.2.3.2.16.10 del Decreto 1076 de 2015 y la normativa ambiental aplicable, con la siguiente información:

- Los requerimientos de agua en términos de volumen, caudal y régimen de explotación.
- Localización georreferenciada del (de los) pozo exploratorio(s) perforado(s) en mapas 1:10.000 o de mayor detalle, si se requiere, y de los puntos de agua subterránea (manantiales, aljibes, pozos y piezómetros) existentes en el radio de influencia de cada pozo. Identificación de usos y usuarios que puedan verse afectados por la captación.
- Perfil estratigráfico del (de los) pozo(s) perforado(s) y descripción de las formaciones geológicas, elaborado con base en la descripción litológica determinando el espesor y la porosidad primaria o secundaria de todos los pozos perforados, tengan o no agua.
- Registros geofísicos de los pozos perforados, aportando los perfiles de Rayos Gamma, potencial espontáneo y resistividad onda larga y corta con su correspondiente escala horizontal y vertical (profundidad). Se debe presentar la correlación de estos resultados con la rata de perforación del pozo, y con el perfil estratigráfico, con los cuales se debe sustentar el diseño definitivo del pozo, el tamaño de apertura de los filtros y el tamaño del empaque de grava.
- Diseño(s) definitivo(s) del (de los) pozo(s) exploratorio(s) perforado(s) incluyendo la descripción del tipo de tubería de revestimiento, filtros, empaque de grava y material utilizado para el sello sanitario, nivelación topográfica. Ubicación y descripción de la infraestructura instalada (bomba sumergible, tubería de conducción y accesorios para su funcionamiento y tubería para medición de niveles, entre otras).
- Datos de campo (variación de los niveles del agua subterránea con relación al tiempo) y resultados de las pruebas de bombeo escalonadas, a caudal constante y de recuperación realizadas, especificando tipo, duración y caudal de la prueba; así como la interpretación de las mismas, describiendo el método de análisis empleado, los parámetros hidráulicos obtenidos (transmisividad, conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento, capacidad específica, entre otros), la delimitación del radio de influencia del pozo y el caudal óptimo de producción. Las pruebas de bombeo deben realizarse midiendo niveles tanto en el pozo bombeado como en pozos de observación que capten de los mismos niveles; para lo cual pueden utilizar piezómetros

o pozos existentes, siempre y cuando se conozca su diseño, para garantizar que capte la misma unidad hidrogeológica y que permita la accesibilidad del personal; toma de muestra (considerando que la bomba no obstruya esta actividad). En pozos productivos, para garantizar que el nivel de inicio de la prueba sea el más cercano al estático, se debe suspender el bombeo con por lo menos 24 horas de antelación al inicio de la prueba. A partir de esta información es posible determinar además de los parámetros hidráulicos antes mencionados, el cono de abatimiento o radio de influencia del pozo.

- Inventario de puntos de agua subterránea (manantiales, aljibes, pozos y piezómetros) existentes en el radio de influencia de cada pozo, e identificación de usos y usuarios que puedan verse afectados por la captación.
- Análisis físicoquímico y microbiológico del agua, incluyendo los parámetros de calidad de acuerdo con la destinación de uso (artículos 2.2.3.3.9.1 al 2.2.3.3.9.13 del Decreto 1076 de 2015, o la norma que lo modifique, sustituya o derogue) y considerando los lineamientos establecidos en el numeral 6.1.5 de las especificaciones técnicas del presente documento, referidos a la calidad del agua subterránea.
- Obras de conducción, almacenamiento y sistema de tratamiento a construir incluidos los sistemas de regulación y medición.
- Elementos de medición y control de niveles (estáticos y dinámicos), caudales y régimen de bombeo.
- Medidas de protección del (de los) pozo(s), incluyendo sello sanitario, aislamiento, cerramiento y manejo del agua lluvia.
- Diagnóstico sanitario de acuerdo con lo establecido en el FUNIAS, del área de influencia del (de los) pozo(s).
- Medidas y acciones a implementar para evitar pérdidas de agua y una inadecuada disposición de sobrantes.
- Medidas para cierre y sellado del pozo.
- Formulario Único Nacional de Solicitud de Concesión de Agua Subterránea debidamente diligenciado.
- Nivelación de cota del pozo con relación a las bases altimétricas establecidas por el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", niveles estáticos de agua contemporáneos a la prueba en la red de pozos de observación, y sobre los demás parámetros hidráulicos debidamente calculados;
- Cronograma de mantenimiento.

8.3 VERTIMIENTOS

Cuando se pretendan generar vertimientos de aguas residuales, se debe presentar el Formato Único Nacional de Permiso de Vertimientos establecido mediante la Resolución 2202 de 2006 o lo que disponga aquella norma que la modifique, sustituya o derogue, y la información que dicta la Sección 5 del Capítulo 3, Título 3, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015 o aquella norma que lo sustituya, modifique o derogue y la normatividad ambiental vigente; en el trámite se debe dar cumplimiento a la regulación expedida por el Minambiente (p. e. Ley 373 de 1997, Resolución 631 del 2015, Resolución 1207 de 2014, Resolución 955 de 2012) y presentar la siguiente información:

- Caracterización de las actividades generadoras de las aguas residuales.
- Caracterización del vertimiento: caudal máximo de descarga para cada una de las alternativas de vertimiento propuestas, duración, periodicidad (continuo o intermitente), caracterización físico-química esperada del agua que se pretende verter antes y después del tratamiento.
- Descripción de la operación y del sistema de tratamiento (diseños tipo, esquemas y figuras), manejo y estructuras de entrega en los sitios de disposición final, que serán implementadas durante las diferentes fases del proyecto.
- Plan de gestión para el manejo del riesgo de vertimientos (Decreto 3930 de 2010, compilado en el Decreto 1076 de 2015) en el sistema de tratamiento de aguas residuales para situaciones y eventos no planeados, suspensiones temporales o fallas entre otros.

Nota 1: No se permitirá ningún tipo de vertimiento sin previo tratamiento.

8.3.1 Para vertimientos en cuerpos de agua superficiales

Cuando el solicitante pretenda verter aguas residuales tratadas, domésticas y no domésticas diferentes a las generadas por la actividad de YNC, en un cuerpo de agua particular, el solicitante deberá presentar una descripción general de lo siguiente:

- Identificación y localización (georreferenciada) de las corrientes o tramos homogéneos receptores de las descargas de agua residual.
- Determinación de los caudales o niveles característicos del tramo o sector estudiado, los cuales deben ser consistentes con el estudio hidrológico presentado en la caracterización ambiental.

Realizar el inventario de las principales fuentes contaminantes, identificando el generador y tipo de vertimiento, de acuerdo con la longitud del tramo de modelación.

Para la modelación de la capacidad de asimilación del cuerpo receptor frente a las descargas de agua residual producidas por las actividades del proyecto, se debe tener en cuenta lo estipulado en la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico⁵².

El vertimiento de aguas no domésticas (de las aguas de producción y de los fluidos de retorno) en cuerpos de agua superficiales no está permitido para el PPII⁵³. Igualmente se deberá tener en cuenta las prohibiciones contempladas en el numeral 2.2.3.3.4.3 de la Sección 4. VERTIMIENTOS, del Decreto 1076 de 2015, específicamente los incisos: 1, 2, 3, 4, 5, 9 y 10.

8.3.2 Para vertimiento al suelo de aguas residuales

El vertimiento de aguas de producción y el fluido de retorno (aguas residuales no domésticas) en suelos no está permitido para el PPII en YNC (Parágrafo 3, Artículo 2.2.3.3.4.9 del Decreto 1076 de 2015).

Para el permiso del vertimiento al suelo de las aguas residuales tratadas debe cumplirse lo establecido en el Capítulo 3, Título 3, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015, o en aquel que lo modifique, sustituya o derogue y sus normas reglamentarias y debe considerar las prohibiciones previstas en el Artículo 2.2.3.3.4.3 de la Sección 4. VERTIMIENTOS del Decreto 1076 del 2015 específicamente los incisos: 11, 12 y 13, adicionados por el Decreto 50 del 2018.

Se debe entregar la información prevista en el Artículo 2.2.3.3.4.9 del Decreto 1076 de 2015, modificado por el artículo 6 del Decreto 50 del 2018.

8.4 OCUPACIONES DE CAUCES

Cuando el proyecto requiera ocupación de cauces de cuerpos de agua, se debe:

- Con base en información disponible realizar el análisis de frecuencia para caudales máximos y, justificándolos técnicamente mediante el uso de metodologías de valores extremos. realizar el análisis para caudales medios.
- Presentar la ubicación georreferenciada de los tramos donde se implementarán las obras.
- Para ocupación de cauces y lechos, que cubran todo el cauce a intervenir y cuya infraestructura sea de mayor envergadura, construir la sección topo-batimétrica o secciones representativas, aguas arriba y aguas debajo de dicha ocupación, incluyendo la llanura inundable; para ocupaciones de menor envergadura, es necesario establecer el ancho del cauce a intervenir y

⁵² Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales, adoptada mediante la Resolución 959 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

⁵³ Por referencia a la restricción prevista en el Parágrafo 2 del Artículo 11 de la Resolución 631 de 2015

la profundidad promedio. Para el caso de cuerpos lénticos, se debe levantar la batimetría correspondiente, obteniendo además las curvas nivel – volumen y nivel – área superficial.

- En el caso en que una obra intervenga directamente el cauce, realizar el respectivo estudio de dinámica fluvial que contenga estudios hidráulicos, hidrológicos, sedimentológicos, geológicos y geomorfológicos, asociados al tramo de obra a diseñar, incluyendo niveles y áreas de inundación para diferentes escenarios hidrológicos.
- En caso de existir obras de protección permanentes asociadas a la infraestructura proyectada, presentar el análisis de dinámica fluvial anteriormente mencionado, para garantizar la estabilidad ambiental del cauce en el tramo analizado.
- Presentar la caracterización físicoquímica de los parámetros indicados en la Tabla 13.
- Presentar los diseños preliminares de las obras a construir, la temporalidad y procedimientos constructivos.

Una vez sea determinada, se debe allegar por parte del Interesado el diseño final de las obras y las características de la ocupación del cauce.

8.5 APROVECHAMIENTO FORESTAL

Cuando se solicite el permiso para aprovechamiento forestal, se debe presentar la siguiente información:

- Realizar un inventario forestal estadístico con error de muestreo no superior al quince por ciento (15%) y una probabilidad del noventa y cinco por ciento (95%), por cobertura vegetal de los individuos a partir de un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 0,10 m (o fustales) presentes en las unidades de cobertura vegetal donde se prevé realizar el aprovechamiento forestal (en relación con las actividades y obras del proyecto).
- Localización y georreferenciación de las parcelas en un mapa escala 1:10.000, relacionando la vereda o el corregimiento y el municipio en el cual se ubican.
- Especificar la cantidad y superficie (áreas) de las obras y/o actividades constructivas del proyecto, que posiblemente se verán involucradas para efectuar el aprovechamiento forestal, estableciendo las unidades de cobertura vegetal a intervenir por el desarrollo del proyecto y por la obra o actividad a desarrollar.
- Presentar el área, los volúmenes comercial y total estimados a aprovechar por tipo de cobertura vegetal, y especies objeto de aprovechamiento.
- Se deberá en lo posible evitar el aprovechamiento de las especies vulnerables (VU) en peligro (EN), en peligro crítico (CR), vedadas o endémicas y la afectación de ecosistemas catalogados como amenazados. En caso de no ser esto posible, se debe identificar y especificar su categoría de amenaza en el inventario (según lo previsto en la Resolución 1912 de 2017 o en aquella que la modifique, sustituya o derogue).
- En caso de que las actividades a realizar impliquen la intervención de especies en veda a nivel nacional o regional, debe entregar la información prevista en cumplimiento del Parágrafo 2º del Artículo 125. Requisitos únicos del permiso o licencia ambiental del Decreto 2106 del 22 de noviembre de 2019.
- Presentar un análisis ambiental que especifique los ajustes realizados para mitigar el impacto por aprovechamiento forestal en el marco del planteamiento del proyecto
- Indicar los productos forestales, su respectivo destino final y el sistema de manejo de los desperdicios.
- Presentar las planillas de toma de información en campo de datos del inventario forestal realizado incluyendo como mínimo los siguientes aspectos: tipo de cobertura, localización (coordenadas geográficas incluido su origen, vereda, municipio), individuos inventariados (nombre común y científico), clasificación taxonómica (hasta el nivel más bajo posible), CAP, DAP, área basal, altura comercial y total, volumen comercial y total, estado fitosanitario y observaciones. Asimismo, presentar las sumatorias de número de individuos inventariados y volúmenes comerciales y totales por tipo de cobertura vegetal.

Cuando el proyecto pretenda afectar especies en veda nacional o regional, de conformidad con Decreto 2106 del 22 de noviembre de 2019 o en aquella que la modifique, sustituya o derogue, la ANLA impondrá dentro del trámite de la licencia, las medidas a que haya lugar para garantizar la conservación de las especies vedadas,

Si el proyecto pretende intervenir reservas forestales, se debe solicitar la sustracción de las mismas ante la autoridad competente de conformidad la normatividad vigente y los términos de referencia establecidos para tal fin.

8.5.1 Aprovechamiento de especies en veda

De acuerdo con lo establecido en el Decreto 2106 de 2019 y la circular 8201-2-808 de 9 de diciembre de 2019 del Minambiente, o la norma que la modifique, derogue o sustituya, dentro de la información sobre las especies que son objeto de permiso de aprovechamiento forestal, para aquellas especies en categoría de veda y sujetas de afectación por el uso y aprovechamiento forestal requerido para el desarrollo del proyecto, el Interesado debe entregar:

- Localización geográfica y coordenadas de ubicación del área de intervención del proyecto donde se hará la intervención de las especies de flora silvestre con veda nacional o regional.
- MAG que contenga la siguiente información cartográfica:
 - Listado de coordenadas en formato Excel de los vértices que determinan el (los) polígono(s) en donde se efectuará la remoción de la cobertura vegetal y los especímenes de flora con veda nacional.
 - Cobertura de la tierra indicando atributos conforme a la metodología Corine Land Cover adaptados para Colombia para el (los) polígono(s).
 - Ecosistemas y zonas de vida donde se ubican los polígonos de las actividades del proyecto.
 - Polígonos de las áreas de muestreo de los especímenes de flora con veda nacional.
 - Listado de coordenadas en formato Excel de la ubicación puntual de los individuos arbóreos en veda nacional, identificados sobre los polígonos de la solicitud.

8.6 PERMISO DE RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES SILVESTRES DE LA BIODIVERSIDAD

Cuando en el desarrollo del proyecto, obra o actividad, y durante la implementación del Plan de manejo Ambiental (PMA)⁵⁴ que sea aprobado por la autoridad ambiental, se lleven a cabo actividades que impliquen la recolección de especímenes (ver definición en glosario) de la biodiversidad (p.e. ahuyentamiento, salvamento de fauna silvestre, colecta y reubicación de especímenes de flora, colecta de muestras hidrobiológicas, reubicación de fauna, entre otras), se debe contar con el permiso de recolección respectivo, que debe expedir la autoridad ambiental incluído en la licencia; este permiso se debe solicitar dentro de la solicitud del trámite, de conformidad con el numeral 3 del artículo 2.2.2.3.5.1., del Decreto 1076 de 2015. El permiso al que se hace alusión en este numeral corresponde al permiso que debe ser tramitado de conformidad con lo establecido en el artículo 2.2.2.8.1.1, Sección 1, Capítulo 8 y subsiguientes del Decreto 1076 de 2015, Permiso de Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Investigación Científica No Comercial para las actividades que se realicen posteriores a la obtención de la licencia ambiental.

Cuando el permiso de recolección se encuentre otorgado dentro de la licencia ambiental, pero no contemple algunos especímenes de la diversidad biológica a recolectar y/o la(s) metodología(s) para su recolección, el usuario puede adicionar a las metodologías establecidas, los métodos de

⁵⁴ El Plan de Manejo Ambiental incluye: los programas de manejo ambiental, el Plan de Seguimiento y Monitoreo, el Plan de Gestión del Riesgo de desastres, y el Plan de Desmantelamiento y Abandono.

recolección, los grupos biológicos y/o los perfiles de los profesionales al permiso de recolección otorgado, previa autorización de la autoridad ambiental.

Todas las actividades de monitoreo que requieran colecta temporal o permanente de especímenes deberán estar incluidas dentro de la solicitud del permiso.

A continuación, se relaciona la información que se debe presentar para la solicitud del permiso de recolección:

- Justificación para la recolección de especímenes, indicando las razones por las cuales es necesaria su recolección, para dar cumplimiento a las acciones, objetivos y metas del Plan de Manejo Ambiental.
- Descripción detallada de la(s) metodología(s) para la recolección de especímenes, la cual debe especificar:
 - Metodologías de extracción temporal (captura) o definitiva de especímenes/muestras en campo, laboratorio y desplazamientos, acordes con los grupos biológicos objeto de recolección.
 - Metodologías de manejo de los especímenes ex situ (condiciones y tiempo), en el caso de que aplique (por ejemplo, reubicación).
 - En el caso de que aplique, disposición final de especímenes (vivos o muertos) en colecciones biológicas o centros de rehabilitación.
- Especificar la categoría taxonómica del grupo biológico a recolectar.
- Indicar si se requiere la recolección de especies en alguna categoría de amenaza, veda o endemismo, e incluir la respectiva justificación.
- Si la naturaleza y objetivo del proyecto lo permite, establecer un total de especímenes estimado a recolectar por categoría taxonómica, frecuencia y sitio de muestreo.
- Perfil de los profesionales que llevarán a cabo las actividades de recolección de especímenes de la biodiversidad, donde se evidencie la idoneidad y la experiencia en el uso de trampas y técnicas de muestreo (ahuyentamiento, manipulación de especímenes, translocación), experticia en preservación (sacrificio, conservación) y transporte o movilización de especímenes y/o muestras para cada uno de los grupos biológicos objeto de estudio.

8.7 PERMISO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

Se requerirá permiso de emisión atmosférica para las actividades establecidas en la normatividad ambiental vigente. El permiso de emisión atmosférica se registrará por la normativa vigente.

Además, se deberá actualizar y presentar la información del inventario de emisiones, del monitoreo de calidad del aire y del modelo de dispersión de contaminantes. La información suministrada debe estar actualizada y vigente, sin que supere dos años de antigüedad.

El impacto asociado de las fuentes de emisión que se tendrán en el PPII se debe evaluar a través del modelo de dispersión de calidad del aire para tres escenarios posibles (actual sin proyecto, operación crítica con proyecto sin medidas de control y operación crítica con proyecto y medidas de control), que incluya la siguiente información:

- Información meteorológica
- Inventario de fuentes de emisión atmosférica
- Estimación de la emisión atmosférica
- Monitoreo de calidad del aire.
- Modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos

Para la actualización de la información, se considerarán los lineamientos descritos en el numeral "6.1.6 Atmósfera" del presente documento.

Para la operación crítica con proyecto, se deberá valorar la magnitud del impacto ocasionado realizando un análisis de excedencias esperadas en función del número de ocurrencias y localización en el período y tiempos de exposición evaluados. Adicionalmente se debe realizar un análisis detallado del impacto en los receptores sensibles a fin de presentar los niveles de contaminación a que se encuentran expuestos en los períodos de exposición aplicables según la Resolución 2254 de 2017.

Además, se deberá incluir la descripción de sistemas de control de emisiones y el plan de contingencia de los sistemas de control de emisiones.

8.7.1 Tratamiento y Disposición de fluidos de retorno y/o aguas de producción por Evaporación Forzada

Para evaluar el impacto al componente atmosférico de la evaporación de las aguas de producción y fluidos de retorno, se requiere la presentación de la siguiente información:

- **Descripción de la técnica de evaporación.** El solicitante deberá describir la técnica de evaporación, si se realizará una evaporación multi etapas, al vacío o algún tipo adicional de técnica de evaporación. Precisar las características de los equipos a instalar, detallar el sistema de tratamiento, manejos operativos, criterios de seguimiento y monitoreo y los residuos generados. Se debe precisar específicamente el manejo de las aguas concentrada que se generan posterior al tratamiento de evaporación, identificando si se llega a la cristalización de compuestos.
- **Estimación del volumen y caracterización del fluido de retorno y/ aguas de producción.** Estimar los volúmenes de agua a tratar diariamente. Se deberán identificar los aditivos químicos que serán utilizados en el proceso de perforación (inhibidores, ácidos, biocidas, surfactantes, reductores de fricción, secuestrante de oxígeno, etc). Se debe realizar un análisis de cuáles de estos compuestos son susceptibles de evaporarse. Dentro del análisis, se deberán incluir al menos, los compuestos orgánicos volátiles, los hidrocarburos aromáticos policíclicos, los precursores de ozono, ácidos grasos volátiles, compuestos generadores de olores ofensivos como compuestos reducidos de azufre (H_2S), amoníaco, compuestos tóxicos, los metales pesados, sales, minerales, materia orgánica, entre otros que se consideren relevantes a partir de la literatura, con el fin de evaluar las potenciales emisiones contaminantes.
- **Olores ofensivos.** Evaluar si durante las diferentes etapas del proceso de evaporación forzada, se pueden generar algún tipo de sustancias o mezcla de sustancias que se caractericen por generar olores ofensivos como sulfuro de hidrógeno (H_2S), amoníaco (NH_3), entre otras.
- **Estimación de la emisión de contaminantes** Se deben estimar las emisiones de contaminantes al aire a través de balances de masa y factores de emisión conforme a lo establecido en la: Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas y Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Incluir en la estimación como mínimo: BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno), H_2S , NO_x , Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), Hidrocarburos aromáticos policíclicos (benzo(a)pireno, naftaleno, clorobenceno, fenoles), hidrocarburos totales, formaldehído y metanol y evaluar la inclusión de otros compuestos susceptibles de evaporarse tales como metanol, formaldehído, etilenglicol, etc. Especial atención se requiere en el caso de encontrar radionucleidos de origen natural como el radón y sus descendientes, para evaluar su potencial de evaporación y dispersión. La Resolución 909 de 2008 de este Ministerio, establece los estándares de emisión admisibles para las fuentes fijas. Esta emisión deberá ser incluida en el inventario de emisiones que se solicitó en el numeral 6.1.6.2 y deberá actualizarse con la mejor información disponible.
- **Modelación de dispersión de contaminantes:** Incluir dentro de la modelación de la dispersión de contaminantes al aire, que debe realizarse en el marco del permiso de emisión atmosférica, la evaporación como una fuente adicional a las demás asociadas al PPII. Se deberán considerar como mínimo, los contaminantes establecidos en apartado anterior (Estimación de la emisión de

contaminantes). Especial atención se requiere de evaluar el potencial de evaporación y dispersión para el radón y sus descendientes.

Las modelaciones se deben realizar acorde con lo dispuesto en el numeral. 6.1.6.3.1 del presente documento Finalmente, se debe precisar las técnicas de tratamiento y disposición que se le dará a las aguas concentradas que resulten del sistema de evaporación instalado o preciar si se llegará a recuperación de compuestos químicos.

- **Evaluación del estado de la calidad de aire:** se recomienda implementar un sistema de Sistema Especial de Vigilancia de la Calidad de Aire (SEVCA) para vigilar el impacto de la actividad, el cual deberá hacer parte del programa de monitoreo y seguimiento, de acuerdo a los lineamientos establecidos en el Manual de Diseño del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Los parámetros para vigilar deben ser los relacionados con la técnica a utilizar, se sugiere considerar, pero no limitar, a los siguientes parámetros: BTEX, VOCs, hidrocarburos aromáticos policíclicos (expresados como benzo(a)pireno) e hidrocarburos totales. De manera específica Benceno, Tolueno, formaldehído, Metanol y H₂S.
- **Caracterización de otros residuos que se generan en el proceso:** se debe identificar lo siguiente:
 - Volumen de residuos no gaseosos que se producirán en el proceso por unidad de volumen tratado
 - Características químicas esperadas de los residuos no gaseosos, se debe identificar la presencia de los contaminantes identificados en las tablas 8 y 16, y sustentar aquellos que se identifique que el proceso de evaporación forzada elimina.

8.8 PROTECCIÓN DE LOS ACUÍFEROS Y ECOSISTEMAS CONEXOS EN LAS ACTIVIDADES DE FH-PH Y DE REINYECCIÓN DURANTE EL DESARROLLO DE LOS PPII

Para la actividad de fracturamiento hidráulico de acuerdo con el Decreto 328 de 2020, el Interesado debe seleccionar una tecnología de mínimo impacto en sus componentes e insumos, para el efecto, debe identificar:

- Las características que la clasifican como de mínimo impacto,
- Referir las características de la técnica escogida que respondan a las condiciones del lugar en el que se va a desarrollar el PPII.

Adicionalmente, el Interesado debe garantizar la protección de los acuíferos existentes y los ecosistemas conexos y proporcionar la información correspondiente. Como mínimo debe describir o definir lo siguiente para cada pozo a fracturar:

8.8.1 Información sobre el área de revisión para el fracturamiento hidráulico con perforación horizontal

Para el área de revisión, se deberá presentar:

- Localización georreferenciada del pozo de FH-PH de YNC, indicando su distancia de puntos de agua subterránea inventariados (pozos, aljibes, manantiales, piezómetros), humedales, zonas de recarga de acuíferos y otros ecosistemas sensibles, así como de los pozos del sector de hidrocarburos e infraestructura existente (activos, inactivos o abandonados) y rezumaderos naturales de hidrocarburos.
- Información prevista en la Resolución 40185 de 2020 de Minenergía, sobre el estado de los pozos de hidrocarburos de yacimientos convencionales, (activos, inactivos y abandonados).

- Modelo geológico-estructural, en el cual se identifiquen los sistemas de fallas geológicas y discontinuidades estructurales regionales (que puedan ser cartografiables por métodos geofísicos) presentes en el área de influencia de los PPII y su relación y distanciamiento del pozo de FH-PH de YNC,
- Perfil lito-estratigráfico en el cual se identifique la formación geológica a ser fracturada hidráulicamente; así como, todos los acuíferos identificados en la línea base local que serían atravesados con la(s) perforación(es), describiendo, con la información disponible, sus características litológicas, texturales y estructurales, espesores y continuidad lateral, parámetros hidráulicos.
- Una vez se cuente con un instrumento de manejo y control para la perforación y/o instalación de piezómetros se deberá realizar la caracterización fisicoquímica e isotópica de acuerdo con las tablas 8 y 9 del capítulo 6.1.5 de hidrogeología, que deberá ser remitida a la ANLA.
- Copia de la línea base de sismicidad del área que involucre el bloque dentro del que se encuentre el pozo a fracturar, con información existente, de acuerdo con las especificaciones del SGC, que permita realizar un análisis preliminar del riesgo de causar sismicidad por presencia de fallas geológicas en el área o cualquier discontinuidad con referente histórico de sismicidad en la región.

8.8.2 Sobre el fracturamiento previsto

- Características constructivas del pozo de FH-PH de YNC, que aseguren el aislamiento hidráulico de los acuíferos identificados en la línea base local y de los ecosistemas conexos, indicando el tipo y localización de barreras previstas para prevenir procesos de migración de gas y de fluidos asociados con la actividad.
- Los sistemas de almacenamiento de fluido de fracturamiento hidráulico, fluido de retorno y/o agua producida.
- A partir de metodologías apropiadas y debidamente sustentadas estimar el volumen del fluido de retorno esperado.
- Simulación realizada para definir la extensión máxima de la altura de avance de las fracturas hidráulicas inducidas, por etapa y por pozo, así como su distanciamiento de los acuíferos identificados en la línea base local y ecosistemas conexos.
- Con la información técnica disponible, identificar que la formación geológica superior (suprayacente) se comporta como barrera o sello natural.

8.8.3 Caracterización del fluido de fracturamiento hidráulico

Con relación al fluido de fracturamiento se debe presentar:

- Identificación de las fuentes de agua y volumen máximo requerido. Este último debe ser precisado por fase del proyecto.
- El tipo, composición y volumen total estimado del fluido base. En ningún caso podrá utilizarse diésel como fluido base del fluido de fracturamiento hidráulico (ver definición de fluido de fracturamiento hidráulico).
- El tipo y cantidad estimada de propante y la fuente de este material.
- Los componentes químicos que serán potencialmente utilizados en los fluidos de fracturamiento hidráulico. Esto incluye:
 - Nombre del producto bajo el cual ha sido vendido o mercadeado y una descripción del propósito del aditivo (por ejemplo, biocida, triturador, inhibidor de corrosión, entre otros).
 - El nombre común y el número de registro del CAS para cada componente químico potencialmente utilizado en el fluido.

- Si la identidad de un aditivo químico tiene derecho a la protección de secreto comercial conforme a lo establecido por la ley, el solicitante deberá incluir en el EIA o posteriormente una indicación de que la protección del secreto comercial se ha aplicado y en su lugar informará el nombre de la familia química relevante. En caso de que la ANLA requiera mayor información sobre dicho aditivo, solicitará la información para lo cual tomará las medidas necesarias con el fin de evitar su divulgación al público en general. Sin embargo, en caso de ocurrir un evento no planeado el solicitante deberá facilitar la información de manera oportuna a la entidad que lo solicite con fines de diagnóstico clínico o tratamiento médico.
- La concentración estimada de cada aditivo químico, expresado como un porcentaje de masa del volumen total del fluido.

Debido a que los componentes del fluido de fracturamiento hidráulico podrán variar, estos podrán ser ajustados por unos de menores características de toxicidad y mejor comportamiento ambiental; los componentes utilizados deberán ser reportados en los Informes de Cumplimiento Ambiental.

- Método previsto para transportar las sustancias químicas peligrosas que se vayan a utilizar para preparar el fluido de fracturamiento hidráulico al sitio de desarrollo de las actividades del PPII y especificaciones técnicas del medio de transporte para la prevención de derrames de acuerdo con el Decreto 1609 de 2002 del Ministerio de Transporte, para el transporte de sustancias peligrosas.
- Capacidad aproximada de almacenamiento requerido y especificaciones técnicas del almacenamiento para la prevención y contención de derrames.
- Lista planeada y volumen aproximado de los químicos que serán mantenidos en el sitio para la conformación del fluido de fracturamiento hidráulico.

8.8.4 Fluido de retorno y aguas de producción

Con relación al fluido de retorno y aguas de producción se debe presentar la siguiente información

- Descripción del proceso y equipos a utilizar para la determinación de los diferentes parámetros de calidad del agua, que garanticen la compatibilidad con la formación receptora o las metas de calidad propuestas como medida de manejo.
- Descripción de cómo el fluido de retorno y de agua de producción será manejado, incluyendo la forma en que será almacenado, transportado y la descripción de cualquier infraestructura asociada.
- Método para transportar el fluido de retorno y de agua de producción:
 - Desde la plataforma de desarrollo de las actividades del PPII hasta el lugar del sistema de tratamiento.
 - Desde el lugar del sistema de tratamiento al lugar de disposición final tanto de los residuos líquidos como sólidos.
 - Especificaciones técnicas del medio de transporte para la prevención de derrames en el transporte de sustancias peligrosas, de acuerdo con el Decreto 1609 de 2002 del Ministerio de Transporte, o la norma que la modifique, derogue o sustituya.

8.8.5 Disposición final de fluidos de retorno y aguas de producción a través de pozos inyectoros.

En caso de proyectar la disposición final de las aguas residuales provenientes del PPII a través de su reinyección, se debe aportar la siguiente información que permita evaluar las medidas de protección de las aguas subterráneas, de acuerdo con lo señalado en el Artículo 2.2.3.3.4.6 del Decreto 1076 de 2015 y la demás normatividad ambiental que aplique, con énfasis en la base regional de protección de acuíferos que determine el IDEAM en cumplimiento del párrafo del Artículo 2.2.1.1.1A.2.8. Determinación de Líneas Base Generales, del Decreto 1073 de 2015 (modificado por el Decreto 328 de 2020):

- **Localización propuesta para el pozo de reinyección:** se debe definir y sustentar técnicamente la determinación de las distancias mínimas del pozo inyector propuesto y de las facilidades para el proceso de inyección a fallas geológicas, los puntos de agua subterránea (pozos, aljibes, manantiales, piezómetros), así como a los ecosistemas conexos o interconectados hidráulicamente (cuerpos de agua superficial, humedales, entre otros), para lo cual se deberá hacer uso del análisis de vulnerabilidad a la contaminación, datos del inventario de puntos de agua, radios de influencia máximos de los pozos que cuenten con pruebas de bombeo de larga duración, estimación de perímetros protección para pozos destinados a abastecimiento público o al consumo humano, entre otros. Asimismo, se deberá reportar la distancia a fallas geológicas identificadas.
- **Formación propuesta para reinyección:** Copia del informe de geología solicitado por la ANH, sobre la formación propuesta para la inyección, que incluya aspectos relacionados con:
 - Identificación y caracterización de formación geológica propuesta para inyección (características petrofísicas y geomecánicas), así como de las posibles capas que actúan como sello hidráulico regional supra e infrayacente de la formación propuesta para inyección, y barrera impermeable lateral que garanticen que la formación se encuentra aislada hidráulicamente, así como el análisis estructural donde se determine su posible afectación por discontinuidades estructurales identificadas (fallas, pliegues y fracturas), la calidad del agua prevista, y su caracterización hidráulica con base en la información disponible.
 - Copia de la línea base de sismicidad del área que involucre el bloque dentro del que se encuentre el pozo inyector, con información existente, de acuerdo con las especificaciones del SGC, que permita realizar un análisis preliminar del riesgo de causar sismicidad por presencia de fallas geológicas en el área o cualquier discontinuidad con referente histórico de sismicidad en la región.
- **Diseño mecánico del pozo inyector.** Se deberá presentar copia de la siguiente información solicitada en la Resolución 40185 de 2020 del Minenergía o la que la modifique, derogue o sustituya:
 - Identificación y resumen de la caracterización de todos los acuíferos que serán atravesados por los pozos inyectores, considerando la información del Modelo Hidrogeológico Conceptual capítulo 6.1.5 de hidrogeología, reportando el nombre o código de la formación acuífera, profundidad, espesor, parámetros hidráulicos. Una vez perforado el pozo para reinyección, se deberá aportar en los informes de cumplimiento ambiental y en el programa de monitoreo los resultados de su caracterización fisicoquímica e isotópica de acuerdo con las tablas 8 y 9.
 - Se debe presentar el diseño mecánico previsto para los pozos inyectores proyectados, especificando las medidas contempladas para la protección diferencial de los sistemas acuíferos identificados (con énfasis en la base regional de protección de acuíferos que determine el IDEAM en cumplimiento del parágrafo del Artículo 2.2.1.1.1A.2.8. Determinación de Líneas Base Generales. del Decreto 1073 de 2015 modificado por el Decreto 328 de 2020) que aseguren su adecuado aislamiento hidráulico. Igualmente se debe reportar todas las medidas preventivas que eviten impactos adversos sobre la estructura del pozo inyector y sobre las formaciones atravesadas por este⁵⁵.
 - Distancia vertical al basamento.
- **Caracterización prevista de los fluidos a ser reinyectados:** Volúmenes de inyección por periodo de tiempo, presiones máximas de inyección previstas, duración, periodicidad (continuo o intermitente), y, características fisicoquímicas esperadas del fluido de retorno y agua de producción (Incluidos fluidos con presencia de radionucleidos de origen natural).

⁵⁵ Las especificaciones en cuanto a construcción, integridad, pruebas de inyectividad, diseño de pozo, control de sismicidad, intercomunicación de pozos, entre otras, deberán realizarse con base en la regulación técnica expedida por el Minenergía.

- **Descripción del sistema de tratamiento previsto para el fluido a ser reinyectado** (diseños tipo, esquemas y figuras).
- **Gestión de riesgos asociados con la reinyección de fluidos provenientes de los PPII:** El Interesado debe identificar las situaciones que limiten o impidan el proceso de inyección o el tratamiento de los fluidos a ser reinyectados y presentar un análisis del riesgo, que contemple las medidas de prevención y mitigación, protocolos de emergencia y contingencia y programa de rehabilitación y recuperación, como mínimo debe prever lo previsto en el numeral 11.1.3.

8.8.5.1 Reporte de información, una vez finalizada la perforación de pozos reinyectores:

Se debe reportar la siguiente información, dentro de los periodos siguientes, contados desde la finalización de las respectivas labores:

- Los siguientes requerimientos se radicarán acorde con la presentación de las formas establecidas por el Minenergía (de acuerdo con la etapa en la que se encuentre el PPII), 1 mes después de realizar las pruebas de inyectividad.
 - Copia de las pruebas iniciales de inyectividad que se requieran para garantizar la integridad del pozo y estabilidad de la formación, y por lo tanto garanticen la no contaminación de las aguas subterráneas, como mínimo:
 - Resultados de las pruebas de integridad y los monitoreos de presión en la cabeza del pozo
 - Resultado de los modelos numéricos empleados en los estudios geomecánicos, de estabilidad de pozo, propagación de fracturas, reactivación de fallas.
- El Resultado de la caracterización fisicoquímica del agua de formación con los siguientes parámetros contemplados en las tablas 8 y 9 del capítulo 6.1.5 y los de la Tabla 14, se entregará en el ICA respectivo.
- Características hidráulicas (conductividad hidráulica horizontal y vertical, coeficiente de goteo, coeficiente de difusividad), se entregará en el primer ICA.
- Las condiciones de inyectividad que soportan las características apropiadas para el confinamiento de los fluidos a inyectar, que cuente con un sello natural impermeable que no permita la migración de dichos fluidos hacia otras formaciones geológicas, acuíferos o a cuerpos de agua superficiales, información sobre la presión de poro, de la capacidad volumétrica de la formación, la proximidad de fallas u otras discontinuidades estructurales, la profundidad del basamento cristalino de la cuenca sedimentaria, se entregará en el primer ICA.

TABLA 14 PARÁMETROS ADICIONALES PARA CARACTERIZAR AGUAS DE FORMACIÓN DONDE SE REALIZA INYECCIÓN⁵⁶

OTROS IONES	
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃)	mg/L
Ortofosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L
Sulfuro (S ²⁻)	mg/L
Bromuro (Br ⁻)	mg/L
METALES	
Arsénico (As)	mg/L
Boro (B)	mg/L
Cobre (Cu)	mg/L
Cromo (Cr)	mg/L
Litio (Li)	mg/L
Mercurio (Hg)	mg/L

⁵⁶ Tomado del informe de consultoría contrato F-RRHH-PS-C1-1571-08-19, FUCOLDE, en el marco el de 2018 de Fortalecimiento institucional entre la ANH y la Fundación

OTROS IONES	
Molibdeno (Mo)	mg/L
Níquel (Ni)	mg/L
Plomo (Pb)	mg/L
Selenio (Se)	mg/L
Silicio (Si)	mg/L
Vanadio (V)	mg/L
GASES DISUELTOS	
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	mg/L
RADIOISÓTOPOS ⁵⁷	
Radio-226 (²²⁶ Ra)	Bq/L
Radio-228 (²²⁸ Ra)	Bq/L
Uranio U ₂₃₈	Bq/L
Vigilancia radiológica	Bq/L

- Copia del análisis de compatibilidad del agua de formación y los fluidos a ser inyectados, con el fin de evitar la corrosión y la pérdida de inyectividad (taponamiento) por incompatibilidad, y por tanto posible afectación de la formación objeto de inyección, se entregará en el ICA respectivo.

Nota 1: Si no se cuenta con la composición real del agua de retorno de los PPII, este informe podrá ser entregado posteriormente cuando se conozca la caracterización del fluido a inyectar.

Nota 2: Para las pruebas de inyección de pozos inyectoros nuevos se podrá utilizar fluidos diferentes al fluido de retorno con el fin de demostrar técnicamente su futuro uso para la inyección de los fluidos de retorno, para esto se deberá presentar copia del análisis de compatibilidad del agua de formación y los fluidos a ser inyectados.

Nota 3: Dentro del análisis de compatibilidad se pueden incluir medidas de control como tratamientos previos o adición de aditivos químicos para asegurar la compatibilidad del fluido a inyectar con el agua de formación.

- Copia del modelamiento hidrogeoquímico en el cual se determine la zona de mezcla de inyección, se entregará en el primer ICA.
- Copia del seguimiento realizado por el ente fiscalizador al comportamiento de la inyectividad, cociente entre el caudal de inyección y el incremento de la presión en la zona de inyección, se entregará en el ICA respectivo.

8.8.5.2 Diseño del Plan de monitoreo

El Interesado debe presentar un plan de monitoreo que permita realizar un control y seguimiento apropiado de la actividad, incluyendo las siguientes acciones y por lo menos los parámetros definidos en la tabla 15:

- - Acciones previstas para el monitoreo
- - Equipos requeridos
- - Técnicas y sistemas de monitoreo
- - Validación de resultados

Así mismo, se deberá reportar en los ICA, los resultados del monitoreo de los parámetros de la Tabla 15 en las redes diseñadas en el área de revisión de cada pozo inyector:

⁵⁷ Considerar el documento "Lineamientos técnicos para el muestreo y análisis de materiales radiactivos de origen natural en los PPII" (SGC-2020)

TABLA 15. VARIABLES DE MONITOREO ORIENTADO A SEGUIMIENTO Y PREVENCIÓN DE AFECTACIONES A LOS ACUÍFEROS⁵⁸.

Variable	Tipo de variable	Frecuencia de monitoreo	Método/técnica
Presión de inyección	Operacional	Minuto y reporte diario de la Presión de inyección mínima, media y máxima	Dispositivo de medición automática
Sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica	Diaria		Dispositivo de medición automática
Hidrocarburos totales	Semestral		Standard methods

8.8.5.3 Inyección en pozos reinyectores existentes

En caso de plantearse la utilización de pozos reinyectores existentes, debe garantizarse la integridad mecánica de los mismos, además de realizar los sondeos necesarios para determinar el estado de esfuerzos y estructuras de la formación. De igual manera, el Interesado debe asegurar las mismas condiciones establecidas para los pozos inyectores nuevos, en cuanto las medidas para protección de sistemas acuíferos que son intervenidos por el pozo inyector, el aislamiento hidráulico de la formación objetivo en la cual se pretenda inyectar los fluidos procedentes de los PPII, la compatibilidad química de las aguas de formación y los fluidos a inyectar, los monitoreos para el control y seguimiento de la actividad y las medidas para prevención y atención de contingencias por posible afectación en las actividades de FH-PH durante el desarrollo de los PPII. Para el efecto, debe presentar la información solicitada correspondiente.

9 EVALUACIÓN AMBIENTAL⁵⁹

Este numeral tiene como propósito evaluar los impactos ambientales que genera el proyecto, es decir, evaluar los cambios que sufriría un parámetro ambiental entre dos escenarios diferentes, uno en el que no se desarrolla el proyecto y otro en el que sí. En ambos casos, la identificación de los impactos ambientales es fundamental para asegurar la calidad del EIA y es un momento crucial para el proceso de licenciamiento ambiental, pues tiene repercusiones en la valoración de impactos, en la definición de las medidas y la zonificación de manejo, en las decisiones que tomen las autoridades ambientales y por supuesto, en los impactos no identificados que se configuren una vez se ponga en marcha el proyecto.

Los procesos de identificación de impactos, valoración de impactos y de definición del área de influencia se realizan de manera conjunta e iterativa. Una identificación y valoración preliminar de impactos conlleva a una definición preliminar del área de influencia; sin embargo, la caracterización y el conocimiento que se adquiera de esa área de influencia inicial pueden provocar que se reconozcan otros impactos generados por el proyecto y ello a su vez, implica reconsiderar la extensión del área de influencia. Este proceso se debe ejecutar de forma sucesiva hasta hallar un área que cumpla con la definición de área de influencia de acuerdo a una identificación y valoración precisa de impactos.

La valoración en este proceso iterativo, dada un área de influencia preliminar que corresponde a cierta identificación de los impactos (se deben considerar todo tipo de impactos ambientales, incluyendo los directos, los indirectos, los sinérgicos y los acumulativos) que podría generar el

⁵⁸Tomado del informe de consultoría contrato F-RRHH-PS-C1-1571-08-19, FUCOLDE, en el marco el de 2018 de Fortalecimiento institucional entre la ANH y la Fundación

⁵⁹ En caso de que la autoridad ambiental establezca o adopte con posterioridad a este documento, una metodología para la identificación y evaluación de impactos, esta deberá ser utilizada por el Interesado

proyecto, consiste en asignar valores cuantitativos o cualitativos, positivos o negativos a los impactos, en función del grado con el cual modificarían la calidad ambiental. La valoración ambiental implica conjugar la información consignada en la caracterización del área de influencia, que expresa las condiciones de la zona sin los efectos del proyecto, con la información que describe el proyecto, sus particularidades de ubicación, tecnología y diseño, entre otras, para establecer cómo y en qué medida el proyecto modificaría las condiciones ambientales del escenario sin proyecto.

El ejercicio de organizar los impactos que genera un proyecto, obra o actividad de acuerdo a su grado de significancia, permite hacer una evaluación de los mismos. Dicho método de evaluación debe ser descrito detalladamente en el EIA, señalando cómo se identifican y valoran los impactos (por ejemplo, mediante múltiples atributos cualitativos y/o cuantitativos, haciendo uso de la lógica difusa o recurriendo a relaciones causales), cuál es la escala espacial y temporal de la valoración, cuál es (si existe) la regla de ponderación de los atributos utilizados y, por último, cómo se definen las categorías de valoración, sean cualitativas o cuantitativas. El método utilizado debe propender por un análisis integrado, global, sistemático y multidisciplinario y siempre, incluir una discusión sobre las relaciones causales que pueden ocurrir no solo entre actividades e impactos, sino también entre diferentes tipos de impactos.

Si se opta por el uso de un método ya establecido (p. e. Battelle-Columbus, cualitativa de Conesa, EPM, entre otros), su aplicación debe ser fiel a las definiciones, conceptos y procedimientos propios de dicho método. En caso de que se plantee una modificación de uno de estos métodos, su descripción debe resultar totalmente clara y en la medida de lo posible se deben utilizar los mismos conceptos y definiciones del método que se está modificando. En razón al uso profuso de la metodología propuesta por Conesa (2010) como base para formular nuevos métodos de evaluación, se recomienda que estas modificaciones hagan uso de las definiciones de los atributos que plantea la metodología de Conesa sin modificar los nombres y significados de los mismos, con el fin de facilitar el proceso de evaluación que efectúa la ANLA.

Se debe elegir el método y los atributos que propicien una evaluación ambiental acorde con las características del proyecto y del entorno en el cual se pretende ejecutarlo, haciendo un uso responsable de los atributos de valoración en función de sus capacidades para describir la significancia de un impacto. Algunos atributos de valoración comúnmente utilizados en las metodologías cualitativas, no se dirigen a establecer el grado con el cual los impactos modifican las condiciones ambientales, ejemplos de ello son la Posibilidad de ocurrencia⁶⁰, el Momento⁶¹, la Recuperabilidad⁶², la Periodicidad⁶³ y el Efecto⁶⁴; sin embargo, estos atributos son de gran utilidad en la estructuración del Plan de Manejo Ambiental, pues permiten definir y organizar temporal y espacialmente la ejecución de las medidas de manejo.

Independientemente del método de valoración de impactos que se utilice, es imprescindible que la valoración (positiva o negativa) que se adjudica a cada impacto, sea justificada mediante textos de manera clara y sucinta. Para el caso de los métodos que utilizan varios atributos (cualitativos y

⁶⁰ Se refiere a la posibilidad de que ocurra un impacto (Conesa, 2010). Que un impacto ocurra, no quiere decir que necesariamente sea un impacto significativo.

⁶¹ Señala el tiempo que transcurre entre la aparición de una acción y el comienzo del efecto (impacto) sobre el factor considerado (Conesa, 2010). Un impacto puede ser significativo independientemente de que ocurra de inmediato o que lo haga después de que transcurra un largo periodo de tiempo luego de ejecutar una acción.

⁶² Se refiere a la posibilidad de manejar el impacto haciendo uso de medidas de recuperación (Conesa, 2010). La posibilidad de manejo de un impacto es una característica diferente a su significancia.

⁶³ Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, puede ser continua, discontinua o irregular (Conesa, 2010). Un impacto puede manifestarse con cualquiera de las regularidades planteadas y no por eso presentar mayor o menor significancia.

⁶⁴ De acuerdo con Conesa (2010), este atributo se refiere a la cualidad de ser un impacto directo o uno indirecto. El hecho de que un impacto sea directo no necesariamente implica que tenga mayor significancia que uno indirecto, o viceversa.

cuantitativos), se debe realizar la justificación del valor asignado a cada uno de los atributos utilizados para valorar cada impacto.

Con el propósito de valorar los impactos se deben tomar como referencia, según aplique, los límites permisibles de los contaminantes definidos en la normativa ambiental. En caso de no existir regulación nacional para algún parámetro, se deben emplear como referencia los requerimientos más restrictivos de la normativa internacional.

Al igual que con los atributos, es fundamental, que la modificación de las ponderaciones y de las categorías de evaluación se realice de manera sensata, siempre atendiendo a la responsabilidad constitucional de mantener un ambiente sano y buscando que la evaluación refleje de la manera más cercana a la realidad, la forma en que el impacto modificaría el área de influencia. Si se parte de un método en particular y se modifica el número de atributos o su ponderación, se debe modificar también el rango de valoración (máximo valor posible, menos el mínimo valor posible) y la magnitud de las categorías de calificación (estas categorías permiten establecer el grado de significancia de los impactos, clasificándolos en débiles, moderados, severos y críticos, por ejemplo).

Se recomienda que al modificar los métodos de evaluación de impactos, existan cuatro categorías de calificación de igual magnitud; ello quiere decir que para determinar la magnitud de cada una de ellas, basta con dividir entre cuatro el rango de valoración.

En la evaluación ambiental se deberán tener en cuenta e incorporar, en caso de ser pertinentes, las percepciones y comentarios respecto de los impactos y su evaluación, que se identifiquen en los procesos participativos con las comunidades, organizaciones y autoridades del área de influencia de los componentes del medio socioeconómico. En caso de que no se estimen pertinentes los aportes de dichos procesos participativos, se debe expresar las razones por las cuales no se toman en cuenta dichas consideraciones. De haber realizado consulta previa con las comunidades étnicas presentes en el área de influencia del proyecto, los impactos ambientales identificados en dicho proceso deben ser incorporados en el EIA.

9.1 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS PARA EL ESCENARIO SIN PROYECTO

En el análisis de los impactos previos al proyecto, se deben identificar las actividades que más han ocasionado cambios en las áreas de influencia. Adicionalmente, se debe cualificar y cuantificar el estado actual de los medios abiótico, biótico y socioeconómico (señalando también su sensibilidad ambiental), y realizar el análisis de tendencias, considerando la perspectiva del desarrollo regional y local, la dinámica económica, los planes gubernamentales, las figuras de conservación y las consecuencias que para los ecosistemas de la zona tienen las actividades antrópicas y los procesos naturales propios de la región.

Para lo anterior, se deben identificar las interacciones de las actividades que se desarrollan en la región, y calificar los impactos generados sobre componentes, grupos de componentes o medios.

Se deben describir y documentar los conflictos ambientales existentes para cada uno de los medios, incluyendo los que se presentan por el uso de los recursos naturales (agua, suelo, bosque, entre otros).

9.2 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS PARA EL ESCENARIO CON PROYECTO

A partir de la evaluación ambiental para el escenario sin proyecto, y de las calificaciones obtenidas para cada impacto, se deberán identificar, describir y calificar los impactos generados por el proyecto sobre el entorno, como resultado de la interacción entre las diferentes fases y actividades del mismo y los factores de cada componente. Cabe aclarar que la valoración de impactos para el escenario con proyecto mide el grado con el cual una actividad genera un cambio en un parámetro ambiental sin que medie ningún tipo de manejo, es decir, estima la significancia inherente al impacto. Esta evaluación en términos de significancia constituye el fundamento sobre el cual se formula el Plan de

Manejo Ambiental; a un impacto corresponde al menos, una medida de manejo (aunque una medida de manejo pueda estar dirigida a controlar más de un impacto).

Cuando existan incertidumbres acerca de la magnitud y/o alcance de algún impacto del proyecto sobre el ambiente, se deben realizar y describir las predicciones para el escenario más crítico posible, el cual incorpora los impactos más importantes que hayan ocurrido históricamente en este tipo de actividades en la industria a nivel internacional, incluidos eventos amenazantes endógenos que se consideran en el capítulo de Plan de Contingencia y a partir del correspondiente análisis de riesgos, se integren otros factores a partir de las frecuencias y probabilidades de ocurrencia a nivel internacional.

Se deben describir y documentar los conflictos ambientales existentes, incluyendo los que se presentan por el uso de los recursos naturales (agua, suelo, bosque, entre otros), que puedan potenciarse debido al desarrollo del proyecto, para los medios abiótico, biótico y socioeconómico, así como los conflictos que podrían configurarse debido a la ejecución del proyecto.

Determinar el nivel de impacto que el proyecto tendría sobre el servicio ecosistémico. Este nivel de impacto se determinará con base en la evaluación de impactos que se realice y tomando como referencia la información secundaria existente sobre proyectos de fracturamiento hidráulico realizados a nivel internacional, en los cuales se haya identificado afectación de algún servicio ecosistémico.

9.2.1 Análisis de Impactos Acumulativos

Se debe efectuar un análisis de Impactos Acumulativos empleando metodologías internacionalmente reconocidas como la del *International Finance Corporation - IFC* u otras que permitan identificar los componentes ambientales de valor en la zona, así como identificar y proponer medidas concretas para prevenir, reducir o mitigar tales impactos acumulativos, que se deben considerar en el capítulo del PMA

9.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL

La evaluación económica ambiental de los Proyectos Piloto Integrales de Investigación debe realizarse conforme con lo establecido en los instructivos, según apliquen, que componen los Criterios Técnicos para el uso de Herramientas Económicas en los Proyectos, Obras o Actividades Objeto de Licenciamiento Ambiental, adoptados mediante la Resolución 1669 de 2017 de Minambiente.

10 ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO

La zonificación de manejo tiene como propósito establecer, para el área de influencia, zonas homogéneas de acuerdo al grado con el cual pueden ser intervenidas por el proyecto y se obtiene, a partir de la integración de la información proveniente de la zonificación ambiental, de las características del proyecto, del uso y aprovechamiento de recursos y de la evaluación ambiental.

El análisis de cada una de las unidades de manejo debe realizarse de manera cualitativa y cuantitativa, utilizando sistemas de procesamiento geoespacial. La evaluación debe definir las restricciones de tipo abiótico, biótico y socioeconómico.

Se deben agrupar estas unidades en las siguientes áreas de manejo, indicando la superficie de cada unidad, su porcentaje de participación con respecto al área total del proyecto y las actividades a desarrollar, de acuerdo a las restricciones de cada una de ellas:

- **Áreas de Exclusión:** Se considera que el criterio de exclusión está relacionado con vulnerabilidad y funcionalidad ambiental de la zona y con el carácter de áreas con restricciones legales, corresponden a áreas que no pueden ser intervenidas por las actividades del proyecto.

- **Áreas de Intervención con Restricciones:** se trata de áreas donde se deben incorporar medidas de manejo especiales, así como restricciones acordes con las actividades y fases del proyecto y con la sensibilidad ambiental de la zona.

- **Áreas de Intervención:** Corresponde a áreas donde se puede desarrollar el proyecto con manejo ambiental acorde a las actividades y fases del mismo.

La zonificación de manejo ambiental final debe cartografiarse a escala 1:10.000, o de mayor detalle, acorde con la sensibilidad ambiental de la temática tratada.

Se debe describir el modelo de procesamiento de información geográfica utilizado para establecer la zonificación de manejo ambiental, señalando los cálculos, funciones, métodos, ponderaciones y demás procedimientos ejecutados (por ejemplo, capas intermedias).

11 PLANES Y PROGRAMAS

11.1 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) hará las veces de PMA específico, se compone de los siguientes elementos con los cuales se ejecutará el proyecto

11.1.1 Programas de manejo ambiental

Es el conjunto detallado de medidas y actividades que, producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales debidamente identificados, que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad.

Se deberá presentar un Plan de Manejo Ambiental (PMA), estructurado en programas, subprogramas (cuando se requiera) e implementar la jerarquía de mitigación considerando como primera opción medidas para evitar y prevenir la ocurrencia de los impactos, en segunda opción reducir, corregir o minimizar los impactos, como tercera opción restaurar los impactos y finalmente establecer medidas de compensación de los impactos residuales identificados.

Para los impactos identificados se deben plantear medida(s) de manejo ambiental; teniendo en cuenta que una misma medida puede aplicar para el manejo de diferentes impactos y que un impacto puede ser manejado a través de diferentes medidas.

Así mismo, el planteamiento de los programas, subprogramas y medidas debe enfocarse al control integral de los impactos ambientales; para ello se debe tener en cuenta que pueden haber impactos que se manifiesten en diferentes componentes o medios (por ejemplo, cambios en las características fisicoquímicas del recurso hídrico superficial puede afectar elementos de los medios abiótico, biótico y socioeconómico) y/o componentes (por ejemplo, la alteración de las actividades económicas tradicionales de la población puede afectar el componente económico, demográfico, cultural, etc.).

En la formulación del PMA se deberán tener en cuenta e incorporar, en caso de ser pertinentes, los comentarios que resulten de los procesos participativos con las comunidades, organizaciones y autoridades del área de influencia del componente, grupo de componentes o medio. Para cada uno de los aportes que no resulten pertinentes, se debe sustentar la razón por la cual no se toman en cuenta en el proceso de formulación del PMA.

Los programas del PMA deben especificar:

- Objetivo(s) de cada programa y subprograma.
- Metas relacionadas con los objetivos identificados.

- Indicadores que permitan hacer seguimiento al cumplimiento de las metas propuestas para cada objetivo, así como la efectividad de cada programa y subprograma^{65, 66}.
- Impactos a manejar por cada programa (con base en la evaluación de impactos).
- Fase(s) del proyecto en las que se implementaría cada programa y subprograma.
- Lugar(es) de aplicación (ubicación cartográfica, siempre que sea posible).
- Descripción de medidas de manejo (acciones específicas) a desarrollar dentro de cada programa y subprograma, especificando el tipo de medida (prevención, mitigación, corrección y compensación) y la frecuencia de implementación de las acciones.
- Relación de las obras propuestas a implementar. Los diseños tipo deberán presentarse como documentos anexos al EIA.
- Cronograma de implementación de los programas.
- Costos estimados de implementación de cada programa.

Se deberá presentar un cuadro o esquema en el que se indiquen las medidas de manejo ambiental que corresponden a cada impacto identificado.

En la elaboración del PMA se deben considerar como mínimo los siguientes criterios:

- Los objetivos, metas e indicadores de los programas de manejo ambiental deben estar orientados al manejo efectivo de todos los impactos identificados.
- Los programas propuestos en el PMA deben tener en cuenta en caso de existir, los planes de desarrollo regional, local y el ordenamiento ambiental territorial.

La información de los indicadores que se recoja debe ser remitida a la ANLA de acuerdo con los protocolos que se fijen y en la oportunidad que esta lo solicite.

Las medidas de manejo que se propongan deben tener como base los resultados de la evaluación de impactos ambientales hecha para el proyecto, sin embargo, teniendo en cuenta las características del proyecto y el tipo de actividades desarrolladas, se deben considerar las siguientes, sin que se deban limitar a estas la formulación del PMA del proyecto:

11.1.1.1 Manejo de recurso suelo como soporte

Las medidas de manejo ambiental deben incluir:

- Descripción de las medidas a implementar para minimizar los potenciales impactos ambientales asociados con el manejo de los fluidos de retorno y de agua de producción, incluyendo el uso de superficies impermeables, contención secundaria, tanques y sistemas de tratamiento tipo.

Nota. Conforme con lo estipulado en el parágrafo 2 del artículo 2.2.3.3.4.9 del Decreto 1076 de 2016, modificado por el Artículo 6 del Decreto 50 de 2018, no se puede hacer vertimiento al suelo de los fluidos de retorno o de agua de producción.

11.1.1.2 Manejo sobre el Uso de aguas

Incluye los impactos a otros usuarios de agua, así como los impactos ambientales que pudieran resultar del uso de la fuente, transporte y almacenamiento. Las medidas deben incluir:

- Uso eficiente y ahorro del agua, consultar la guía para el uso eficiente y ahorro del agua Minambiente, 2018.

⁶⁵ Los objetivos planteados deben aludir al cambio que se quiere lograr y las metas por su parte deben ser formuladas en términos cuantificable de cantidad, calidad, tiempo y tener relación directa con las actividades, con los objetivos y poder ser verificadas de manera objetiva.

Los indicadores deben permitir que se establezca la gradualidad en que se van alcanzando los objetivos de cada Programa. La descripción de estos debe incluir medidas de cantidad, calidad y tiempo de implementación, con el propósito de conocer si la medida está siendo efectiva para prevenir o mitigar los impactos a los que alude.

⁶⁶ En caso de que la autoridad ambiental establezca o adopte con posterioridad a estos términos de referencia un sistema de indicadores, estos deberán ser utilizados por el Interesado.

- Medidas de espaciamiento entre las fuentes de agua y los pozos de FH-PH de YNC o Inyección.
- Registro continuo del caudal concesionado.
- Medidas de mitigación o alternativas de captación de agua para períodos de sequía.
- Medidas de protección de área alrededor de la fuente de agua.
- Medidas de protección de hábitats y fuentes de agua críticas para especies de flora y fauna, cuando aplique.
- Medidas y limitaciones de uso específicos del recurso, incluyendo requerimientos para periodos de bajo caudal para cuerpos de agua superficial, necesarios para mantener la vida acuática, los usos recreativos y otros usos (municipales, industriales, agrícolas).

11.1.1.3 Manejo Aguas superficiales

El plan de manejo deberá incluir, pero no estar limitado a:

- Definición de medidas de manejo orientadas a la preservación de la calidad del agua superficial.
- Medidas de protección del área alrededor de las fuentes de agua superficial, incluyendo fuentes de agua críticas para especies de flora y fauna, cuando aplique.
- Medidas para el uso alterno de recurso hídrico superficial en periodos de bajo caudal, que aseguren el mantenimiento del caudal ambiental.

11.1.1.4 Manejo Aguas subterráneas

El plan de manejo debe incluir los siguientes aspectos:

Con base en los resultados del Modelo Hidrogeológico Conceptual previsto en el numeral 6.1.5.1 actualizado con la información recogida en el proyecto (que debe ser entregado a la ANLA antes del inicio de la perforación de los pozos de fracturamiento o de reinyección), establecer medidas de manejo específicas, cuando aplique, para proteger los elementos sensibles descritos a continuación:

- Captaciones de aguas subterráneas existentes, en especial las empleadas para consumo humano, de acuerdo con los parámetros hidráulicos (cálculo del radio de influencia o perímetros de protección) establecidos a partir de la interpretación de las pruebas de bombeo de pozos representativos de los sistemas acuíferos identificados, capítulo 6.1.5.
- Zonas con alta y media vulnerabilidad a contaminación de acuíferos
- zonas de recarga de acuíferos identificadas
- Zonas de conexión hidráulica aguas superficial -agua subterránea
- Presencia de manantiales y humedales
- Base regional de protección de acuíferos de acuerdo con lo que establezca el IDEAM en la línea base ambiental disponible

Medidas para la protección de todos los sistemas acuíferos identificados, que incluyan:

- Medidas para el manejo de las actividades y componentes del PP11, que puedan convertirse en fuentes potenciales de contaminación, de acuerdo con vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación
- Medidas para garantizar el aislamiento hidráulico los acuíferos atravesados por todos los pozos perforados en desarrollo de los PP11,
- Medidas para garantizar la estabilidad e integridad de los pozos perforados en desarrollo de los PP11, en especial los de inyección.
- Medidas para garantizar la “no propagación” de fracturas, o reactivación de fallas geológicas que puedan llegar a conectarse hidráulicamente con acuíferos, pozos (activos o inactivos) e infraestructura existente, durante el desarrollo de los PP11, en especial en las etapas de fracturamiento hidráulico e inyección.
- Medidas para la gestión de todos los impactos ambientales, de acuerdo con lo solicitado en el capítulo 8.3.3
- Medidas para proteger el uso actual y potencial de los acuíferos existentes en el área de influencia del PP11, por las actividades de FH-PH e inyección.

Condiciones adicionales para la protección de las aguas subterráneas, por vertimiento (reinyección) a través de pozos inyectoros:

- Solo se permite la inyección de fluido de retorno o de agua de producción siempre y cuando este sea compatible con el agua residente en la formación geológica propuesta para inyección, para lo cual los fluidos de retorno y de agua de producción deberán ser tratados o acondicionados.
- La identificación del riesgo de contaminación inducida por comunicación entre el pozo y otros pozos (antiguos, sellados, o abandonados) está a cargo del Interesado, quien debe haber establecido esta posibilidad previamente al fracturamiento mediante la información prevista para el seguimiento que realiza la ANH, en cumplimiento del párrafo 3, del artículo 10 de la Resolución 40185 de 2020 y cualquier otra información que resulte pertinente para identificar los riesgos para esta actividad.

11.1.1.5 Ecosistemas y biodiversidad

El plan de manejo debe prever las siguientes medidas:

Identificar las medidas necesarias para prevenir, mitigar, corregir o compensar los posibles impactos que puede generar el desarrollo del PPII en biodiversidad, incluyendo efectos acumulativos sobre la fragmentación y la conectividad ecológica.

11.1.1.5.1 Manejo de especies Vedadas, tanto del orden Nacional como regional:

En el caso de que el proyecto requiera aprovechamiento o exista presencia de especies en veda, el Interesado debe presentar una propuesta de medidas de manejo por la afectación de las especies de Bromelias, Orquídeas, Musgos, Hepáticas, Anthocerotales y Líquenes, así como por la afectación de individuos de especies arbóreas y helechos arborescentes en veda regional o nacional, tendientes a la conservación de las especies y su acervo genético (con objetivos y metas, actividades y acciones a desarrollar).

11.1.1.6 Pozos de reinyección para disposición final

Con el fin de proteger los recursos hídricos subterráneos y ecosistemas conexos atravesados por los pozos inyectoros, las medidas de manejo deberán tener en cuenta lo siguiente:

- a) Distancia mínima de inyección a la(s) falla (s) geológicas más cercanas encontradas.
- b) Garantizar que la composición de los fluidos a reinyectar es compatible con la formación objetivo-receptora.
- c) Sin perjuicio de distancias mayores que se determine a partir de las modelaciones que realice el Interesado y en particular del análisis del plan de gestión del riesgo para el manejo del vertimiento (PGRMV), no se podrán proponer pozos de inyección para disposición final a menos de un radio de 200 m de pozos, aljibes o manantiales ni a 800 m de pozos de abastecimiento de agua municipales.

Se debe aportar la información de las condiciones de integridad de los pozos activos, inactivos y abandonados ubicados, dentro del área de Revisión, acorde al seguimiento que realiza la ANH en cumplimiento del párrafo 3, del artículo 10 de la Resolución 40185 de 2020, y cualquier otra información que resulte pertinente para identificar riesgos para esta actividad

11.1.1.7 Emisiones atmosféricas y calidad del aire

El plan de manejo de emisiones y calidad del aire debe elaborarse basado en riesgo, detallando los indicadores y técnicas de monitoreo para el proyecto, debe incluir las siguientes medidas:

- De acuerdo con el Artículo 52 de la Resolución 181495 de 2009 de Minenergía, ningún gas será venteado en condiciones normales de operación.
- En caso de que el hidrocarburo sea quemado:
 - Utilizar teas verticales y/u horizontales con un dispositivo de combustión de ingeniería con una fuente de combustión fiable y continua que garantice por lo menos un 98% de eficiencia de combustión.

- Prever medidas adicionales de control de emisiones, radiactividad (teniendo en cuenta los lineamientos de vigilancia radiológica que expida Minenergía) y temperatura en caso de que el proyecto se encuentre próximo a zonas habitadas o bosques que puedan verse afectados por la quema del hidrocarburo.
- Formular programa de detección y reparación de fugas.
- Para cada uno de los pozos establecer y mantener actualizado un inventario de fuentes fijas, dispersas, lineales y móviles con sus emisiones asociadas, incluyendo contaminantes criterio, precursores de ozono, tóxicos y gases de efecto invernadero.
- Los tanques de almacenamiento estacionario con emisiones de COV iguales o superiores a cinco (5) toneladas por año, deberán emplear dispositivos de proceso o de control para lograr al menos un 90% de reducción en las emisiones de COV.
- Los equipos de control de emisiones deberán estar adecuadamente diseñados y dimensionados para alcanzar los niveles de eficiencia de control adecuados.
- Medidas de mitigación, reducción o compensación para las emisiones de gases de efecto invernadero (metano, CH₄) de acuerdo con plan de acción sectorial (PAS), buenas prácticas operacionales, de acuerdo con el plan integral de gestión de cambio del sector Minero Energético - PIGCCME, o las demás establecidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible que apliquen.
- En el caso en que se localizan poblaciones en el área de influencia del proyecto, se recomienda incluir buenas prácticas y mejores técnicas disponibles en las fuentes generadoras de olores ofensivos
- Las demás medidas que se consideren pertinentes para mitigar, corregir o compensar los impactos identificados.

11.1.1.7.1 Plan de Manejo para el tratamiento y Disposición de fluidos de retorno y/o aguas de producción recuperados por Evaporación Forzada

El plan de manejo de las actividades de Evaporación Forzada debe incluir las siguientes medidas:

- Condiciones necesarias mínimas que debe cumplir el lugar de emplazamiento para el desarrollo de la actividad-
- Estándares establecidos que identifican las condiciones óptimas de operación del proceso y medidas para asegurar su cumplimiento.
- Identificación de factores climáticos que influyen sobre la técnica de evaporación forzada y precisar las condiciones operativas para la aplicación de la misma
- Medidas para el manejo de los residuos del proceso de evaporación forzada, que especifiquen:
 - Caracterización prevista de los residuos generados
 - Disposición final de los residuos generados

11.1.1.7.2 Plan de Manejo de ruido

El plan de manejo de ruido debe incluir las siguientes medidas:

- Todas las actividades del PPII que hagan uso de máquinas o motores que no sean operadas eléctricamente, que estén dentro de 150 metros de los asentamientos, viviendas o infraestructura social, serán equipados con medidas de mitigación de ruido, con el fin de cumplir con los niveles de ruido ambiental establecidos en la Resolución 627 de 2006 o la que la modifique adicione, o sustituya.
- Dichos sistemas de control deben estar debidamente relacionados y sustentados técnicamente de tal manera que se pueda conocer su tipología, eficiencia y la fuente asociada.

11.1.1.8 Fracturamiento hidráulico

Dentro del plan de manejo para la actividad de fracturamiento hidráulico se deberán prever las siguientes medidas:

- Previo al desarrollo de esta actividad, debe entregar a la ANLA con debida antelación, los reportes de monitoreo de niveles, calidad, hidrogeoquímica e isotópicos que se hayan adelantado de conformidad con el programa de monitoreo y en caso de aplicar, realizar y entregar el ajuste al Modelo hidrogeológico conceptual requerido en el numeral 6.1.5.1. con base en los resultados de dicho monitoreo.
- Se utilizarán sistemas de doble contención para almacenar lo siguiente:
 - Aceite hidráulico.
 - Aditivos de fluido de fracturamiento hidráulico.
- Las áreas en las cuales los aditivos, químicos, aceites, fluidos o combustibles serán almacenados y/o preparados deben tener una capacidad de contención suficiente para mantener hasta el 110% del volumen del contenedor más grande almacenado en el área.
- Todos los contenedores para almacenamiento de sustancias peligrosas o mercancías catalogadas como peligrosas serán señalizados con un aviso detallando la información de contacto del solicitante, la capacidad de los tanques, el contenido del tanque y cualquier etiqueta de advertencia con relación a los peligros químicos o de incendio.
- Todos los tanques que contengan materiales peligrosos identificarán los materiales y relacionarán todas las etiquetas apropiadas de advertencia.
- De acuerdo con las buenas prácticas de la industria para este tipo de proyectos, no se podrán mezclar o almacenar componentes del fluido de fracturamiento hidráulico en piscinas al aire libre, únicamente en tanques cerrados (*frac tanks* u otros similares) con tapa y ventilación de seguridad, o tanques abiertos con las medidas establecidas en esta sección y mientras se garantice que los niveles de COVs no superen la normatividad vigente.
- Sobre los componentes químicos utilizados en el fracturamiento hidráulico el solicitante debe, en cumplimiento del principio de transparencia, mantener actualizada en una base de datos disponible al público, de manera permanente, donde se informe sobre riesgos para la salud, información ecotoxicológica (de existir, en caso de que no se tenga información previa deberá realizar las pruebas de ecotoxicidad) y concentraciones manejadas, así como la información existente sobre su biodegradabilidad,.
- No se recomienda el uso de sustancias de químicas cuyos componentes activos se hayan clasificado en normas nacionales o internacionales o por entidades nacionales de control a sustancias químicas (EUA, UE, Australia, o Canadá) como de alto riesgo para la salud pública de los habitantes o para el ambiente.
- Atendiendo lo ordenado en el Artículo 2.2.3.3.4.6 del Deceto 1076 de 2015, se debe evitar utilizar fluidos de fracturamiento en cuya composición se incluya sustancias o productos químicos que tengan alguna de las características indicadas en los numerales 1) y 2), a menos de 600 m de profundidad, medidos desde superficie, ni sobre el nivel de la base regional de protección de acuíferos, de acuerdo con lo que establezca el IDEAM como base regional de protección de acuíferos en la línea base ambiental disponible.

1) - Clases y categorías de peligros para sustancias o productos químicos empleados en fluidos de fracturamiento

Las sustancias o productos químicos identificados y clasificados con las siguientes clases y categorías de peligros, según el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y etiquetado de productos químicos - SGA Revisión 5a o más actualizada.

Clase de Peligro	Categoría(s)
Peligro a corto plazo (agudo) para el medio ambiente acuático	Categoría 1 y 2 (presentan un peligro severo y su uso eventual requeriría de medidas de manejo del riesgo específicas, para controlar o reducir las afectaciones potenciales al ambiente)
Peligro para la capa de ozono	Categoría 1

2) - Propiedades de índole ambiental para sustancias o productos químicos empleados en fluidos de fracturamiento

Las sustancias o productos químicos identificados y clasificados como persistentes (no aplica para compuestos inorgánicos) y bioacumulables, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Bioacumulable: una sustancia que su factor de bioconcentración (BFC) en especies acuáticas es superior a 2000.
- Persistente: una sustancia que cumple cualquiera de los siguientes criterios:
 - a) Su vida media de degradación en agua marina supera los 60 días.
 - b) Su vida media de degradación en agua dulce o estuarina supera los 40 días.
 - c) Su vida media de degradación en sedimentos marinos supera los 180 días.
 - d) Su vida media de degradación en sedimentos de agua dulce o estuarina supera los 120 días.

En caso de que el usuario requiera el uso de alguna de estas sustancias o productos químicos, deberá justificar mediante la presentación de estudios o información que en la proporción de uso propuesto no comporta los peligros 1) y 2).

- Informar con la debida antelación, las fechas aproximadas para el desarrollo de las actividades de FH-PH y la existencia de flujo de fluido de retorno. En caso de que estas fechas cambien se deberá informar de manera escrita oportunamente a la autoridad ambiental.
- En caso de que los niveles medidos, provenientes de fuentes naturales de radiación presente en el fluido de retorno alcance los niveles que, según los lineamientos de protección radiológica, requieran actuación, se deberá determinar el plan de acción considerando los criterios de vigilancia radiológica que expida Minenergía.

11.1.1.9 Manejo del fluido de retorno y de agua de producción

Las medidas adicionales a las previstas en 11.1.1.8, que aplican para el manejo de fluido de retorno y de agua de producción, deben incluir:

- De acuerdo con las buenas prácticas de la industria, no se podrá almacenar fluido de retorno o de agua de producción en piscinas al aire libre, únicamente en tanques cerrados (*frac tanks* u otros similares) con tapa y ventilación de seguridad, o tanques abiertos y mientras se garantice que los niveles de COVs no superen la normatividad y los niveles asociados a la vigilancia radiológica lo permitan.
- Precisar las medidas a tomar para minimizar los potenciales impactos ambientales asociados con el manejo del fluido de retorno y de agua de producción, incluyendo el uso de superficies impermeables, contención secundaria, tanques y sistemas de tratamiento.
- Descripción de manejo de residuos derivados del tratamiento del fluido de retorno y de agua de producción y/o de la sedimentación en tanques de almacenamiento.
- Para el transporte de los aditivos, el fluido de fracturamiento hidráulico o el fluido de retorno o de agua de producción se debe dar cumplimiento a lo establecido en el Decreto presidencial 1609 de 2002 o las normas que lo modifiquen, sustituya o derogue.
- De acuerdo con las buenas prácticas de la industria, se debe prever el retiro del sitio de los aditivos, el fluido de fracturamiento hidráulico y el fluido de retorno o de agua de producción en un plazo no mayor de 60 días calendario después de finalizadas las operaciones de fracturamiento hidráulico o de limpieza del pozo, según corresponda.

- Teniendo en cuenta que el fluido de retorno o de agua de producción contiene radionucleidos de origen natural, deben tenerse en cuenta los criterios de vigilancia radiológica que establezca Minenergía.
- De conformidad con el Artículo 2.2.6.1.3.7 del Decreto 1076 de 2015, para el manejo y disposición de los fluidos de retorno o aguas de producción en actividades de FH-PH por terceros, la licencia, permiso o autorización ambiental deberá comprender de manera específica el manejo de estos fluidos.

11.1.1.10 Vías de acceso al área y locaciones

Debe considerar pasos de fauna en aquellos sitios donde se den o aumenten los atropellamientos y dónde la conectividad funcional se pierda.

11.1.1.11 Medidas de socialización

Se deberá formular un plan de socialización, información y conocimiento tal como se encuentra definido en la sección 5 del presente documento, que tenga la información específica de los riesgos ambientales y sociales asociados al Proyecto de FH-PH, es decir se debe explicar con claridad la actividad de fracturamiento hidráulico, los aditivos utilizados (atendiendo las características referidas en las hojas de seguridad), las características del fluido de retorno y de agua de producción y el manejo y disposición del fluido de retorno y de agua de producción, entre otras particularidades.

Para los propietarios, tenedores, poseedores, arrendatarios de los predios donde se desarrollen los pozos del PPII que se ubiquen en derredor de 2,0 kilómetros del sitio donde se va a perforar el pozo, siempre y cuando se encuentre dentro del área de influencia, de ser posible en el marco del segundo dialogo territorial del que trata el Artículo 2.2.1.1.1A.3.5 del Decreto 1073 de 2015, se deberá realizar una socialización específica previa al inicio de actividades, la cual deberá ser reportada y demostrada en el ICA correspondiente.

11.1.1.12 actividad de transporte terrestre vehicular

Dentro del plan de manejo de las actividades de transporte deberá prever:

- Considerar el análisis y plan de tráfico requerido para el transporte del agua requerida para las actividades de estimulación hidráulica
- Para sustancias peligrosas, debe prever contar con herramientas informáticas de registro continuo de trayectos, para el control individual de los vehículos que presten el servicio de transporte terrestre.

11.1.2 Plan de seguimiento y monitoreo

Para el desarrollo de este plan, en el marco del PPII, debe identificar las medidas que implementará con el fin de garantizar la Independencia en adquisición, análisis y síntesis de los datos de monitoreo y la participación de la comunidad.

Es importante en el Plan de Seguimiento y Monitoreo distinguir entre los indicadores de gestión, es decir aquellos que documentan el proceso de avances en la implementación de las medidas propuestas en el PMA y los indicadores de estado y tendencia del medio a través de los objetos de monitoreo, es decir aquellos que miden los impactos, tanto de las presiones como de las respuestas, sobre los componentes de los socioecosistemas y establece las relaciones entre los indicadores. Para ello se puede utilizar, por ejemplo, el modelo conceptual de Presión-Estado-Respuesta-Beneficio.

El plan de seguimiento y monitoreo está dividido en:

11.1.2.1 Seguimiento y monitoreo a los planes y programas

El seguimiento y monitoreo a los planes y programas tiene como propósito revisar la validez y confiabilidad de estos. En tal sentido, este plan debe vigilar y verificar el comportamiento y efectividad de dichos planes y programas, e identificar potenciales oportunidades de mejora en las acciones planteadas en los mismos, que permitan la aplicación de los ajustes a los que haya lugar.

Para tal fin, se deben precisar en este plan:

- Identificar los indicadores de seguimiento.
- Acciones por desarrollar para obtener la información y/o datos que permitan calcular los indicadores propuestos en el PMA.
- Criterios utilizados para el planteamiento de cada indicador.
- Frecuencia de medición.
- Justificación de la representatividad del indicador planteado, así como de la información utilizada para su cálculo.
- Participación de la comunidad prevista en el plan de monitoreo y seguimiento (Monitoreo ambiental participativo)

Dentro del seguimiento y monitoreo de los programas de manejo ambiental propuesto, debe considerar lo siguiente, que deberá ser reportado en la oportunidad que se indica en el capítulo 12:

11.1.2.1.1 Seguimiento y Monitoreo Recurso suelo como soporte

Las medidas para el monitoreo relacionado a la posible afectación del recurso, incluirán siempre, como mínimo, una comparación semestral con los datos de línea base y la vigilancia de todas las sustancias específicas de las instalaciones que puedan suponer un riesgo para el ambiente o la salud humana, independientemente de que existan o no normas de calidad del suelo para esas sustancias.

11.1.2.1.2 Seguimiento y Monitoreo Uso de aguas

Las medidas para el monitoreo relacionado al uso del agua deben incluir, entre otros aspectos:

- Volumen y tipo de agua utilizada para la perforación.
- Volumen y tipo de agua utilizada para la fracturamiento hidráulico.
- Volumen de agua proveniente de reúso, utilizada en el fracturamiento hidráulico.

11.1.2.1.3 Seguimiento y Monitoreo Aguas superficiales

- Un programa de muestreo en puntos representativos estratégicamente ubicados y georreferenciados para hacer seguimiento a la calidad del agua de las fuentes incluidas en el área de influencia del componente hidrológico. Estos sitios de muestreo deben coincidir con los puntos de muestreo de la línea base. Se deberá realizar medición de caudal en cada monitoreo de calidad de agua superficial.
- Se deberán monitorear los parámetros de la Tabla 7 de los presentes Términos de Referencia.

11.1.2.1.4 Seguimiento y Monitoreo Aguas subterráneas

Se debe implementar el programa de monitoreo establecido en el capítulo 6.1.5 en las redes de monitoreo diseñadas que incluyan pozos, aljibes, manantiales y piezómetros existentes o que deban ser perforados (de acuerdo con el cubrimiento espacial y en profundidad de los acuíferos identificados que sean intervenidos por el PPIL), monitoreando los parámetros establecidos en las Tablas 8, 9, 11 y 15 del presente documento, la frecuencia establecida en el programa de monitoreo.

El reporte de monitoreo deberá incluir

- La metodología de muestreo
- Los resultados analíticos
- El protocolo de control de calidad, y
- La interpretación de las variaciones observadas en cuanto a los niveles y estado de la calidad del agua subterránea.

Estos reportes deberán ser enviados a la ANLA una vez estas muestras sean interpretadas, sin perjuicio del reporte en los informes de cumplimiento ambiental – ICA.

Es recomendable generar una ronda final de muestras que serán obtenidas en los lugares iniciales de muestreo al primer mes y después cada 3 meses durante un año, después de la terminación de

la etapa de evaluación del PPII. Dicho monitoreo debería extenderse si los resultados muestran impactos potencialmente adversos en la calidad del agua como resultado de las actividades del PPII

11.1.2.1.5 Seguimiento y Monitoreo Ecosistemas y biodiversidad

Una vez se cuente con la línea base consolidada para el medio biótico, se deben decidir los siguientes criterios generales para el diseño del programa de monitoreo de ecosistemas y biodiversidad:

- a. Extensión (espacio de inferencia) y resolución (unidad de muestreo) espacial - esta debe obedecer a criterios ecológicos y funcionales (por ejemplo, microcuenca) y no políticos (por ejemplo, límites municipales).

El monitoreo debe representar las condiciones socioecológicas de la totalidad del área de influencia del proyecto y en ningún momento debe limitarse únicamente a las áreas de intervención con/sin restricciones. En cuanto al tamaño de las unidades de muestreo, el tamaño y número óptimo de unidades para el monitoreo debe determinarse de forma independiente para cada grupo biológico según un análisis de los resultados obtenidos en la construcción de la línea base para el medio biótico, además de seguir las recomendaciones de expertos.

- b. Extensión y resolución temporal - el monitoreo debe comenzar antes de la construcción y/o adecuación de los pozos para YNC y continuar de manera ininterrumpida y sistemática hasta, como mínimo, haya finalizado la etapa de evaluación.

Deben seguirse las recomendaciones indicadas en el aparte de caracterización del medio biótico para cada grupo. En la mayoría de los casos esto implica muestreos adaptados al régimen de lluvias de la macrocuenca. Según el mecanismo mediante el cual puedan ser impactados los organismos, así como las características propias de sus historias de vida, las respuestas de distintos grupos a las actividades pueden ser de corto, mediano o largo plazo. El monitoreo debe incluir objetos de monitoreo con diferentes tiempos de respuesta esperados, tanto en los ecosistemas terrestres como en los acuáticos.

En cuanto a la estacionalidad aplicar la metodología prevista en el capítulo 6.2 Medio Biótico. Se debe considerar lo estipulado en el numeral 11.1.2.1.5.1 del presente documento, donde se definen diferentes tiempos de monitoreo.

- c. Extensión y resolución taxonómica - se deben monitorear los mismos niveles de organización (poblaciones, comunidades y ecosistemas) y grupos taxonómicos en el muestreo de la línea base.

Cualquier cambio debe estar justificada en: 1) Los resultados obtenidos durante la realización de la línea base para cada grupo, 2) La identificación tanto de los impactos negativos esperados de las actividades sobre la biodiversidad, como de los impactos positivos de las medidas en el PMA, 3) Literatura actualizada sobre efectos de las actividades de exploración y explotación de YNC sobre la biodiversidad terrestre y acuática. En el monitoreo debe hacerse énfasis en aquellos grupos o especies con potencial de ser indicadores por ser especialmente sensibles a los impactos identificados en el EIA.

- d. Diseño de muestreo - se deben tener en cuenta los principios de replicación, aleatorización e independencia para la selección del número de puntos de muestreo para cada variable seleccionada, así como su distribución en el tiempo y el espacio.

En la medida de lo posible, el diseño de muestreo utilizado en la implementación del programa de monitoreo a la biodiversidad debe ser el mismo que se utilizó para el levantamiento de información primaria para la línea base. Cualquier cambio debe estar debidamente justificado en datos o evidencia científica y debe obedecer a criterios ecológicos o estadísticos. Prácticamente, los muestreos para la construcción de la línea base pueden considerarse los primeros eventos de monitoreo. En caso de que no sean las mismas organizaciones o personas las que lleven a cabo estas actividades, es importante una documentación clara de todos los procesos para que las repeticiones sean lo más parecidas posibles y se logre conservar la integridad de las series

de datos temporales. Esto debe estar explicado claramente en un plan de gestión de datos e información.

Fuentes de error e incertidumbre - se deben tener en cuenta otras presiones sobre los socio-ecosistemas que puedan actuar como factores de confusión sobre los análisis propuestos, al conocerse con anticipación se deben proponer estrategias para controlar, medir o estimar estos efectos.

- e. Representatividad - los muestreos deben incluir una muestra representativa de todos los ecosistemas del área de influencia, con especial énfasis en los ecosistemas estratégicos y amenazados para el país; aquellos hábitats de los que dependen las especies amenazadas, endémicas, invasoras y/o de importancia para las comunidades; y aquellos ecosistemas que generan y regulan los servicios ecosistémicos prioritarios identificados en la fase anterior.
- f. Costo-efectividad - el monitoreo se considera efectivo cuando cuenta con un alto poder diagnóstico, y permite generar información confiable y oportuna para la toma de decisiones al menor costo posible. Esto puede verificarse con literatura y el análisis cuidadoso de la información recolectada para la construcción de la línea base del medio biótico.
- g. Mejoramiento continuo - un programa de monitoreo enmarcado en un ciclo de manejo adaptativo, se convierte en una herramienta estratégica para evaluar los impactos de cualquier actividad sobre la biodiversidad. Esto implica que, como parte integral de la implementación del programa, se deben hacer evaluaciones periódicas (por ejemplo, semestrales o anuales) del funcionamiento del programa, e implementarse ajustes basados en los resultados de las mismas.
- h. En el aparte del plan de monitoreo debe describirse de forma explícita cada cuánto y con qué metodología se harán estas evaluaciones. Cada cambio aceptado a la metodología de muestreo debe estar justificado.
- i. Referencias temporales y espaciales - los muestreos antes, durante y después de la intervención permiten tener puntos de comparación temporal para evaluar los impactos de la actividad sobre los objetos de monitoreo en las áreas de influencia del proyecto, adicionalmente se debe garantizar que los puntos (espacialmente explícitos) se mantengan fijos durante el monitoreo. Adicionalmente, el monitoreo se debe hacer tanto en las áreas de influencia del proyecto, como en zonas de referencia que no vayan a ser afectadas pero que sean lo más semejante posibles en cuanto a sus características socio-ecosistémicas; esto permite tener puntos de comparación espaciales o controles positivos.
- j. Cadena de gestión de información - es prioritario que el diseño del programa de monitoreo incluya de manera transversal el diseño de la cadena de gestión de información, la cual incluye los procesos que van desde la recolección de datos y metadatos en campo hasta la divulgación de los resultados para que la información recolectada llegue de manera oportuna a la Autoridad Ambiental, y que todo el manejo dentro del ciclo sea transparente, replicable y justificable a la luz de los objetivos del programa.

Esta cadena debe incluir todas las actividades de planeación, ejecución y evaluación de la línea base, así como los planes de análisis de datos que describan no sólo cómo se van a calcular los indicadores de estado y tendencia de la biodiversidad, sino además como se van a divulgar de forma oportuna.

- k. Medidas de monitoreo y seguimiento para los grupos taxonómicos adicionales determinados por el Interesado,

11.1.2.1.5.1 Implementación del programa de monitoreo

Teniendo en cuenta que el proceso del PPII tiene diferentes fases que contemplan acciones específicas en zonas particulares del ecosistema, así como tiempos de duración diferentes para estas, se propone que el programa de monitoreo debe tomar como referencia las principales fases de este proceso (pre-construcción, construcción y/o adecuación, operación, y abandono).

De acuerdo con lo anterior, el monitoreo deberá contar con 3 fases principales:

La fase 1 consiste en el tiempo de levantamiento de la línea base para el programa de monitoreo del Proyecto de FH-PH, que debe suceder antes de cualquier intervención (pre-construcción de) donde se evaluará el estado inicial de los ecosistemas y su biodiversidad asociada (t0 a t1).

La fase 2 consiste en el monitoreo al impacto de las obras de construcción y/o adecuación según fueron identificados en el EIA (t1 a t2).

La fase 3 consiste en el monitoreo a corto plazo de los impactos de la operación del YNC y se llevará a cabo desde el inicio de la operación de perforación del Proyecto de FH-PH hasta la finalización del PPII (t2 a t3)⁶⁷.

La duración de cada fase dependerá de los tiempos necesarios para el diseño e implementación del monitoreo, así como de la duración de las operaciones técnicas realizadas por parte de la empresa a cargo del proceso de exploración.

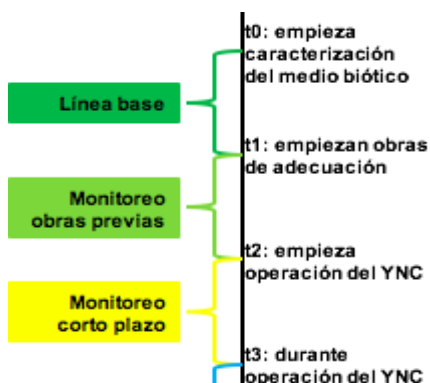


Figura 4. Línea de tiempo para evaluaciones de la biodiversidad en el área de estudio.

11.1.2.1.5.2 manejo de las especies de flora en categoría de Veda nacional y/o regional

En el caso de que el proyecto requiera aprovechamiento o exista presencia de especies en veda, el Interesado debe presentar un plan de seguimiento y monitoreo a este componente con los indicadores apropiados para valorar la efectividad de las medidas, y el cronograma de actividades.

11.1.2.1.6 Pozos reinyección para disposición final

El programa de monitoreo de los pozos inyectores debe incluir:

- Toma de muestras semanal para la caracterización de la composición del fluido a inyectar.
- Monitoreo diario del volumen inyectado.
- Registro continuo de la presión de inyección, en la cabeza del pozo
- Evaluación de la integridad mecánica mediante técnicas como: registro de la temperatura, del ruido de inyección, inspección del estado de tuberías, registros electromagnéticos, *caliper log*, *borehole televiewing*, medidores de flujo, trazadores radiactivos, registro de oxígeno activo y *cement bond logging*, o la que apruebe el Minenergía o el ente fiscalizador correspondiente.
- Un protocolo de registro.
- Gráficas de inyectividad que representen periódicamente la tasa de inyección y la presión de inyección en la cabeza del pozo en el tiempo
- Historial mensual de las presiones máximas, mínimas y promedio.

⁶⁷ Una vez finalizadas las actividades de los PPII los Institutos de Investigación y las Autoridades Ambientales, de acuerdo a sus capacidades, continuarán monitoreando en puntos estratégicos las condiciones ambientales del territorio.

11.1.2.1.7 Seguimiento a las Emisiones atmosféricas y calidad del aire

El programa de monitoreo debe estar planteado con base en el programa de actividades teniendo en cuenta, pero no limitándose a los tiempos en los que se ejecute el fracturamiento hidráulico, flujo del fluido de retorno, y tratamiento de fluidos de retorno y aguas de producción, y en caso de que se realice tratamiento y disposición por evaporación forzada.

- El monitoreo debe contemplar las fuentes mayores de emisiones incluyendo, pero no limitándose, a los tanques temporales de almacenamiento.
- Para cada tanque de almacenamiento estacionario sujeto a controles de emisión de COV mantendrá los siguientes registros:
 - Producción mensual de condensado o de crudo para el tanque.
 - La fecha, hora y duración de cualquier periodo en donde el equipo de control de emisiones no esté en operación.
- Para las fuentes fijas puntuales en las que por sus características y diseños constructivos sea posible realizar medición directa, estos deberán realizarse en conformidad con lo establecido en la Resolución 909 de 2008, el protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas (Resolución 760 de 2010 y Resolución 2153 del 2 de noviembre de 2010) y Resolución 0935 de 2011.
- En caso de uso de teas, se debe cumplir con los criterios de vigilancia radiológica y monitorear la temperatura.

Descripción de las acciones de monitoreo y seguimiento a las emisiones y calidad del aire para la gestión del fluido de retorno o de agua de producción cuya disposición se realice mediante de evaporación forzada y, registros del proceso tales como volumen de agua tratada, residuos sólidos producidos, medición de parámetros fisicoquímicos en el agua y los residuos sólidos.

El programa de monitoreo de calidad de aire (inmisión) deberá considerar:

- El monitoreo deberá realizarse de acuerdo con los métodos, frecuencias y demás lineamientos para un Sistema Especial de Vigilancia de Calidad del Aire (SEVCA) establecidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, manual de diseño y manual de operación (MAVDT, 2010), implementando una red de monitoreo que se ajuste al carácter temporal de los PPII.
- La localización propuesta de las estaciones que harán parte del Sistema Especial de Vigilancia de Calidad del Aire de los PPII, y sus parámetros serán definidos de acuerdo con el inventario de emisiones, el modelo de dispersión y la campaña de monitoreo realizada con fines de caracterizar las condiciones de línea base.
- Realizar monitoreo de los parámetros de calidad del aire obtenidos en la línea base. Estos puntos deben ser georreferenciados.
- Proveer especial atención al monitoreo de metano y sulfuro de hidrógeno durante las actividades del PPII.
- Incluir la medición de los contaminantes de las Tablas 10 y 11, y durante las diferentes fases del proyecto (etapas previas, el fracturamiento, evaporación forzada y posteriores).

En todo caso, se espera que el programa de monitoreo de calidad de aire incorpore los efectos de dirección del viento, hora del día y temporada, y efectos estacionales sobre la calidad del aire, de la meteorología, las emisiones y la química atmosférica.

11.1.2.1.8 Seguimiento y monitoreo Ruido

El programa de monitoreo de ruido debe incluir las siguientes medidas:

- Para los receptores sensibles de la comunidad al ruido ocasionado por la actividad de fracturamiento hidráulico y flujo del fluido de retorno, identificados para cada uno de los pozos o

arreglo de pozos, realizar monitoreo de ruido permanente durante las actividades de FH-PHY durante los días de flujo del fluido de retorno. En el caso que los niveles de emisión de ruido superen los establecidos por la Resolución 627 de 2006 o la que la modifique, adicione o sustituya, se deberán implementar medidas adicionales de mitigación al ruido hasta que se cumpla con dichos niveles, de tal manera que los posibles impactos asociados a los aportes de ruido al ambiente, sean controlados a fin de mitigar algún grado de perturbación en los receptores cercanos.

- Las medidas de control implementadas sobre las fuentes de emisión de ruido deben presentar su tipología (pantalla, silenciados, encapsulamiento entre otros), eficiencia, de igual manera debe estar soportado técnicamente.
- Se deben relacionar las practicas encaminadas a la disminución de ruido desde y hacia el entorno identificando la fuente y el proceso empleado.

11.1.2.1.9 Seguimiento y monitoreo, Fracturamiento hidráulico

El programa de monitoreo debe incluir las siguientes medidas:

- Presentar la información técnica de los equipos, técnicas y métodos de monitoreo que utilizará para registrar la altura de avance de la fractura para los pozos previstos en el Proyecto de FH-PH.
- Monitoreo frecuente y visual de los equipos en plataforma para identificar cualquier corrosión, deterioro, fuga de hidrocarburos/fluidos o cambios en las características macro podrían indicar una pérdida de la integridad de los equipos.
- Monitoreo frecuente y visual para confirmar la integridad de todos los tanques, contenedores, válvulas, mangueras y otras instalaciones que almacenen o transporten materiales de perforación, de fracturamiento hidráulico, fluidos de retorno, agua producida y/o combustibles.
- Reportar mensualmente:
 - Caracterización físico química (cationes y aniones) de los fluidos de estimulación que fueron utilizado para el pozo. Se deberá justificar que la toma de las muestras de la composición de dicho fluido es representativa, es decir que se tomó en los tiempos de mayor representatividad de su composición, de acuerdo con las características particulares del yacimiento.

Nota: En caso que la composición de los fluidos de estimulación cambie durante el transcurso de las etapas (por cambios en aditivos químicos o el fluido base utilizado) se deberán tomar muestras adicionales de estas variaciones, Adicionalmente, Se deberá indicar cuál fue el cambio realizado en el fluido y/o fluido base.

 - Especificación del tipo de fluido base, propante y aditivos químicos utilizados para cada una de las etapas de estimulación.
 - Porcentaje por masa del fluido total de estimulación de cada uno de los aditivos químicos.
- Número de etapas de fracturamiento hidráulico ejecutadas por pozo y periodos en las que fue realizada cada una.

11.1.2.1.10 Seguimiento y monitoreo a la gestión de los fluidos de retorno y de agua de producción

Para el monitoreo y seguimiento a la gestión de los fluidos de retorno y de agua de producción, se debe incluir:

- Monitorear y registrar el volumen diario del fluido de retorno o de agua de producción que haya sido generado durante la actividad el PPII.
- Porcentaje y volumen del fluido de retorno o de agua de producción utilizado en la actividad de fracturamiento hidráulico.

- Reportar mensualmente:
 - Análisis geoquímicos de iones del fluido de fracturamiento combinados con información de la mineralogía del reservorio, modelamiento e interpretaciones termodinámicas que justifiquen la representatividad, con el fin de explicar la composición del fluido de retorno o de agua de producción posterior a todas las etapas de fracturamiento hidráulico del pozo (fluido de inyección + disolución de minerales + agua de formación = fluido de retorno o de agua de producción)
 - Composición fisicoquímica del fluido recuperado según los parámetros establecidos en las Tablas 8 y 16 del presente documento, los compuestos asociados al fluido de fracturamiento, los que se prevén resulten de la reacción del fluido de fracturamiento al relacionarse con el yacimiento y los que surgen como aguas connatas del yacimiento mismo.
 - Tabla y análisis comparativo entre volumen de fluido de fracturamiento hidráulico inyectado y de fluido de retorno o de agua de producción generado para cada pozo. Incluir el porcentaje aproximado del fluido de fracturación inyectado que retorna a superficie como fluido de retorno y el volumen de las aguas producidas.
 - Tabla y análisis comparativo con las diferencias de la composición fisicoquímica entre el fluido de fracturamiento hidráulico utilizado y el fluido de retorno generado resaltando elementos químicos no presentes en el fluido de fracturamiento que pudieran ser naturalmente ocurrientes en el yacimiento y pudieran estar siendo arrastradas por el mismo yacimiento o como resultado de reacciones químicas.

Para el monitoreo de los radionucleidos de origen natural se deben observar los lineamientos técnicos para el muestreo y análisis de laboratorio suministrados por el SGC.

Tabla 16 Parámetros adicionales para caracterizar los fluidos de retorno y de agua de producción

Parámetros	Unidades	*Método aceptable o recomendado por IDEAM
GENERALES		
2-Bromo-2-nitro-1,3-propanodiol	mg/L	No hay método oficial
2-Butoxietanol (2BE)	mg/L	No hay método oficial
Acetaldehído	mg/L	EPA 8315
Acetofenona	mg/L	EPA 3510 / 3520 - EPA 8270
Ácido Fluorhídrico	mg/L	
Ácido Hidroclórico	mg/L	
Ácidos Nafténicos	mg/L	No hay método oficial
Acrilamida	mg/L	- EPA 8316 - EPA 8032
Anhídrido Ftálico	mg/L	EPA 3510 - EPA 8270
Arsénico (As)	mg/L	
Berilio (Be)	mg/L	
Boro (B)	mg/L	
Bromo (Br)	mg/L	
Bromoformo	mg/L	EPA 5021 / 5032 - EPA 8260 / 8081
Bromuro de Metilo	mg/L	EPA 5021 / 5032 - EPA 8260 / 8081 / 8261
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y orto, meta y para Xileno)	mg/L	EPA 5030 / 5021 - EPA 8260 / 8015
Carbono Inorgánico Total (CIT)	mg/L	
Cloruro de Bencilo	mg/L	EPA 8121 / 8260 / 8021

Parámetros	Unidades	*Método aceptable o recomendado por IDEAM
Cloruro de metilo	mg/L	EPA 5021 / 5032 - EPA 8260 / 8081
Cloruro de Tetra-metil-amonio,	mg/L	
Cobalto (Co)	mg/L	
Cobre	mg/L	
COV Compuestos Orgánicos Volátiles	mg/L	EPA 5030 / 5021 - EPA 8260 / 8015
Cromo (Cr)	mg/L	
Cumeno (Isopropilbenceno)	mg/L	EPA 5021 - EPA 8260 / 8081 / 8261
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	(mg/L O ₂)	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 5220 B. Ed. 23, 2017 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 5220 C. Ed. 23, 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 5220 D. Ed. 23, 2017 ISO 15705:2002. Calidad de Agua. Determinación de demanda química de oxígeno (ST-COD)-Método del tubo sellado HJ/T 399 – 2007. Estandar Chino. Calidad de Agua-Determinación de la demanda química de oxígeno-Metodo de Digestión Rápida-Espectrofotometrico ASTM D1252-06 (2020). Métodos de análisis estándar para demanda química de oxígeno (Demanda de oxígeno al dicromato) de agua. Método B
Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco (5) días (DBO5)	(mg/L O ₂).	.
Di (2-etilhexil) ftalato.	mg/L	EPA 3510 / 3520 - EPA 8270
Dibromoclorometano	mg/L	EPA 5030 / 5021 - EPA 8260 / 8015
Dietanolamina	mg/L	ASTM D7599-16 (2017)
Dimetilformamida	mg/L	No hay método oficial
Estroncio	mg/L	
Fenoles	mg/L	
Formaldehído	mg/L	SM 6252. / EPA 8315A
Glicol de etileno (1,2-ethanediol)	mg/L	EPA 8430
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L	EPA 3510 / 3520 - EPA 8270 / 8100
Hidrocarburos de petróleo Fraccion 1 (C6 - C10)	mg/L	
Hidrocarburos de petróleo Fracción 2 (C10 - C16)	mg/L	
Hidrocarburos de petróleo Fracción 3 (C16 - C34), Fracción (C34 - C50+)	mg/L	
Litio	mg/L	
Manganeso	mg/L	
Mercurio (Hg)	mg/L	
Metano (CH ₄) **	mg/L	No hay método oficial
Metanol	mg/L	EPA 5030 / 5021 - EPA 8260 / 8015
Molibdeno (Mo)	mg/L	

Parámetros	Unidades	*Método aceptable o recomendado por IDEAM
•Radionucleidos de origen natural (Fracción sólida ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Pb , Fracción líquida ^{22}Rn , ^{224}Ra , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Pb)	Bq/g o Bq/L	Considerar el documento “Lineamientos técnicos para el muestreo y análisis de materiales radiactivos de origen natural en los PPII” (SGC-2020)
Naftaleno CAS 000091-20-3	mg/L	
Níquel	mg/L	
Nitrógeno total Kjeldahl NTK (como nitrógeno)	mg/L	
Fósforo Reactivo Total		
Oxígeno Disuelto (OD)	%	
Óxido de etileno	mg/L	EPA 5030 / 5021 - EPA 8260 / 8015
Óxido de propileno	mg/L	No hay método oficial
Plomo (Pb)	mg/L	
Selenio (Se)	mg/L	
Silica (Si)	mg/L	
Sílice (SiO ₂)	mg/L	
Sólidos Totales (ST)	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 2540 B. Ed. 23, 2017. Gravimétrico, Secado a 103-105°C, US-EPA 160.3, 1971.
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 2540 D. Ed. 23, 2017.
Sulfuro (S ²⁻)		
Tetracloroetileno	mg/L	EPA 5030 / 5021 - EPA 8260 / 8015
Vanadio (V)	mg/L	
MICROBIOLÓGICOS		
Bacterias reductoras de sulfato	mg/L	NACE Standard TM-0194-2014, Appendix D
Bacterias (hierro y sulfato reductoras)	mg/L	No hay método oficial
CON MÉTODOS DE PRUEBA DE CAMPO		
Sulfuro de Hidrógeno	mg/L	
Burbujas	mg/L	
Efervescencia	mg/L	

Nota: Los parámetros listados que estén asociados a las características del fluido de fracturamiento se pueden modificar, tomando en cuenta la composición específica del fluido utilizado.

11.1.2.2 Seguimiento y monitoreo a la tendencia del medio

El seguimiento y monitoreo a la tendencia del medio corresponde al seguimiento y monitoreo con una visión integral a los componentes, grupo de componentes o medios, de acuerdo con el análisis de impactos realizado, y la evaluación de la magnitud real de las alteraciones que se producen como consecuencia del proyecto. El Interesado deberá proponer un sistema de indicadores que permitan monitorear los componentes, grupo de componentes o medios, y que permitan tener una visión holística de la calidad del medio y su tendencia.

Para el efecto deberá considerar los siguientes aspectos:

- Caracterización ambiental de las áreas de influencia.
- Cumplimiento de las normas ambientales.

Para el seguimiento y monitoreo de los componentes, grupo de componentes o medio el plan debe incluir como mínimo:

- Objetivos.
- Componentes o grupo de componentes a monitorear.
- Indicadores orientados a establecer las alteraciones en la tendencia del medio (cuantitativos y cualitativos, especificando lo que se pretende medir y monitorear con cada uno).
- Localización de los sitios de monitoreo, cuando aplique, con la respectiva ubicación cartográfica.
- Identificación de las medidas de manejo que inciden en la tendencia del medio o sujeto de valoración.
- Descripción de los procedimientos utilizados para medir la tendencia del medio o sujeto de valoración, relacionando los instrumentos necesarios.
- Periodicidad y duración del monitoreo.
- Criterios para el análisis e interpretación de resultados.

Respecto a la tolerabilidad del cambio de los componentes, grupo de componentes, el plan debe identificar:

- El delta en el cambio atribuible a la dinámica del territorio
- Delta de umbrales aceptable para el desarrollo del proyecto.
- Método propuesto para la identificación del cambio atribuible al proyecto.

11.1.3 Plan de desmantelamiento y abandono

Para las áreas e infraestructura intervenidas de manera directa por el proyecto se deberá:

- Presentar la relación de las actividades y obras necesarias para realizar el abandono, desmantelamiento y restauración de las obras temporales en las diferentes fases del proyecto.
- Presentar una propuesta de uso final del suelo en armonía con el medio circundante y ajustado al Plan de Ordenamiento Territorial o instrumento de planeación correspondiente.
- Señalar las medidas de manejo y reconfiguración morfológica que garanticen la estabilidad y restablecimiento de la cobertura vegetal y la reconfiguración paisajística, según aplique, en concordancia con la propuesta del uso final del suelo.
- Presentar una estrategia de información a las comunidades y autoridades del área de influencia del componente o grupos de componentes, acerca de la finalización del proyecto y las medidas de manejo ambiental.
- Presentar los indicadores de los impactos acumulativos y sinérgicos, así como los resultados alcanzados con el desarrollo del PMA.
- Presentar información y registros de calidad de aguas subterráneas que resulte suficiente para evaluar las unidades geológicas en riesgo por las actividades del proyecto, originado este riesgo en posibles irregularidades (o deterioro) de la cementación de los pozos, en el proceso de taponamiento o por migración de fluidos-
- Presentar información y registros de la caracterización de los suelos conforme a los perfiles modales levantados durante la caracterización de la línea base del suelo de soporte de la infraestructura instalada, ampliando el análisis de las sustancias químicas implementadas o utilizadas en el proyecto FH-PH, incluyendo el análisis para suelos de hidrocarburos y de radionucleidos de origen natural. En caso de revelar contaminación, se requiere entonces la evaluación de posible afectación al ambiente y las consecuencias por permanencia y concentración de las sustancias en los suelos y aguas subterráneas, según sea el caso.

Adicionalmente, se deben incluir las siguientes medidas:

- Muestreos que quedan pendientes de fauna relacionados con la verificación de posibles afectaciones, acorde a la significancia ambiental de los impactos sobre este componente y a la evaluación del cumplimiento y efectividad de las medidas de manejo aplicadas.
- Registros de monitoreo de la radiación de fondo natural (*natural background*) en las áreas y durante las actividades del PPIL.
- Registros de los monitoreos asociado a la vigilancia radiológica en las áreas y durante las actividades de los PPIL.
- Descripción de las medidas a tomar para el manejo de los residuos que contengan radionucleidos de origen natural, considerando los criterios de vigilancia radiológica (Minenergía).
- Para pozos de reinyección para disposición final, el Interesado debe prever entre sus medidas:
 - Notificar a la ANLA las intenciones de cierre de un pozo, mediante comunicación escrita, por lo menos 15 días antes de iniciar las actividades de cierre.
 - Dentro de los 15 días siguientes al cierre de un pozo, el solicitante debe presentar a la ANLA una copia del registro de cierre conforme a lo establecido por la ANH, o quien haga sus veces en materia de fiscalización.
 - Presentar una propuesta de las actividades de control ambiental posteriores al abandono de estos.

La fase de desmantelamiento y abandono será una decisión del Contratista y la ANH, supeditada a las decisiones que se adopten o se deriven de la etapa de Evaluación.

11.1.4 Plan de Contingencia

Formular y presentar un plan de contingencia tomando como referencia las consideraciones previstas en la Ley 1523 de 2012 (Política nacional de gestión del riesgo de desastres) y el Decreto 2157 de 2017 y la normativa sectorial específica, o aquella que la modifique o sustituya.

El análisis y valoración de los riesgos, constituye la base para la formulación e implementación de medidas de reducción del riesgo y la formulación del plan de contingencia para dar respuesta a riesgos que se materialicen.

El análisis y valoración de los riesgos debe realizarse para cada una de las fases del proyecto; debe ser cuantitativo para actividades que involucren el uso y manejo de sustancias peligrosas, explosivas, químicas e hidrocarburos y sus derivados; y semicuantitativo para las demás actividades. En todos los casos se deben presentar los métodos utilizados y los resultados de los cálculos realizados para la valoración de los riesgos.

Específicamente para las actividades de reinyección para disposición final, se deben proyectar todas las medidas de emergencia para prevenir o atender derrames de fluidos de inyección en superficie; así como para la prevención y manejo de la migración de los fluidos objeto de inyección en unidades geológicas diferentes al objetivo, derivados de⁶⁸:

1. Ruptura de los revestimientos por efectos de corrosión, abolladuras o deficiencia en materiales;
2. Migración vertical de fluidos a través de anulares no cementados;
3. Pérdida de sello y aislamiento entre cementaciones y revestimientos metálicos;
4. Flujo anular por mal sello o adherencia cemento-formación y
5. Fracturamiento de cementaciones en la cara de inyección y flujo inverso de los líquidos inyectados

El plan de contingencia debe contemplar como mínimo lo siguiente.

⁶⁸ Tomado del informe de consultoría contrato F-RRHH-PS-C1-1571-08-19, FUCOLDE, en el marco el convenio 001 de 2018 de Fortalecimiento institucional entre la ANH y la Fundación

11.1.4.1 Conocimiento del riesgo

El desarrollo del capítulo Conocimiento del Riesgo se orienta a definir aspectos de actuación en la toma de decisiones frente a la intervención del riesgo de desastres por parte del interesado; con esa finalidad es necesario que se incluya el análisis de las amenazas y de la vulnerabilidad de elementos expuestos, la identificación de escenarios de riesgo, la estimación de áreas de afectación, el análisis y valoración del riesgo individual, ambiental, social y socioeconómico.

Partiendo de la información definida en la caracterización ambiental del área de influencia (medio biótico, abiótico y socioeconómico) y de la evaluación ambiental de los impactos, se debe realizar:

a) Identificación, caracterización, análisis y evaluación de eventos amenazantes

Se deben identificar las amenazas (endógenas y exógenas), en cada una de las fases del proyecto (construcción, operación, mantenimiento, desmantelamiento y abandono) obra o actividad, que puedan generar afectación sobre los elementos expuestos.

A partir de la caracterización realizada para las áreas de influencia, la ubicación de los derrames históricos identificados, la línea base del fondo radiactivo natural (natural background), los registros de vigilancia radiológica asociados con la exposición natural, y con la información correspondiente a las actividades propias del proyecto de FH-PH, se deben identificar y caracterizar los escenarios bajo los cuales podrían presentarse eventos no planeados que desencadenen efectos ambientales no previstos dentro del normal funcionamiento y desarrollo del proyecto.

Para ello se debe considerar como mínimo los siguiente:

- Identificación y magnitud de eventos amenazantes, para ello, teniendo en cuenta las características de la técnica de FH-PH y los pozos de reinyección para disposición final propuestos, se debe soportar la identificación de los eventos amenazantes mediante herramientas como *FracRisk deliverable D32: Characterization of the Key Features Events, Processes (FEP) risk scenarios*, de Fracrisk u otras reconocidas y probadas internacionalmente (EUA, UE, Canadá o Australia)
- Identificación del riesgo por posible interconexión de pozos en el fracturamiento hidráulico o reinyección de fluidos para disposición final, teniendo en cuenta el reporte de integridad de los pozos abandonados, suspendidos o inactivas.
- Respecto a la evaluación de generación de sismicidad por los pozos que serán sometidos a actividades de FH-PH o de reinyección para disposición final, el solicitante debe anexar una copia de la evaluación del riesgo estipulado por el Minenergía en la Resolución 40185 de 2020, o aquella que la modifique, sustituya o derogue y las medidas de prevención y manejo previstas siempre teniendo en cuenta los elementos vulnerables presentes en el área de afectación establecida en el análisis de consecuencias.
- Análisis de la vulnerabilidad de los elementos expuestos. El EIA análisis deberá considerar la ocurrencia de eventos extremos que pudieran ser generados por el cambio o variabilidad climática en lo posible, incluyendo en el análisis la infraestructura (calidad y ubicación) proyectada y las áreas de influencia de acuerdo con la zonificación ambiental y de manejo del EIA. Para acuíferos, se podrá utilizar la Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación publicada por el Minambiente.

Una vez identificadas las amenazas se deberá establecer el área de afectación para cada una de las fases del proyecto obra o actividad, la cual considerará:

- Eventos amenazantes extremos generados por la variabilidad climática
- Eventos amenazantes de origen antrópico, ya sean intencionales o no intencionales, que afecten al proyecto y puedan generar consecuencias sobre el ambiente.
- Eventos amenazantes de origen natural que puedan desencadenar riesgos directos e indirectos no previstos, que afecten al proyecto y generar consecuencias sobre el ambiente.
- Eventos amenazantes socio-naturales (corresponden a amenazas de origen geofísico e hidrometeorológico que se potencian y se hacen más frecuentes en razón a la sobreexplotación y degradación de recursos naturales)

- Eventos amenazantes operacionales producto de las actividades del proyecto, que desencadenen efectos no previstos, sobre las personas, la infraestructura y el ambiente.

Se deben identificar y describir los eventos iniciantes asociados o no al proyecto, que puedan dar origen a los eventos amenazantes (endógenas y exógenas), estableciendo los hechos o eventualidades que se puedan presentar dentro de las áreas de influencia y que puedan desencadenar un siniestro y sus causas probables.

b) Estimación de áreas de afectación por la materialización de eventos amenazantes

Se deben determinar las áreas de posible afectación para cada uno de los eventos amenazantes identificados en cada una de las fases del proyecto, definiendo y georreferenciando dichas áreas para los diferentes escenarios de riesgo identificados, con base en la vulnerabilidad de los medios abiótico, biótico y socioeconómico.

Las metodologías de cálculo deberán ser de probada eficacia científica y gozar de reconocimiento nacional y/o internacional. Se deberá presentar una descripción y justificación de los métodos de cálculo utilizados, incluyendo los criterios e hipótesis asumidas en los mismos, así como las fuentes de información utilizadas.

Es necesario tener en cuenta, asimismo, aquellos eventos que puedan producirse por efecto dominó que tengan afectaciones ambientales.

c) Identificación, de elementos expuestos y análisis de vulnerabilidad

La caracterización ambiental del área de influencia del medio abiótico, biótico y socioeconómico debe ser el punto de partida para la identificación de elementos expuestos, estos se deben caracterizar según la identificación de las áreas de afectación para los eventos amenazantes definidos.

En el caso de que las áreas de afectación (directa y/o indirecta) trasciendan del área de influencia del proyecto, se debe realizar el levantamiento de información necesaria para su caracterización, especialmente enfocada en los elementos expuestos identificados y en el análisis de vulnerabilidad que debe realizarse como mínimo sobre los siguientes elementos:

- asentamientos humanos,
- infraestructura pública,
- infraestructura social,
- áreas con infraestructura de importancia histórica y cultural,
- territorios colectivos,
- áreas destinadas a la producción económica (agropecuaria, forestal, pesquera, acuícola, minera, entre otras),
- acuíferos,
- áreas de especial interés ambiental,
- sitios de captación de agua,
- bocatomas,
- sistemas de riego,
- áreas con reglamentación especial definida en los instrumentos de ordenamiento y planificación del territorio,
- otros que se identifiquen en la caracterización ambiental.

Presentar un mapa con la identificación de los elementos expuestos y áreas de afectación, a la escala de 1:10.000 detallando las áreas críticas a 1:5.000, en función del tipo de evento amenazante y los análisis cuantitativos realizados, en el que se puedan visualizar los elementos expuestos afectados.

d) Identificación, caracterización, análisis y evaluación de escenarios de riesgo

Teniendo en cuenta las actividades del proyecto, las características de los elementos expuestos y los posibles eventos amenazantes se deben identificar y caracterizar los escenarios bajo los cuales pueden materializarse dichos eventos amenazantes.

Para el análisis se deben tener en cuenta:

- Los equipos y/o actividades involucradas en cada una de las fases del proyecto.
- El tipo de amenaza involucrada (natural, antrópica, socio-natural u operacional).
- Los eventos amenazantes para escenarios tipo (p. e. inundaciones, movimientos en masa, avenidas torrenciales, incendios forestales, contaminación de acuíferos, pérdida de contención de sustancias nocivas o peligrosas, formación de nubes inflamables, incendios operacionales, llamaradas, explosión, por fenómenos de sismicidad , no solamente desde el punto de vista del potencial evento sísmico sino también incorporando la vulnerabilidad física de las edificaciones e infraestructura aledaña al proyecto, entre otros).
- La probabilidad de ocurrencia de cada evento amenazante, con base en experiencias del ámbito nacional (o internacional en caso de no contar con información nacional). Esta probabilidad se deberá presentar en términos de veces por año para los escenarios de riesgo identificados como críticos, para los demás escenarios de riesgo se podrá presentar la probabilidad en términos semicuantitativos.

Con la información antes mencionada se deberá realizar un análisis que permita estimar los riesgos: ambiental, social y socioeconómico que puedan afectar al proyecto obra o actividad considerando las amenazas exógenas, o que puedan generarse a causa de su operación y/o ejecución considerando las amenazas endógenas.

El análisis y valoración de riesgos debe soportarse en metodologías semicuantitativas o cuantitativas (con el objeto de tener un mejor soporte para la definición de las medidas de reducción del riesgo) según la magnitud y complejidad del proyecto, obra o actividad.

Se debe describir detalladamente la metodología y los criterios utilizados para efectuar el análisis realizado, así como justificar la selección de dicha metodología y criterios de tolerabilidad.

Se deben presentar mapas de riesgos con el resultado de la valoración obtenida. La escala debe coincidir con la utilizada en los mapas de los análisis de eventos amenazantes y elementos expuestos.

e) El monitoreo del riesgo

Permite conocer el comportamiento en el tiempo de los riesgos, sus eventos amenazantes y vulnerabilidades; las cuales pueden cambiar la valoración del riesgo y retroalimentar el proceso de conocimiento del riesgo. El monitoreo del riesgo podrá estar alineado con los sistemas de monitoreo del Sistema Nacional Ambiental y con los sistemas de alerta dispuestos por las entidades del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, de nivel nacional, regional o municipal. Este monitoreo deberá ser considerado para aquellas variables que incidan en el comportamiento del riesgo y que puedan generar afectación ambiental a los medios biótico, abiótico y socioeconómico:

Deberá contemplar como mínimo los siguientes aspectos:

- Protocolos o procedimientos de cómo se llevará a cabo el monitoreo:
 - Teniendo en cuenta los eventos amenazantes identificados que permiten establecer los niveles de acuerdo con el fenómeno o evento.
 - Monitoreo y pronóstico de eventos inminentes.
- Protocolos o procedimientos de notificación previos a una situación de contingencia de acuerdo con los umbrales de los parámetros e indicadores identificados:
 - Selección de parámetros e indicadores objeto de monitoreo del riesgo.
 - Diseño e instalación de la instrumentación.

11.1.4.2 *Reducción del riesgo*

Acorde con la evaluación de los escenarios de riesgo del componente anterior, para la reducción del riesgo se deben formular medidas correctivas y prospectivas que contemplen acciones de prevención y mitigación que se deben adoptar para disminuir los eventos amenazantes, la exposición

y/o la vulnerabilidad de los elementos expuestos al riesgo, con el fin de evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de que el riesgo llegue a materializarse.

Estas medidas deben ser formuladas en función de la afectación a los medios abiótico, biótico y socioeconómico y asociadas a los programas de manejo ambiental para las diferentes actividades y fases del proyecto, diferenciando entre medidas estructurales y no estructurales. Igualmente, deben guardar concordancia con el proceso de conocimiento del riesgo, esto es, para los escenarios de riesgos valorados con calificación media, alta o muy alta, se deben definir medidas de reducción del riesgo. Es de anotar que las autoridades ambientales no tienen competencia para realizar pronunciamiento relacionado con la autorización de diseños de obras estructurales y/o civiles.

11.1.4.3 Manejo de la contingencia

El manejo de la contingencia debe formular e implementar las medidas de prevención, control y atención de potenciales situaciones derivadas de la materialización de riesgos previamente identificados. El contenido mínimo es el siguiente.

- a) **Componente de preparación para la respuesta:** es el conjunto de acciones previas a la respuesta ante una contingencia el cual debe contener:
 - **Capacitación:** formación del personal, ya sea interno o externo, para la respuesta frente a las contingencias.
 - **Equipamiento:** herramientas, equipos, accesorios, sistema de alerta temprana de sus propios procesos para garantizar de manera oportuna la primera respuesta, así mismo con la disponibilidad de personal idóneo para atender la contingencia. El inventario de recursos deberá ser actualizado periódicamente para la atención de contingencias según cada escenario de riesgo.
 - **Determinar las prioridades de protección:** especificar cuáles son las prioridades al momento de activar el plan de contingencia, asimismo definir los sitios estratégicos para el control de contingencias, teniendo en cuenta las características de las áreas ambientalmente sensibles.
 - **Planeación y organización:** contar con protocolos y procedimientos y un equipo de respuesta establecido en el plan de contingencia, con unas funciones y responsabilidades específicas, de acuerdo con cada escenario de riesgo identificado.
 - **Reporte de la contingencia** conforme a lo establecido en la Resolución 1767 de 2016 o aquella que la modifique o sustituya.
 - **Ejercicios de simulaciones y simulacros:** con actores internos y externos, estos ejercicios se deben realizar mínimo una vez al año y presentar evidencias de su realización.
- b) **Componente de ejecución para la respuesta a contingencias:** establece los niveles de contingencia, los actores, instancias de coordinación y estructuras de intervención; así mismo, señala la articulación de la respuesta con actores internos y externos. Establece protocolos y procedimientos de respuesta para cada tipo de contingencia, para lo cual se determina la necesidad de la aplicación de instrumentos de Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades Ambientales (EDANA)
- c) **Componente de preparación y ejecución de la recuperación ambiental:** es el conjunto de acciones planeadas y ejecutadas para la recuperación ambiental, comprende entre otros:
 - Monitoreo de los medios abiótico, biótico o socioeconómico afectados.
 - Restablecimiento de los ecosistemas afectados por la contingencia a las condiciones que se tenían antes de ocurrencia de la misma.
 - Restablecimiento de los servicios (infraestructura).
 - Reporte del avance del plan de recuperación ambiental conforme a lo establecido en la Resolución 1767 de 2016 o aquella que la modifique o sustituya.
 - Seguimiento teniendo como referencia la caracterización ambiental del área de influencia del medio abiótico, biótico y socioeconómico o el estado del medio antes de la ocurrencia de la contingencia.

El plan de manejo del desastre debe estar articulado con los planes de contingencia municipal, departamental y regional, e incluir información reciente sobre la capacidad de respuesta, propia y de las entidades de atención de emergencias en la región.

Cualquier incidente que involucre agentes químicos, fluido de fracturamiento o fluido de retorno o de agua de producción que afecte suelo, aguas superficiales o subterráneas, se debe notificar de manera inmediata a la Autoridad Ambiental competente, a través de la plataforma Vital en el Formato único de reporte de contingencias y a las autoridades ambientales territoriales, conforme a lo previsto en las resoluciones 1767 de 2016 y 1209 de 2018, o la norma que la modifique, sustituya o derogue

Dentro de las medidas para la atención de contingencias se deben presentar medidas específicas que se aplicarán en caso de presentarse migración de aguas o fluidos inyectados hacia acuíferos o hacia la superficie. Dentro de las cuales debe considerar

- Para cualquier derrame o fuga de agente químico, fluido de fracturamiento, fluido de retorno/agua de producción que impacte al suelo, aguas superficiales o subterráneas, entre las medidas que prevea debe considerar realizar el Monitoreo de los parámetros de la Tabla 16, adicionales de los parámetros de la Tablas 6, 7 o 8 y 11 del presente documento, según corresponda el componente afectado.
- Si durante las operaciones de perforación, reinyección, fracturamiento hidráulico, caracterización o dimensionamiento ocurre una pérdida de integridad del pozo o una potencial interconexión entre pozos (abandonados, activos, etc.) con potencial de afectar acuíferos o aguas subterráneas, todas las operaciones deberán ser suspendidas de manera inmediata, se debe notificar a la ANLA dentro de las 24 horas siguientes de manera escrita y se deberán implementar acciones correctivas previas al reinicio de actividades. Para el reinicio de las actividades, debe presentar a la ANLA un informe en el que se describan las actividades que se realizaron para garantizar que las condiciones que dieron lugar a la contingencia han sido debidamente controladas y mitigadas. Adicional a lo previsto en las resoluciones 1767 de 2016 y 1209 de 2018, se debe informar:
 - Tipo de actividad que se estaba realizando (perforación, fracturamiento hidráulico, flujo del fluido de retorno o de agua de producción, inyección, transporte, etc.).
 - Registros de los monitoreos de los parámetros de la Tabla 8 del presente documento (y adicionalmente los de la Tabla 16, en caso de que la pérdida involucre fluido de fracturamiento hidráulico o fluido de retorno o de agua de producción).

Las fuentes hídricas afectadas deben ser instrumentadas para el registro continuo de los parámetros pH, Conductividad Eléctrica, Oxígeno disuelto y Temperatura, los análisis que se produzcan deben ser de conocimiento inmediato de la ANLA por escrito. Los informes de laboratorio que se puedan realizar en Colombia se deben entregar máximo en los tres (3) meses siguientes a la toma de muestra, los que no en los cuatro (4) meses siguientes a la toma de muestra. Toda toma de muestra deberá estar acompañada de aforo líquido.

- Si el monitoreo operacional de suelos detecta la liberación acumulativa de sustancias, deben tomarse medidas de mitigación incluyendo, como mínimo, el control de la fuente incluso cuando la concentración de contaminantes esté por debajo de un estándar de calidad del suelo aplicable.

En caso de que por requerimiento del Minenergía (o quien este delegue) se suspendan las actividades debido a la sismicidad que en el semáforo sísmico se identifique como rojo, se deberá informar de manera escrita a la ANLA sobre la suspensión, medidas requeridas por dichas autoridades y las medidas implementadas. Igualmente se deberá dar a conocer a la ANLA, todas las actividades desarrolladas en cumplimiento a lo ordenado por el Minenergía (o quien este delegue). Esta información será utilizada por la autoridad ambiental para su evaluación y seguimiento dentro del marco de sus competencias.

11.1.4.4 Actualización del plan contingencia

El proyecto deberá revisar y ajustar el plan de contingencia de conformidad con lo establecido en el Decreto 1081 del 2015 adicionado por el Decreto 2157 de 2017 en el Artículo 2.3.1.5.2.1.1, numeral

3.1.2, literal f y el Decreto 1076 de 2015 en el Artículo 2.2.2.3.5.1, numeral 9 y el Artículo 2.2.2.3.9.3 o aquellos que los modifiquen o sustituyan.

Por la naturaleza del PPII, durante la ejecución del proyecto de FH-PH se dispondrá de información adicional biofísica suficiente para mejorar los niveles de riesgo de las comunidades y el ambiente, con lo cual, a mayor nivel de conocimiento, mejor capacidad de identificación y manejo de riesgos. Por lo tanto, se deberán generar medidas de reducción de aquellos eventos amenazantes identificados en los estudios biofísicos; y también deberá revisarse por parte del interesado la efectividad de las medidas, una vez se realicen las actividades en el primer pozo multietapa fracturado con la finalidad de identificar oportunidades de mejora de las medidas propuestas. O en los siguientes casos:

- A partir de los nuevos conocimientos que se recojan en desarrollo del proyecto.
- Ante nuevas exigencias o cambios en la legislación nacional referente al plan de contingencia, en los plazos establecidos en las mismas.
- Cuando se introduzcan cambios en los procesos que aumenten la probabilidad de ocurrencia de una contingencia ambiental y/o consecuencia de la materialización del riesgo.
- Ante la ocurrencia de una contingencia que evidencie la necesidad de ajuste del plan.
- Ante evidencias producto del proceso de seguimiento y control efectuado por la ANLA.

11.2 OTROS PLANES Y PROGRAMAS

11.2.1 Plan de inversión del 1%

Por el uso del recurso hídrico tomado de fuente natural (superficial y/o subterráneo), se debe presentar una propuesta técnico-económica para la inversión del 1%, de conformidad con la normatividad vigente.

Dicha propuesta debe tener como mínimo la siguiente información:

- Título.
- Objetivos del plan de inversión del 1%.
- Alcance de las acciones a desarrollar, y su justificación de acuerdo con la caracterización de las áreas de influencia.
- Metodología.
- Localización tentativa del área donde se planea realizar la inversión, dentro de la subzona o la zona hidrográfica donde se desarrolla el proyecto, incluyendo el respectivo mapa preliminar a una escala adecuada.
- Propuesta de las líneas generales de inversión y el ámbito geográfico de las mismas
- Presentar el monto de inversión del 1% estimado en pesos, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 321 de la Ley del 1955 de 2019, o la norma que los modifique, sustituya o adicione, discriminando los costos para cada una de las actividades del proyecto que deben considerarse para el cálculo de la inversión.
- Cronograma de ejecución de las actividades a realizar.
- Presupuesto para el desarrollo de cada una de las actividades seleccionadas.

Si la cuenca hidrográfica de la cual se hace uso del recurso cuenta con Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA), se deberá articular el proyecto de inversión en esta propuesta con los ya definidos en el POMCA.

Conforme con lo establecido en el Artículo 2.2.9.3.1.5. del Decreto 1076 de 2015 (Modificado por el Decreto 2099 de 2016), el contratista deberá radicar ante las autoridades ambientales regionales con jurisdicción en el área de influencia del proyecto una copia del estudio de impacto ambiental, a fin de que, en el concepto técnico sobre el uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables, se pronuncien sobre la pertinencia de la propuesta de las líneas generales de inversión y el ámbito geográfico de las mismas.

De dicha radicación se deberá allegar constancia a la ANLA en el momento de la solicitud de licencia ambiental.

11.2.2 Plan de compensación del componente biótico

Teniendo en cuenta lo establecido en el Manual para la Asignación de Compensaciones el Componente Biótico expedido por el Minambiente (adoptado mediante Resolución 256 de 2018 o aquella norma que la modifique, adicione o sustituya), se debe:

- Identificar los ecosistemas (naturales o seminaturales) que serán objeto de afectación por las obras o actividades que están relacionadas con la construcción del proyecto y para los cuales no fue posible mitigar o reducir el impacto.
- Calcular el área a afectar para cada uno de los anteriores ecosistemas, e identificar su rareza, representatividad en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), remanencia y potencial de pérdida en el contexto nacional, establecidos en el listado nacional de factores de compensación.
- Multiplicar el área a afectar calculada de cada ecosistema natural y seminatural, por el factor de compensación correspondiente para obtener el área total a compensar, teniendo en cuenta los criterios de jerarquía de la mitigación y de no pérdida neta de biodiversidad.
- Presentar una tabla resumen donde se identifique: ecosistema a afectar, área de afectación, infraestructura que afecta el ecosistema, factor de compensación para ese ecosistema y el área total a compensar,
- Presentar una propuesta de compensación referida a un área específica a restaurar, recuperar o rehabilitar identificando la condición actual del área, su valor ecosistémico.
- Presentar los medios, modos y mecanismos de implementación de las acciones de recuperación, teniendo como referencia el criterio que se desea recuperar en términos de composición, estructura o función, según el grado de intervención preliminar.

11.3 . INFORMES DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL

A este PMA la ANLA le hará seguimiento a través de los Informes de Cumplimiento Ambiental, sin perjuicio del control permanente en tiempo real que pueda desarrollar esta autoridad, durante el desarrollo a las actividades del PPII, en cada una de las locaciones:

Los informes de Cumplimiento Ambiental se entregarán a la ANLA de acuerdo con los requisitos establecidos. Para el cumplimiento de los cometidos de información del PPII previstos en el Decreto 328 de 2020, el informe de cumplimiento debe presentarse cada dos meses.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Adaptado de: COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL – MAVDT. *Decreto 2820*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010.

[2] Adaptado de: COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL – MAVDT. Términos de Referencia Estudio de Impacto Ambiental Proyectos de Perforación Exploratoria de Hidrocarburos HI-TER-1-02. Bogotá:

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Dirección de Licencias, Permisos y Trámites Ambientales, 2010.

[3] Adaptado de COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. *Ley 165 (Convenio de Diversidad Biológica)*. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente, 1994.

[4] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE – Minambiente. *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE)*. s.l. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. s.f.

[5] COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA – DANE. Conceptos Básicos. Tomado de http://www.dane.gov.co/files/inf_geo/4Ge_ConceptosBasicos.pdf. Consultado 20 de agosto de 2013.

[6] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE – Minambiente. *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE)*. s.l. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. s.f.

[7] NACIONES UNIDAS, 1992, Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)

[8] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL – MAVDT. *Tesoro Ambiental para Colombia. [Tesoro]*. s.l. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Centro de Referencia y documentación. s.f. Disponible en <<http://biblovirtual.minambiente.gov.co:3000/>>

[9] Daily, G.C., 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington. De Groot, R.S., 1992. *Functions of Nature: Evaluation of Nature in Environmental Planning, Management and Decision Making*. Wolters Noordhoff, Groningen.

[10] Bernard J. Nebel, Richard T. Wrigh. 1999. *Ciencias ambientales: ecología y desarrollo sostenible*. (Ed) Pearson Educación Sexta Edición. 698 Páginas ISBN 970-17-0233-6.

[11] GESTIÓN EN RECURSOS NATURALES –GRN–.Tomado de <http://www.grn.cl/impacto-ambiental.html> Consultado 20 de agosto de 2013.

[12] Adaptado de: GRUPO BANCO MUNDIAL. *Normas de Desempeño sobre Sostenibilidad Ambiental y Social*. s.l. Corporación Financiera Internacional- IFC, 2012. 6 p.

[13]COLOMBIA – MAVDT, *Op. cit.* [7]

[14] Adaptado de: COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE – Minambiente. *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE)*. s.l. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. s.f.

[15]COLOMBIA – MAVDT, *Op. cit.* [2]

[16] Ibíd. [14]

[17] Adaptado de: CORREA CORTÉS, Elena. *Impactos socio-económicos de grandes proyectos: Evaluación y manejo*. s.l. s.n. 1999.

[18] Adaptado de: COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1523 “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”. Bogotá: Congreso de la República, 2012.

[19] COLOMBIA – MAVDT, *Op. cit.* [5]

[20] David K. Dillon PE, september 2013, Technical Specifications for Shale Oil and Gas Wells and Disposal Wells

[21] David Neslin, contrato de prestación de servicios profesionales FONADE 2132235, 2013, Elaboración de los criterios y las metodologías de evaluación y seguimiento ambiental de las actividades de exploración y explotación de yacimientos no convencionales YNC en Colombia

[22] Departamento de Agricultura de Estados Unidos, (2014. Versión 02), Soil Survey Laboratory Methods Manual, Soil Survey Investigations Report 51. pag 56. Lincoln, Nebraska, Rebecca Burt.

[23] Department for Environment, Food and Rural Affairs; Scottish Government; Welsh Government; and Department of the Environment in Northern Ireland .Potential Air Quality Impacts of Shale Gas Extraction in the UK, tomado de : https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat09/1807251315_AQEG_Shale_Gas_Extraction_Advice_Note_vfinal_for_publishing.pdf

[24] Environmental Protection Agency. 2016. Hydraulic Fracturing for Oil and Gas: Impacts from the Hydraulic Fracturing Water Cycle on Drinking Water Resources in the United States. Executive Summary. Office of Research and Development, Washington, DC. EPA/600/R-16/236ES.

[25] Francisco Castrillón M. M.Sc. P. Geol, Contrato Minambiente Número: 431 de 2017

[26] John Fernando Escobar, Contrato FUCOLDE F-RRHH-PS-C1-1571-de 2019

[27] The Expert Panel on Harnessing Science and Technology to Understand the Environmental Impacts of Shale Gas Extraction, 2014, ENVIRONMENTAL IMPACTS OF SHALE GAS EXTRACTION IN CANADA

[28] USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2016. Hydraulic Fracturing for Oil and Gas: Impacts from the Hydraulic Fracturing Water Cycle on Drinking Water Resources in the United States. Office of Research and Development, Washington, DC. EPA-600-R-16-236Fa.

[29] Vidic, Radisav & Brantley, Susan & Vandebossche, Julie & Yoxtheimer, D & Abad, Jorge. (2013). Impact of Shale Gas Development on Regional Water Quality. Science (New York, N.Y.). 340. 1235009. 10.1126/science.1235009.

ANEXO 1 ANEXOS QUE DEBEN SER PRESENTADOS EN EL ESTUDIO

- GLOSARIO
- REGISTRO FOTOGRÁFICO
- AEROFOTOGRAFÍAS INTERPRETADAS
- RESULTADOS DE MUESTREOS (Carteras de campo, bases de datos de los análisis realizados etc.)
- INFORMACIÓN PRIMARIA DE SUSTENTO
- PLAN DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN QUE SE VA A RECOLECTAR QUE INCLUYA TODOS LOS PROCESOS DE RECOLECCIÓN, TRANSFORMACIÓN Y DIVULGACIÓN DE DATOS Y METADATOS.
- BIBLIOGRAFÍA (referenciada según normas ICONTEC).
- MODELO DE ALMACENAMIENTO GEOGRÁFICO (MAG).
- RELACIÓN DE MATERIAL ENTREGADO AL INSTITUTO DE CIENCIAS, HERBARIO NACIONAL, ICANH U OTRAS ENTIDADES, CON COPIA DEL DOCUMENTO DE ENTREGA Y LOS RESPECTIVOS PERMISOS, DONDE CORRESPONDA.
- DEMÁS DOCUMENTOS Y SOPORTES MENCIONADOS A LO LARGO DE LOS PRESENTES TÉRMINOS DE REFERENCIA.

ANEXO 2 RECOMENDACIONES METODOLÓGICAS DEL IDEAM PARA EL MONITOREO Y ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE AGUA SUPERFICIAL EN PROYECTOS PILOTO DE INVESTIGACIÓN INTEGRAL – PPII

Para el desarrollo del estudio hidrológico, de que trata estos Términos de Referencia, se debe contar con los siguientes estándares mínimos:

- Localización y caracterización del área de estudio.
- Identificación de fuentes superficiales y subterráneas de agua, incluyendo cuerpos de agua lóticos y lénticos, así como las zonas susceptibles a inundación y de recarga potencial de acuíferos.
- Delimitación de las cuencas hidrológicas en el área en niveles subsiguientes a Subzona, con sus respectivas características morfométricas, incluyendo las curvas hipsométricas.
- Recopilación de series de variables hidrológicas diarias históricas de mínimo 15 años de longitud. Aquellas estaciones suspendidas y con menos de 15 años de registro histórico se deben recopilar también a manera indicativa, con la información oficial de las estaciones del IDEAM.
- Recopilación de análisis históricos disponibles de calidad del agua.
- En las fuentes sin información y de relevancia, realizar monitoreo de las variables hidrológicas por un periodo que abarque en lo posible la temporada de mayor precipitación y temporada de menor precipitación. El monitoreo debe realizarse de acuerdo con el protocolo de monitoreo del agua de IDEAM y elementos complementarios de lineamientos OMM. Todos los monitoreos se iniciarán en la Etapa Previa y continuarán en la Etapa Concomitante.
- Monitorear la calidad del agua a lo largo del proyecto de acuerdo con las precisiones descritas en los términos de referencia y anexos específicos, se incluye este ítem acá con el fin de indicar que los monitoreos de calidad deben estar acompañados de un aforo líquido en la misma fecha.
- Análisis de las series hidrológicas, pruebas estadísticas paramétricas y/o no paramétricas sobre homogeneidad, consistencia e identificación de datos anómalos; de ser posible, hacer el completado de las series, además de la identificación de la consistencia del flujo, régimen hidrológico, distribuciones mensuales y anuales.
- Realizar una correlación de las series temporales, a escala mensual, con la de indicadores de ocurrencia de fenómenos macroclimáticos con influencia en la hidroclimatología colombiana.
- Estimación de la Oferta Hídrica Superficial, a través del cálculo mediante metodologías debidamente justificadas como el Balance Hídrico, modelo Lluvia-Escorrentía u otras metodologías como las recomendadas en el Protocolo de Modelación Hidrológica e Hidráulica (IDEAM, 2018).
- Estimación del caudal ambiental para cuencas de orden subsiguiente a subzona.
- Estimación de la Oferta Hídrica Superficial Disponible.

Para esto es importante que las metodologías usadas tanto para el monitoreo, como para el análisis de datos y la modelación correspondan con prácticas y procedimientos aceptados o estandarizados técnicamente.

Para la fase de monitoreo de variables hidrológicas y de calidad de agua se recomienda al interesado implementar monitoreo en cauces a intervenir no cubiertos por las redes existentes, que sean de especial importancia o complejidad, o en su defecto generar series por metodologías adecuadas. Este proceso debe ser el más completo posible, por lo cual, en los sitios de monitoreo que se definan se recomienda realizar por lo menos dos mediciones diarias de nivel, acompañadas de varias mediciones de caudales a lo largo del año que permitan construir las curvas de calibración, con caudales medidos a lo largo de un año hidrológico (Boiten, 2005). Las mediciones precisas de caudal son fundamentales para proporcionar los datos necesarios para todos los aspectos del estudio de línea de base de hidrología, por lo que deben realizarse siguiendo las orientaciones de la versión

actualizada y vigente del Protocolo del agua disponible y publicado en la página Web del IDEAM. Se recomienda que el monitoreo se inicie en la Etapa Previa y continúe después del proceso de solicitud de la licencia, durante la etapa concomitante y posterior, de acuerdo con los lineamientos existentes para monitoreo ambiental.

Para los cauces a intervenir (por ocupación, captación de agua o cruce con infraestructura asociada al proyecto) que no cuenten con información de series históricas de al menos 15 años se podrán implementar metodologías de estimación indirecta mediante técnicas de regionalización, correlaciones hidrológicas, relaciones área-precipitación-caudal, modelos de simulación hidrológica empleando datos hidrometeorológicos con adecuada representación espacial, datos de cobertura y uso del suelo, entre otros. Se deberá contemplar la importancia de incluir en estos análisis interacciones aguas superficial -agua subterránea, interacciones entre sistemas lénticos y loticos, y procesos hidrológicos relevantes. Se deberá indicar el análisis conceptual para la selección del modelo y la estrategia de calibración y validación empleada.

En cuanto al cálculo del balance hídrico, existen diversos métodos y modelos disponibles, cuya idoneidad depende del tipo de corriente, las características del canal (ME - British Columbia, 2016), además de los procesos físicos que se quieren representar. En el caso de los PPPI se recomienda seguir dos aproximaciones. La primera un balance hídrico multianual o de largo plazo, que permita la estimación de la Oferta Hídrica Superficial local (IDEAM, 2019). Y por otro lado una modelación hidrológica continua que considere, en lo posible, la interacción histórica de los caudales base y superficiales con los acuíferos profundos, y el tránsito hidráulico en canal, siguiendo un riguroso protocolo de modelación como el propuesto por Beven (2001), teniendo en cuenta la escala de análisis y el propósito de esta.

En este sentido, existe una gran variedad de modelos disponibles para el análisis de interacción de aguas subterráneas y superficiales, sin embargo, de acuerdo con las recomendaciones de Barthel & Banzhaf (2015), se sugieren modelos con esquemas de diferencias finitas, basados en las ecuaciones de Saint-Venant o aproximaciones de la ecuación de Richards tales como CATHY, FEFLOW, GSFLOW, MODFLOW, entre otros. Entre las opciones disponibles, la recomendación del instituto es elegir un modelo parsimonioso, que permita establecer cambios a escala puntual y de cuenca.

Adicionalmente, estas aproximaciones requieren el cálculo de la evapotranspiración potencial y real, variables hidrológicas con poco monitoreo, por lo cual se recomienda comparar diferentes metodologías que sean aplicables a las características climáticas regionales en función de la información disponible para su validación, priorizando siempre el uso de ecuaciones con fundamentación física, como la de Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

También se pone como referente las consideraciones dispuestas en el “*Protocolo de Modelación Hidrológica e Hidráulica*” donde se amplían las consideraciones y herramientas de modelación para diferentes finalidades en el marco de la gestión del agua.

Bibliografía

- IDEAM (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá, D.C. ISBN: 978-958-5489-12-7.
- IDEAM (2018). PROTOCOLO DE MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA. Bogotá, D.C. ISBN: 978-958-5489-09-7
- IDEAM & INVEMAR (2017). Protocolo de monitoreo del agua. Bogotá, D.C.
- Ministry of Environment - British Columbia (2016). Water and Air Baseline Monitoring Guidance Document for Mine Proponents and Operators – Version 2.
- Barthel R. & Banzhaf S. (2015). Groundwater and Surface Water Interaction at the Regional-scale– A Review with Focus on Regional Integrated Models. Water Resources Management. DOI:10.1007/s11269-015-1163-z.
- IDEAM (2013). Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para las Evaluación Regional del Agua.

Boiten W. (2005). Hydrometry. IHE Delft Lecture Note Series. Swets&Zeitlinger B.V., Lisse, The Netherlands. ISBN: 0-203-97109-4 Master e-book ISBN.

Beven KJ. (2001). Rainfall-runoff modelling: the primer. 2nd edition. Wiley-Blackwell, 360p. ISBN 978-0-470-71459-1.

Richard G. Allen; Luis S. Pereira; Dirk Raes; Martin Smith (1998). Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 978-92-5-104219-9.

ANEXO 3 PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO (LÍNEA BASE) EN EL MARCO DEL LICENCIAMIENTO AMBIENTAL

Versión 2.0

Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Subdirección de Investigaciones Línea Gestión Ambiental Sectorial –
Programa Gestión Territorial de la Biodiversidad
Equipo Colecciones Biológicas, Programa de Ciencias de la Biodiversidad y
Programa Evaluación y Monitoreo de la Biodiversidad.

0 INTRODUCCIÓN

Los datos mencionados en este documento deben suministrar información relacionada con las características cualitativas y cuantitativas de los diferentes componentes bióticos de los ecosistemas presentes en el área de influencia del proyecto en evaluación, determinando su composición, estructura y funcionalidad, como un referente del estado inicial previo a la ejecución del proyecto. Para tal efecto, la información deberá ser procesada y analizada en forma integral.

En este sentido vale la pena dejar la salvedad que otros grupos no incluidos aquí podrían también verse afectados, y se dio prioridad a los que se presumen pueden servir de indicadores de impacto.

Para la caracterización del medio biótico, se presenta a continuación una propuesta metodológica para la toma que parte de la definición espacio temporal de las unidades de análisis, una descripción del diseño experimental propuesto incluyendo propuesta de análisis de datos asociados a los diferentes grupos taxonómicos indicadores del estado de los ecosistemas presentes en el área de influencia de los proyectos.

La participación del Instituto tanto en evaluación de impactos generados a la biodiversidad por diferentes tipos de presiones como en la implementación de estrategias de monitoreo de diferentes grupos taxonómicos y ecosistemas ha requerido de la implementación del marco conceptual basado en la identificación de variables de Respuesta-Presión-Estado-Beneficio (RPEB) (Sparks et al. 2011 - Figura 4). Este modelo nos ha permitido estructurar y unir indicadores a través de relaciones causales a múltiples escalas y apoyar la generación de información para evaluar impactos generados por diferentes tipos de presiones generando información que puede ser útil para la toma de decisiones con base en evidencia. Este enfoque reconoce además que una de las principales funciones de las evaluaciones tanto de impacto como de los monitoreos es evaluar si las respuestas en cuanto a gestión del territorio tienen los resultados deseados en la reducción de presiones sobre los ecosistemas, mejoramiento de su estado y/o mantenimiento o aumento en la provisión de beneficios derivados de los mismos.

Con base en el marco conceptual de RPEB hemos diseñado e implementado la estrategia de evaluación de riesgos e impactos en varios proyectos como el monitoreo de la Cuenca del río Magdalena-Cauca (Proyecto Natura 18-099), el derrame de crudo del pozo Lisama 158 (proyecto 18-058, Ecopetrol), la estrategia de monitoreo en el marco del proyecto de Navegabilidad del río Magdalena (Proyecto 18-143), la evaluación de impacto potencial del cierre de las compuertas de Hidroituango, el proyecto Riqueza Natural, y el proyecto RPEB en los Montes de María. Estas diversas oportunidades que hemos tenido nos han permitido probar el modelo y hemos evidenciado que el modelo se adapta y responde a procesos de evaluación de diversas presiones.

En el caso de los Proyectos Piloto de Investigación Integral (PPII) proponemos que la colecta de datos para generar la línea base y posterior implementación de estrategia de monitoreo implemente el mismo modelo conceptual y se enfoque en ecosistemas y componente biótico, teniendo en cuenta los siguientes grupos taxonómicos:

- Invertebrados
- Anfibios (sensibles a cambios en la interfase agua-tierra)

- Reptiles (sensibles a cambios en coberturas terrestres)
- Aves
- Mamíferos (Sensibles a cambios en coberturas terrestres)
- Microorganismos (*METABARCODING EN AGUA Y SEDIMENTO*) (Sensibles a cambios en la composición fisicoquímica del agua)
- Paisajes sonoros (Da una idea de grupos de organismos a nivel de comunidad, varias especies al tiempo)
- Comunidades Hidrobiológicas (ver sección Ecosistemas acuáticos (componente hidrobiológico) Sensibles a cambios en la composición fisicoquímica y biótica del agua)

La selección de estos grupos se basa en resultados de estudios previos basados en la revisión de más de 30 fuentes bibliográficas relacionadas con información sobre los posibles efectos de la fracturación hidráulica sobre la fauna silvestre donde evalúan que: a. actividades relacionadas con la construcción, b. contaminación, derrames o disposición de residuos químicos (aguas residuales), c. fuentes de ruido durante la fase de producción (compresores y estaciones de bombeo), y d. Incremento en el tráfico de vehículos para transporte personal, químicos y la disposición de los mismos, pueden ser las principales presiones generadas por este tipo de proyectos de hidrocarburos en el medio biótico.

Aun así, puede haber otras dimensiones de la biodiversidad terrestre que sean o no afectadas por actividades de fracturamiento hidráulico y la incertidumbre de impacto debe abordar diferentes escalas y perspectivas. En este sentido, vale la pena dejar la salvedad que otros grupos no incluidos aquí podrían también verse afectados, pero se dio prioridad a los que sirven de indicadores de impacto.

Para la caracterización del medio biótico, se presenta a continuación una propuesta metodológica que parte de la definición espacio temporal de las unidades de análisis, una descripción del diseño experimental propuesto incluyendo propuesta de análisis de datos asociados a los diferentes grupos taxonómicos indicadores y una descripción metodológica de toma de datos sugeridos por cada uno de ellos. Las metodologías se siguen tanto para la generación de línea base como para la implementación de la estrategia de monitoreo.

1 MÉTODOS GENERALES PROPUESTOS PARA ECOSISTEMAS

Los estudios de impactos ambientales de la actividad de fracturamiento al conocimiento del impacto hidráulico “*Fracking*” han sido orientados sobre la contaminación del aire y del agua subterránea y debido a las características de la biodiversidad nacional, uno los países megadiversos del mundo y alto número de endemismos, es necesario plantear una propuesta de evaluación de impactos teniendo en cuenta una línea base apropiada e implementado una estrategia de monitoreo que tenga en cuenta las diferentes fases de implementación de los proyectos piloto y la variabilidad espacio temporal de los ecosistemas.

1.1 Ecosistemas

Las coberturas de la tierra asociadas a cada ecosistema se deberán definir, sectorizar y describir según la metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia (IGAC, 2010). Esta metodología puede ser ajustada durante la fase de elaboración de acuerdo con las características del área de influencia, pero sin modificar los niveles 1, 2 y 3.

Se deben realizar análisis de estructura de los ecosistemas presentes en el área de influencia del proyecto en evaluación, con el fin de determinar su sensibilidad, estado y uso actual, análisis de fragmentación y tendencias de poblamiento; para ello, se deberá tener en cuenta la información secundaria disponible, como imágenes de satélite, fotografías aéreas, estudios, monitoreos, mapas de especies, entre otros, la cual debe ser validada en campo.

1.2 MÉTODOS GENERALES PROPUESTOS PARA EL COMPONENTE BIÓTICO

1.2.1 Definición de unidad espacio-temporal

Con la finalidad de contrastar posibles efectos sobre el componente biótico, el diseño de muestreo incluirá unidades de muestreo enmarcadas en el área de influencia del PPII. El muestreo deberá incluir un gradiente de coberturas⁶⁹ que permitan acceder a la heterogeneidad ambiental de la zona, pero que pueda contrastarse entre las unidades de muestreo. Dichas unidades deberán reportarse según el modelo de datos MAG-ANLA. Para poder incluir el posible efecto de diferentes momentos climáticos, el diseño requerirá muestreos dependientes de las dos principales categorías de lluvias del sitio. Dicho esquema generalizado de muestreo deberá incluir la temporada de mayor precipitación y temporada de menor precipitación. Esto se vería en una tendencia general de lluvias de la región, a partir de la obtención de información secundaria, en los meses de septiembre-octubre o mayo-junio para temporada de mayor precipitación, diciembre-enero-febrero temporada de menor precipitación, dependiendo del área de implementación. Exclusivamente para tener un estimativo de la diversidad potencial se sugiere usar información secundaria y repositorios de información de biodiversidad.

1.2.2 Análisis de datos para los distintos grupos taxonómicos

Para cada grupo taxonómico y cada unidad de cobertura a analizar, se solicita generar una prueba estadística que sustente el tamaño de la muestra específica por grupo y el esfuerzo de muestreo mínimo para poder lograr una idoneidad de los datos a analizar. La representatividad de muestreo se realizará a partir de curvas de rarefacción (interpolación/extrapolación). Los resultados obtenidos para cada grupo taxonómico, época climática y cobertura de la tierra serán analizados de forma independiente para cada grupo y variable (Figura 2 - Anexo 3). Adicionalmente se realizarán cálculos estadísticos comparativos entre unidades de análisis y épocas climáticas, mediante herramientas analíticas que soporten la representatividad de las muestras e idoneidad de los resultados obtenidos.

Las variables respuestas de la metodología propuesta incluyen: 1. Riqueza observada (estrictamente número de especies o morfotipos). 2. Abundancia relativa (las respectivas proporciones de observación por especie o morfotipo o el número de observaciones por especie o morfotipo de cada una de las especies encontradas en la muestra) y 3. frecuencia (es una proporción del número de muestras en que una especie o morfotipo se hace presente, respecto del número total de muestras). Así como matrices de presencia y abundancia de comunidad entre los sitios muestreados, útiles para contrastar las comunidades con ordenaciones y con índices de similitud como Jaccard (incidencia o presencia/ausencia) o Morisita-Horn y Bray-Curtis (abundancia).

1.3 MÉTODOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS POR GRUPO TAXONÓMICO

1.3.1 Invertebrados

A continuación, se relacionan todos los grupos biológicos a muestrear en los invertebrados:

1.3.1.1 *Diseño de muestreo Colémbolos*

El muestreo del grupo será basado en Gómez-Anaya et al. 2010. El muestreo de las unidades de muestreo será aleatorio, los núcleos de suelo serán de igual tamaño (95 cm²) y procesados *in situ*

⁶⁹ Gradiente de coberturas: pretende identificar distintas coberturas que representen distintos grados de transformación, desde coberturas naturales sin intervención de tamaño considerable, coberturas poco intervenidas, coberturas medianamente intervenidas, coberturas intervenidas, coberturas altamente intervenidas. El grado de intervención se definirá con respecto a la cobertura natural sin intervención como referencia. Las coberturas antes mencionadas se plantean a manera de ejemplo entendiendo que la disponibilidad estará condicionada a las particularidades del área de implementación. Sin embargo, es necesario representar dicho gradiente en cualquiera que sea el área de implementación.

mediante una batería de embudos de Berlese durante tres días sin fuente de luz, y los siguientes tres con una bombilla de 25 watts por embudo. La fauna extraída se fijará en etanol 75%.

Se tomarán las variables edáficas para estudiar los diferentes suelos en las unidades muestreadas (Gómez-Anaya et al. 2010).

Los muestreos se realizarán de acuerdo a lo establecido en la sección de definición de unidad espacio-temporal en los Métodos generales propuestos para el componente biótico (1.2.1)

1.3.1.2 *Diseño de muestreo Microinvertebrados acuáticos*

El muestreo y análisis de la información de los insectos acuáticos se realizará siguiendo la propuesta de Guimarães et al., 2019.

Sedimentos para análisis de metales (Cu, Mn, Cd, Zn) serán muestreados y el número de muestras será de acuerdo con el área del cauce a muestrear. Los insectos serán recolectados en el mismo periodo de muestreo de los datos para el análisis de metales. Para el muestreo se utilizará una red acuática (tamiz de malla de 250 µm) y muestreo exhaustivo hasta obtener suficiente biomasa para análisis de metales. Cada muestra se procesará de acuerdo con el gremio trófico de los especímenes capturados.

Se debe calcular el factor de bioacumulación (BAF), para probar la bioacumulación de metales en organismos acuáticos de fauna (Klavins et al., 1998). La bioacumulación factor (BAF) es la relación entre la concentración de la sustancia en el cuerpo y la sustancia en el medio ambiente. Se considera bioacumulación cuando las concentraciones de metales en los organismos son mayores que las concentraciones del sedimento acuático.

BAF se describe mediante la siguiente fórmula: Concentración de metales en un organismo/ Concentración de sedimentos metálicos.

De igual manera, los procesos de monitoreo ambiental posterior al estudio se realizarán siguiendo esta metodología. Evaluando los parámetros especificados en ella.

Los especímenes colectados deberán ser ingresados a una colección previamente registrada ante el RNC siguiendo los protocolos mínimos relacionados a los datos.

1.3.1.3 *Diseño de muestreo Himenópteros terrestres (hormigas)*

Se debe aplicar cada una de las siguientes técnicas de colecta para poder capturar todos distintos grupos de hormigas según sus hábitos alimenticios:

Trampas Winkler. Transecto de 100 m en el cual se tomarán 10 muestras de 1m² cada 10m. Especímenes observados y/o colectados por trampa.

- Trampas de caída. Transecto de 100 m con 10 trampas, una cada 10 m (mínimo 4 transectos por sitio de muestreo). Especímenes observados y/o colectados por trampa.
- Cebo con atún o cualquier otro derivado cárnico. Transecto de 100 m con 10 cebos, uno cada 10 m (mínimo 4 transectos por sitio de muestreo). Especímenes observados y/o colectados por cebo.
- Captura manual. Transecto de 100 m., cada 10 m se deberá tomar una muestra de hormigas en un área de 2x2 m. durante 15 minutos (mínimo 4 transectos por sitio de muestreo). Especímenes observados y/o colectados en cada parcela por 15 minutos. Villarreal et al., 2006.

Los especímenes colectados deberán ser ingresados a una colección previamente registrada ante el RNC siguiendo los protocolos mínimos relacionados a los datos.

1.3.1.4 *Diseño de muestreo Lepidópteros diurnos*

Observación directa o con binóculos y captura con jama en transectos de longitud definida. Transecto de 100 m observando a lado y lado hasta 5 m. (= 100x10 m.) o parcelas de 32x32 m (mínimo 4 transectos o parcelas por sitio de muestreo).

Trampas van Someren Rydon. Cada trampa se colocará en un transecto de 250 m con 6 trampas, una cada 50 m (mínimo un transecto por sitio de muestreo). Especímenes observados y colectados por trampa en 48 horas (Villarreal et al., 2006).

Los especímenes colectados deberán ser ingresados a una colección previamente registrada ante el RNC siguiendo los protocolos mínimos relacionados a los datos.

1.3.1.5 *Coleópteros (escarabeidos y melolóntidos)*

1.3.1.5.1 Diseño de muestreo Escarabajos coprófagos (Scarabaeinae).

Trampas de caída con atrayentes (estiércol 40 gr. o carroña). Transecto de 300 m (dependiendo del tamaño del área a muestrear) se ubicarán las trampas cada 50 m entre trampas, alternadas cuando se usan varios atrayentes. Cada trampa constituye la unidad de muestreo y se revisarán cada 24 horas en un periodo de 95 horas de intensidad horaria por hábitat muestreado (Villarreal et al., 2006).

Trampas de interceptación al vuelo. Cada trampa que debe ser revisada cada 24 horas.

Captura manual. Buscando sobre excremento o carroña hasta completar 12 horas. de búsqueda.

1.3.1.5.2 Diseño de muestreo Escarabajos Melolóntidos.

Para el caso de Melolóntidos, se realizarán muestreos al azar en suelos de las unidades de muestreo seleccionados. Cada muestreo se realizará sobre una cuadrícula de 1m x 1m y se colectarán las larvas y/o adultos encontradas en esas cuadrículas. Se cuentan y una parte de ella se fija y las otras serán llevadas al laboratorio para que culmine su ciclo de desarrollo y con ello identificar las especies. Se revisarán igualmente troncos en descomposición en las unidades muestreadas.

Los especímenes colectados deberán ser ingresados a una colección previamente registrada ante el RNC siguiendo los protocolos mínimos relacionados a los datos.

1.3.2 Insectos estridulantes (ortópteros y cicadidae)

Aunque los insectos pueden comunicarse por diferentes mecanismos (ver Ganchev et al. 2007), este muestreo tiene una prioridad a los insectos estridulantes por el posible aporte que estos hacen al paisaje sonoro (Aide et al. 2017).

1.3.2.1 *Diseño de muestreo*

El muestreo de este grupo se realizará por medio de transectos aleatorios en cada pozo no convencional. Al detectar un animal de este grupo en cada transecto, se realizará grabación focal de estridulaciones de al menos 1 minuto a ca. de 30 cm de distancia (ver Woodrock et al. 2019). La grabación será en espectro audible y ultrasonido, para lo cual se tendrán que usar sensores acústicos correspondientes. El individuo deberá ser capturado y colectado, vinculando los dos audios obtenidos con el número de colección en campo y todos los metadatos del evento de colecta.

1.3.2.2 *Análisis de los datos obtenidos:*

A partir de los datos obtenidos, se genera información de riqueza, composición y estructura de la fauna estridulante en los tres arreglos. La identidad taxonómica de los especímenes tradicionales y digitales obtenidos, permitirá generar información que refleje el ensamblaje acústico de fauna estridulante, y se deberán usar en el trabajo de análisis de paisajes sonoros (Roka & Proulx 2016, Aide et al. 2017), reflejando gran parte del ensamble acústico de los puntos de muestreo (Michelsen & Nocke 1974, Aide et al. 2017). Se deberán medir la riqueza, composición y estructura (abundancia relativa) de los insectos estridulantes, así como analizar el posible efecto sobre el uso del espacio acústico en términos de partición espectral (frecuencia acústica usada) y temporal.

Los sonidos obtenidos serán depositados en la Colección de Sonidos Ambientales del Instituto Humboldt, siguiendo los protocolos y procedimientos indicados por esta y vinculando el código de catálogo de la colección donde se depositen los especímenes físicos.

1.3.3 Anfibios y Reptiles

Debido a que los anfibios poseen una clara asociación reproductiva a las coberturas vegetales, sustratos y cuerpos de agua (temporales y permanentes) junto con la estacionalidad climática, hacen que su presencia y en conjunto su diversidad local o regional esté condicionada.

Para documentar esta riqueza biológica se hace necesario realizar un muestreo estratificado en las diversas unidades de paisaje identificadas en el área de influencia del proyecto. Así mismo, con el objeto de realizar un monitoreo aceptable, se desarrollarán inventarios para el levantamiento de la información primaria, previa evaluación de la información secundaria (si existiese).

1.3.3.1 Diseño de muestreo

Realizar un muestreo multitemporal y estratificado. Así mismo, con el objeto de realizar un monitoreo aceptable, se desarrollarán inventarios para el levantamiento de la información primaria, previa evaluación de la información secundaria (si existiese). La cobertura temporal mínima deberá ser de ocho días efectivos de trabajo de campo, en función del número de unidades de cobertura identificadas y para cada época climática identificada. Esta información se podrá entregar durante la fase concomitante.

Para el trabajo de campo se aplicarán varias aproximaciones metodológicas que incluyen métodos estándar como 1) el encuentro visual (VES) (Heyer et al. 1994); 2) registros auditivos de las vocalizaciones (Ángulo, 2006) con la obtención de un ejemplar *voucher*, su grabación focal como evidencia multimedia del registro y permite la construcción de un marco de referencia para futuros monitoreos y reconocimiento acústico de este grupo. Los archivos obtenidos desde este componente deberán ser ingresados a la Colección de Sonidos Ambientales del Instituto Humboldt, acorde a los protocolos y procedimientos indicados por esta. 3) Muestreos por remoción (Heyer et al., 1994) donde se realizará la búsqueda activa de organismos mediante el levantamiento de rocas, troncos y remoción de hojarasca o sustrato; así como el empleo de mallas para obtener estados larvales en los diversos cuerpos de agua (estanques, charcas temporales y pequeñas corrientes de agua). Tentativamente aproximaciones metodológicas adicionales podrán ser implementadas como muestreo pasivo por ejemplo la implementación de trampa de caída o trampas de cebo para organismos acuáticos como cecilias si así lo permitieran las condiciones locales. Todos los ejemplares se transportarán en bolsas humedecidas y con material vegetal para disminuir sus niveles de estrés hídrico y térmico.

La identificación de los especímenes se referenciará de forma secundaria mediante la propuesta de archivos de autoridad taxonómica (AAT) (Frost, 2020; Acosta-Galvis 2020), y de forma primaria a la revisión y confrontación de especímenes versus la literatura científica particular y referenciada en los AAT's. Colecciones de referencia pueden ser empleadas como un recurso adicional para realizar y/o clarificar las identificaciones.

1.3.4 Aves

Con este monitoreo se pretende documentar cuál es el impacto local de la intervención sobre las dinámicas biológicas de las comunidades de aves. Posterior a la búsqueda de información secundaria y la elaboración en campo de la línea base completa y rigurosa, se propone realizar un monitoreo con dos aproximaciones a diferentes escalas. 1) Documentar ensamblajes de aves con el fin de identificar cambios espaciales y temporales en las dinámicas y estructuras poblacionales; 2) Evaluación de diferencias significativas entre la línea base y los monitoreos subsiguientes de presencia de especies en los cuerpos de agua a intervenir por el proyecto.

1.3.4.1 Diseño del muestreo

Durante cada una de las visitas se realizarán jornadas de censos por puntos fijos para realizar detecciones visuales y auditivas de individuos de especies de aves, se establecerán dos estaciones de capturas con redes de niebla.

Con el fin de identificar el ensamblaje de aves y estimar variaciones en presencias/ausencia de especies, así como cambios en sus abundancias, se realizarán muestreos por detecciones visuales y auditivas siguiendo metodologías estandarizadas para muestreos de aves (Ralph et al. 1993, Bibby et al. 2000, Villareal et al. 2006) adaptando ajustes propuestos para la región neotropical (Ortega-Álvarez et al. 2018). Se establecerán puntos fijos de conteo ubicados en el área de influencia. En cada punto se hará un censo de 10 minutos describiendo hábitat y anotando fecha, ID punto, hora de inicio, % nubosidad, especie, número de individuos, y distancia horizontal al centro del punto de observación. Para esta última información, y con el fin de poder corregir por la detectabilidad de las especies, se sugiere usar tres categorías de cercanía en franjas de 30 m de radio, entre 30 y 50 m de radio, o más, así: <30 m, 30-50 m, >50 m. Cada punto fijo debe ser censado al menos 4 veces, con el fin de garantizar repeticiones adecuadas para los análisis. Estas repeticiones idealmente deben ser en diferentes momentos de la mañana en cada punto, por lo cual se sugiere aleatorizar el orden de la realización de los censos, por ejemplo, empezando cada día en un extremo opuesto del transecto. Todos los datos de censos deberían ingresar a la plataforma de registros ornitológicos eBird con el fin de compilar, ordenar y validar la información colectada en campo, para posteriormente ser presentados en formato DwC. Se podrán realizar recorridos libres de 2 km a lo largo de una quebrada (línea base y monitoreos).

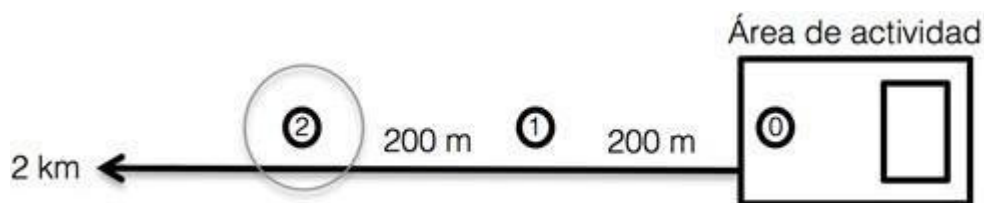


Figura 1 – Anexo 3. Diseño de muestreo por puntos fijos a lo largo de un transecto de 2 km desde el área de actividad principal.

1.3.4.2 Muestreos complementarios de aves

Este monitoreo debe ser complementado con sesiones de capturas con redes de niebla (Villareal et al. 2006). En los individuos capturados y liberados se tomarán medidas morfométricas como: peso, longitud total del pico, cuerda alar, largo de cola, largo de tarso, y descripción de muda y condiciones corporal del músculo, así como identificación de presencia/ausencia de parche de incubación (López et al. 2015). Estos especímenes servirán como testigos físicos de las especies presentes en la zona y pueden ayudar a evidenciar posibles acumulaciones de sustancias químicas en sus plumajes, asociados a procesos productivos.

El muestreo de aves podrá ser complementado, o realizado de manera alternativa por medio de la grabación focal de individuos como evidencia multimedia de registros y consolidación del repositorio nacional de biodiversidad acústica de Colombia. Los sonidos obtenidos desde el componente de aves deberán ser ingresados a la Colección de Sonidos Ambientales del Instituto Humboldt, siguiendo los protocolos y procedimientos indicados por esta o como soporte a las listas reportadas en el repositorio eBird.

1.3.4.3 Análisis de los datos obtenidos:

Los datos obtenidos en estas jornadas de monitoreo permitirán corroborar y complementar el listado de especies de la línea base, con información detallada en los diferentes hábitats. Esto permitirá realizar análisis de diversidad alfa y beta, y estimaciones de curvas de acumulación de especies. Posteriormente, mediante la categorización de especies asociadas a: Interior de bosques (IB), Zonas de transición (ZT) y Hábitats intervenidos (HI) (Farwell et al. 2018), se podrá determinar en el tiempo las dinámicas de cambios en ensamblajes que podrían verse afectados y favorecidos por la implementación de las actividades productivas. Finalmente, se identificarán objetos de conservación (i.e. especies amenazadas, hábitats) y se detectarán especies asociadas a los ambientes riparios, permitiendo identificar posibles afectaciones en abundancia, diversidad y uso de hábitats de la avifauna, en estos ambientes de influencia directa de la actividad productiva.

1.3.5 MAMÍFEROS

1.3.5.1 *Escala espacial y temporal para el monitoreo de mamíferos*

Se realizará el diagnóstico de la estructura y composición de especies de mamíferos en todas las unidades de cobertura de la tierra identificadas dentro del Área de influencia del PPII, con especial detalle dentro de las zonas identificadas en la zonificación de manejo como sujetas a intervención tanto puntual como lineal. Las unidades de muestreo técnicas específicas y réplicas serán dependientes del tipo de cobertura identificada y del ejercicio de representatividad estadística de la muestra y esfuerzo de muestreo.

Para entender cómo varía la riqueza, abundancia y gremios funcionales de mamíferos se ubicarán unidades de muestreo en cada una de las coberturas vegetales definidas en cada PPII. Estas unidades de muestreo pueden ser llamadas Áreas de monitoreo fijas (AMF). En todos los casos, deben enfocarse en las coberturas vegetales definidas para cada PPII y mantenerse entre eventos de monitoreo. Cada unidad de monitoreo fija, deberá ser muestreada mínimo por cuatro días y cuatro noches⁷⁰.

Cada área de monitoreo fija (AMF), seguirá métodos de la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales y se complementará con el manual de monitoreo para restauración ecológica (Díaz-Pulido et al 2015), que presenta generalidades sobre el muestreo de mamíferos de una manera actualizada y afín a las necesidades de los PPII.

1.3.5.2 *Muestreo de mamíferos en unidades fijas de monitoreo*

Se consideran mamíferos pequeños (menores a 150 g), mamíferos medianos (entre 151 g y 5.000 g) y grandes (mayores a 5000 g), según (Sánchez et al 2004). A continuación, se presentan los métodos para realizar el monitoreo de los ensamblajes de mamíferos:

1.3.5.2.1 Mamíferos pequeños terrestres

Se usarán arreglos en forma de cuadrícula o rejilla, de trampas de captura directa Sherman® (50 unidades), Tomahawk® (10 unidades) y 15 trampas de caída (pit fall). Este se implementará alrededor de los pozos PPII y en las áreas fijas de monitoreo y permitirá monitorear la riqueza y abundancia de las especies. También indicará cómo será el cambio en estos parámetros, de acuerdo con la alteración que generan las actividades en cada PPII.

1.3.5.2.2 MAMÍFEROS MEDIANOS Y GRANDES

Se usará un arreglo en forma de rejilla de doce cámaras trampa alrededor de cada unidad fija de monitoreo. Cada cámara estará dispuesta a una distancia no menor a un kilómetro una de otra, para evitar sobreestimaciones en las abundancias relativas. Las cámaras se instalarán a una altura aproximada de 40cm del suelo, de acuerdo con los rastros de animales, como madrigueras, senderos, comederos, saladeros, entre otros.

Se recomienda que la identificación de las fotografías se realice usando un software o un paquete de R, que le permita obtener un formato Darwin Core (DwC) con las identificaciones y los datos asociados. Esto facilitará la revisión y evitará que se tenga que crear el archivo DwC de manera manual, ahorrando tiempo valioso. De esta manera, el conjunto de datos resultante podrá ser publicado en el Sistema de información en Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia). Lo cual deberá ser de carácter obligatorio para garantizar que esta información sea pública.

1.3.5.3 *MAMÍFEROS VOLADORES*

Se utilizarán 10 redes de niebla (que en lo posible deben tener 12 m de largo, 2.5 m de altura y 36 mm de ojo de malla) y se utilizará el mismo esfuerzo de muestreo por cobertura vegetal. Las redes de niebla estarán abiertas desde las 17:30 hasta las 22:30 y serán revisadas cada 15 minutos. Para

⁷⁰ Los muestreos nocturnos están supeditada a condiciones favorables de orden público, en caso de no contar con estas condiciones debe evidenciarse.

el registro de murciélagos insectívoros se realizarán grabaciones de los llamados de ecolocación utilizando una grabadora de ultrasonido. También a cada murciélago insectívoro capturado en redes de niebla se grabará su llamado de ecolocación usando técnicas como el zipline o un encierro de tela de toldillo de 8x 2x 2m. Luego de grabar el llamado se recolectará el espécimen y será depositado en una colección biológica. En este caso los llamados serán identificados a nivel de especie. En el caso de las grabaciones ambientales hechas con grabadoras de monitoreo pasivo, los llamados pueden ser identificados a nivel de familia o género. Las grabadoras serán instaladas a dos metros de altura del suelo y se grabará en periodos de 10 minutos durante el mismo tiempo que se tengan abiertas las redes de niebla. Los llamados de murciélagos deberán ser depositados en una colección de sonidos pública para que los investigadores colombianos puedan acceder a estas grabaciones y complementar la identificación de dichas grabaciones. Cada grabación deberá ser entregada con todos los datos asociados como el tipo de grabadora de ultrasonido y micrófono, frecuencias a las que se grabó, tiempo de grabación, número de llamados de murciélagos por grabación, software que usó para la registrar los parámetros de cada grabación y referencias para la identificación.

Se propone utilizar un método de marcaje como anillos en el antebrazo (Barlow 1999), que permita monitorear las abundancias de estos mamíferos voladores en el tiempo. Se deberá ser cuidadoso con este tipo de técnica para evitar afectar la salud del animal (Rodríguez-Posada y Santa-Sepúlveda, 2013).

Para cada individuo capturado se registrarán las medidas morfométricas estándar (peso, antebrazo, envergadura, longitud pata, longitud cabeza-cuerpo, Longitud cola), la condición reproductiva y la identificación taxonómica. Se recomiendan los textos de Patton (2015), Emmons y Feer (1997), Gardner (2007), Simmons y Voss (1998).

1.3.5.4 Recolección de especímenes

Para la identificación de mamíferos pequeños la recolección constituye una práctica necesaria. Así que, se recomienda registrar la mayoría de las especies identificadas o colectadas en los primeros monitoreos y así disminuir el número de especímenes recolectados durante los monitoreos.

Todos los especímenes recolectados deberán ser depositados en una colección de mamíferos pública, reconocida y registrada en el Registro Nacional de Colecciones Biológicas y deberán cumplir con el Permiso de Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Biodiversidad con Fines de Investigación Científica no Comercial. Al momento de depositar dicho material deberá adjuntarse a cada espécimen copias físicas y digitales de los datos asociados (Formato Darwin Core).

1.3.5.5 Atropellamiento de fauna

Se realizarán monitoreos de mamíferos atropellados en las carreteras de influencia directa de los carro tanques, tractocamiones y camionetas 4x4 que participen de las actividades de los PPII. Para esto se identificarán las carreteras y se realizarán recorridos a baja velocidad, registrando los animales atropellados. Este registro debe incluir fotografías del animal (para la identificación), ancho de la carretera, cobertura vegetal alrededor del accidente y se recomienda usar la aplicación RECOFA de la Red Colombiana de Seguimiento de fauna atropellada y publicar (de manera obligatoria) en el SiB Colombia (<https://sibcolombia.net>). Allí se publicará de manera anual un conjunto de datos de fauna atropellada en las zonas de los PPII, con toda la información antes mencionada.

1.3.5.6 Análisis de datos: Composición y estructura de los ensamblajes:

- Se realizarán curvas de rango abundancia para cada uno de los ensamblajes de mamíferos por cobertura vegetal.
- Para los análisis de los mamíferos medianos y grandes registrados mediante cámaras trampa, se estimará la abundancia relativa por cobertura vegetal.
- Mediante las curvas de rango abundancia, se comparan las coberturas vegetales del PPII con las de las áreas de control.
- Se comparan los gremios funcionales de mamíferos en las áreas de control con las coberturas vegetales del PPII.

- Variación a través del tiempo: los datos deberán estar disponibles y organizados para que en cada monitoreo puedan compararse con los resultados con el anterior.

1.4 DIMENSIONES AMPLIAS DE LA BIODIVERSIDAD

1.4.1 Paisajes sonoros

Cada lugar en el planeta tiene una huella acústica particular que puede responder de manera diferente a impactos (Lomolino et al. 2015, Deichmann et al. 2018). Esta otra dimensión de la biodiversidad (Rodríguez-Buritica et al. 2019) deberá ser abordada desde el espectro audible, o percibido por el humano, así como desde el ultra o infra sonido, no percibido por el oído humano (Browning et al. 2017). El monitoreo acústico pasivo involucra muestreo de los sonidos ambientales y de vida silvestre a través de grabadoras de audio (sensores acústicos). Se puede abordar de forma direccional para conocer la forma cómo los organismos se comunican o usan los sonidos para vivir o de manera pasiva para abordar la huella acústica de los lugares. El objetivo de monitorear acústicamente la biodiversidad alrededor de los pozos no convencionales será evaluar los posibles efectos que la actividad de operación en ellos tenga sobre la dinámica de la actividad acústica y ensamblaje de la comunidad acústica, en contraste con el ecosistema natural de la región lavantado en la línea base general. Esta comparación será responsabilidad de las instituciones del Estado.

1.4.1.1 *Diseño para el muestreo*

En cada zona de no convencionales se dispondrán al menos 18 sensores acústicos muestreando simultáneamente, en un diseño radial a diferentes distancias desde el centro del arreglo (pozos) dispuestos aleatoriamente en radios de 300 m, hasta llegar a 1,5 km (Ver Toma de datos en campo, más adelante). Aunque la posición será aleatoria, cada sensor va a estar a una distancia mínima de 300 m entre sí. Este tipo de diseño puede incluir un radio de recepción en cada grabadora o sensor de entre 100-200 m, confiriendo independencia a cada punto. Las grabadoras se sujetarán a un árbol o estaca a una altura del suelo variable, dependiendo de la comunidad acústica que se quiere evaluar. En cada sitio de muestreo se deberán tomar métricas que sirvan de covariables en los análisis. Estas son: distancia al pozo o centro del control, hábitat específico, coordenadas geográficas, elevación, fecha y hora de instalación, fecha y hora de retiro, temperatura, precipitación, humedad, aspectos del paisaje como número de árboles con diámetro >50 cm en un radio de 50 m, distancia a quebradas o ríos cercanos, presencia de focos o bombillos de luz, distancia a carretera principal y distancia a carretera secundaria. La escogencia aleatoria de los puntos a muestrear se realizará antes del primer muestreo, como forma de incluir la heterogeneidad ambiental del lugar. Los muestreos siguientes se harán utilizando los mismos puntos previamente escogidos.

1.4.1.2 *Toma de datos en campo*

La grabación de sonidos direccional será usada como metodología de complemento del levantamiento de información de los grupos focales (insectos estridulantes, anfibios, aves y mamíferos), enfocando cada organismo en lo posible con un sensor acústico (grabadora) acoplado a un micrófono de alta sensibilidad; cada corte de audio deberá ser procesado e ingresado a la Colección de Sonidos Ambientales del Instituto Humboldt. Por otro lado, el monitoreo acústico pasivo incluirá sensores automáticos programados para grabar el paisaje sonoro. Dado que hay dos comunidades acústicas particulares (espectro audible y ultrasonido), se dará una semana de toma de datos en campo por cada sesión de muestreo. El muestreo se repetirá en las distintas épocas climáticas con el fin de incluir la estacionalidad acústica como respuesta a los periodos de lluvia (Ulloa et al. 2019).

1.4.1.3 *Espectro audible*

El espectro audible deberá ser muestreado a una tasa de 48 kHz. Esta tasa de muestreo también puede servir para infrasonidos. Con esa tasa de muestreo, se programarán las grabadoras para grabar 1 minuto de audio cada 10 minutos, las 24 horas del día (total por día de 144 grabaciones/punto). Por cada radio de 300 m, se pondrán aleatoriamente 4 grabadoras (Figura 2 – **Anexo 3**), excepto en el centro del área de estudio (pozo no convencional) donde se pondrá una sola, y en el último radio (entre 1,2 y 1,5 km) se pondrán 5 grabadoras. Cada grabadora estará a una

distancia de 1,5 m del suelo y deberá permanecer en campo por lo menos una semana completa (~1008 grabaciones/punto en 7 días) por cada muestreo.

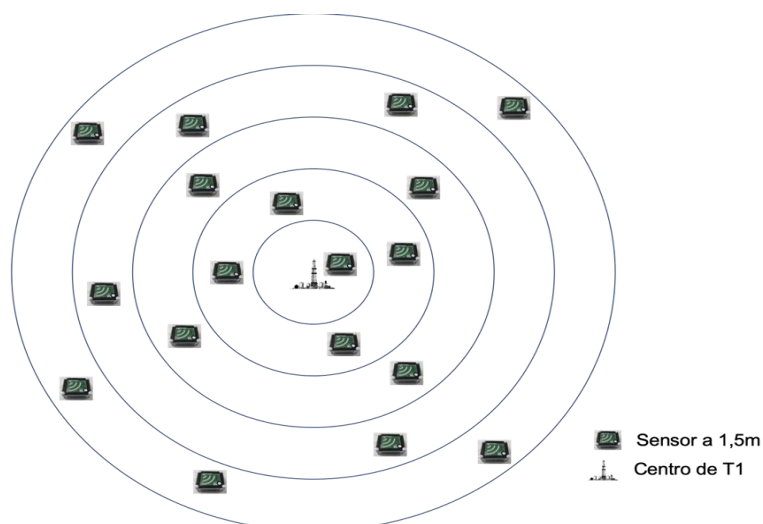


Figura 2 – Anexo 3. Diseño de muestreo propuesto para toma de datos de espectro audible por monitoreo acústico pasivo. Cada círculo representa una zona de amortiguamiento de 300 m, 600 m, 900 m, 1,2 km y 1,5 km. Este diseño debe hacerse en pozo no convencional.

1.4.1.4 Ultrasonido

El ultrasonido deberá ser muestreado a una tasa de 384 kHz. Esta tasa de muestreo está dirigida particularmente a llamados de ecolocalización de murciélagos y estridulación de ortópteros (Newson et al. 2016), y deberán muestrearse a dos alturas diferentes, pero en un arreglo espacial similar al usado para espectro audible de distancia en radios de 300 m (**Figura 3 – Anexo 3**). Las alturas serán a 1 y 3 m del suelo, intentando captar comunidades acústicas de ortópteros del suelo y del estrato arbóreo. La disposición de las grabadoras, en particular de las de 3 m, será en zonas con áreas abiertas como caminos, que son usados particularmente como rutas de forrajeo de murciélagos. Las grabadoras serán programadas para grabar entre las 16:30 y las 06:00 del siguiente día, 1 minuto cada 30 minutos (total por día de 28 grabaciones/punto, total en la semana de grabación ~196 grabaciones/punto). Las dos grabadoras del centro del área de estudio (Pozo no convencional) podrán estar en el mismo punto geográfico, pero considerando que una estará a 3 m y otra a 1 m del suelo.

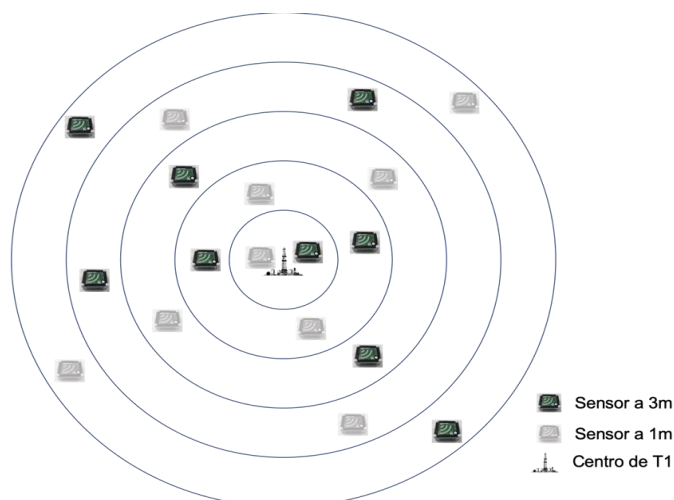


Figura 3 – Anexo 3. Diseño de muestreo propuesto para toma de datos de ultrasonido por

monitoreo acústico pasivo. Cada círculo representa una zona de amortiguamiento de 300 m, 600 m, 900 m, 1,2 km y 1,5 km. Este diseño debe hacerse en pozo no convencional.

1.4.1.5 Análisis de los datos obtenidos:

El análisis del paisaje sonoro puede ser con la representación gráfica y extracción de métricas acústicas en agregaciones de grabaciones (Deichmann et al. 2017). Cada sitio tendrá una huella acústica que podrá integrarse en herramientas de ordenación para evaluar el ensamblaje acústico del lugar (ver Campos-Cerqueira & Aide 2018, Furumo & Aide 2019, Ulloa et al. 2019). Esta ordenación puede ser actualizada en cada una de las faenas de campo, evaluando cambios en el ensamble acústico de los lugares, y se le podrán incluir las covariables tomadas en campo.

En el espectro audible, adicionalmente, se realizará en cada estación un muestreo aleatorio de 10 grabaciones de cada uno de los picos de actividad acústica al amanecer (05:00-08:00) y atardecer (17:00-20:00) para identificar vocalizaciones de aves y anfibios (ranas), y anotar presencia de antropofonía (Pijanowski et al. 2011). El total de grabaciones a revisar manualmente es de 180 para cada pico de actividad en cada sesión de campo (360).

Similarmente, se explorarán manualmente grabaciones para identificar estridulaciones en ultrafrecuencia de ortópteros y llamados de ecolocalización de murciélagos. La actividad de murciélagos se calculará a partir del número de pases por unidad de tiempo, un pase hace referencia a aquellas grabaciones que cuenten con mínimo tres pulsos de ecolocalización (McKenzie et al. 2002, Lloyd et al. 2006, Davies et al. 2016). Se recomienda registrar para los llamados de ecolocalización de murciélagos el tipo y forma del pulso, ancho de banda, frecuencia mínima, frecuencia máxima, frecuencia de máxima energía, duración del pulso, frecuencia inicial, frecuencia final e intervalo del pulso (Williams-Guillén & Perfecto 2011).

Con la revisión manual tanto de espectro audible (aves, ranas) como de ultrasonido (murciélagos y ortópteros) se puede evaluar la actividad acústica de algunas especies y priorizarlas. Los organismos priorizados son aquellos que mayor aporte realizan desde la biofonía a la suma de sonidos de un lugar en un momento particular o Paisaje Sonoro (Aide et al. 2017).

El paisaje sonoro responde a un nivel de organización biológica del paisaje como una suma de todas las señales acústicas en un lugar y momento particular. A nivel de composición, el paisaje sonoro puede ser analizado en abundancia y tipos de elementos de fuentes acústicas abióticas naturales (geofonía), bióticas naturales (biofonía) y de actividades humanas (antropofonía) para cada unidad paisajística. Por su lado, la estructura puede abordarse por medio de complejidad acústica, saturación, distribución de frecuencias y espacio acústico usado por medio de índices acústicos estandarizados. Al hacer contrastes entre unidades de paisajes entre estaciones lluviosas, la escala de análisis sería local (métricas para cada unidad de paisaje) y temporal (estacionalidad de lluvias). La interpretación de los resultados en cuanto a composición se puede hacer con la variación de la abundancia y tipos de elementos en los sitios de muestreo por unidad paisajística; salir de los intervalos de variación podría ayudar a identificar disminución o aumento en abundancia o tipo de elementos de fuentes acústicas (menos biofonía o más antropofonía pueden ser alertas tempranas de impacto). La interpretación de la estructura puede abordarse con herramientas de visualización multidimensional como PCA, NMDS o UMAP, y su contraste puede hacerse por análisis de similitud entre sitios y covariables correlacionadas en la ordenación de los ejes.

1.5 MICROORGANISMOS

Los servicios que prestan los ecosistemas y de los que dependen las sociedades, como el ciclaje de nutrientes, la productividad de plantas y la mitigación de la crisis climática a través del secuestro de carbono, dependen directamente de la composición y diversidad de comunidades microbianas en sistemas ecológicos (Delgado-Baquerizo et al., 2016; Wagg et al., 2014). Reducciones en la diversidad de comunidades microbianas, como aquellas causadas por actividades asociadas al fracking (Cluff et al., 2014; Trexler et al., 2014), reducen la capacidad de ecosistemas de prestar dichos servicios a la sociedad.

Para monitorear la composición y diversidad de comunidades de microorganismos durante las etapas de condiciones previas, concomitante y evaluación de los proyectos de fracturamiento hidráulico, se tomarán muestras asociadas a las zonas de pozos no convencionales con evidencia documentada de afectación por fractura hidráulica considerando el ecosistema hídrico (Chen et al., 2017; Lozano et al., 2019), sedimento (Trexler et al., 2014) y agua superficial (Entekin et al., 2012; Olmstead et al., 2013; Trexler et al., 2014; Vengosh et al., 2014). El ADN microbiano de cada muestra será extraído usando metodologías estándares (p.ej. el kit NucleoSpin Soil, Macherey-Nagel, Düren, Germany) y será analizado a través de la metodología de metabarcoding (Taberlet et al., 2012).

1.5.1 Diseño para el muestreo

Factores propios de cada PPII como son, la región donde se realiza, la magnitud de la actividad o la infraestructura necesaria para llevarla a cabo (vías, instalaciones, fuentes de agua, etc.).

Para capturar la variabilidad del sistema biológico en cada sitio, se tomará un número de réplicas representativo de la heterogeneidad del área. La selección del número y ubicación de las réplicas biológicas se hará luego de estructurar un diseño experimental entre los diferentes grupos biológicos, y será refinado en una pre-salida de calibración. Para capturar la variabilidad, se tomarán al menos 3 muestras en cada punto de monitoreo biológico de agua y sedimento.

Las muestras de agua superficial se recolectan con un envase estéril que será transportado bajo refrigeración hasta ser procesado para extracción de ADN. Este proceso inicia mediante un sistema de filtración, en el cual, por medio de una bomba de vacío, se pasa un litro de agua a través de un filtro de membrana de nitrato de celulosa de tamaño de poro de 0.45 μm y con un diámetro de 45 mm. Se recomienda proceder a la extracción de ADN el mismo día en que las muestras son recolectadas. Adicionalmente, se toman 500 mL de agua para análisis fisicoquímicos.

Las muestras de sedimentos serán recolectadas con una pala de metal, previamente esterilizada, de 30cm de largo. Las muestras de sedimentos se obtienen en los mismos puntos de muestreo donde se recolectan las muestras de agua. El sedimento restante se utiliza para análisis fisicoquímicos.

1.5.2 Laboratorio molecular y secuenciación

De las muestras obtenidas en campo, se extraerá ADN usando kits y protocolos estándares. Estas muestras extraídas de ADN se enviarán para secuenciación de última generación (Illumina). La diversidad global de bacterias, hongos y otros eucariotas se examina a través de la técnica molecular de metabarcoding, usando los marcadores moleculares 16S en bacterias (región V3-V4), ITS en hongos y 18S en eucaria.

1.5.3 Trabajo bioinformático de secuencias genéticas

Las secuencias generadas por tecnología de última generación (Illumina) serán ensambladas y separadas por sitio de muestreo usando diferentes programas bioinformáticos. Las secuencias finales de metabarcoding se analizarán usando el flujo de trabajo de OBITools para cada grupo biológico independientemente.

1.5.4 Interpretación y aplicaciones ecológicas de datos de diversidad obtenidos por metabarcoding

Para cada grupo biológico se estimará la composición, recambio y diversidad de comunidades biológicas con base en material genético extraído de agua y sedimentos, y analizado según la técnica de metabarcoding. Se estimará la biodiversidad con base en los índices que incluyan abundancias relativas como Shannon y Simpson. Esto, entre otras, permitirá la identificación de linajes o grupos microbiológicos que pueden ser utilizados como bioindicadores de respuestas biológicas y funcionales a actividades industriales.

La biodiversidad de comunidades microbiana (y la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos que esta soporta) puede cambiar por factores antropogénicos, incluyendo actividades asociadas a

operaciones de fractura hidráulica (i.e. fracking). Dado que los niveles de biodiversidad de un ecosistema no intervenido dependen de condiciones intrínsecas, como el clima, la topografía y el tipo de sustrato, en vez de valores o rangos óptimos/subóptimos de biodiversidad que puedan ser generalizados entre ecosistemas y condiciones, el monitoreo de los efectos del fracking en dichas comunidades requiere un análisis conjunto de la distribución de valores de biodiversidad entre sitios intervenidos y áreas de referencia. En este sentido, si en un sitio intervenido (p.ej. área de influencia de fracking) las comunidades de microorganismos de suelo, sedimento y agua tienen los mismos niveles de biodiversidad (p.ej. según índices Shannon y/o Simpson) microbiana (p.ej. bacterias y hongos) que un sitio no intervenido, este resultado se interpretaría como que la actividad en cuestión (p.ej. fracking) no tiene un efecto estadísticamente significativo o detectable sobre la biodiversidad de dichas comunidades y presumiblemente sobre los servicios que esta soporta. En contraste, si la biodiversidad de las comunidades en el área de influencia de la actividad es menor a la del área o sistema de referencia, dicho resultado se interpretaría como que la actividad tiene un efecto negativo sobre la diversidad de dichas comunidades y presumiblemente sobre las funciones y servicios ecosistémicos que esta soporta.

Nota sobre permisos de recolección de especímenes:

Con el permiso de de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales de información con el que se adelanta el EIA se hace esta recolección, posteriormente, con la licencia, con el Permiso de Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Investigación Científica No Comercial se realizarán los muestreos comparativos.

Nota sobre el contrato de acceso a recursos genéticos y sus productos derivados: Según el Decreto 1376 de 2013, “Por el cual se reglamenta el permiso de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial”, Capítulo 1, artículo 2, parágrafo 5, “Las investigaciones científicas básicas que se adelantan en el marco de un permiso de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines no comerciales y que involucren actividades de sistemática molecular, ecología molecular, evolución y biogeografía, no configuran acceso al recurso genético de conformidad con el ámbito de aplicación del presente decreto. La realización de dichas actividades con especímenes recolectados, no exime al investigador de suministrar la información asociada al Sistema de Información en Biodiversidad de Colombia - SIB y de remitir en forma digital al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible las publicaciones derivadas de las mismas, quien deberá respetar los derechos de propiedad intelectual correspondientes”.

2 MÉTODOS PROPUESTOS PARA EL COMPONENTE FLORA

En este caso debe entonces enfocarse a:

1. Documentar la composición florística de cada uno de los ecosistemas establecidos por los mapas de cobertura *Corine Land Cover* escala 1: 10,000. Esto es utilizar un método de estudio que se basa en el establecimiento de parcelas permanentes las cuales tienen unidad muestral definida y donde la composición de especies de cada cobertura está limitada por el esfuerzo de muestreo de cada parcela. Este es un método más efectivo que los recorridos libres, los cuales requieren un gran esfuerzo de muestreo para obtener un estimado de la vegetación del área.
2. El muestreo debe tener un enfoque de ecología comparativa y monitoreo mediante el establecimiento de parcelas permanentes de vegetación.
3. Documentar la estructura de la vegetación en cada uno de los polígonos o coberturas en áreas no boscosas. Para esto se deben establecer tres parcelas de 2x2 m en cada polígono con este tipo de vegetación acorde a lo documentado en Villarreal-Leal & Maldonado-Ocampo (2007) (capítulo 3 de Plantas, inventarios de sabanas) y establecer medidas de: cobertura porcentual de cada especie en las parcelas, cobertura o área totales cubierta de vegetación en cada parcela. La cobertura de cada especie en las parcelas es estimada y se expresan en porcentaje.

Como resultado final del inventario de la flora se deben obtener:

- Listas de especies, discriminadas por tipo cobertura, y contextualizada con información de endemidad y/o categorizadas del grado de amenaza.
- Número de especies y tipo de cobertura.
- Datos de densidad y cantidad de madera o cobertura porcentual y tipo de cobertura.
- Colecciones de herbario con estándares de calidad acordes a los establecidos en el “Manual de métodos para inventarios de Biodiversidad”.

3 ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

Los sitios de muestreo deberán corresponder con los sitios donde se realizó la caracterización fisicoquímica del agua, y deberán georreferenciarse y justificar su representatividad en cuanto a cobertura espacial (en relación con los sitios a intervenir por el proyecto, y las actividades asociadas) y temporal.

Presentar los métodos, técnicas, y periodicidad de los muestreos.

3.1 Macrófitas

El monitoreo de macrófitas está orientado a la obtención de datos de composición y abundancia de plantas acuáticas visibles a simple vista, entre las que se encuentran:

- Macrófitas vasculares (plantas con flores y helechos asociadas a los primeros 2 m del borde de sistemas léntico y lóticos)
- Macroalgas (algas macroscópicas dentro de los cauces los sistemas lénticos y lóticos)
- Diseño para el muestreo

Con base en los mapas de cada área piloto y de referencia, se debe escoger los polígonos y/o coberturas acuáticas representativas y/o en el área de influencia del medio biótico. Se deben seleccionar mínimo tres por área piloto y/o de referencia. Dentro de cada polígono se den establecer un punto de muestreo. El punto de muestreo corresponde a un tramo de aproximadamente 100 m de fuentes hídricas acorde a lo propuesto en PROTOCOLO DE MUESTREO Y LABORATORIO DE MACRÓFITOS EN RÍOS MINAMBIENTE ESPAÑA

(https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/ml_r_m_2015_protocolodemuestreoylaboratoriodemacrofitosenrios_def_tcm30-175290.pdf). El tramo seleccionado se delimitará mediante la anotación de las coordenadas UTM (medidas con GPS) del punto de inicio y final.

Los muestreos se realizarán durante la temporada de mayor precipitación y temporada de menor precipitación

A lo largo del punto de muestreo o tramo se establecen inventarios de macrófitas estableciendo:

- Superficie del tramo (%) con cobertura de la vegetación macrófita.
- Lista de especies de macrófitas por tramo. Se deben realizar colecciones de respaldo del inventario. En el caso de macrófitas vasculares se deben herborizar muestras acordes con los protocolos de las colecciones del Instituto Alexander von Humboldt. En el caso de macroalgas se deben seguir el protocolo de colecciones en seco establecido en Florez-Leiva et al. (2010).
- Número de especies de macrófitas por tramo.
- Abundancia de las especies macrófitas vasculares. Número de individuos encontrados con sus respectivas identidades.
- En el caso de macroalgas se estima la cobertura porcentual a lo largo del tramo.

3.2 Ictiofauna

El levantamiento de la línea base y el desarrollo de los subsecuentes ejercicios de monitoreo de la ictiofauna deberá considerar:

- Identificar y caracterizar la estructura y composición de los ensamblajes de la fauna íctica, asociada a los principales cuerpos de agua, destacando los elementos de mayor importancia ecológica y económica (especies migratorias y comerciales).
- Adicionalmente se deberá presentar la información requerida en la sección: Ecosistemas terrestres – requerimientos generales.

Las especies con algún grado de amenaza y/o que no hayan podido ser clasificadas taxonómicamente, deberán ser informadas a las entidades competentes como el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt o universidades o demás institutos de investigación, con grupos acreditados por COLCIENCIAS (Minciencias) en la categoría A o superior, en investigación en sistemática y ecología ictiológica.

3.2.1 Diseño para el muestreo

Tomando en consideración los resultados derivados del estudio de los efectos de derrames de fluidos utilizados en el proceso de fractura hidráulica (*fracking*), sobre la biodiversidad acuática, *i.e.* extirpación local o reducción de la diversidad íctica y de macroinvertebrados acuáticos, incremento de la concentración de metil-mercurio en los componentes basales de las redes tróficas (Grant *et al.*, 2006), así como alteración de hábitats acuáticos (sedimentación) y fragmentación de hábitats (Souther *et al.*, 2014), el punto focal del monitoreo del componente taxonómico de los peces será la estructura y composición del ensamblaje de peces de las cuencas hidrográficas, definidas dentro del área de influencia del proyecto, siguiendo los criterios de la sección Hidrología. Para ello se seleccionarán al menos cuatro sectores para cada uno de los tributarios representativos (en escala 1:10.000), de cada una de las cuencas hidrográficas clasificadas por el componente de Hidrología del proyecto. Los sectores de cada tributario serán seleccionados, en correspondencia con su ubicación espacial: yacimientos destinados a exploración o explotación no convencionales (YNC), las zonas categorizadas como fuera del área de influencia directa de las actividades de hidrocarburos así como zonas remotas, pero que son alimentadas aguas arriba, por tributarios ubicados en el área de influencia de las actividades de hidrocarburos.

En cada uno de los sectores seleccionados, se realizarán dos muestreos (diurno y crepuscular), a lo largo de transectos con una extensión lineal de 200 a 500 m, en dirección contraria a la corriente (río arriba), haciendo énfasis en la obtención de muestras para todos los microhábitats identificados visualmente en cada sector (Barbour *et al.*, 1999, Bower y Piller, 2015, Troia y Gido 2015) y utilizando simultáneamente varios implementos de pesca (*e.g.* red de arrastre, atarrayas, redes agalleras, nasas, anzuelos), en función de la idoneidad de su implementación, de acuerdo a los atributos morfológicos y físicos del sector a muestrear. En cada sector (estación de colecta), previo a la ejecución de los muestreos, se registrarán las coordenadas geográficas, se documentará a través de fotografías de alta resolución (no inferiores a 10 Megapíxeles), el aspecto y condiciones del trecho del río (aguas arriba y aguas abajo) y de ambas márgenes (de ser posible se complementarán con vistas aéreas obtenidas desde un dron), y se registrarán los siguientes parámetros fisicoquímicos: temperatura del aire y del agua, oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica, salinidad y porcentaje de saturación de oxígeno (se sugiere para su medición Hydrolab internally monitoring MiniSonde - Hach Hydromet, Loveland, CO, USA - o instrumento equivalente), así como la turbidez (se sugiere para su medición Hanna microprocessor turbidity meter o instrumento equivalente), velocidad del agua, profundidad máxima, composición del sustrato, proporción de cobertura estructural en los cuerpos de agua (*e.g.* troncos sumergidos, ramas, hojarasca, vegetación acuática, vegetación terrestre, bancos socavados, estructuras artificiales), en cada microhábitat identificado y muestreado.

El esfuerzo de pesca destinado en cada estación de colecta no será inferior a una hora de muestreo activo (operación de redes móviles) o de seis horas (para el caso de redes estacionarias, las cuales serán continuamente inspeccionadas cada hora desde su instalación, hasta su remoción). En general, los muestreos utilizando implementos convencionales (*i.e.* redes), seguirán los protocolos definidos para la realización de inventarios RAP - Rapid Assessment Program (Machado-Allison *et al.*, 2003; Lasso *et al.*, 2006; Villa-Navarro *et al.*, 2017; DoNascimento *et al.*, 2018).

Paralelamente, se complementarán estas faenas de pesca, con muestreos estandarizados, utilizando equipos de electropesca, siguiendo en lo posible, las indicaciones metodológicas de Grant *et al.* (2006). Estos muestreos son de tipo no selectivo (*i.e.* permiten la captura de especies de diferentes tallas, natación activa, sedentarias y de hábitos crípticos por igual), con lo que se obtiene una aproximación idónea de la composición y abundancias relativas del ensamblaje de peces, en un transecto curvilíneo, a lo largo de cada uno de los tributarios muestreados. El esfuerzo de colecta con la implementación de electropesca podrá ser definido en términos espaciales (transecto lineal no inferior a 200 m) o temporales (duración no inferior a 60 minutos). La implementación de la electropesca se realizará aguas arriba de la estación, donde se estarán operando las redes.

La periodicidad de los muestreos se hará coincidente con las etapas del régimen de precipitación local (conforme a la información disponible del IDEAM y definidas localmente por el componente climático): temporada de mayor precipitación y temporada de menor precipitación. Se propone que la duración de los muestreos para cada sector se extienda por cuatro muestreos para cada estación de colecta.

El procesamiento de las muestras ícticas en campo y en el laboratorio, seguirá el Protocolo de preparación de ejemplares de peces para su conservación en colecciones de historia natural (<http://intranet.humboldt.org.co/sgc/MDI-PC-07%20Protocolo%20de%20colecta%20y%20preparaci%C3%B3n%20de%20peces.pdf>), el cual es implementado en DoNascimento *et al.* (2018).

3.2.2 Análisis de los datos obtenidos

La efectividad de los muestreos individuales (*i.e.* para cada sector muestreado) deberá ser evaluada a través de los estimadores de diversidad (e.g. Chao 1, 2, ACE. Cole) o curvas de acumulación de especies. Curvas de rarefacción/extrapolación serán construidas para comparar la riqueza de especies dentro y entre estaciones evaluadas (Colwell *et al.*, 2012). Las abundancias relativas se obtendrán para cada sector evaluado, de acuerdo al momento del día en el que se efectuó el muestreo (diurno o crepuscular), a fin de determinar potenciales recambios en la composición, en respuesta al diferente patrón de actividad diurna o nocturna de las especies capturadas. Adicional a los índices de diversidad y equidad tradicionalmente utilizados (e.g. Shannon-Weaver), se determinarán los estimadores de riqueza utilizando los números de Hill o efectivos de especies, para los análisis de diversidad utilizando los órdenes $q=1$, $q=2$ y $q=3$ (Chao *et al.*, 2014). Las diferencias diarias y estacionales para cada sector evaluado, así como entre los diferentes sectores muestreados para cada tributario o entre los sectores con diferentes condiciones de perturbación, deberán evaluarse a través de la implementación de análisis exploratorios (e.g. análisis permutacional multivariado de varianza - PERMANOVA *permutational multivariate analysis of variance* análisis de similitud - ANOSIM). El potencial indicador de las especies dentro de cada microhábitat o sector evaluado se determinará a través de un análisis indicador de especies, siguiendo a Dufrene y Legendre (1997). Análisis de correspondencia canónica (CCA *canonical correspondence analysis*) serán implementados para evaluar la potencial relación entre los datos fisicoquímicos obtenidos y el ensamblaje de peces, para cada sector muestreado.

3.3 Componente hidrobiológico - Índices ecológicos

En la Tabla 1 – Anexo 3 se presenta el listado de índices que se deben calcular en el levantamiento de la línea base hidrobiológica. Esta información provee un nivel de conocimiento básico sobre el estado actual del recurso hídrico y proporciona una línea base para el seguimiento a futuro del efecto temporal y espacial de dichos cambios.

Tabla 1 Anexo 3 Variables hidrobiológicas sugeridas para análisis en sitios de monitoreo.

Variable hidrobiológica	Métricas ecológicas
Macroalgas y macrófitas vasculares	● Riqueza taxonómica ● Abundancia, Densidad y/o biomasa ● Diversidad (ej. Diversidad de Shannon) ● Equidad (Ej. Índice de Simpson) ● Dominancia (ej. Índice de Simpson)
Macroinvertebrados acuáticos	
Peces	

El conocimiento de la relación entre las variables ambientales (componente abiótico) y las especies (componente biótico) es fundamental en la valoración de los potenciales impactos que pueden causar los cambios generados en el hábitat de una especie. En este sentido, la estimación del **óptimo** y **tolerancia** de una especie a lo largo de un gradiente ambiental es útil para evaluar las condiciones actuales en la cual se distribuye la especie y a futuro cuál o cuáles condiciones deben mantenerse para asegurar la presencia de esta especie y de manera indirecta las especies asociadas y su hábitat.

Uno de los modelos empleados para esta valoración hidrobiológica son los modelos lineales generalizados (GLM- sigla en inglés), los cuales constituyen un método estadístico ampliamente utilizado en ecología, para establecer las relaciones arriba mencionadas. Dentro de este método, la regresión logística es útil cuando se requiere estimar la probabilidad de ocurrencia de una especie (variable respuesta), con base en la ausencia/presencia en función de una variable ambiental de interés. En este caso, las variables de interés son aquellas que se relacionan de forma directa con el caudal ambiental, como son: caudal, pendiente, velocidad media de flujo en la sección transversal, velocidad máxima de flujo en la sección transversal, área de flujo, ancho superficial de flujo, radio hidráulico, fracción dispersiva en la sección transversal, o en la escala de tramo.

A partir del modelo se pueden obtener tres atributos con significancia ecológica: por un lado, el **óptimo**, el cual se define como el valor del gradiente en el cual la especie presenta su mayor probabilidad de ocurrencia o la preferencia ambiental de la especie, en una distribución simétrica el óptimo equivale a estadísticamente a la mediana; el siguiente es la **tolerancia** la cual es la amplitud o capacidad que tiene la especie para vivir en ambientes fuera de su óptimo, en una distribución simétrica la tolerancia equivale a la desviación de la distribución. Por último, el **máximo** que equivale al valor de probabilidad de que la especie ocurra en su óptimo (Figura 4 – Anexo 3).

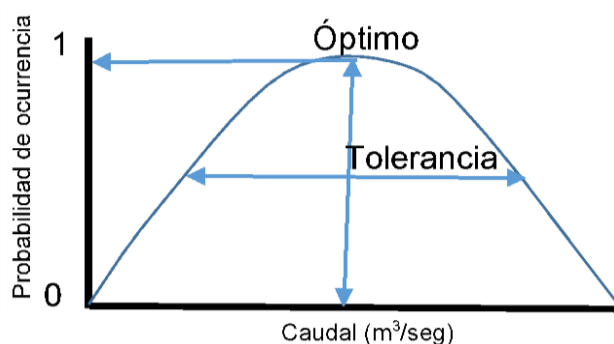


Figura 4 – Anexo 3. Distribución hipotética de una especie en función del caudal.

3.3.1 Índice Estimación de idoneidad del hábitat para la comunidad íctica

El tipo y la complejidad del hábitat, o la heterogeneidad de hábitat, influyen en el uso de los recursos para muchas especies, junto con las interacciones biológicas (competencia y depredación). Por lo tanto, entender la respuesta de los peces a la variación del hábitat en términos de hidrología y calidad de agua, es clave para orientar el manejo ambiental (Zhao *et al.*, 2015).

Con el fin de conocer los requerimientos de hábitat para la ictiofauna se emplea el Índice de Idoneidad de Hábitat con análisis Multi-Especies (MHSI por sus siglas en inglés) propuesto por Zhao *et al.* (2015), el cual permite realizar recomendaciones de manejo sobre cuáles variables ambientales son necesarias para mantener en cierto rango de condición las poblaciones.

Para la estimación del índice es necesaria la información de abundancia y biomasa de las especies ícticas, así como la información hidráulica, fisicoquímica y microbiológica de los sitios de monitoreo, con el fin de obtener rangos de preferencia por parte de las especies ícticas para estas variables. El procedimiento para la estimación del MHSI es el siguiente:

1. Agrupar los sitios de monitoreo, de acuerdo con las unidades morfológicas del tramo correspondiente (Figura 5 – Anexo 3). Cada grupo tendrá asociado el conjunto de

especies allí encontradas, su abundancia $-N_i$ y su biomasa $-B_i$.

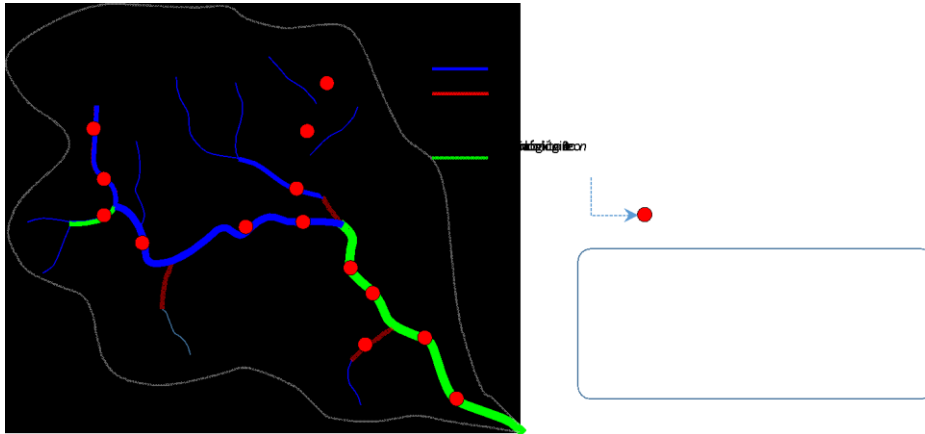


Figura 5 – Anexo 3. Agrupación de sitios de monitoreo de acuerdo con el contexto hidromorfológico del área de estudio. Fuente: Minambiente-CORNARE (2015).

2. Estimar el factor de importancia I_i para cada especie

$$I_i = \omega_1 P_{a,i} + \omega_2 P_{b,i}$$

$$P_{a,i} = \frac{N_i}{\sum N_i}$$

$$P_{b,i} = \frac{B_i}{\sum B_i}$$

$$\omega_1 + \omega_2 = 1 \quad y \quad \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{a}{b}$$

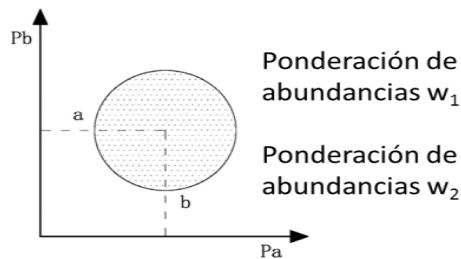
Donde:

- ω_1 y ω_2 : pesos relativos de la abundancia y la biomasa, respectivamente
- $P_{a,i}$ y $P_{b,i}$: abundancia y biomasa normalizadas de la especie i

Las constantes a y b son las coordenadas del centroide en el campo adimensional P_a y P_b , las cuales pueden estimarse directamente: (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.6 – Anexo 3).

$$a = \frac{\sum P_{a,i} N_i}{\sum N_i}$$

$$b = \frac{\sum P_{b,i} B_i}{\sum B_i}$$



Factor de importancia de la especie i

$$I_i = \omega_1 P_{a,i} + \omega_2 P_{b,i}$$

Figura 6 – Anexo 3 Valoración de la importancia de cada especie de acuerdo con su abundancia y biomasa. Fuente: Minambiente-CORNARE (2015).

3. Organizar los valores del factor de importancia I_i , descendientemente y construir una curva de importancias acumuladas o curva de rarefacción.
4. A partir de la curva identificar las especies dominantes como aquellas ubicadas antes del punto de quiebre de la curva (Figura 7 – Anexo 3).

5. Estimar el MHSI para cada uno de los factores de hábitat

$$MHSI_k = \sum_{i=1}^I \frac{n_{ki}}{IN_i} ; \text{ con } N_i = \sum_{k=1}^K n_{ki}$$

Donde:

- $MHSI_k$: índice de idoneidad de hábitat para el k -ésimo gradiente del factor de hábitat analizado,
- i : i -ésima especie dominante
- I : abundancia total de especie dominantes
- n_{ik} : abundancia de la i -ésima especie en el k -ésimo gradiente
- N_i : abundancia de la i -ésima especie en todos los factores del factor de hábitat analizado.

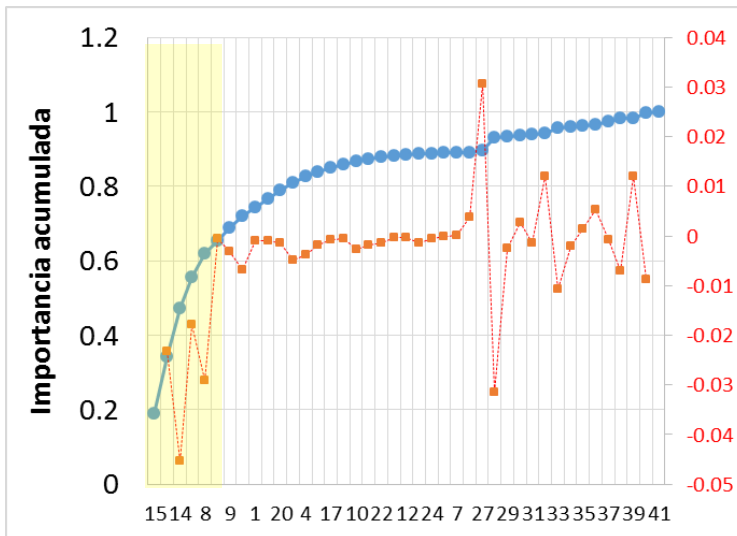


Figura 7 – Anexo 3. Selección de especies representativas o dominantes.

Fuente:Minambiente-CORNARE (2015).

En la Figura 8 – Anexo 3 se ilustra la obtención del MHSI para tres factores de hábitat diferentes, uno de ellos del grupo de variables fisicoquímicas (oxígeno disuelto) y los dos restantes del grupo de variables hidrométricas. Teniendo en cuenta que los atributos geométricos de un cauce (profundidad, ancho, radio hidráulico, perímetro mojado, área, etc.) dependen del tamaño del cauce, se propone la utilización de cantidades adimensionales (por ejemplo, $Y_{\max}/H_B$, siendo $Y_{\max}$ la profundidad máxima y H_B la profundidad de banca llena).

El valor obtenido del MHSI es el reflejo de la preferencia de la comunidad íctica a un estado particular de un atributo físico o químico del cuerpo de agua. Debido a que se basa en la totalidad de los peces con mayor énfasis en aquellas especies dominantes. Esta característica puede solapar así los valores de aquellas especies raras que pueden tener rangos de tolerancia restringidos. Por la razón anterior, no es suficiente tener en cuenta únicamente el valor de referencia obtenido del índice MHSI, este debe ser contrastado con datos ecológicos reportados en la literatura, para cada una de las especies registradas en el tramo evaluado, para tal fin se pueden consultar datos de campo en tesis de grado de universidades, artículos científicos y libros.

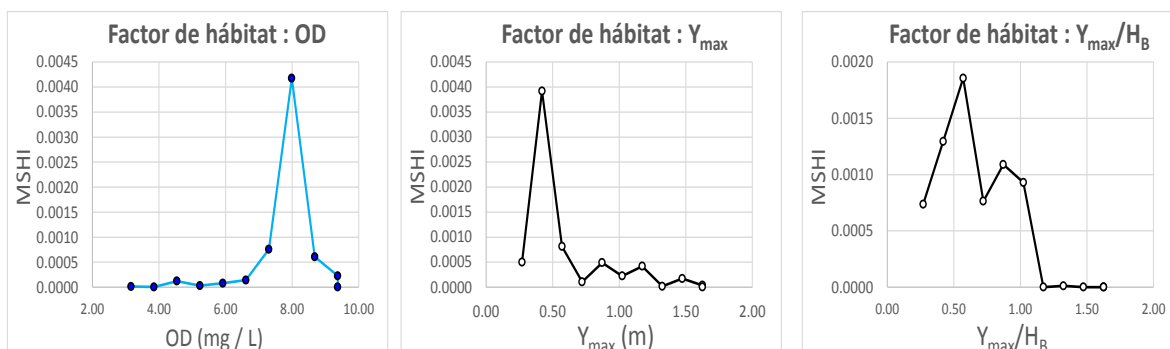


Figura 8 – Anexo 3 Índice MSHI para diferentes factores de hábitat (oxígeno disuelto, profundidad máxima y profundidad de banca llena). Fuente: Minambiente-CORNARE (2015).

Debido a que la estimación del caudal ambiental tiene dentro de su objetivo el mantenimiento de la biodiversidad y en consecuencia la salud de los ecosistemas acuáticos y los servicios ecosistémicos, contrastar la información obtenida en este apartado frente a lo reportado en la literatura, es útil para orientar la toma de decisiones que involucren la modificación del caudal ambiental.

La Tabla 2– Anexo 3 presenta un listado de la literatura sugerida donde se pueden consultar datos relevantes de la ecología sobre la ictiofauna de diferentes cuencas en Colombia; sin embargo, este listado es apenas una muestra de la literatura más relevante. Otra fuente de consulta corresponde a los estudios de biodiversidad de las Autoridades Ambientales, ONGs y universidades.

Tabla 2– Anexo 3. Literatura sugerida sobre ictiofauna en Colombia.

Nombre	Autores
Peces del medio Amazonas	Galvis et al. (2006)
Peces de la Orinoquia colombiana con énfasis en especies de interés ornamental.	Galvis et al. (2007)
Freshwater fish faunas, habitats and conservation challenges in the Caribbean river basins of north-western South America.	Jiménez-Segura et al. (2016)
Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia	Lasso et al. (2011)
Peces del Pamplonita: Cuenca del río Catatumbo, Norte de Santander, Colombia - 63 especies, riqueza, distribución y datos físicoquímicos del medio.	Pimienta et al. (2014)
Peces de los Andes de Colombia: guía de campo	Maldonado-Ocampo et al. (2005)
Peces dulceacuícolas del Chocó biogeográfico de Colombia	Maldonado-Ocampo et al. (2012)
Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia	Mojica et al. (2012)
Guía de las especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Peces. Vol. 2.	Zapata y Usma (2013)
Serie: Pesquerías continentales de Colombia Serie: Inventarios de Biodiversidad	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

El fin último de sistematizar la información de cada una de las especies reportadas corresponde a aportar información sobre: i) conocimiento de la biodiversidad actual, ii) asegurar el servicio ecosistémico de abastecimiento y cultural proveniente de la ictiofauna, y iii) gestión de las especies que se encuentran en alguna de las categorías de riesgo de extinción.

Adicional a los índices citados, se requiere una evaluación funcional de las comunidades hidrobiológicas, en este sentido, la perspectiva funcional provee una interpretación más directa de

los cambios que ocurren en los ecosistemas, ya que está basada en rasgos biológicos que exhiben las especies. Dichos rasgos biológicos han sido seleccionados evolutivamente por los factores ambientales y en el tiempo ecológico.

Para cada una de las comunidades hidrobiológicas se han desarrollado metodologías y codificación de los rasgos que permiten estandarizar los resultados, para que puedan realizarse comparaciones a nivel local y regional. Los rasgos adecuados para los análisis serán aquellos que intuitivamente se puedan relacionar fácilmente con los procesos asociados al régimen de caudal (Poff *et al.*, 2017).

En la Tabla 3 – Anexo 3 se presenta un ejemplo de la codificación de los rasgos seleccionados para los posteriores análisis y ejemplos en la literatura que pueden ser consultados con el fin de orientar la interpretación de los resultados y en la obtención de métricas de síntesis de la información, tales como riqueza y diversidad funcional.

Por último, en Colombia se ha puesto atención sobre el estudio de los rasgos y su aplicación en el estudio y modificaciones en los ecosistemas. En el caso de peces y plantas el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt presenta metodologías para el estudio de estos rasgos, el libro puede ser descargado en el siguiente enlace (<http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/9299>).

Tabla 3– Anexo 3. Comunidades hidrobiológicas y algunos rasgos biológicos tenidos en cuenta para su análisis frente a alteración del flujo.

Comunidad hidrobiológica	Rasgos biológicos	Autor
Algas	Forma de vida Motilidad Agarre al sustrato	Lange et al., (2016)
Macroinvertebrados	Grupo trófico Forma de cuerpo Flexibilidad del cuerpo Hábito Tipo de respiración	Poff et al., (2006); Statzner & Bêche, (2010); González-Trujillo & Donato-Rondon, (2016)
Peces	Estado trófico Afinidad al sustrato Preferencia geomorfológica Locomoción Reproducción Afinidad al tamaño del río	Goldstein y Meador (2004)
Macrófitas vasculares	Historia de vida Estrategias reproductivas Morfología Perturbación fluvial Balance de agua	Merrit et al. (2010)

BLIOGRAFÍA

- Acosta Galvis, A. R. 2020. Lista de los Anfibios de Colombia: Referencia en línea V.09.2019 (Fecha de acceso). Página web accesible en <http://www.batrachia.com>; Batrachia, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia.
- Aide, T., Hernández-Serna, A., Campos-Cerqueira, M., Acevedo-Charry, O., & Deichmann, J. (2017). Species richness (of insects) drives the use of acoustic space in the tropics. *Remote Sensing*, 9(11), 1096.
- Aiken, R. B. (1985). Sound production by aquatic insects. *Biological reviews*, 60(2), 163-211.
- Arenas, A, Corredor, G & Armbrrecht, I. (2015). Hormigas y carábidos en cuatro ambientes del piedemonte del Parque Nacional Natural Farallones de Cali, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 41 (1): 120-125.
- Barbour, M. T. et al. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish (Vol. 339). US Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC.
- Barlow K. 1999. Expedition Field Techniques. Bats. Royal Geographical Society. Pp. 69. <https://www.rgs.org/CMSPages/GetFile.aspx?nodeguid=c16fd629-5354-4403-8d35-b67a4dd9a114&lang=en-GB>
- Bibby, C. J., Burgess, N. D., Hill, D. A., & Mustoe, S. (2000). Bird census techniques. Elsevier.
- Bower, L. M. y Piller, K. R. 2015. Shaping up: a geometric morphometric approach to assemblage ecomorphology. *Journal of Fish Biol.* 87: 691–714.
- Browning, E., Gibb, R., Glover-Kapfer, P. y K. E. Jones (2017). Passive acoustic monitoring in ecology and conservation. En *WWF Conservation Technology Series* 1(2). WWF-UK, Woking, United Kingdom.
- Burton Jr, G. A., Basu, N., Ellis, B. R., Kapo, K. E., Entrekin, S., & Nadelhoffer, K. (2014). Hydraulic “fracking”: are surface water impacts an ecological concern?. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 33(8), 1679-1689.
- Campos-Cerqueira, M., & Aide, T. M. (2017). Changes in the acoustic structure and composition along a tropical elevational gradient. *Journal of Ecoacoustics*, 1, PNCO71.
- Chao, A., Gotelli, N.J., Hsieh, T.C., Sander, E.L., Ma, K.H., Colwell, R.K., Ellison, A.M., 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs* 84: 45–67.
- Chen, M.H. y C.A. Combs. 1999. An alternative anesthesia for amphi-bians: ventral application of ben-zocaine. *Herpetological Review*, 30:34.
- Chen, S. S., Sun, Y., Tsang, D. C., Graham, N. J., Ok, Y. S., Feng, Y., & Li, X. D. (2017).
- Potential impact of flowback water from hydraulic fracturing on agricultural soil quality: metal/metalloid bioaccessibility, Microtox bioassay, and enzyme activities. *Science of the total environment*, 579, 1419-1426.
- Cluff, M. A., Hartsock, A., MacRae, J. D., Carter, K., & Mouser, P. J. (2014). Temporal changes in microbial ecology and geochemistry in produced water from hydraulically fractured Marcellus Shale gas wells. *Environmental science & technology*, 48(11), 6508-6517.
- Colwell, R.K., Chao, A., Gotelli, N.J., Lin, S.Y., Mao, C.X., Chazdon, R.L., Longino, J.T. 2012. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology* 5: 3–21.
- Corthals, A., Martin A., Warsi, O., Woller-Skar, M., Lancaster W., Russell, A. and Dávalos

- L. 2015 From the Field to the Lab: Best Practices for Field Preservation of Bat Specimens for Molecular Analyses. PLoS One. 10(3): e0118994
- Davies, T. E., Ruzicka, F., Lavery, T., Walters, C. L., & Pettoirelli, N. (2016). Ultrasonic monitoring to assess the impacts of forest conversion on Solomon Island bats. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2(2), 107-118.
- Delgado-Baquerizo, M., Maestre, F. T., Reich, P. B., Jeffries, T. C., Gaitan, J. J., Encinar, D., ... & Singh, B. K. (2016). Microbial diversity drives multifunctionality in terrestrial ecosystems. *Nature communications*, 7(1), 1-8.
- Díaz-Pulido A., Aguilar-Garavito, M., Pérez-Torres J. y Solari S. En: Aguilar-Garavito M. y W. Ramírez (eds.) 2015. Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D.C., Colombia. 250 pp
- Deichmann, J. L., Hernández-Serna, A., Campos-Cerqueira, M., & Aide, T. M. (2017). Soundscape analysis and acoustic monitoring document impacts of natural gas exploration on biodiversity in a tropical forest. *Ecological indicators*, 74, 39-48.
- Deichmann, J. L., Acevedo-Charry, O., Barclay, L., Burivalova, Z., Campos-Cerqueira, M., d'Horta, F., ... & Linke, S. (2018). It's time to listen: there is much to be learned from the sounds of tropical ecosystems. *Biotropica*, 50(5), 713-718.
- Desjonquères, C., Gifford, T., & Linke, S. (2019). Passive acoustic monitoring as a potential tool to survey animal and ecosystem processes in freshwater environments. *Freshwater Biology*.
- DoNascimento, C., L. M. Mesa S., J. G. Albornoz-Garzón, A. Méndez-López, C. A. Lasso, J. E. García-Melo, M. H. Sabaj & M. A. Morales-Betancourt. 2018. Peces de los ríos Guayabero medio, bajo Losada y bajo Duda, sierra de La Macarena, Meta, Colombia. Pp. 121-177. In: Lasso, C. A., M. A. Morales-Betancourt & I. D. Escobar-Martínez (eds.). V. Biodiversidad de la sierra de La Macarena, Meta, Colombia. Parte I. Ríos Guayabero medio, bajo Losada y bajo Duda. Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.
- Dufrene, M. y P. Legendre. 1997. Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach. *Ecological Monographs* 67 (3): 345-366.
- Emmons, L.H. and F. Feer. 1997. Neotropical rainforest mammals: a field guide. 2nd ed.
- Chicago: University of Chicago Press. 307 p
- Entekin, S., Evans-White, M., Johnson, B., & Hagenbuch, E. (2011). Rapid expansion of natural gas development poses a threat to surface waters. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(9), 503-511.
- Farwell, L. S., Wood, P. B., Brown, D. J., & Sheehan, J. (2019). Proximity to unconventional shale gas infrastructure alters breeding bird abundance and distribution. *The Condor*.
- Faure P. A., Re, D. E. and Clare E. L. 2009. Wound Healing in the flight membranes of big brown bats. *Journal of Mammalogy*, 90(5):1148–1156
- Florez-Leiva, L., Gavio, B., Díaz-Ruiz, M., Camacho, O. & Díaz-Pulido, G. (2010). Recolección y preservación de macroalgas marinas: una guía para estudios ficológicos. *Rev. Intertropica*, 5: 5-11.
- Frantz, M. W., Wood, P. B., Sheehan, J., & George, G. (2018). Demographic response of Louisiana Waterthrush, a stream obligate songbird of conservation concern, to shale gas development. *The Condor: Ornithological Applications*, 120(2), 265-282.
- Frost, Darrel R. 2020. Amphibian Species of the World: an online reference. Version 6.1 (DATE OF ACCESS). Electronic Database accessible at

<https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA.

- Furumo, P. R., & Aide, T. M. (2019). Using soundscapes to assess biodiversity in Neotropical oil palm landscapes. *Landscape Ecology*, 34(4), 911-923.
- Ganchev, T., Potamitis, I., & Fakotakis, N. (2007, April). Acoustic monitoring of singing insects. In 2007 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing-ICASSP'07 (Vol. 4, pp. IV-721). IEEE.
- Gardner A (Ed). (2007). *Mammals of South America. Marsupials, Xenarthras, Shrews, and Bats*. The University of Chicago Press
- Gómez-Anaya, JA, Palacios-Vargas, JG, Cataño-Meneses, G. (2010), Abundancia de colémbolos (Hexapoda: Collembola) y parámetros edáficos de una selva baja caducifolia. *Revista Colombiana de Entomología* 36 (1): 96-105.
- González M. A., Arenas-Castro H. (Eds). 2017. *Recolección de tejidos biológicos para análisis genéticos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 33 pp.
- Grant, C.J., Lutz, A.K., Kulig, A.D., Stanton, M. R. (2016) Fracked ecology: Response of aquatic trophic structure and mercury biomagnification dynamics in the Marcellus Shale Formation, 25 (10): 1739–1750. <https://doi.org/10.1007/s10646-016-1717-8>.
- Guimarães S, Corbi, JJ, Jacobucci, GB (2019). Aquatic insects as bioindicators of heavy metals in sediments in Cerrado streams Renata de Moura. *Limnetica*, 38(2): 575-586. DOI: 10.23818/limn.38.33
- Heyer, W.R., Donnelly, M.A., McDiamid, R.W., Hayek, L.A.C., & M.S. Foster. 1994. *Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for amphibians*. Washington, Smithsonian Institution Press.
- Hofstetter JR, Zhang A, Mayeda AR, Guscar, T, Nurnberger JI and Lahiri DK. Genomic DNA from Mice: A Comparison of Recovery Methods and Tissue Sources. *Biochem Mol Med* 1997 Dec; 62(2):197-202.
- Klavins M, Bruede A, Parble E, Rodinov V & Klavina I.1998. Metal accumulation in sediments and benthic invertebrates in lakes of Latvia. *Chemosphere*, 36: 3043-3053. DOI: 10.1016/S0045-6535(98) 00010-1
- Köhler, H. R., & Triebkorn, R. (2013). Wildlife ecotoxicology of pesticides: can we track effects to the population level and beyond?. *Science*, 341(6147), 759-765.
- Lasso, C. A., A. Giraldo, O. M. Lasso-Alcalá, O. León-Mata, C. DoNascimento, N. Milani, D. Rodríguez-Olarte, J. C. Señaris & D. Taphorn. 2006. Peces de los ecosistemas acuáticos de la confluencia de los ríos Orinoco y Ventuari, estado Amazonas, Venezuela: resultados del AquaRAP 2003 (Chapter 7). Pp. 114-122. In: *Evaluación rápida de la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos en la confluencia de los ríos Orinoco y Ventuari, estado Amazonas (Venezuela)*. C. A. Lasso, J. C. Señaris, L. E. Alonso & A. L. Flores (eds.). RAP Bulletin of Biological Assessment 30. Conservation International, Washington, D.C. USA.
- Linke, S., Gifford, T., Desjonquères, C., Tonolla, D., Aubin, T., Barclay, L., ... & Sueur, J. (2018). Freshwater ecoacoustics as a tool for continuous ecosystem monitoring. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 16(4), 231-238.
- Lloyd, A., Law, B., & Goldingay, R. (2006). Bat activity on riparian zones and upper slopes in Australian timber production forests and the effectiveness of riparian buffers. *Biological Conservation*, 129(2), 207-220.
- Lomolino, M. V., Pijanowski, B. C., & Gasc, A. (2015). The silence of biogeography. *Journal of Biogeography*, 42(7), 1187-1196.

- Lozano, T. M., McCutchan, A. L., & Krzmarzick, M. J. (2019). Hydraulic Fracturing Fluid Compositions Induce Differential Enrichment of Soil Bacterial Communities. *Environmental Engineering Science*, 36(4), 385-395.
- Machado-Allison, A., Chernoff, B., Provenzano, F., Willink, P. W., Marcano, A., Petry, P., Sidlauskas, B. Jones, T. (2003) Inventory, Relative Abundance and Importance of Fishes in the Caura River Basin, Bolívar State, Venezuela. Chapter 6. Pp. 64-74. En: Machado-Allison, A., Riseng, K., Montambault, J. R. (eds.). 2003. A Biological Assessment of the Aquatic Ecosystems of the Caura River Basin, Bolívar State, Venezuela. RAP Bulletin of Biological Assessment 28. Conservation International, Washington, DC.
- Martin, T. E., and G. R. Geupel (1993). Nest-monitoring plots: Methods for locating nests and monitoring success. *Journal of Field Ornithology* 64:507–519.
- McKenzie, N. L., Start, A. N., & Bullen, R. D. (2002). Foraging ecology and organisation of a desert bat fauna. *Australian Journal of Zoology*, 50(5), 529-548.
- Meldgaard M, Bollen PJA, Finsen B. Non-invasive method for sampling and extraction of mouse DNA for PCR. *Laboratory Animals* 2004; 38:413-417.
- Meng, Q. (2017). The impacts of fracking on the environment: A total environmental study paradigm. *Science of the Total Environment*, 580, 953-957.
- Michelsen, A., & Nocke, H. (1974). Biophysical aspects of sound communication in insects. In *Advances in insect physiology* (Vol. 10, pp. 247-296). Academic Press.
- Newson, S. E., Bas, Y., Murray, A., & Gillings, S. (2017). Potential for coupling the monitoring of bush-crickets with established large-scale acoustic monitoring of bats. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(9), 1051-1062.
- Olmstead, S. M., Muehlenbachs, L. A., Shih, J. S., Chu, Z., & Krupnick, A. J. (2013). Shale gas development impacts on surface water quality in Pennsylvania. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(13), 4962-4967.
- Ortega-Álvarez, R., Zúñiga-Vega, J. J., Ruiz-Gutiérrez, V., Benítez, E. B., Mena, I. M., & Felipe, F. R. (2018). Improving the sustainability of working landscapes in Latin America: An application of community-based monitoring data on bird populations to inform management guidelines. *Forest Ecology and Management*, 409, 56-66.
- Patton J L., Pardiñas U F J., & D'Elía G. (2015). *Mammals of South America Volume 2: Rodents*. The University of Chicago Press, Ltd 1363 pp
- Pijanowski, B. C., Villanueva-Rivera, L. J., Dumyahn, S. L., Farina, A., Krause, B. L., Napoletano, B. M., ... & Pieretti, N. (2011). Soundscape ecology: the science of sound in the landscape. *BioScience*, 61(3), 203-216.
- Pulido Castelblanco, L., Isaza Narváez, C. and Angélica Díaz-Pulido. 2016. Methodology for mammal classification in camera trap images", *Proc. SPIE 10341, Ninth International Conference on Machine Vision (ICMV 2016)*, 103410I (17 March 2017); doi: 10.1117/12.2268732; <http://dx.doi.org/10.1117/12.2268732>.
- Ralph, C. J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E., & DeSante, D. F. (1993). *Handbook of field methods for monitoring landbirds*. USDA Forest Service/UNL Faculty Publications, 105.
- Roca, I. T., & Proulx, R. (2016). Acoustic assessment of species richness and assembly rules in ensiferan communities from temperate ecosystems. *Ecology*, 97(1), 116-123.
- Rodríguez-Buriticá, S., Savage, D., Caycedo, P., Acevedo-Charry, O., Isaza, C., Daza, J.M., Almeida, J., Ulloa, J.S., Orozco-Alzate, M., Villamizar, N., Ruiz Muñoz, J.F., Lopera, A., Oliver, B., Laverde, O. y B. Pijanowski (2018). Paisajes sonoros de Colombia: La otra dimensión de la biodiversidad. En Moreno, L. A, Andrade, G. I. y Gómez, M.F. (Eds.). 2019. Biodiversidad 2018.

Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.

- Rodríguez-Posada, M. y Santa-Sepúlveda, M. A. 2013. Reporte de lesiones en Murciélagos causadas por el uso incorrecto de collares plásticos como método de marcaje. *THERYA*. 4(2):395-400. <http://www.scielo.org.mx/pdf/therya/v4n2/v4n2a15.pdf>
- Sánchez F, Sánchez-Palomino P y Cadena A. (2004). Mammal survey in a central Andes forest in Colombia. *Caldasia* 26(1): 291-309
- Salazar, A., Lennon, J. T., & Dukes, J. S. (2019). Microbial dormancy improves predictability of soil respiration at the seasonal time scale. *Biogeochemistry*, 1-14.
- Simmons N B y Voss R. 1998. The Mammals of Paracou, French Guiana: a Neotropical lowland rainforest fauna. Part 1 Bats. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 237:1-219
- Stotz, D. F., Fitzpatrick, J. W., Parker III, T. A., & Moskovits, D. K. (1996). *Neotropical birds: ecology and conservation*. University of Chicago Press.
- Souther, S., Tingley, M.W., Popescu, V.D., Hayman, D.T., Ryan, M.E., Graves, T.A., Hartl, B., Terrell, K. (2014), Biotic impacts of energy development from shale: research priorities and knowledge gaps. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12 (6): 330–338. doi: 10.1890/130324.
- Taberlet, P., PRUD'HOMME, S. M., Campione, E., Roy, J., Miquel, C., Shehzad, W., ... & Melodelima, C. (2012). Soil sampling and isolation of extracellular DNA from large amount of starting material suitable for metabarcoding studies. *Molecular ecology*, 21(8), 1816-1820.
- Trexler, R., Solomon, C., Brislawn, C. J., Wright, J. R., Rosenberger, A., McClure, E. E., ... & Hazen, T. C. (2014). Assessing impacts of unconventional natural gas extraction on microbial communities in headwater stream ecosystems in Northwestern Pennsylvania. *Frontiers in microbiology*, 5, 522.
- Troia, M. J. y Gido, K. B. 2015. Functional strategies drive community assembly of stream fishes along environmental gradients and across spatial scales. *Oecologia* 177: 545–559.
- Uetz, P., Freed, P. & Hošek, J. (eds.) (2019) *The Reptile Database*, <http://www.reptile-database.org>
- Ulloa, J. S., Aubin, T., Llusia, D., Courtois, É. A., Fouquet, A., Gaucher, P., ... & Sueur, J. (2019). Explosive breeding in tropical anurans: environmental triggers, community composition and acoustic structure. *BMC ecology*, 19(1), 28
- Vengosh, A., Jackson, R. B., Warner, N., Darrah, T. H., & Kondash, A. (2014). A critical review of the risks to water resources from unconventional shale gas development and hydraulic fracturing in the United States. *Environmental science & technology*, 48(15), 8334-8348.
- Villa-Navarro, F. A., E. O. López-Delgado, J. G. Albornoz-Garzón, D. Montoya, D. C. Taphorn, C. DoNascimento, S. Usma, L. M. Mesa-Salazar & C. A. Lasso. 2017. Peces (Capítulo 7). Pp. 169-239. In: Trujillo, F. & C. A. Lasso (eds.). IV. Biodiversidad del río Bitá. Vichada, Colombia. Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, F., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. & Umaña, A.M. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de Biodiversidad. Programa de inventario de biodiversidad*. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia, 236 p.
- Villarreal-Leal, H. y Maldonado-Ocampo J. (comp.). 2007. *Caracterización biológica del Parque Nacional Natural El Tuparro (Sector noreste)*, Vichada, Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 292 p.

- Wagg, C., Bender, S. F., Widmer, F., & van der Heijden, M. G. (2014). Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(14), 5266-5270.
- Williams-Guillén, K., & Perfecto, I. (2011). Ensemble composition and activity levels of insectivorous bats in response to management intensification in coffee agroforestry systems. *PLoS One*, 6(1), e16502.
- Woodrow, C., Pulver, C.A., Veitch, D.A. & Montealegre-Z., F. (2019). Bioacoustics and biophysical analysis of a newly described highly transparent genus of predatory katydids from the Andean cloud forest (Orthoptera: Tettigoniidae: Meconematinae: Phlugidini). *Bioacoustics- the International Journal of Animal Sound and its Recording*.
- Wrege, P. H., Rowland, E. D., Thompson, B. G., & Batruch, N. (2010). Use of acoustic tools to reveal otherwise cryptic responses of forest elephants to oil exploration. *Conservation Biology*, 24(6), 1578-1585.

Tabla 4– Anexo 3 Técnicas para la toma de muestras de fauna

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
BIOTA AGUAS CONTINENTALES				
Fitoplancton	CUERPOS LÉNTICOS • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10200 B. Ed. 23, 2017. • GTC 25:1995-11-29 Gestion Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas Generales de Muestreo para Estudios Biológicos • Vicente, E. de Hoyos, C. Sánchez, P. Cambra, J. (2005) . Protocolos de Muestreo y Análisis para Fitoplancton. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. • Acosta, A., Zapata, A. M., Fagua, G. (2009). Técnicas de Campo en Ambientes Tropicales. Manual para el Monitoreo de Ecosistemas Acuáticos y Artrópodos Terrestres. Ed. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. • Hötzel, G., Croome, R. (1999). A Phytoplankton Methods Manual for Australian Freshwater. Land and Waters Resources and Development Corporation. Green Words & Images Ed. Australia. • M-LE-FP-2011. Protocolo de Muestreo de Fitoplancton Lagos y Embalses, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España. 2013. • Instructivo de Toma de Muestras Hidrobiología, I-CR-05 (SEGIMA) CUERPOS LÓTICOS • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10200 B. Ed. 23, 2017. • GTC 25:1995-11-29 Gestion Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas Generales de Muestreo para Estudios Biológicos • Vicente, E. de Hoyos, C. Sánchez, P. Cambra, J. (2005) . Protocolos de Muestreo y Análisis para Fitoplancton. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. • Acosta, A., Zapata, A. M., Fagua, G. (2009). Técnicas de Campo en Ambientes Tropicales. Manual para el Monitoreo de Ecosistemas Acuáticos y Artrópodos Terrestres. Ed. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. • Hötzel, G., Croome, R. (1999). A Phytoplankton Methods Manual for	• Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10200 F. Ed. 23, 2017. • Villafañe , V. E. , Reid, F. M. H (1995). Métodos de Microscopía para la Cuantificación de Fitoplancton. En: Alveal K., Ferrario M. E., Oliveira E.C. & Sar, E (EDS) Manual de Métodos Ficológicos, Universidad de Concepción, Editora Aníbal Pinto S.A. Concepción - Chile. • Vicente, E. de Hoyos, C. Sánchez, P. Cambra, J. (2005) . Protocolos de Muestreo y Análisis para Fitoplancton. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. • Semina H, J. (1978) Treatment of an Aliquot Simple En: Phytoplankton Manual. UNESCO. Monographs on Oceanographic methodology 6. A. Sournia Ed. Muséum National d'Historie Naturelle. France. • Hötzel, G., Croome, R. (1999). A Phytoplankton Methods Manual for Australian Freshwater. Land and Waters Resources and Development Corporation. Green Words & Images Ed. Australia. • Gonzalez de Infante, A. (1988). El Plancton de las Aguas Continentales., OEA, Secretaría General de la Organización de Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. U.S.A. • Edler, L. Elbrätcher, M. (2010). The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis. En: Microscopic	Ind/L Cel/L	Colección de muestras
			Ind/mL Cel/mL	Identificación y Conteo

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
	Australian Freshwater. Land and Waters Resources and Development Corporation. Green Words & Images Ed. Australia. • M-LE-FP-2011. Protocolo de Muestreo de Fitoplancton Lagos y Embalses, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España. 2013. • Instructivo de Toma de Muestras Hidrobiología, I-CR-05	and Molecular Methods for Quantitative Phytoplankton analysis. Manuals and Guides 55. UNESCO. Intergovernmental Oceanographic Commission. France. • Análisis Técnica de Conteo Cuantitativo y Cualitativo, Protocolo para el Análisis de Muestras de Fitoplancton, GAM-POE-103		
Zooplankton	CUERPOS LÉNTICOS • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10200 B. Ed. 23, 2017. • GTC 25:1995-11-29 Gestion Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas Generales de Muestreo para Estudios Biológicos • Acosta, A., Zapata, A. M., Fagua, G. (2009). Técnicas de Campo en Ambientes Tropicales. Manual para el Monitoreo de Ecosistemas Acuáticos y Artrópodos Terrestres. Ed. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. • Hötzel, G., Croome, R. (1999). A Phytoplankton Methods Manual for Australian Freshwater. Land and Waters Resources and Development Corporation. Green Words & Images Ed. Australia. Modificado • Jacobs, F. Grant, G. (1978). Guidelines for zooplankton sampling in quantitative baseline and monitoring programs. US Environmental Protection Agency. EPA/600/3-78/26. Special Scientific Report. U.S.A. CUERPOS LÓTICOS • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10200 B. Ed. 23, 2017. • GTC 25:1995-11-29 Gestion Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas Generales de Muestreo para Estudios Biológicos • Vicente, E. de Hoyos, C. Sánchez, P. Cambra, J. (2005) . Protocolos de Muestreo y Análisis para Fitoplancton. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. • Acosta, A., Zapata, A. M., Fagua, G. (2009). Técnicas de Campo en Ambientes Tropicales. Manual para el Monitoreo de Ecosistemas Acuáticos y Artrópodos Terrestres. Ed. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. • Hötzel, G., Croome, R. (1999). A Phytoplankton Methods Manual for Australian Freshwater. Land and Waters Resources and Development Corporation. Green Words & Images Ed. Australia. Modificado	• Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10200 G. Ed. 23, 2017. • Paggi, S. Paggi, J. C. (1995). Determinación de la Abundancia y Biomasa Zooplanctónica. En: Lopretto, E. C. & Tell, G. (eds). Ecosistemas de Aguas Continentales. Metodologías para su Estudio. Tomo II. Ediciones Sur. Argentina. • Villafañe, V. E., Reid, F. M. H (1995). Métodos de Microscopía para la Cuantificación de Fitoplancton. En: Alveal K., Ferrario M. E., Oliveira E.C. & Sar, E (EDS) Manual de Métodos Ficológicos, Universidad de Concepción, Editora Aníbal Pinto S.A. Concepción - Chile. Modificado • Aranguren, N. (2002). Métodos para el estudio de Zooplankton de sistemas Epicontinentales. En: Rueda-Delgado, G. Manual de métodos en Limnología, Asociación Colombiana de Limnología ACL-Limnos. Colombia. • Jacobs, F. Grant, G. (1978). Guidelines for zooplankton sampling in quantitative baseline and monitoring programs. US Environmental Protection Agency. EPA/600/3-78/26. Special Scientific Report. U.S.A.	Ind/L Ind/mL	Colección de muestras Identificación y Conteo

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
	Jacobs, F. Grant, G. (1978). Guidelines for zooplankton sampling in quantitative baseline and monitoring programs. US Environmental Protection Agency. EPA/600/3-78/26. Special Scientific Report. U.S.A.			
Perifiton	CUERPOS LÉNTICOS - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10300 B. Ed. 23, 2017. - GTC 25:1995-11-29 Gestión Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas Generales de Muestreo para Estudios Biológicos - Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., Stribling, J.B. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. Chapter 6. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water. U.S.A. - Protocolo de Muestreo Perifiton, GAM-POE-104. - Acosta, A., Zapata, A. M., Fagua, G. (2009). Técnicas de Campo en Ambientes Tropicales. Manual para el Monitoreo de Ecosistemas Acuáticos y Artrópodos Terrestres. Ed. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. - Cambra, J., Ector, L., Sabater, S. (2005) . Protocolos de Muestreo y Análisis para Fitobentos. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. - De la Lanza, E.G., Hernández, P. Carvajal, J.L. (2000). Organismos indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores), Plaza y Valdés S.A de C.V Editores. México - Karlson, B., Cusack, C., Bresnan, E. Microscopic and Molecular Methods for Quantitative Phytoplankton analysis. Manuals and Guides 55. UNESCO. Intergovernmental Oceanographic Commission. France. - Instructivo de Toma de Muestras Hidrobiología, I-CR-05. - Elostegui, A., Sabater, S. (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Sección 12. Técnica 28. Fundación BBVA. CUERPOS LÓTICOS - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10300 B. Ed. 23, 2017. - GTC 25:1995-11-29 Gestión Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas Generales de Muestreo para Estudios Biológicos - Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., Stribling, J.B. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA	- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10300 C. Ed. 23, 2017. - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10300 C. Ed. 23, 2017. Modificado - Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., Stribling, J.B. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. Chapter 6. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water. U.S.A. - Villafañe, V. E., Reid, F. M. H (1995). Métodos de Microscopía para la Cuantificación de Fitoplancton. En: Alveal K., Ferrario M. E., Oliveira E.C. & Sar, E (EDS) Manual de Métodos Ficológicos, Universidad de Concepción, Editora Aníbal Pinto S.A. Concepción - Chile. - Protocolo para el Análisis de Muestras de Perifiton, GAM-POE-105. - Semina H, J. (1978) Treatment of an Aliquot Simple En: Phytoplankton Manual. UNESCO. Monographs on Oceanographic methodology 6. A. Sournia Ed. Muséum National d'Historie Naturelle. France. Modificado - Cambra, J., Ector, L., Sabater, S. (2005) . Protocolos de Muestreo y Análisis para Fitobentos. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. - De la Lanza, E.G., Hernández, P.	Ind/Cm2 Cel/Cm2	Colección de muestras Identificación y Conteo

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
	841-B-99-002. Chapter 6. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water. U.S.A. • Protocolo de Muestreo Perifiton, GAM-POE-104. • Acosta, A., Zapata, A. M., Fagua, G. (2009). Técnicas de Campo en Ambientes Tropicales. Manual para el Monitoreo de Ecosistemas Acuáticos y Artrópodos Terrestres. Ed. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. • Cambra, J., Ector, L., Sabater, S. (2005) . Protocolos de Muestreo y Análisis para Fitobentos. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. • De la Lanza, E.G., Hernández, P. Carvajal, J.L. (2000). Organismos indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores), Plaza y Valdés S.A de C.V Editores. México • Karlson, B., Cusack, C., Bresnan, E. Microscopic and Molecular Methods for Quantitative Phytoplankton analysis. Manuals and Guides 55. UNESCO. Intergovernmental Oceanographic Commission. France. • Acosta, A., Zapata, A. M., Fagua, G. (2009). Técnicas de Campo en Ambientes Tropicales. Manual para el Monitoreo de Ecosistemas Acuáticos y Artrópodos Terrestres. Ed. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. • Instructivo de Toma de Muestras Hidrobiología, I-CR-05 • Elostegui, A., Sabater, S. (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Sección 12. Técnica 28. Fundación BBVA.	Carvajal, J.L. (2000). Organismos indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores), Plaza y Valdés S.A de C.V Editores. México • Karlson, B., Cusack, C., Bresnan, E. Microscopic and Molecular Methods for Quantitative Phytoplankton analysis. Manuals and Guides 55. UNESCO. Intergovernmental Oceanographic Commission. France. • Elostegui, A., Sabater, S. (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Sección 12. Técnica 28. Fundación BBVA.		
Ictiofauna	CUERPOS LÉNTICOS • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10600 B. Ed. 23, 2017. - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10600 C. Ed. 23, 2017. • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10600 B. Ed. 23, 2017. Modificado - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10600 C. Ed. 23, 2017. Modificado • GTC 25:1995-11-29 Gestion Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas Generales de Muestreo para Estudios Biológicos • Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., Stribling, J.B. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. Chapter 8. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water. U.S.A.	• Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10600 D. Ed. 23, 2017. • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10600 D. Ed. 23, 2017. Modificado • Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., Stribling, J.B. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. Chapter 8. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water. U.S.A. • Sostoa, A., García de Jalon, D., García-Berthou, E. (2005). Protocolos de	Ind por unidad de esfuerzo	Adquisición de Datos Preservación de Muestras Análisis de Colecciones

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
	• Sostoa, A., García de Jalon, D., García-Berthou, E. (2005). Protocolos de muestreo y análisis para Ictiofauna. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. • Ramírez González, A. (2006) Ecología. Métodos de Muestreo y Análisis de Poblaciones y Comunidades. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. • Klemm, D. J., Stober, Q. J., Lazorchak, J.M. (1993). Fish Field and Laboratory Methods for Evaluating the Biological Integrity of Surface Waters. EPA/600/R-92/111. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Research and Development. U.S.A. • DIN EN 14011, Julio 2003, Calidad del Agua, Muestreo de Peces con Electricidad. • Balmori Ramírez, A., Sarmiento Náfate, S., Santana Hernández, H. (2000). Catálogo de los Sistemas de Captura de las Principales Pesquerías Comerciales. Instituto Nacional de la Pesca. Dirección general de investigación y desarrollo tecnológico pesquero. Mexico. • Maldonado-Ocampo, J.A., Ortega-Lara, A., Usma, J.S., Galvis, G., Villa-Navarro, F.A., Vásquez, L., Prada-Pederos, S., Rodríguez, C. A. (2005). Peces de los Andes de Colombia: Guía de campo. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia. • Pardo, I., García, L., Delgado, C., Costas, N., Abraín, R., (2010). Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. Convenio entre la Universidad de Vigo y las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. España • Instructivo de Toma de Muestras Hidrobiología, I-CR-05. CUERPOS LÓTICOS • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10600 B. Ed. 23, 2017. - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10600 C. Ed. 23, 2017. • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10600 B. Ed. 23, 2017.Modificado - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10600 C. Ed. 23, 2017.Modificado • GTC 25:1995-11-29 Gestion Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas Generales de Muestreo para Estudios Biológicos	muestreo y análisis para Ictiofauna. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. • Ramírez González, A. (2006) Ecología. Métodos de Muestreo y Análisis de Poblaciones y Comunidades. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. • Klemm, D. J., Stober, Q. J., Lazorchak, J.M. (1993). Fish Field and Laboratory Methods for Evaluating the Biological Integrity of Surface Waters. EPA/600/R-92/111. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Research and Development. U.S.A. • Maldonado-Ocampo, J.A., Ortega-Lara, A., Usma, J.S., Galvis, G., Villa-Navarro, F.A., Vásquez, L., Prada-Pederos, S., Rodríguez, C. A. (2005). Peces de los Andes de Colombia: Guía de campo. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia.		

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
	• Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., Stribling, J.B. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. Chapter 8. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water. U.S.A. • Sostoa, A., García de Jalon, D., García-Berthou, E. (2005). Protocolos de muestreo y análisis para Ictiofauna. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. • Ramírez González, A. (2006) Ecología. Métodos de Muestreo y Análisis de Poblaciones y Comunidades. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. • Klemm, D. J., Stober, Q. J., Lazorchak, J.M. (1993). Fish Field and Laboratory Methods for Evaluating the Biological Integrity of Surface Waters. EPA/600/R-92/111. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Research and Development. U.S.A. • DIN EN 14011, Julio 2003, Calidad del Agua, Muestreo de Peces con Electricidad. • Balmori Ramírez, A., Sarmiento Náfate, S., Santana Hernández, H. (2000). Catálogo de los Sistemas de Captura de las Principales Pesquerías Comerciales. Instituto Nacional de la Pesca. Dirección general de investigación y desarrollo tecnológico pesquero. Mexico. • Maldonado-Ocampo, J.A., Ortega-Lara, A., Usma, J.S., Galvis, G., Villa-Navarro, F.A., Vásquez, L., Prada-Pedrerros, S., Rodríguez, C. A. (2005). Peces de los Andes de Colombia: Guía de campo. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia. • Pardo, I., García, L., Delgado, C., Costas, N., Abraín, R., (2010). Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. Convenio entre la Universidad de Vigo y las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. España • Instructivo de Toma de Muestras Hidrobiología, I-CR-05.			

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
Macrófitas	CUERPOS LÉNTICOS • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10400 B. Ed. 23, 2017. - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10400 C. Ed. 23, 2017. • Lopes, M.A., Suemitsu, Ch., da Costa Neto, S., da Silva, I. V. Protocolo 14 Hierbas & Epífitas. Museu Paraense Emilio Goeldi. PPBio Amazônia Oriental • GTC 25:1995-11-29 Gestion Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas Generales de Muestreo para Estudios Biológicos • Cirujano, S., Cambra, J., Gutiérrez, C. (2005). Protocolos de muestreo y análisis para Macrófitos. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. • Ramírez González, A. (2006) Ecología. Métodos de Muestreo y Análisis de Poblaciones y Comunidades. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. • Forman, L., Bridson, D. (1992). The Herbarium Handbook. Revised Edition. Royal Botanical Gardens Ed., Great Britain. • Pardo, I., García, L., Delgado, C., Costas, N., Abraín, R., (2010). Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. Convenio entre la Universidad de Vigo y las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. España • García Murillo, P., Fernández Zamudio, R., Cirujano Bracamonte, S. (2009). Habitantes del Agua. Macrófitos. Agencia Andaluza del Agua. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. España. • Instructivo de Toma de Muestras Hidrobiología, I-CR-05. CUERPOS LÓTICOS • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10400 B. Ed. 23, 2017. - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10400 C. Ed. 23, 2017. • Lopes, M.A., Suemitsu, Ch., da Costa Neto, S., da Silva, I. V. Protocolo 14 Hierbas & Epífitas. Museu Paraense Emilio Goeldi. PPBio Amazônia Oriental • GTC 25:1995-11-29 Gestion Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas Generales de Muestreo para Estudios Biológicos • Cirujano, S., Cambra, J., Gutiérrez, C. (2005). Protocolos de muestreo y	• Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10400 D. Ed. 23, 2017. • Cirujano, S., Cambra, J., Gutiérrez, C. (2005). Protocolos de muestreo y análisis para Macrófitos. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. • Ramírez González, A. (2006) Ecología. Métodos de Muestreo y Análisis de Poblaciones y Comunidades. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. • Forman, L., Bridson, D. (1992). The Herbarium Handbook. Revised Edition. Royal Botanical Gardens Ed., Great Britain. • Pardo, I., García, L., Delgado, C., Costas, N., Abraín, R., (2010). Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. Convenio entre la Universidad de Vigo y las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. España • García Murillo, P., Fernández Zamudio, R., Cirujano Bracamonte, S. (2009). Habitantes del Agua. Macrófitos. Agencia Andaluza del Agua. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. España.	% de cobertura	Estudio Preliminar Métodos de Mapeo de Vegetación Estimación de la Población

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
	análisis para Macrófitos. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. • Ramírez González, A. (2006) Ecología. Métodos de Muestreo y Análisis de Poblaciones y Comunidades. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. • Forman, L., Bridson, D. (1992). The Herbarium Handbook. Revised Edition. Royal Botanical Gardens Ed., Great Britain. • Pardo, I., García, L., Delgado, C., Costas, N., Abraín, R., (2010). Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. Convenio entre la Universidad de Vigo y las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. España • García Murillo, P., Fernández Zamudio, R., Cirujano Bracamonte, S. (2009). Habitantes del Agua. Macrófitos. Agencia Andaluza del Agua. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. España. • Instructivo de Toma de Muestras Hidrobiología, I-CR-05.			
Macroinvertebrados Bentónicos	CUERPOS LÉNTICOS • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10500 B. Ed. 23, 2017. • GTC 25:1995-11-29 Gestion Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas Generales de Muestreo para Estudios Biológicos • Alba-Tercedor, J., Pardo, I., Prat, N., Pujante, A. (2005). Protocolos de muestreo y análisis para Invertebrados Bentónicos. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. • Toma y Preservación de Muestras de Macroinvertebrados Acuáticos, GAM-POE-99. • Quiceno, P.A., Placaió, J. A. (2008). Aporte al conocimiento de los Macroinvertebrados asociados a raíces mangle (Rizophora mangle) en la ciénaga La Boquilla, Municipio de San Onofre, Sucre. Gestión ambiente. Volumen 11. Número3: 67-78 • Rueda-Delgado, G. (2002). Métodos para el estudio de comunidades Bénticas Fluviales. En: Rueda-Delgado, G. Manual de métodos en Limnología, Asociación Colombiana de Limnología ACL-Limnos. Colombia. • Zaixso, H. E. (2002). Manual de campo para el muestreo de Bentos. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Versión 1.0. • Sanabria, D., Orjuela, L. C., Duque, M. H. (2006). Macroinvertebrados	• Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10500 C. Ed. 23, 2017. • Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., Stribling, J.B. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. Chapter 7. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water. U.S.A. • Alba-Tercedor, J., Pardo, I., Prat, N., Pujante, A. (2005). Protocolos de muestreo y análisis para Invertebrados Bentónicos. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. • Análisis Semicuantitativo, Identificación de Macroinvertebrados Acuáticos, GAM-POE-101. • Quiceno, P.A., Placaió, J. A. (2008).	Ind/M2	Colección de muestras Procesamiento de la muestra, Identificación y Conteo

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
	Acuáticos, Determinación Taxonómica - Conteo. TP0413. Versión 01. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. • Álvarez, L. F., (2005). Metodología para la Evaluación de los Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores de los Recursos Hidrobiológicos. Instituto Alexander von Humboldt. CUERPOS LÓTICOS • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10500 B. Ed. 23, 2017. • GTC 25:1995-11-29 Gestion Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas Generales de Muestreo para Estudios Biológicos • Alba-Tercedor, J., Pardo, I., Prat, N., Pujante, A. (2005). Protocolos de muestreo y análisis para Invertebrados Bentónicos. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. • EN 16150:2012. Water Quality. Guidance on Pro-rata Multi-Habitat sampling of Benthic Macroinvertebrates From Wadeable Rivers. • Toma y Preservación de Muestras de Macroinvertebrados Acuáticos, GAM-POE-99. • Quiceno, P.A., Placaió, J. A. (2008). Aporte al conocimiento de los Macroinvertebrados asociados a raíces mangle (Rizophora mangle) en la ciénaga La Boquilla, Municipio de San Onofre, Sucre. Gestión ambiente. Volúmen 11. Número3: 67-78 • Rueda-Delgado, G. (2002). Métodos para el estudio de comunidades Bénticas Fluviales. En: Rueda-Delgado, G. Manual de métodos en Limnología, Asociación Colombiana de Limnología ACL-Limnos. Colombia. • Zaixso, H. E. (2002). Manual de campo para el muestreo de Bentos. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Versión 1.0. • Sanabria, D., Orjuela, L. C., Duque, M. H. (2006). Macroinvertebrados Acuáticos, Determinación Taxonómica - Conteo. TP0413. Versión 01. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. • Álvarez, L. F., (2005). Metodología para la Evaluación de los Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores de los Recursos Hidrobiológicos. Instituto Alexander von Humboldt.	Aporte al conocimiento de los Macroinvertebrados asociados a raíces mangle (Rizophora mangle) en la ciénaga La Boquilla, Municipio de San Onofre, Sucre. Gestión ambiente. Volúmen 11. Número3: 67-78 • Rueda-Delgado, G. (2002). Métodos para el estudio de comunidades Bénticas Fluviales. En: Rueda-Delgado, G. Manual de métodos en Limnología, Asociación Colombiana de Limnología ACL-Limnos. Colombia. • Sanabria, D., Orjuela, L. C., Duque, M. H. (2006). Macroinvertebrados Acuáticos, Determinación Taxonómica - Conteo. TP0413. Versión 01. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. • Álvarez, L. F., (2005). Metodología para la Evaluación de los Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores de los Recursos Hidrobiológicos. Instituto Alexander von Humboldt.		
Macroinvertebrados del Neuston	CUERPOS LÉNTICOS • Aristizábal, H, Los Hemípteros de la Película Superficial del Agua. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras. 2002.	• Aristizábal, H, Los Hemípteros de la Película Superficial del Agua. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez	Ind	Colección de muestras Procesamiento de

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
	• Mazzucconi, S, López Ruf. M., Bachmann. Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. 2009. • Sanabria, D., Orjuela, L. C., Duque, M. H. (2006). Macroinvertebrados Acuáticos, Determinación Taxonómica - Conteo. TP0413. Versión 01. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. • Álvarez, L. F., (2005). Metodología para la Evaluación de los Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores de los Recursos Hidrobiológicos. Instituto Alexander von Humboldt. CUERPOS LÓTICOS • Aristizábal. H, Los Hemípteros de la Película Superficial del Agua. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras. 2002. • Mazzucconi, S, López Ruf. M., Bachmann. Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. 2009. • Sanabria, D., Orjuela, L. C., Duque, M. H. (2006). Macroinvertebrados Acuáticos, Determinación Taxonómica - Conteo. TP0413. Versión 01. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. • Álvarez, L. F., (2005). Metodología para la Evaluación de los Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores de los Recursos Hidrobiológicos. Instituto Alexander von Humboldt.	Lleras. 2002. • Mazzucconi, S, López Ruf. M., Bachmann. Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. 2009. • Sanabria, D., Orjuela, L. C., Duque, M. H. (2006). Macroinvertebrados Acuáticos, Determinación Taxonómica - Conteo. TP0413. Versión 01. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. • Álvarez, L. F., (2005). Metodología para la Evaluación de los Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores de los Recursos Hidrobiológicos. Instituto Alexander von Humboldt.		la muestra, Identificación y Conteo Técnica semicuantitativa
Macroinvertebrados Asociados a Macrofitas	CUERPOS LÉNTICOS • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10500 B. Ed. 23, 2017. • Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., Stribling, J.B. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. Chapter 7. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water. U.S.A. • Alba-Tercedor, J., Pardo, I., Prat, N., Pujante, A. (2005). Protocolos de muestreo y análisis para Invertebrados Bentónicos. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. • GTC 25:1995-11-29 Gestion Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas Generales de Muestreo para Estudios Biológicos • Bolivar García, A., Rueda-Delgado, G. (2002). Métodos para el estudio de la comunidad de Macroinvertebrados asociados a Macrófitos. En:	• Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10500 C. Ed. 23, 2017. • Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., Stribling, J.B. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. Chapter 7. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water. U.S.A. • Alba-Tercedor, J., Pardo, I., Prat, N., Pujante, A. (2005). Protocolos de muestreo y análisis para Invertebrados Bentónicos. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la	Ind	Colección de muestras Procesamiento de la muestra, Identificación y Conteo Técnica semicuantitativa

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
	Rueda-Delgado, G. Manual de métodos en Limnología, Asociación Colombiana de Limnología ACL-Limnos. Colombia. • Roldan, G. Ramírez J. (2008). Fundamentos de Limnología Neotropical. 2da Edición. Editorial Universidad de Antioquia, Colección Ciencia y Tecnología. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Católica de Oriente. • Ramírez, A. Viña, G. (1998). Limnología Colombiana. Editorial Panamericana. Colombia CUERPOS LÓTICOS • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10500 B. Ed. 23, 2017. • Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., Stribling, J.B. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. Chapter 7. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water. U.S.A. • Alba-Tercedor, J., Pardo, I., Prat, N., Pujante, A. (2005). Protocolos de muestreo y análisis para Invertebrados Bentónicos. En: Metodología para el establecimiento del estado Ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. • GTC 25:1995-11-29 Gestion Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas Generales de Muestreo para Estudios Biológicos • Bolivar García, A., Rueda-Delgado, G. (2002). Métodos para el estudio de la comunidad de Macroinvertebrados asociados a Macrófitos. En: Rueda-Delgado, G. Manual de métodos en Limnología, Asociación Colombiana de Limnología ACL-Limnos. Colombia. • Roldan, G. Ramírez J. (2008). Fundamentos de Limnología Neotropical. 2da Edición. Editorial Universidad de Antioquia, Colección Ciencia y Tecnología. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Católica de Oriente. • Ramírez, A. Viña, G. (1998). Limnología Colombiana. Editorial Panamericana. Colombia	Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España. • Bolivar García, A., Rueda-Delgado, G. (2002). Métodos para el estudio de la comunidad de Macroinvertebrados asociados a Macrófitos. En: Rueda-Delgado, G. Manual de métodos en Limnología, Asociación Colombiana de Limnología ACL-Limnos. Colombia. • Roldan, G. Ramírez J. (2008). Fundamentos de Limnología Neotropical. 2da Edición. Editorial Universidad de Antioquia, Colección Ciencia y Tecnología. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Católica de Oriente. • Ramírez, A. Viña, G. (1998). Limnología Colombiana. Editorial Panamericana. Colombia		
Ictioplancton	CUERPOS LÉNTICOS • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10200 B. Ed. 23, 2017. Modificado • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10600 B, C. Ed. 23, 2017.	• Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10600 D. Ed. 23, 2017. • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10200 G. Ed. 23, 2017. Modificado	Ind/L Ind/mL	Colección de muestras Identificación y conteo

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
	CUERPOS LOTICOS • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10200 B. Ed. 23, 2017. Modificado • Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10600 B, C. Ed. 23, 2017.	• Baez-Polo, A. (ed) .(2013) .Manual de métodos de Ecosistemas Marinos y Costeros con miras a establecer impactos ambientales. Convenio para el fortalecimiento de los métodos de investigación marina para actividades costa afuera por parte del sector de hidrocarburos. INVEMAR-ANH. Capitulo 4 Necton. Santa Marta D.C.T.H .		
BIOTA TERRESTRE				
Aves	• Villarreal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, A.M. Umaña. (2004). Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. Capítulo 5. Aves. • Mesa, D. P. & Bernal A., (2006).- Protocolos para la Preservación y Manejo de Colecciones Biológicas del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IiAvH). Trabajo de grado modalidad monografía. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Boyacá.	• Villarreal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, A.M. Umaña. (2004). Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. Capítulo 5. Aves. • Mesa, D. P. & Bernal A., (2006).- Protocolos para la Preservación y Manejo de Colecciones Biológicas del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IiAvH). Trabajo de grado modalidad monografía. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Boyacá.		Muestreo, Observaciones Directas e Indirectas, Determinación Taxonómica y Colecta. de Especímenes

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
Herpetofauna - Anfibios	• Ministerio del Ambiente. (2015). Guía de inventario de fauna silvestre, , Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima: MINAM, Capítulo 5, Anfibios y Reptiles. Peru • Mesa, D. P. & Bernal A., (2006).- Protocolos para la Preservación y Manejo de Colecciones Biológicas del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IiAvH). Trabajo de grado modalidad monografía. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Boyacá. • Crump, M & Scott, Jr, N. (1994) . Standard Techniques for Inventory and monitoring. Literal 2. Visual Encounter Surveys. En: McDiarmid, R.W. Hayek, L. C. & Foster M. S. (eds). Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard methods for Amphibians D. Smithsonian institution Press, Chapter 6. Washington.	• Ministerio del Ambiente. (2015). Guía de inventario de fauna silvestre, , Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima: MINAM, Capítulo 5, Anfibios y Reptiles. Peru • Mesa, D. P. & Bernal A., (2006).- Protocolos para la Preservación y Manejo de Colecciones Biológicas del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IiAvH). Trabajo de grado modalidad monografía. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Boyacá. • Crump, M & Scott, Jr, N. (1994) . Standard Techniques for Inventory and monitoring. Literal 2. Visual Encounter Surveys. En: McDiarmid, R.W. Hayek, L. C. & Foster M. S. (eds). Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard methods for Amphibians D. Smithsonian institution Press, Chapter 6. Washington.		Muestreo, Observaciones Directas e Indirectas, Determinación Taxonómica y Colecta de Especímenes.

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
Herpetofauna - Reptiles	• Guyer, C & Donnelly, M (2012). Standard Techniques for inventory and monitoring. Visual Encounter Surveys. En: McDiarmind, R.W., Foster, M.S., Guyer, C., Gibbons, J.W., y N. Chernoff. Reptile biodiversity: Standard methods for inventory and monitoring. Univ of California Press. Chapter 9 Sub numeral 3. • Ministerio del Ambiente. (2015). Guía de inventario de fauna silvestre, , Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima: MINAM, Capítulo 5, Anfibios y Reptiles. Peru • Mesa, D. P. & Bernal A., (2006).- Protocolos para la Preservación y Manejo de Colecciones Biológicas del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IiAvH). Trabajo de grado modalidad monografía. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Boyacá.	• Guyer, C & Donnelly, M (2012). Standard Techniques for inventory and monitoring. Visual Encounter Surveys. En: McDiarmind, R.W., Foster, M.S., Guyer, C., Gibbons, J.W., y N. Chernoff. Reptile biodiversity: Standard methods for inventory and monitoring. Univ of California Press. Chapter 9 Sub numeral 3. • Ministerio del Ambiente. (2015). Guía de inventario de fauna silvestre, , Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima: MINAM, Capítulo 5, Anfibios y Reptiles. Peru • Mesa, D. P. & Bernal A., (2006).- Protocolos para la Preservación y Manejo de Colecciones Biológicas del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IiAvH). Trabajo de grado modalidad monografía. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Boyacá.		Muestreo, Observaciones Directas e Indirectas, Determinación Taxonómica y Colecta de Especímenes.
Mamíferos (Terrestres pequeños, Medianos y Mamíferos Voladores)	• Jones, C. McShea, W. Conroy, M. Kunz, T. (1996). Capturing Mammals. En: Wilson Cole, Nichols, Rudran& Foster. Measuring and monitoring Biological Diversity. Standard methods for mammals. Smithsonian Institution. Chapter 8. Mist Nets, Box Traps. • Mesa, D. P. & Bernal A., (2006).- Protocolos para la Preservación y Manejo de Colecciones Biológicas del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IiAvH). Trabajo de grado modalidad monografía. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Boyacá. • Zapata P., Diana M., Londoño B Carlos A et ál. (Eds.) González H Claudia V., Idárraga A Jorge., Poveda G Amanda., et ál. (2010). Metodología general para la presentación de estudios ambientales. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Capitulo Medio Biótico, Para mamíferos, pag. 17. Bogotá, D.C. Colombia.	• Jones, C. McShea, W. Conroy, M. Kunz, T. (1996). Capturing Mammals. En: Wilson Cole, Nichols, Rudran& Foster. Measuring and monitoring Biological Diversity. Standard methods for mammals. Smithsonian Institution. Chapter 8. Mist Nets, Box Traps. • Mesa, D. P. & Bernal A., (2006).- Protocolos para la Preservación y Manejo de Colecciones Biológicas del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IiAvH). Trabajo de grado modalidad monografía. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Boyacá. • Zapata P., Diana M., Londoño B Carlos		Muestreo, Observaciones Directas e Indirectas, Determinación Taxonómica y Colecta de Especímenes

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
		A et ál. (Eds.) González H Claudia V.; Idárraga A Jorge.; Poveda G Amanda.; et ál. (2010). Metodología general para la presentación de estudios ambientales. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Capítulo Medio Biótico, Para mamíferos, pag. 17. Bogotá, D.C. Colombia.		
Flora (Vegetación Terrestre)	• Villarreal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, A.M. Umaña. (2004). Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. Capítulo 4 Plantas.	• Villarreal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, A.M. Umaña. (2004). Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. Capítulo 4 Plantas.		Muestreo, Determinación Taxonómica y Colecta de Especímenes.
Flora en veda (Epifitas, Terrestres y Saxícolas)	• Gradstein, R., Nadkarni, N., Kromer, T., Holz, i. & Noske, N.(2003). A protocol for rapid and Representative Sampling of vascular and Non-vascular epiphyte diversity of Tropical rain forests. Selbyana 24 (1): 105-111.	• Gradstein, R., Nadkarni, N., Kromer, T., Holz, i. & Noske, N.(2003). A protocol for rapid and Representative Sampling of vascular and Non-vascular epiphyte diversity of Tropical rain forests. Selbyana 24 (1): 105-111.		Muestreo, Determinación Taxonómica y Colecta de Especímenes.

