

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES

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 MULTITAPA CON PERFORACIÓN HORIZONTAL - FH-PH (EXPERIMENTOS DE NATURALEZA CIENTÍFICA Y TÉCNICA)

BOGOTÁ D.C.

2020

BOGOTÁ D.C.

Tabla de contenido

LISTA DE ACRÓNIMOS	6
0 CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO	8
GLOSARIO	10
CONTENIDO DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA PPII-FH-PH:	15
1 OBJETIVOS	16
2 GENERALIDADES	16
2.1 ANTECEDENTES	16
2.2 ALCANCES	16
2.3 METODOLOGÍA	17
3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	18
3.1 LOCALIZACIÓN	19
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL PPII	19
3.2.1 Fases y actividades del proyecto	19
3.2.2 Infraestructura existente y necesaria en el área de influencia del proyecto de FH-PH del-PPII	19
3.2.3 Perforación de pozos para FH-PH y/o inyectores para disposición final	21
3.2.4 Transporte de fluidos	22
3.2.5 Insumos generales del proyecto	22
3.2.6 Materiales sobrantes de excavación y escombros	23
3.2.7 Residuos sólidos y peligrosos.	23
3.3 Costos, cronograma y organización del PPII	24
4 ÁREA DE INFLUENCIA	24
4.1 CONSIDERACIONES GENERALES	24
4.2 DEFINICIÓN, IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	25
4.2.1 Fase previa	27
4.2.2 Fase de análisis	31
5 PARTICIPACIÓN DE LAS COMUNIDADES	41
5.1 Socialización especial para las autoridades regionales, departamentales y municipales	42
6 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	43
6.1 MEDIO ABIÓTICO	44
6.1.1 Geología	44
6.1.2 Paisaje	46
6.1.3 Suelo y uso del suelo	47
6.1.4 Hidrológico	51
6.1.5 Hidrogeología	56
6.1.6 Atmósfera	61

6.1.7	Radiactividad natural.....	71
6.2	MEDIO BIÓTICO	71
6.2.1	Paisajes sonoros.....	73
6.2.2	Microorganismos.....	74
6.2.3	Ecosistemas acuáticos, componente hidrobiológico	74
6.2.4	Fauna y flora.....	74
6.2.5	Áreas de Especial Interés Ambiental (AEIA).....	76
6.2.6	Caracterización de La flora en Categoría de Veda Nacional y/o Regional.....	77
6.3	MEDIO SOCIOECONÓMICO	77
6.3.1	Demográfico	78
6.3.2	Espacial.....	79
6.3.3	Económico.....	80
6.3.4	Cultural	81
6.3.5	Arqueológico	83
6.3.6	Político-organizativo.....	83
6.3.7	Tendencias del desarrollo	84
6.3.8	Información sobre población a reasentar	85
6.4	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	86
6.4.1	Definición de la unidad de análisis	87
6.4.2	Identificación y descripción general de los servicios ecosistémicos.....	87
7	ZONIFICACIÓN AMBIENTAL.....	90
8	DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES	91
8.1	CONCESIÓN DE AGUA SUPERFICIAL	91
8.2	CONCESIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	94
8.3	VERTIMIENTOS.....	95
8.3.1	Para vertimientos en cuerpos de agua superficiales	96
8.3.2	Para vertimiento al suelo de aguas residuales.....	96
8.3.3	Para vertimiento de fluidos de retorno y agua de producción a través de pozos de reinyección.....	96
8.4	OCUPACIONES DE CAUCES.....	99
8.5	APROVECHAMIENTO FORESTAL	100
8.6	PERMISO DE RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES SILVESTRES DE LA BIODIVERSIDAD	101
8.6.1	Aprovechamiento de especies en veda	102
8.7	PERMISO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS	102
8.7.1	Tratamiento y Disposición de fluidos recuperados por Evaporación Forzada	103
8.7.2	Fuentes de generación de ruido y receptoras.....	104

8.8	PROTECCIÓN DE LOS ACUÍFEROS Y ECOSISTEMAS CONEXOS EN LAS ACTIVIDADES DE FH-PH DURANTE EL DESARROLLO DE LOS PPII.....	105
8.8.1	Información sobre el área de revisión para el fracturamiento hidráulico con perforación horizontal.....	105
8.8.2	Sobre el fracturamiento previsto.....	106
8.8.3	Caracterización del fluido de fracturamiento hidráulico	106
8.8.4	Fluido recuperado	107
9	EVALUACIÓN AMBIENTAL	107
9.1	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS PARA EL ESCENARIO SIN PROYECTO	109
9.2	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS PARA EL ESCENARIO CON PROYECTO	109
9.2.1	Análisis de Impactos Acumulativos.....	110
9.3	EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL	110
9.3.1	Etapas para el análisis económico en la evaluación económica ambiental.....	110
10	ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO.....	113
11	PLANES Y PROGRAMAS.....	115
11.1	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	115
11.1.1	Programas de manejo ambiental	115
11.1.2	Plan de seguimiento y monitoreo.....	121
11.1.3	Plan de Contingencia	131
11.1.4	Plan de desmantelamiento y abandono.....	137
11.2	OTROS PLANES Y PROGRAMAS.....	138
11.2.1	Plan de inversión del 1%.....	138
11.2.2	Plan de compensación por pérdida de biodiversidad	138
	BIBLIOGRAFÍA.....	140
	ANEXO 1 ANEXOS QUE DEBEN SER PRESENTADOS EN EL ESTUDIO	141
	ANEXO 2 RECOMENDACIONES METODOLÓGICAS DEL IDEAM PARA EL MONITOREO Y ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE AGUA SUPERFICIAL EN PROYECTOS PILOTO DE INVESTIGACIÓN INTEGRAL – PPII	142
	ANEXO 3 PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO (LÍNEA BASE) EN EL MARCO DEL LICENCIAMIENTO AMBIENTAL.....	145
0	INTRODUCCIÓN	145
1	MÉTODOS GENERALES PROPUESTOS PARA ECOSISTEMAS	146
1.1	Ecosistemas	146
1.2	MÉTODOS GENERALES PROPUESTOS PARA EL COMPONENTE BIÓTICO	147
1.2.1	Definición de unidad espacio-temporal	147
1.2.2	Análisis de datos para los distintos grupos taxonómicos.....	148
1.3	MÉTODOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS POR GRUPO TAXONÓMICO.....	149

1.3.1	Invertebrados.....	149
1.3.2	Insectos estridulantes (ortópteros y cicadidae)	150
1.3.3	Anfibios y Reptiles.....	151
1.3.4	Aves.....	152
1.3.5	Especies focales asociadas a hábitats riparios:	153
1.3.6	MAMÍFEROS.....	154
1.4	DIMENSIONES AMPLIAS DE LA BIODIVERSIDAD	157
1.4.1	Paisajes sonoros.....	157
1.5	MICROORGANISMOS	161
1.5.1	Diseño para el muestreo	161
1.5.2	Laboratorio molecular y secuenciación.....	161
1.5.3	Trabajo bioinformático de secuencias genéticas.....	162
1.5.4	Interpretación y aplicaciones ecológicas de datos de diversidad obtenidos por metabarcoding	162
2	MÉTODOS PROPUESTOS PARA EL COMPONENTE FLORA.....	162
3	ECOSISTEMAS ACUÁTICOS	163
3.1	Macrófitas.....	163
3.2	Ictiofauna.....	164
3.2.1	Diseño para el muestreo	164
3.2.2	Análisis de los datos obtenidos.....	166
3.3	Componente hidrobiológico - Índices ecológicos	166
3.3.1	Índice Estimación de idoneidad del hábitat para la comunidad íctica	167

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

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: partículas finas de diámetro inferior a 2.5 micrómetros

PM10: partículas finas de diámetro inferior a 10 micrómetros

PMA: Plan de Manejo Ambiental

POMCA: Plan de Manejo y Ordenación de la Cuenca

POT: Plan de Ordenamiento Territorial

PPII: Proyectos Piloto de Investigación Integral

PRIO: Plan de Reducción del Impacto por Olores

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 escombros 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 Presidencial 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. Durante la etapa contaminante y en la etapa de Evaluación, hasta finalización de la evaluación, se levanta información para la evaluación por parte de Comité Evaluador.

Para la etapa concomitante, tanto las Líneas Base Generales determinadas por las entidades estatales como las Líneas Base Locales, deben permitir medir los impactos de las actividades relacionadas con el Proyecto Piloto de Investigación Integral – PPII, como lo establece el decreto.

La comunidad que se encuentren dentro del área de influencia participará en los PPII a través de los entes académicos y en los procesos de información en sus distintos niveles, consultas previas, las audiencias públicas y en los reportes periódicos durante el seguimiento, sin perjuicio de otros espacios de participación establecidos en las normas vigentes.

Para medir el impacto de las actividades relacionadas con los Proyectos Piloto de Investigación Integral - PPII, es necesario contar con las Líneas Base Generales en las siguientes materias: ambiental, sismicidad, salud y social.

La línea Base General Ambiental, comprende una línea base de aguas superficiales que la elabora el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, la línea base de aguas subterráneas que la determina el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, con base en la información hidrogeológica que suministra el Servicio Geológico Colombiano y una línea base de ecosistemas y biodiversidad que la determinan el Instituto Alexander Von Humboldt y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, de acuerdo a lo ordenado por el Decreto 328 de 2020 de 2020, artículo 2.2.1.1.1^a.2.8 del Decreto Único Reglamentario del Sector Minas y Energía 1073 de 2015- La línea base general ambiental del componente suelo la determinará el IDEAM en conjunto con la información que suministre el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

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.

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

- **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 para la toma de decisiones de la Autoridad Ambiental, se realiza para la planificación y ajuste del proyecto, obras o actividades que requieren Licencia Ambiental, con base en el cual se definen las correspondientes medidas de prevención, corrección, compensación y mitigación de los impactos ambientales que generará el proyecto.

El EIA deberá ser elaborado en concordancia con el principio de desarrollo sostenible y partiendo de la aplicación de buenas prácticas ambientales.

El EIA debe realizarse con la mejor información disponible de alto nivel científico y técnico 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 las que determinen los institutos científicos que participan en el proceso y lo establecido en los presentes términos de referencia.

Estos términos también determinan las condiciones para el seguimiento y evaluación de los PPII. Al ser experimentos de naturaleza científica y técnica, estos proyectos 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 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 2.2.3.3.1.3. del Decreto 1076 de 2015)
- **Agua de producción³:** Es el agua de formación obtenida en superficie, durante el periodo de limpieza del pozo (Flow Back), y el dimensionamiento del yacimiento.
- **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 exploratorios, bajo la técnica de FH-PH. [2]
- **Área de Revisión**
 - **Para pozos de FH-PH:** área comprendida entre las secciones verticales y horizontales del pozo o arreglo de pozos. El radio horizontal deberá ser del lateral más largo que se tenga proyectado para el pozo o arreglo de pozos.
 - **Para pozos de inyección 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 al proyectarse a superficie no podrá superar los límites del área licenciada.
- **Asentamientos humanos:** Asentamientos rurales, con vivienda dispersa, que concentran algunos servicios para la población circundante
- **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 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].
- **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.

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

³ Tomado de: proyecto de resolución "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

- **Cuenca hidrográfica:** De acuerdo con el Decreto 1640 de 2012 (compilado en el Decreto único reglamentario 1076 de 2015) entiéndase por cuenca u hoya 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.
- **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)
- **Ecosistema:** Complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional.[7]
- **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 radiación causada por fuentes naturales.
- **Fluido de fracturamiento hidráulico:** está constituido, por un agente de transporte generalmente el agua, otro agente de soporte de la fractura que se está induciendo como el apuntalante (puede ser la arena o cualquier otro que la tecnología indique en su momento) y otro que mejore las condiciones del proceso haciendo compatibles los fluidos de transporte y soporte con los fluidos y roca de formación, que generalmente son compuestos químicos.
- **Fluido de retorno:** Fluido de regreso a la superficie durante y después de la finalización de la fracturación hidráulica. Consiste en el líquido utilizado para fracturar la lutita. El fluido contiene arcillas, aditivos químicos, iones metálicos disueltos y sólidos disueltos totales (TDS).
- **Fluido Recuperado:** son todos los fluidos obtenidos en superficie a través del pozo después de completada una operación de fracturamiento hidráulico, comprende el fluido de retorno y el agua de producción⁴
- **Formación geológica objetivo de inyección para disposición final:** capa o unidad litoestratigráfica que presenta condiciones favorables para la inyección de las aguas provenientes de la exploración de hidrocarburos tales como buena capacidad de almacenamiento, conductividad hidráulica. A su vez podrá considerarse formación geológica objetivo de inyección aquel que sea productor de hidrocarburos o minerales, que en este caso debe ser avalado por el ente de fiscalización. En cualquier caso, la formación geológica objetivo de inyección debe estar limitado en su base y techo por capas sello hidráulico.
- **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, propante 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.
- **Funcionalidad del ecosistema:** Capacidad de los procesos y componentes naturales de proporcionar los bienes y servicios que satisfacen directa o indirectamente las necesidades del

⁴ Adaptado de: U.S. Environmental Protection Agency. (2015). Analysis of Hydraulic Fracturing Fluid Data from the FracFocus Chemical Disclosure Registry 1.0. Washington, DC.

ser humano. En este mismo sentido los ecosistemas pueden ser analizados desde el concepto de servicio ecosistémico.[9]

- **Impactos acumulativos:** 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. Para efectos prácticos, la identificación, análisis y manejo de los impactos acumulativos se deben orientar a aquellos que sean reconocidos como significativos, que se manifiestan en diversas escalas espacio-temporales.
- **Impacto ambiental:** Cualquier alteración del ambiente 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 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.
- **Líneas Base Locales:** Son las líneas base que deben establecer los Contratistas de los Proyectos Piloto de Investigación Integral – PPII para la elaboración del EIA.
- **Líneas Base Generales:** Son las líneas base que determinan las siguientes entidades estatales:
 - La línea base de aguas superficiales el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
 - La línea de aguas subterráneas el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, con en la información hidrogeológica que suministre el Servicio Geológico Colombiano.
 - La línea base 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.
 - La línea base social el Ministerio del Interior, en coordinación con el Ministerio de Minas y Energía y la Agencia Nacional de Hidrocarburos.
- **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).
- **Propante:** Componente del fluido de fracturamiento hidráulico usualmente arena o partículas cerámicas que se utilizan para mantener la fractura abierta una vez la presión del fracturamiento hidráulico se suspende.
- **Pozo reinyector:** Pozo que permite inyectar fluidos a un yacimiento o a una estructura expresamente autorizada por la ANLA.
- **Proyecto Piloto de Investigación Integral – PPII:** Son procesos experimentales, científicos y técnicos, 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 de Fracturamiento

Hidráulico Multietapa con Perforación Horizontal - FH-PH, según las condiciones de diseño, vigilancia, monitoreo y control que se establezcan.

- **Radio de avance de la fractura:** Distancia alcanzada por la fractura producto del fracturamiento hidráulico desde la cara del pozo. Esta distancia usualmente es estimada utilizando programas computarizados que simulan cómo el fracturamiento hidráulico podría tener un efecto sobre el yacimiento o medida mediante el uso de trazadores en el fluido propante y posteriormente medidas mediante registros eléctricos.
- **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:** Comprende la identificación de los principales valores que poseen las áreas de influencia, tanto en términos de biodiversidad como en el mantenimiento de procesos ecológicos que son esenciales para el desarrollo local o regional y que en su conjunto sustentan las actividades socioeconómicas. Entre estos elementos también se incluyen los atractivos naturales y los valores recreativos, interpretativos, científicos, culturales, históricos o arquitectónicos del área.
- **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 – TMI:** Es el conjunto de instrumentos, métodos y técnicas innovadoras empleados por los Contratistas de los Proyectos Piloto de Investigación Integral – PPII 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 garantizada durante todas las fases de los PPII.
- **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.
- **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 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.
- **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, si no
 - 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.

- **Vulnerabilidad⁵:** 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:** 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 apretados, gas metano asociado a mantos de carbón (en inglés *coal bed methane CBM*), 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.

⁵ 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_andinos_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>

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

El Estudio de Impacto Ambiental para proyectos PPII que sean desarrollados con la finalidad de ..., debe 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 de investigación 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 componente.
- 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.
- Breve reseña del Plan de Manejo Ambiental (PMA).
- Principales riesgos identificados.
- Costo total 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

Definir los objetivos generales y específicos del proyecto, teniendo en cuenta el alcance de la solicitud del PPII para adelantar las actividades, el cual está integrado por procesos experimentales, científicos y técnicos, 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 de FH-PH, según las condiciones de diseño, vigilancia, monitoreo y control que se establezcan.

2 GENERALIDADES

2.1 ANTECEDENTES

Se deben adelantar las siguientes actividades al inicio de la elaboración del EIA, anexando las respectivas constancias:

- 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 (de acuerdo con el Decreto 3016 del 27 de diciembre de 2013 o el que lo modifique o sustituya) y acreditación de los métodos expedida por el IDEAM.
- Acto administrativo de procedencia o no de la consulta previa por presencia de comunidades étnicas territorialmente asentadas en el área de influencia del medio socioeconómico, expedido por el Ministerio del Interior.
- 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.
- Presencia de áreas de manejo especial, ecosistemas estratégicos y áreas de importancia estratégica según instrumentos de ordenamiento (POMCA, EOT).

2.2 ALCANCES

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

- La racionalización en el uso de los recursos naturales, 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 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 las que determinen el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los institutos científicos que participan en el proceso, y complementada con la información secundaria requerida, según sea el caso.

- Dimensionar y evaluar cualitativa y cuantitativamente los impactos que pueda producir el proyecto de FH-PH del PPIL, 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 de los impactos identificados, 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 empleados para propiciar la participación de las comunidades que se encuentren dentro del área de influencia, desarrollando procesos de identificación situacional participativa, información y consulta de los impactos generados por el proyecto sobre todas las actividades, impactos y efectos, y las medidas propuestas. Los resultados de este proceso se deberán incorporar al EIA y se consignarán en las respectivas actas con las comunidades.
- 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 las metodologías que establezcan los institutos de investigación que participan en el proceso PPIL y 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:
 - La información cartográfica deberá estar acorde con lo establecido para el modelo de almacenamiento geográfico (MAG) la Resolución 2182 de 2016 o aquella que la modifique, adicione o sustituya.

- Todos los monitoreos físicos, químicos y bióticos (de conformidad con el párrafo 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. En los casos que aplique, las personas que realicen la toma de muestra deberán contar con certificación de competencias expedida por el SENA,
- Los laboratorios que realicen toma de muestras deben incluir las medidas de aseguramiento y control de la calidad de los datos de monitoreo mediante el muestreo de duplicados de campo, blancos, muestras “*spikes*” y muestras “ciegas”. Las muestras que no cumplan con los protocolos de aseguramiento de la calidad deben ser repetidas.
- 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 y las metodologías que fijen los institutos científicos que participan en el desarrollo de los PPII, en cumplimiento del Decreto 328 de 2020.
- 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, para el monitoreo del agua (aguas superficiales, aguas subterráneas cantidad, calidad, sedimentos, monitoreo hidrobiológico, monitoreo isotópico) corresponden al “Protocolo del Agua” y se debe aplicar la última versión disponible en la página web del IDEAM.
- De existir información de proyectos que se hayan adelantado en el área que haya sido validada por 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 deberá 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).

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 altos volúmenes de agua requeridos para la etapa de estimulación, 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.

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL PPII

- Especificar las características técnicas del proyecto en las diferentes fases de la etapa concomitante, acompañada de los respectivos diseños tipo de la infraestructura que se pretende construir y/o adecuar.
- Presentar de forma general, las necesidades de recursos naturales y sociales del proyecto.
- 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 y 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, operativa y previstas de desmantelamiento, abandono y restauración), y diseños tipo 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).

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 las que serán empleadas para el transporte de agua que empleará para la etapa de estimulación, en particular cuando este se realice por carrotanque e infraestructura.
- 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, se debe contar con los inventarios precisos georreferenciados por parte de los titulares de estas áreas suministrados por la ANH y verificación revisión por el Interesado en el terreno de la existencia de pozos adicionales dentro del área de revisión y, de estos, aportar la información con que se cuente en las instituciones del estado depositarias de la información petrolera, que den cuenta sobre su condición y situación actual.

Presentar la información relacionada con los corredores de acceso a las locaciones 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.
- 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 de la línea base.
- Condiciones actuales.
- 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, 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, en particular cuando estos requieren mantenimientos y atraviesen diferentes administradores y/o diferentes municipios.

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 disposición, 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 río-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 tempranas de producción, 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 máximo de plataformas proyectadas.

- Relacionar las áreas máximas 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 tempranas de producción,
 - el área para la adecuación de Zonas de Manejo de Escombros y Material de Excavación (en adelante ZODME),
 - las zonas de biorremediación (en caso de que aplique)
 - Sí incluyen Zonas de disposición de agua residual doméstica tratada ZODAR o se contemplan como áreas adicionales.
- 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 e infraestructura social, económica y cultural a intervenir.
- Fuentes de emisiones atmosféricas que se generarán en cuanto a gases y/o material particulado.
- 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 máximo de pozos a perforar.
- Número máximo de plataformas
- Área de las plataformas
- Características de las plataformas.
- Número máximo de pozos 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 de pozo previstos,
 - Proceso de cementación y completamiento (casing superficial e interno),
 - 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 equipos a ser utilizados en el (los) pozo (s) que permitan prevenir la corrosión y asegurar su integridad, anticipando los niveles de estrés y la susceptibilidad del material al agrietamiento debido a la combinación de factores ambientales o altas cargas cíclicas de trabajo
- Características constructivas del pozo o arreglo de pozos de FH-PH de hidrocarburos o del pozo de inyección que aseguren el aislamiento hidráulico de los acuíferos y ecosistemas conexos, indicando el tipo y localización de barreras previstas para prevenir procesos de migración de gas y fluidos asociados con la actividad.
- Tipo de residuos.
- Ubicación, equipos, procesos de construcción y servicios de las facilidades tempranas de producción o de inyección.
- Para el Área de Revisión del polígono propuesto que contiene los pozos o arreglo de 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 a utilizar.
- zonas de cargaderos en las plataformas

De acuerdo con lo previsto en el Decreto 328 de 2020 todas las actividades de los PPII se desarrollan al interior del área contratada, por lo tanto no están previstas estaciones posibles de trasiego.

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.	

Cuando se requiera de materiales de construcción para la ejecución de las obras civiles, 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 y 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 escombros

Cuando se requiera realizar el manejo, transporte y disposición de materiales sobrantes de excavación y su disposición esté fuera de las plataformas, se debe incluir como mínimo lo siguiente para cada sitio de disposición:

- Relación de los volúmenes estimados de material a disponer.
- Descripción de manejo de materiales sobrantes y escombros incluyendo su manejo hidráulico, estabilidad geotécnica y diseños tipo.
- Descripción de las condiciones requeridas para la disposición.
- Posible localización georreferenciada y mapas topográficos con planimetría y altimetría 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 no se pueden incluir los que se originan en la perforación de los pozos de FH-PH del PPII, que deberán tener tratamiento como residuos peligrosos.

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 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 concomitante, deberán 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 desarrollo⁶. 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 deberán considerar por lo menos las vías nuevas (construidas como parte del proyecto) y las vías privadas que el proyecto pretenda utilizar.
- 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 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 vertimiento a través de pozos inyectores, 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.
- 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 aspectos ambientales que ejercen presión sobre el componente y/o medio.

⁶ 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).

- 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 significativos⁷ ocasionados por el desarrollo de las obras o actividades del proyecto de FH-PH del PPIL, 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, así como los impactos ambientales significativos que puede llegar a provocar el proyecto. La definición de ambiente adoptada en el marco del licenciamiento ambiental⁸, 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 de interés para la definición 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 perspectivas⁹ 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, 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

⁷ Los 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.

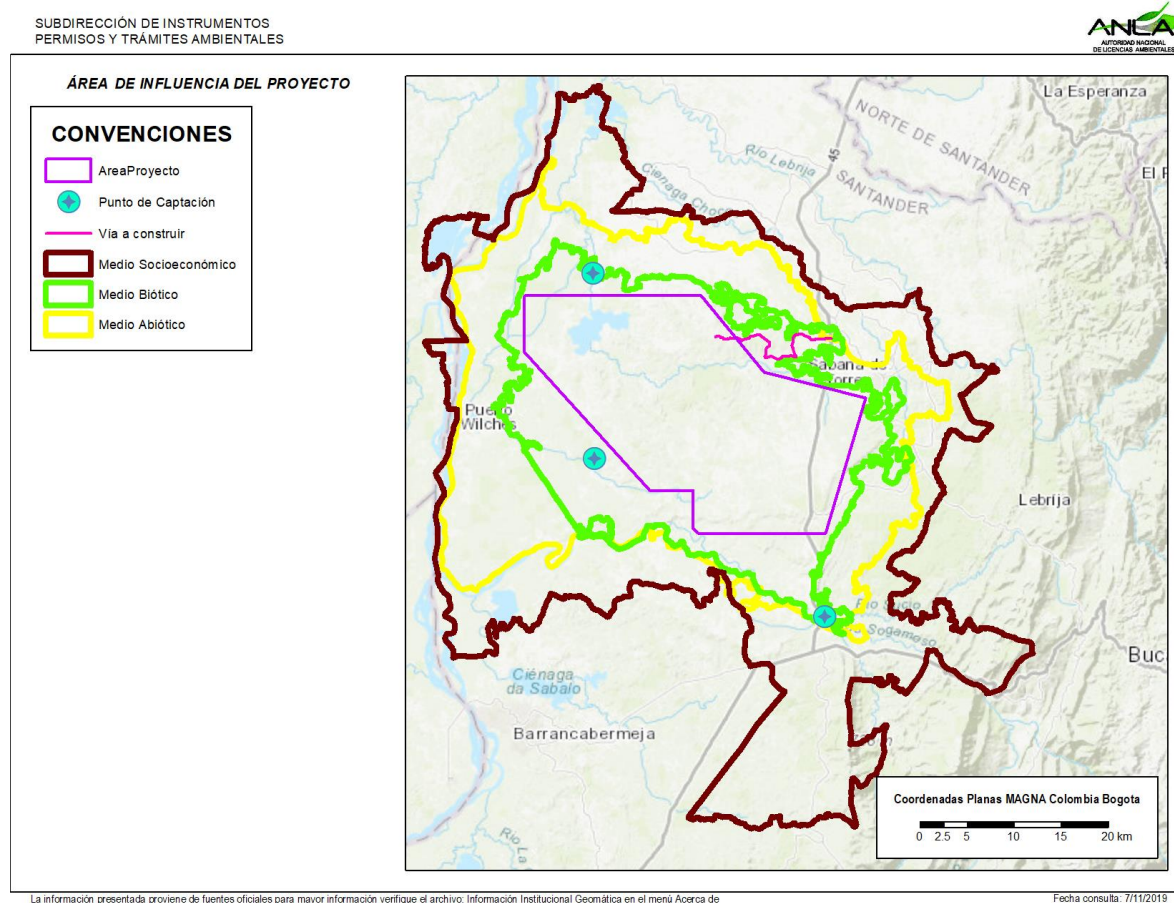
⁸ Fracción del globo terráqueo que comprende los elementos naturales, tanto físicos como biológicos, los elementos artificiales, sociales y culturales, y las interacciones de éstos entre sí.

⁹ 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.

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, 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 ambiental), 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 los respectivos 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 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 del proyecto y entidades territoriales.
Edafológico	IGAC, CORPOICA, IDEAM.	Autoridades ambientales, regionales y locales y entidades territoriales, SINCHI, IIAP, centros de investigación.

Componente	Fuente principal	Otras fuentes
Hidrológico	IDEAM, autoridades ambientales regionales y locales, ADR, ANT, Sistema de Información del Recurso Hídrico-SIRH.	Corporaciones Autónomas Regionales o de Desarrollo Sostenible y Centros de investigación (universidades, institutos de investigación).
Calidad del agua	IDEAM, SIRH, Autoridades ambientales regionales y locales.	Cormagdalena, centros de investigación y fuentes de Internet documentadas.
Uso del agua	Información primaria y autoridades ambientales, regionales y locales.	IDEAM, SIAC, autoridades ambientales regionales y locales.
Hidrogeológico	Minambiente, SGC, SIRH, autoridades ambientales regionales y locales.	Estudios existentes en el área 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 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 del proyecto.

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 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 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 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 del proyecto.
Espacial		
Económico		

Componente	Fuente principal	Otras fuentes
Cultural	Información primaria, ICANH, ADR, ANT, Ministerio de Cultura y Ministerio del Interior.	Estudios existentes sobre el área 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 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 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.ingeominas.gov.co/>
- <http://www.anh.gov.co/>
- <http://www.anm.gov.co/>
- <http://www.sgc.gov.co/>
- <http://www.invermar.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.asmus.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 Escombros 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 a 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 o para establecer el posible flujo de contaminantes para el componente hidrogeológico. 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 abiótico¹⁰.

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

¹⁰ En caso de que la autoridad ambiental establezca o adopte con posterioridad a este documento, una guía de modelación para cualquier recurso, ésta deberá ser utilizada como insumo para la elaboración de las respectivas modelizaciones a realizar en el marco de los estudios ambientales.

(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: 0-3%, 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 Línea Base General levantada en el marco del Decreto 328 de 2020 (o aquel que lo modifique), 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, 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, 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.

Para la delimitación del área de influencia del componente atmosférico, 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, que se presenta a continuación y aquellos instrumentos que las adicionen, modifiquen, sustituyan o deroguen:

- Decreto 1076 de 2015 – 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; dichos modelos debe 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 sustentados.

Una vez obtenidos los modelamientos en los diferentes componentes ambientales 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 insumo en el análisis para la definición del área de influencia del medio abiótico.

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 funcional¹¹ 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 sub cuenca o microcuenca dependiendo de las dimensiones del proyecto.

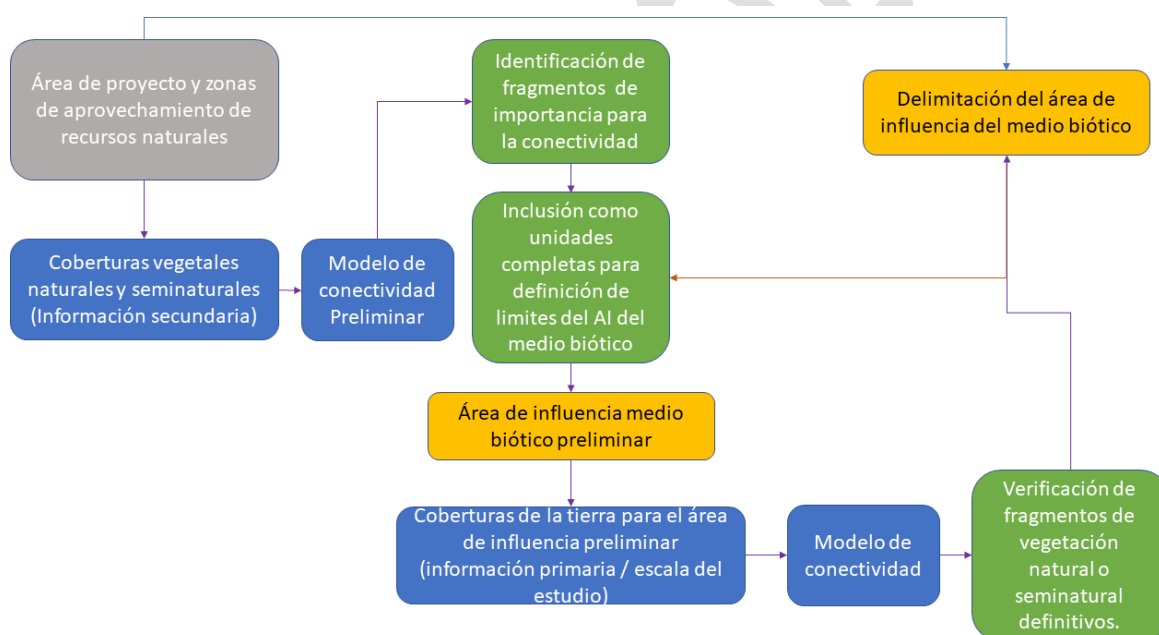
¹¹ Entendida como la descripción del grado en que los paisajes facilitan o impiden el movimiento de organismos y procesos, de acuerdo con lo expuesto por Ament, R., R. Callahan, M. McClure, M. Reuling, and G. Tabor. 2014. Wildlife Connectivity: Fundamentals for conservation action. Center for Large Landscape Conservation: Bozeman, Montana.

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.

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



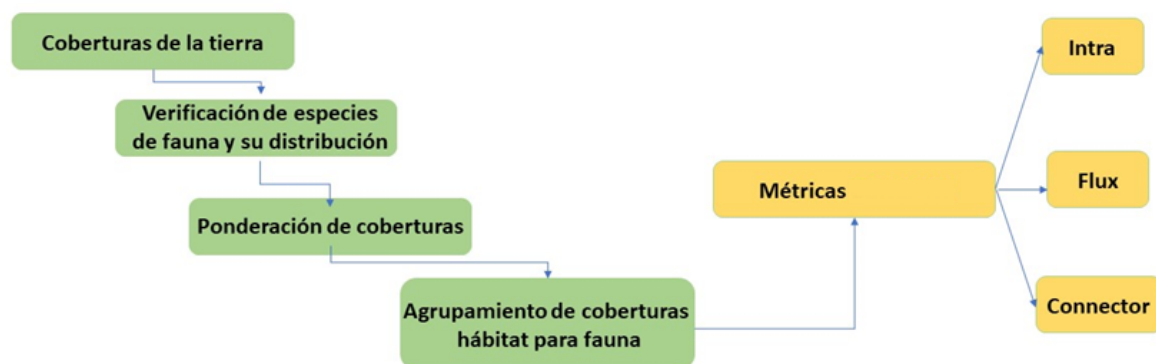
Fuente: ANLA – SIPTA 2019

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 reptiles¹², los efectos de la fragmentación sobre aves¹³, los efectos del ruido sobre la fauna silvestre¹⁴, los efectos de la luz sobre la fauna silvestre¹⁵, 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 represamiento 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.

¹² Ver por ejemplo los estudios de Schneider-Maunoury y otros (2016) y de Urbina-Cardona y otros (2006).

¹³ Ejemplo de ello son las investigaciones de Stratford & Stouffer (2015) y de Vetter et al. (2013).

¹⁴ Ver por ejemplo los estudios de Bunkley, et al. (2015), Deichmann et al (2017), y King y Murphy (2016).

¹⁵ Se encuentran ejemplos en Azam (2016), Bennie et al. (2015), Eisenbeis y Hänel (2009), Lyytimäki (2013) y Rowse et al (2016).

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.
- 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. Si dentro del área de influencia del proyecto se identifica alguna de estas figuras territoriales o sitios sagrados que no hayan sido mencionados ni certificados por la autoridad competente, se recomienda informarle tal situación presentando los soportes correspondientes, con el propósito de que ésta analice y modifique o confirme la certificación inicial
- 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 espontáneo 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, es decir, que la constitución legal del sector de vereda debe estar, tenga una antigüedad mayor a 2 años.

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.**

Debe ser solicitado el pronunciamiento de la Subdirección Técnica de Consulta Previa del Ministerio del Interior (o quien haga sus veces) sobre la procedencia de la consulta previa por presencia de comunidades étnicas para el área de influencia del proyecto, es decir, para el área de influencia definida para el medio abiótico, biótico y socioeconómico, con el objetivo de establecer la presencia o no de comunidades Étnicas sobre las cuales se deba garantizar el Derecho Fundamental a la Consulta Previa.

5 PARTICIPACIÓN DE LAS COMUNIDADES

Estos lineamientos hacen referencia al desarrollo del proceso de participación sobre el contenida en el EIA elaborado, por parte del Interesado, con el objeto de realizar la solicitud de la licencia ambiental para el desarrollo y ejecución del PPII de competencia de la autoridad ambiental.

Para desarrollar el proceso de participación, se debe tener en cuenta la aplicación de mecanismos de participación ciudadana relativos a licencias, permisos 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, el área de influencia de los componentes del medio socioeconómico, que corresponde a la zona en la cual se debe adelantar la mencionada participación.

Este proceso se debe realizar con la comunidad en general y las diferentes organizaciones comunitarias e instituciones presentes en el área de influencia del medio socioeconómico y aquellos actores que por el tipo de intervención y/o participación, puedan verse afectadas o ver afectadas sus actividades por el desarrollo del proyecto.

Igualmente, se debe incluir en el proceso a los propietarios y/o habitantes de los predios a intervenir y a los propietarios de los predios en donde se solicita el uso y aprovechamiento de recursos naturales renovables y no renovables.

Este proceso debe garantizar que todos los actores involucrados (institucionales, comunitarios, de sectores productivos, entre otros) tengan acceso a información relevante, así como a una participación sin discriminación, equitativa, significativa y transparente, cumpliendo con criterios de calidad y eficacia en la participación de las comunidades, para lo cual el Interesado debe adoptar una metodología que deberá ser conocida y retroalimentada por el Subcomité Intersectorial Técnico y Científico Social y Transparencia de los PPII y tener en cuenta la guía de participación ciudadana para el licenciamiento ambiental del año 2018 <http://portal.anla.gov.co/guia-participacion-ciudadana>.

Igualmente, el proceso debe garantizar los siguientes propósitos, que obran para el proceso como tres eventos diferenciados, que se deben adelantar de forma secuenciada e individual, de tal manera que se concreten como: 1. informativo inicial, 2. talleres de impactos y servicios eco sistémicos y 3. presentación de resultados:

1. Socializar la información relacionada con las características técnicas, actividades y alcance del proyecto como del estudio a desarrollar
2. Generar espacios de participación durante la elaboración del EIA, en los cuales se presente y discuta el proyecto y sus implicaciones presentando información referente a los alcances, fases, actividades, infraestructura proyectada, áreas de influencia, caracterización ambiental, zonificación ambiental y de manejo, permisos previstos para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales (captaciones, vertimientos, etc.), y el plan de gestión del riesgo.

Dentro de estos espacios se deben presentar los impactos y medidas de manejo ambiental identificados para las diferentes fases de la etapa concomitante PPII y se permita la identificación por parte de los participantes de aquellos otros impactos y medidas de manejo que de acuerdo a la evaluación de su pertinencia puedan ser incluidos. Se debe hacer especial énfasis sobre la demanda de agua, manejo y disposición de fluidos recuperados, circulación de vehículos, impactos 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, riesgos por posible contaminación de agua

superficial o subterránea con ocasión a vertimientos accidentales en superficie de químicos o fluidos recuperados, entre otras particularidades propias de la actividad, así como las medidas de manejo a implementar.

3. Presentar los resultados del EIA, de manera previa a la radicación de este en la autoridad ambiental

El número de encuentros para el desarrollo de los tres (3) momentos de participación dependerá de las características propias de los actores involucrados dentro del proceso y de la metodología definida por el solicitante.

Para efectos de la socialización de la información, se deberá:

- Realizar adecuados procesos de convocatoria de los espacios de participación.
- Definir con claridad el procedimiento metodológico a adoptar para el desarrollo de las reuniones, talleres y/o estrategias informativas, entre otras, a realizar, especificando los recursos de apoyo pedagógico y didáctico que permitan la participación de las comunidades en esta instancia del proyecto, una eficiente transmisión y presentación de la información relacionada con el EIA y 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.
- Documentar el EIA con los respectivos soportes, los cuales deberán incluir como mínimo: correspondencia de convocatorias realizadas (en donde sea posible, mediante correo certificado) explicando las características específicas del proyecto y los riesgos asociados, 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 por parte del solicitante, así como listados de asistencia, registro fotográfico y/o filmico (preferiblemente) de las reuniones y actividades realizadas (si los participantes lo permiten).

Igualmente, debe procurarse que las actas que permitan evidenciar las actividades de participación adelantadas sean elaboradas *in situ*, de manera que puedan ser suscritas por sus participantes y entregadas en el acto a los mismos.

Las actas deben contener como mínimo, fecha y lugar de realización del evento, objetivo de la reunión o taller, listado de asistencia, temas abordados, comentarios y observaciones de los asistentes y compromisos adquiridos, si hay lugar a ello (todo lo anterior con letra legible).

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. Puede utilizarse como respaldo la firma de un delegado de la autoridad municipal acompañante del proceso.

Para el caso de comunidades étnicas, que de acuerdo con el acto administrativo emitido por las entidades competentes proceda la consulta previa por presencia en las áreas de influencia del proyecto, se deben ejecutar los mecanismos de participación teniendo en cuenta lo establecido para tal fin en la normatividad vigente.

El Interesado debe consolidar un documento con las sugerencias, críticas, preocupaciones y recomendaciones ciudadanas surgidas durante el proceso de licenciamiento ambiental, el tratamiento dado y enviarlo al Subcomité Intersectorial Técnico y Científico Social y Transparencia de los PPII e individualmente a quienes intervinieron en el proceso.

5.1 Socialización especial para las autoridades regionales, departamentales y municipales

Este proceso se debe realizar también con las autoridades regionales departamentales y municipales y, en los casos que el proyecto obra o actividad afecte las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales – SPNN, las autoridades nacionales, así como, las entidades de control local que contengan las unidades territoriales que se definan en el EIA, sin que ello implique que estos

niveles territoriales (regional, departamental y municipal) se asuman en su totalidad como el área de influencia del proyecto y las entidades de control nacional.

Adicional a los temas y cumpliendo con las mismas condiciones para la socialización tratadas en el numeral 5 del presente documento, se deben realizar mesas de trabajo específicas con las autoridades competentes, en las que se aborden los siguientes temas.

- Presentación y discusión del desarrollo del proyecto frente a los instrumentos de ordenamiento EOT, PBOT o POT existentes.
- Gestión de los riesgos ambientales 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 valoración de impactos, con los cambios que realmente experimentan los factores ambientales durante cada una de las fases de ejecución del proyecto (en caso que se le otorgue licencia ambiental).

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 buena 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 parámetros e indicadores que brinden información clave sobre las características ambientales y que además permitan monitorear los cambios que ocasione la ejecución del proyecto sobre los factores ambientales. En caso de existir, 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 para informar sobre la línea base de los POMCA de las cuencas en el área de influencia. También son aplicables los requerimientos generados para los PORH, aunque no se hayan definido para la zona de influencia, dado que el nivel de detalle que requieren estas actividades puede ser mucho más detallados que lo que se requiere en un POMCA.

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 los casos que corresponda, la información que se adquiera para la línea base local debe ser contextualizada y complementada con las Líneas Base Generales Decreto 328 de 2020; 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 General respectiva, y dar la explicación que corresponda.

Una vez realizadas las actividades que aporten nuevo conocimiento del área, sobre el cual la ANLA haya manifestado interés al Contratista del PPII, la nueva información una vez evaluada debe ser remitida a las ANLA, en los formatos y medio que esta determine.

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 geotécnicos, hidrogeológicos y sismotectónicos.

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 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 1:25.000 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 referenciando su edad, origen, espesor, distribución y posición en la secuencia estratigráfica. Soportar la caracterización de las unidades geológicas superficiales en información geológica oficial y en estudios de referencia.

Se deben caracterizar y cartografiar los depósitos superficiales, incluyendo información sobre porosidad y permeabilidad, espesor, textura, estado de meteorización, color, relación fragmentos/matriz, tamaño y forma de los fragmentos, textura de la matriz, humedad y demás características que permitan alimentar los modelos hidrogeológicos y geotécnicos.

Presentar las columnas estratigráficas de las rocas sedimentarias y/o en depósitos superficiales, en una escala cartográfica de mayor detalle que la escala del mapa geológico del proyecto.

6.1.1.2 *Geología estructural*

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

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 locales indicando su orientación, sentido, ancho de la zona de falla, presencia de brechas, entre otras características. Presentar información de la caracterización de las fracturas, incluyendo datos de los planos de fracturamiento y los resultados de los diagramas de paleoesfuerzos, con el fin de establecer fuentes de sismogeneración.

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 de Línea Base General 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.

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, edafológica, 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 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:

- Pendiente 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, 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, distancia recorrida, y granulometría del material transportado. Debe 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.

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

- Analizar la visibilidad, calidad y fragilidad visual del paisaje.
- Identificación de los elementos discordantes con el respectivo análisis de correspondencia cromática y tamaño de la discordancia.
- Correspondencia cromática.
- Escala visual.
- Sitios de interés paisajístico. Descripción del proyecto dentro del componente paisajístico de la zona.
- Percepción de las comunidades respecto del valor paisajístico y de la relación de éste con su cultura e identidad local y regional.

Definir las unidades de paisaje local utilizando métodos de delimitación aceptados internacionalmente e imágenes de satélite, de radar o fotografías aéreas, entre otras fuentes de información; adicionalmente se debe establecer y describir la integridad escénica de la unidad de paisaje. Para el componente de percepción del paisaje se debe elaborar una zonificación del valor paisajístico del área de influencia (alto, medio, bajo), que sirva de insumo de la zonificación ambiental.

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 (sustancias químicas para operación, combustibles, etc)
- Fosas o piscinas de almacenamiento para tratamiento de lodos y fluidos de retorno.
- Sistemas de conducción de fluidos de perforación.

En tal virtud debe realizarse una caracterización del suelo de soporte, realizando un levantamiento o estudio de suelos a escala 1:5000, 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)¹⁶ con una densidad dependiente de la escala de detalle y de los perfiles modales (calicatas)¹⁷ en el mapa de unidades cartográficas de suelos con su respectiva leyenda de acuerdo con las metodologías

¹⁶ 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.

¹⁷ hueco cúbico de mayor, 120 cm de frente, 130 cm de largo y 150 cm de profundidad

vigentes del IGAC. Delimitando de la zona vadosa¹⁸ (no saturada) y haciendo énfasis en la descripción del estado de degradación del suelo (erosión, movimientos en masa, compactación, etc).

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:		
Color*	Intensidad, valor /croma	Comparación visual (Tabla Munsell)
Velocidad de Infiltración in situ,	cm/h	carga constante / carga variable
Conductividad hidráulica	cm/h	carga constante / carga variable
Físicos:		
Textura (porcentaje de arena, limo y arcilla),	%	Método de Bouyoucos Método de la pipeta
Densidad real	g/cc	Picnometro - Gravimétrico
Densidad aparente	g/cm3	Terrón parafinado - Gravimétrico Cilindro de volumen constante - Gravimétrico
Retención de Humedad, 3 puntos/horizonte)	%	Gravimétrico
Estabilidad Estructural,	%	Gravimétrico
Resistencia a la penetración	MPa	Penetrógrafo
Químicos:		
pH,	Unidades de pH	electrométrico
Cromo Hexavalente	mg/kg	Colorimetría
Nitrógeno disponible	mg/kg	Volumetría
Fósforo disponible	mg/kg	Colorimetría
Potasio disponible	mg/kg	Espectrometría
Nitrógeno Total	mg/kg	Volumetría
Fósforo Total	mg/kg	Colorimetría
Cloruros	mg/kg	Colorimetría
Conductividad Eléctrica,	mS/cm o uS/cm	Electrométrico
Capacidad de Intercambio Cationico,	meq/ 100g.s.	Volumétrico
Bases intercambiables (Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio)	meq/100g	Espectrometría
Acidez intercambiable	meq/100g	Volumétrico
Aluminio intercambiable	meq/100g	Volumétrico
Contenido de Carbono Orgánico,	mg/kg	Colorimétrico / Volumétrico / Combustión
Grasas Y Aceites,	mg/kg	Gravimétrico / Infrarrojo de partición
Relación de Absorción del Sodio – RAS	mg/kg	Cálculo
Porcentaje de Sodio Intercambiable - PSI	mg/kg	Cálculo
Metales totales		
Arsénico	mg/kg	Espectrometría
Bario	mg/kg	Espectrometría

¹⁸ Región situada entre la superficie topográfica y la delimitada por aguas subterráneas

Parámetro	Unidades	Técnica y/o Principio
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
Silicio	mg/kg	Espectrometría
Vanadio	mg/kg	Espectrometría
Zinc	mg/kg	Espectrometría
Biológicos		
Cuantificación de microorganismos solubilizadores de fosfato,	UFC/g (suelo seco)	Recuento en placa - Siembra en superficie - IGAC.
Cuantificación de microorganismos Celulolíticos Aerobios	UFC/g (suelo seco)	Recuento en placa - Siembra en superficie - IGAC.
Cuantificación de Hongos y Bacterias	UFC/g (suelo seco)	Recuento en placa - Siembra en superficie - IGAC.
Cuantificación de Actinomicetos	UFC/ g	Recuento en placa
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 microorganismos del ciclo del Nitrógeno: Denitrificantes	NMP/g	Tubos Múltiples - IGAC.
Cuantificación de microorganismos del ciclo del Nitrógeno: Fijadores de Nitrógeno	UFC/g (suelo seco)	Recuento en placa - Siembra en superficie - IGAC.
Protozoos Edáficos		Método IGAC
Mesofauna en suelo		Embudo de Berlesse- Ullgren, Método IGAC
- Conteo de esporas y Micorrizas		Método 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

* Este parámetro no requerirá ser realizado por un laboratorio acreditado, debido a la subjetividad de las características organolépticas.

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)¹⁹, 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.

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 el análisis de los resultados analíticos revela contaminación del suelo, en un área donde se va a desarrollar una actividad, se debe informar a la ANLA para que esta actúe de acuerdo con la normatividad vigente y se tomen las acciones que correspondan. (Se aclara que los derrames aquí mencionados, corresponde a hallazgos hechos por el contratista, no corresponden a la actividad del PPII).

6.1.3.2 Capacidad de uso de la tierra

Presentar el mapa de capacidad de uso de la tierra a escala 1:5.000, 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, contaminación²⁰, 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, POMCA y/o POMIUC, 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.

¹⁹ <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables>

²⁰ 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 el MAG.

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:

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 sub-siguiente), 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.

Estimar el 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.

Realizar un inventario y caracterización de las estaciones de monitoreo de calidad del agua y la respectiva información existente en la zona de estudio a partir de las fuentes consultadas. 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 1:5.000 (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 susceptibles de intervención y afectación por captación de agua con 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 deberán generar series sintéticas a escala diaria a partir de metodologías de transformación de la lluvia en escorrentía que consideren la variabilidad de las características fisiográficas y climáticas de la cuenca hidrográfica y sus unidades hidrográficas de análisis, considerando igualmente cuando aplique: interacciones agua superficial – agua subterránea (incluidos cambios en el nivel freático) y las de los sistemas léntico-lótico, y las principales características de dichas interacciones (caudales, sedimentos, recursos hidrobiológicos). Para lo anterior, se debe establecer claramente el modelo conceptual, sus parámetros, la información utilizada, la metodología de implementación, y la estrategia de calibración y validación en función de la información utilizada, considerando la representatividad de los procesos hidrológicos predominantes en la cuenca hidrográfica de estudio.

En este caso, se deberá instrumentar con estaciones de monitoreo diario de caudal, que permitan verificar las series sintéticas generadas mediante los métodos descritos. Esta instrumentación deberá realizarse siguiendo los protocolos de monitoreo establecidos por el IDEAM y deberá ser previamente avalada por dicha entidad. En la etapa previa se iniciarán estas mediciones que 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 6.1.5.3.3 y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, respectivamente, del presente documento.

6.1.4.3.2 Componente hidrológico

Presentar las principales características morfométricas (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 cuencas o corrientes sin información hidrológica se deberá establecer un programa de aforos que se desarrollará desde la Etapa previa y se extenderá a la Etapa Concomitante.

Estimar el 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.

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 válidos 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 hidromorfométricas que permitan evaluar el posible impacto del proyecto sobre el componente hidrobiológico y los servicios ecosistémicos prestados por el cuerpo de agua.

Se deberán implementar bioindicadores, para lo cual se deben calcular una serie de índices que permitan evaluar el efecto de las afectaciones al régimen de caudales sobre el componente hidrobiológico de los cuerpos de agua. El monitoreo de estos índices debe realizarse en los mismos puntos y con las mismas frecuencias especificadas para el monitoreo de calidad del agua.

Dichos índices deberán enfocarse a determinar las condiciones físicas de interés ecológico para el mantenimiento de la biodiversidad, funcionalidad y servicios ecosistémicos, o servir como bioindicadores, tal como se describe a continuación.

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 bimensuales en época seca y época de lluvias, 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 medición 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	
Velocidad y dirección del viento	m/s
Nubosidad (% de cobertura de nubes)	%
Caudal	m ³ /s
Generales	
Temperatura	°C
pH	Unidades de pH
Conductividad eléctrica	µS/cm
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
Cloruros	mg/L
Fósforo total	mg/L
Sulfatos	
Sulfuro total	mg/L
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	
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
Metales²¹	
Aluminio total	
Arsénico total	mg/L
Bario total	mg/L
Cadmio total	mg/L
Calcio total	mg/L
Cobre total	mg/L
Cromo total	mg/L
Estroncio total	mg/L
Hierro total	mg/L
Magnesio Total	mg/L

²¹ Se deberá realizar el análisis de metales pesados teniendo en cuenta las características de la calidad fisicoquímica de las aguas a verter.

Parámetro /Actividad	Unidades
Manganeso total	mg/L
Mercurio total	mg/L
Níquel total	mg/L
Plata total	mg/L
Plomo (Pb) total	mg/L
Potasio total	mg/L
Selenio (Se) total	mg/L
Sodio total	mg/L
Vanadio total	mg/L
Zinc total	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
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/m ³ o kN/m ³
Caracterización del lecho del cauce, de la capa de sedimentos de fondo	
Carbono orgánico total (),	mg/L C
Demanda béntica,	mgO ₂ /m ² /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

Estimar los “Índices de Calidad (ICA, ICOMO, ICOMI, ICOSUS e ICOTRO), 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.

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 (susceptibles de intervención o afectación por el proyecto, obra o actividad), de manera que se pueda establecer una línea base local que sirva como 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 Línea Base General levantada en el marco del Decreto 328 de 2020, 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, o en los planes o esquemas de ordenamiento territorial (POT; EOT, EBOT)

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, Banco de Información Petrolera de Colombia -EPIS, entre otra que se considere adecuada y pueda ser validada 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 acuíclados), 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. Adicionalmente, se realizará la caracterización de la ocurrencia de los rezumaderos los cuales deben estar georreferenciados.

- **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 semi-impermeables. 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 perfilajes 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 geológico – 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 potencialmente generadora y/o productora de hidrocarburos.
- **Inventario de los puntos de agua subterránea** que incluya pozos, aljibes, manantiales y piezómetros del Área de influencia del-PPII, considerando lo establecido en el Formulario Único Nacional de Inventario de Puntos de Agua Subterránea – FUNIAS, diligenciando como mínimo la información definida en los campos obligatorios establecidos en el Sistema de información de Recurso Hídrico (SIRH). 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 este análisis se deben considerar la localización de rezumaderos de hidrocarburos.
- **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 durante el inventario de puntos de agua, cuyas captaciones 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 validada, justificando su uso de acuerdo con la información existente y la generada para el área de influencia del proyecto, teniendo como base la información solicitada para el componente hidrológico en los presentes términos de referencia, y la demás información temática que se considere necesaria.
- **Caracterización hidráulica de los acuíferos.** Determinación de los parámetros hidráulicos (conductividad hidráulica, transmisividad, coeficiente de almacenamiento, capacidad específica, radio de influencia) de los acuíferos identificados, 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) y parámetros hidráulicos interpretados.

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.

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 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 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 10%. Además, se deben reportar las relaciones interparamétricas que se consideren apropiadas para verificar la calidad de los análisis de laboratorio (como las indicadas en metodologías de referencia 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 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 Aguas e Isotópico 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 realizarse en por lo menos un año hidrológico completo y para lo cual se deberán localizar recolectores de agua lluvia (totalizadores) a diferentes alturas para las cuales se presume una recarga del acuífero, con objeto de determinar la firma isotópica de la lluvia local. Asimismo, deberán monitorearse las aguas superficiales, de conformidad con los parámetros de la Tabla 9, siguiendo los protocolos del agua vigentes en la página WEB del IDEAM. De existir manantiales deben monitorearse mensualmente.

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 diseño del Programa de Monitoreo, reportando como mínimo los elementos establecidos en la Tabla 8, así como su comparación con los criterios de calidad establecidos en la normativa vigente (Artículo 2.2.3.3.1 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.

- **Uso actual del agua subterránea:** Con base en los resultados del inventario de puntos de agua subterránea y la determinación de la calidad de esta, se debe establecer su uso actual 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.

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)
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)	
Sólidos Totales (ST)	
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
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

PARÁMETROS	
Sulfato (SO ₄ ⁼)	mg/L
METALES	
Aluminio Total (Al)	mg/L
Bario Total (Ba)	mg/L
Cadmio Total (Cd)	mg/L
Sílice Total (SiO ₂)	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, 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)	Datación del agua	Una vez	variadas

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
- 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 9 y 10), 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 época seca y húmeda 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, MM5, 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 re-análisis, 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 fuente 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. 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, las fuentes fijas (puntuales y de área), 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 PPIL, 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.

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 PPIL. 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 ocho (8) 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.

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, se deberá considerar lo establecido en el Manual de Diseño del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, adoptado mediante Resolución 650 de 2010 y ajustado por la Resolución 2154 de 2010, específicamente lo relacionado con los Sistemas Especiales de Vigilancia de Calidad de Aire. Se deberán evaluar mediante medición directa, las concentraciones en aire ambiente de los contaminantes atmosféricos, que estén incluidos en la Resolución 2254 de 2017 y en la Resolución 1541 de 2013, establecidas como sustancias específicas, o aquellas que las modifiquen, adicionen, deroguen o sustituyan. Adicional a los contaminantes regulados, se deberán evaluar mediante medición directa las concentraciones en aire ambiente de otros contaminantes característicos y propios de las actividades de los PPIL.

La caracterización de la calidad del aire debe ser realizada de acuerdo a los métodos para toma y análisis de muestras establecidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. La Tabla 10 recapitula los diferentes contaminantes que deberán ser considerados, la técnica, los métodos aceptables o recomendados y los tiempos de exposición. El número de estaciones de monitoreo deberá estar de acuerdo con lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y

Seguimiento de la Calidad del Aire, es decir se deberá considerar mínimo tres estaciones de monitoreo teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Una estación de fondo
2. Estaciones ubicadas en las principales concentraciones de población de la región analizada
3. Mínimo una estación en la dirección predominante de dispersión de los contaminantes (estación vientos abajo de las fuentes)

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. Para aquellos contaminantes que no cuenten con métodos definidos en la reglamentación vigente, se deberá realizar la medición con métodos EPA específicos para cada contaminante, a través de laboratorios que cuenten con certificación ISO 17025.

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.

TABLA 10, COMPUESTOS DE INTERÉS EN LA CALIDAD DEL AIRE

Parámetro	Unidades	Técnica	Método aceptable o recomendado	Tiempo de exposición
Contaminantes criterio				
Monóxido de carbono (CO).	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Infrarrojo No Dispersivo	Métodos de referencia o equivalentes aprobados por la USA EPA o Unión Europea	Mediciones horarias y octohorarias
Óxidos de nitrógeno (NO_x).	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Quimioluminiscencia en Fase Gaseosa	Métodos de referencia o equivalentes aprobados por la USA EPA o Unión Europea	Mediciones horarias
Dióxidos de azufre (SO_2).	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Fluorescencia Ultravioleta	Métodos de referencia o equivalentes aprobados por la USA EPA o Unión Europea	Mediciones horarias y promedios 24 horas
Material particulado, PM 10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Atenuación de rayos Beta, Óptico	Métodos equivalentes aprobados por la USA EPA o Unión Europea	Mediciones horarias y promedios 24 horas
Material particulado, PM 2.5.	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Atenuación de rayos Beta, Óptico	Métodos equivalentes aprobados por la USA EPA o Unión Europea	Mediciones horarias y promedios 24 horas
Ozono	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Quimioluminiscencia	Métodos de referencia o equivalentes aprobados por la USA EPA o Unión Europea	Mediciones octohorarias
Compuestos tóxicos				
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	CG-EM	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	Mediciones diarias con tiempo de exposición de 24 horas
Compuestos orgánicos volátiles (COVs), como mínimo:		CG-EM	Compendium Method TO-15 Determination Of Volatile Organic Compounds (VOCs) In	Mediciones diarias con tiempo de

Parámetro	Unidades	Técnica	Método aceptable o recomendado	Tiempo de exposición
1,2dicloroetano, 1,3butadieno, propileno, acetaldehído.			Air Collected In Specially-Prepared Canisters And Analyzed By Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS). Second Edition	exposición de 24 horas
Hidrocarburos no metánicos (HCNM), etano, propano, butano, pentano, hexano		CG-EM	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	Mediciones diarias con tiempo de exposición de 24 horas
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos -HAP (Modelo de dispersión)		GC-MS	Compendium Method TO-13A Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Ambient Air Using Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)	Mediciones diarias con tiempo de exposición de 24 horas
Formaldehído.				
Metano.				
Sustancias generadoras de olores ofensivos				
Sulfuro de hidrógeno.		Fluorescencia Ultravioleta / Oxidación Termocatalítica		Mediciones horarias y promedios 24 horas

Se deberá presentar la línea base ajustada a los pozos o arreglos de pozos para los parámetros de la tabla 10, viento arriba y viento abajo, y presentar el mapa de calidad de aire. El programa de monitoreo deberá incluir la medición de estos parámetros durante las actividades de fracturamiento hidráulico y durante el flujo de fluido de retorno.

La presentación del informe debe presentar los resultados y análisis de los monitoreos. 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,

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 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. 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.

- **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.
- **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.
- **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.
- **Definición del área de influencia del componente atmosférico o dominio de modelación:** durante esta etapa se determina el área de influencia del componente atmosférico, la cual debe incluir todas las fuentes de emisión y los receptores que se tendrán en cuenta dentro del proceso 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 pueden contribuir a la concentración de fondo.

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 la construcción de la obra. 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 podrá modelar, como mínimo, tres escenarios:
 - Primer escenario: Línea base, sin proyecto.
 - Segundo escenario: Operación del proyecto sin medidas de control.
 - 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. 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 la calibración 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 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 ocasionado por los procesos del proyecto, obra o actividad, sobre las condiciones de la calidad del aire en poblaciones potencialmente afectadas con un 90% de confiabilidad, teniendo en cuenta el marco normativo vigente (Resolución 2254 de 2017).
 - Identificar el aporte de contaminantes que realiza cada fuente o grupos de fuentes sobre la calidad del aire.

La estructura del informe debe corresponder a la siguiente:

Sección	Contenido
Objetivo de la modelación / simulación	• Descripción del problema a representar y las preguntas a responder.
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).
Descripción del modelo	• Características del modelo: ecuaciones que lo gobiernan, métodos de solución, simplificaciones y limitaciones, etc. • Relaciones entre el modelo conceptual y el modelo utilizado: uso de la información, congruencia en las simplificaciones, referencias de usos anteriores.

Sección	Contenido
Calibración	• Lista de parámetros a calibrar: variables respuesta asociadas al parámetro, análisis de sensibilidad al parámetro, etc. • Estrategia de calibración: minimización de indicadores de error y sesgo, maximización de indicadores de bondad de ajuste, etc. • Criterio de calibración y resultado de la prueba: descripción de estadísticos, límites de aceptación, referencias relevantes, tabla de evaluación.
Validación	• Descripción de los escenarios de validación: diferencias con el escenario calibrado, cambios en el modelo conceptual, etc. • Criterios de validación y resultado de la prueba: descripción de estadísticos, límites de aceptación, referencias relevantes, tabla de evaluación.
Escenarios	• Descripción de los escenarios: propósito del escenario, modificaciones requeridas sobre el modelo base, etc. • Evaluación de los escenarios: congruencia de los resultados, evaluación normativa, análisis del resultado en virtud del propósito, etc. • Contraste de escenarios: congruencia, selección de alternativas, etc.
Análisis de resultados	• Análisis de los resultados de calibración y validación. • Valores simulados (presentados en tablas), estadísticos, gráficos, mapas, etc. Según sea relevante. • Análisis de las concentraciones simuladas en términos de la normatividad aplicable.
Conclusiones y Recomendaciones	• Congruentes con el objetivo y las preguntas.
Referencias	• Referencias a trabajos citados
Anexos electrónicos	• Archivos de entrada y salida, archivos de control y demás información necesaria para reproducir los resultados.

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 la GDB. 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 (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 y operativo, 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, 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. 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.

• 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 el 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” (6.1.9.4 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, 6.1.7.1 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 evaluar si durante las diferentes etapas del proyecto, se pueden generar algún otro tipo de sustancias que se caractericen por generar olores ofensivos como sulfuro de hidrógeno (H₂S) y amoníaco (NH₃). Se recomienda desarrollar un Plan para la reducción del impacto por olores ofensivos (PRIO) desde etapas tempranas del proyecto, con el fin de mantener un enfoque preventivo y no correctivo, con el fin de evitar o minimizar quejas por parte de la comunidad. Este Plan se debe desarrollar conforme a lo establecido en la Resolución 1541 de 2013 “*Por la cual se establecen los niveles permisibles de calidad de aire o de inmisión, el procedimiento para la evaluación de actividades que generan olores ofensivos y se dictan otras disposiciones*” y el Protocolo para el monitoreo, control y vigilancia de olores ofensivos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

6.1.7 Radiactividad natural

Se debe tomar una línea base de radiación de fondo natural (natural background) durante todas las etapas de los PPII, teniendo en consideración registros históricos (como *gamma ray* y núcleos de perforación) 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 de las actividades del PPII, en todas las matrices (agua, suelo, aire) donde habrá presencia de fluido recuperado (almacenamiento, tratamiento o disposición) o almacenamiento de tubería de perforación ya utilizada.

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

Tabla 11, Compuestos radiactivos de interés por componente

Radionucleidos de origen natura				
Aire en Bequerelios/m ³	Suelo en Bequerelios/Kg	Agua Superficial	Agua Subterránea	
²¹⁸ Po	²¹⁰ Pb,	²²⁶ Ra,	²²⁶ Ra,	
²¹⁴ Bi	²²⁸ Ra,	²²⁸ Ra	²²⁸ Ra	
	²¹⁴ Po			

Se deben aplicar los lineamientos técnicos para el muestreo y análisis de laboratorio suministrados por el SGC, para la caracterización de las fuentes naturales de radiación. El manejo de sustancias que exceden los límites que establezca el SGC, están sujetos a los criterios de vigilancia radiológica asociados con la exposición natural de acuerdo con la reglamentación nacional (Minenergía establecerá lo correspondiente)

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 de la fracturación hidráulica son el enorme potencial de variación dentro y entre diferentes ecosistemas existentes en nuestro país. Por esto, el

levantamiento en campo contempla **el tratamiento 1 (pozos no convencionales)**²² teniendo en cuenta diferentes épocas climáticas, que desarrolla el Interesado. Esta se contrastará con **dos levantamientos de campo adicionales: tratamiento 2 (pozos convencionales) y control o blanco (ecosistema a escala local con características similares, pero sin extracción sin alterar)**, que se desarrollan desde la línea base general que realiza directamente el Gobierno Nacional.

Para la caracterización del medio biótico, en desarrollo del Decreto 328 de 2020, se deben tener en cuenta los aspectos metodológicos definidos por el IAvH, para aquellos aspectos metodológicos no definidos por el IAvH, 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. Cuando sea requerido se debe efectuar la solicitud del permiso de estudio y otros requerimientos establecidos mediante el Decreto 1076 de 2015 (que compiló el Decreto 3016 del 27 de diciembre de 2013 “*por el cual se reglamenta el Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales*”), o el que lo modifique, adicione o sustituya, teniendo en cuenta los métodos establecidos en el presente documento.

La Unidad de análisis ecosistémica, consiste en las coberturas de la tierra en escala 1:10.000 o superiores. El muestreo deberá incluir un gradiente de transformación de coberturas dentro de unidades espaciales que permitan acceder a la heterogeneidad ambiental de la zona, pero que pueda contrastarse entre las unidades de muestreo y entre los tratamientos. Dichas unidades deberán reportarse según el MAG.

Para poder incluir el posible efecto de diferentes momentos climáticos, el diseño requerirá, durante el levantamiento de la línea base y monitoreo, muestreos dependientes de las tres principales categorías de lluvias del sitio a evaluar. Dicho esquema generalizado de muestreo deberá incluir épocas de aguas altas (precipitación muy por encima del promedio anual), aguas bajas (precipitación muy por debajo del promedio anual) y un momento de transición. 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 aguas altas, diciembre-enero-febrero para aguas bajas y transición entre noviembre-diciembre o marzo-abril, 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, pero el contraste cuantitativo entre los tratamientos, para que sean comprobables, deberá basarse en información primaria.

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 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 los ecosistemas 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 disponible en el Global Biodiversity Information Facility (GBIF), el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia – SiB, las colecciones biológicas del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional, las colecciones de la Universidad Industrial de Santander UIS, buscando grupos de organismos que tengan distribución en la región, y registrar dicha información con el fin de tener la mejor información de colecciones que nos digan que grupos de organismos había antes, así mismo realizar una búsqueda documentada en bases

²² la información para el tratamiento T1 (pozos no convencionales) como para el T2 (pozos convencionales) y Control o blanco debe ser obtenida conforme con lo establecido en el Anexo.

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 incluyendo las áreas definidas de los tratamientos.

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 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 un disturbio específico de este tipo de proyectos.

Dentro de los grupos de la biodiversidad 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 (sensibles a contaminación lumínica y auditiva)
- Mamíferos (sensibles a cambios en coberturas terrestres y contaminación lumínica y auditiva)
- Microorganismos (METABARCODING EN AGUA Y SEDIMENTOS) (Sensibles a cambios en la composición fisicoquímica del agua)
- Paisajes sonoros (indicador del estado del área evaluada 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)

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 recomendaciones de los levantamientos se precisan criterios y relaciona los análisis específicos que se deben adelantar.

Estas metodologías deben obrar en el Permiso de Investigación para los componentes de fauna, flora y microorganismo. Igualmente, todos los métodos de muestreo y lineamientos previstos en el presente documento deben estar amparados en el Permiso de Recolección de especímenes para elaboración de estudios ambientales y por tanto, deben estar aprobados por la Autoridad Competente.

El fin último es generar una línea base robusta que permita hacer los análisis comparativos entre tratamientos y permitan 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 e implementando un análisis comparativo entre los tratamientos. 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 (tratamiento 1 o T1) 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 (Control) y los pozos convencionales (tratamiento 2 o T2). 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 (Wagg et al., 2014). Reducciones en la diversidad de comunidades microbianas, como aquellas causadas por actividades asociadas al fracking (Cluff et al., 2014; Lozano et al., 2019), 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 (para época de lluvias y época seca) y las interrelaciones con otros ecosistemas, empleando las herramientas estadísticas e índices ecológicos adecuados. Asimismo, 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 del muestreo de perifiton, bentos y fauna íctica, precisa criterios y relaciona los análisis específicos que se deben adelantar.

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 fueron los procesos de revisión, curación y control de calidad de la información recolectada.

4) Cuáles fueron los procesos para documentar la presencia de especies no esperadas para la zona (aquellas que no estaban en las listas potenciales construidas con base en información secundaria)

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 los ecosistemas o 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.

6.2.4.2 Análisis de fragmentación²³.

Utilizar, para el análisis de fragmentación, las unidades de cobertura vegetal de tipo natural y seminatural en dos temporalidades como mínimo. 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 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 (estructural o funcional) a partir de la información obtenida para varios momentos en el tiempo, que describa los elementos que más aportan a la conectividad del territorio con el propósito de establecer medidas para asegurar la sostenibilidad de los hábitat - Los resultados se deben contrastar con la identificación de áreas nucleares del área de influencia.

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, manglares, bosques secos, arrecifes coralinos, pastos marinos, 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 ambiente²⁴.
- 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

²³ Se podrán utilizar herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para realizar los análisis de fragmentación.

²⁴ 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.

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 (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. Tremarcos-Colombia)..

6.2.6 Caracterización de La flora en Categoría de Veda Nacional y/o Regional

En la caracterización de la flora presente en el área de influencia del proyecto, se deberá en un título específico, posterior a la caracterización de los diferentes ecosistemas en el Área de Influencia del proyecto lo referente a Especies en Categoría de Veda, relacionando 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.

6.3 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 de línea base general 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.²⁵

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

²⁵ 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.

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.
- 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 funcionales²⁶ entre las distintas unidades territoriales, para acceder a los servicios públicos y sociales.

Especificar las distancias aproximadas entre la ubicación de todas y cada una de las viviendas, escuelas y demás infraestructuras comunitarias, que sean susceptibles de afectación por el proyecto 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 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 propiedad²⁷) 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

²⁶ Ver numeral 4.2.2.3

²⁷ 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.

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 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 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 cultural (como desplazamientos poblacionales, ordenamientos del territorio, etc.), precisando la vulnerabilidad frente a la pérdida de 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 certifiquen la presencia de comunidades étnicas en las áreas de influencia del proyecto que puedan ser afectadas por el desarrollo del mismo²⁸, se deben identificar estas comunidades, profundizando en la definición de los aspectos territoriales que involucran estas etnias, en cumplimiento del artículo 330 de la Carta Política de 1991, del artículo 76 de la Ley 99 de 1993 y de lo establecido en la Ley 21 de 1991, en la Ley 70 de 1993, en el Decreto 1066 de 2015 (que compila al Decreto 1320 de 1998) y en las Directivas Presidencial 001 del 2010 y 10 de 2013, y demás normas aplicables a la materia y/o aquellas que las modifiquen, sustituyan o deroguen, 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 (taitas, curanderos, curacas, payés, etc.), con quienes, de ser posible, se debe hacer un acercamiento especial con el fin de precisar desde el conocimiento tradicional las implicaciones del proyecto en el bienestar de la comunidad. Describir la relación con los demás sistemas de salud y las características de la morbimortalidad.
- **Educación:** Describir los tipos de educación (etnoeducación, 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

²⁸ En caso de que durante las labores de campo se identifiquen comunidades étnicas susceptibles de ser afectadas por el proyecto que no hayan sido reportadas en el pronunciamiento del Ministerio del Interior, se recomienda informar esta situación a dicho Ministerio, presentando los soportes correspondientes, con el propósito de que replantee o confirme su concepto inicial sobre la presencia de comunidades étnicas

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 (definidas y descritas en el numeral 4.2.2.3 del presente documento, que establece los análisis necesarios para la definición del área de influencia respecto del medio socioeconómico) 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 reasentar²⁹

En el Estudio de Impacto Ambiental se debe presentar un censo de la población asentada en el área de influencia del medio socioeconómico y de esta identificar la que pueda ser sujeta a reasentamiento, teniendo en cuenta la ubicación de los pozos a perforar y/o actividades conexas se deberán tener en cuenta los aspectos relacionados con la caracterización socioeconómica de la población a reasentar.

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)⁶⁹
- 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.
- 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.

²⁹ 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 impliquen reubicación o reasentamiento de población, estos deberán ser utilizados por el Interesado.

- 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 mismos³⁰, es la información de caracterización abiótica, biótica y socioeconómica, que debe ser 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.

³⁰ 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:

- 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/>.

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).

Asimismo, 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.
- 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 nivel de impacto que el proyecto tendría sobre el servicio ecosistémico. Este nivel de impacto se determinará con base en la evaluación de impactos a realizar en el EIA Y tomando como referencia la información secundaria existente sobre proyectos de fracturamiento hidráulico realizados fuera del país, en los cuales se haya identificado afectación de algún servicio ecosistémico. En la matriz solo se requiere determinar si el impacto del proyecto es alto, medio o bajo.

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	Usuarios del SSEE (Número de personas)	Estado actual del SSEE (Indicado)	Tendencia del SSEE (creciente, estable o decreciente) ***	Dependencia de las comunidades (alta, media baja)	Dependencia del proyecto (alta, media, baja)	Impacto del proyecto sobre el SSEE (Alto, Medio, Bajo)
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	
	Otro servicio identificado (especificar)						

7 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL³¹

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 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.

³¹ 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, debe presentar un programa de ahorro y uso eficiente del agua para las concesiones solicitadas; y un programa de ahorro y uso eficiente energía.

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 en donde se ubica la fuente o a través del cual se accede directamente a esta (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).
- Diseño tipo de la infraestructura y sistemas de captación, derivación, conducción, restitución de sobrantes y distribución.
- Para cada punto a intervenir, construir las curvas de duración de caudales medios diarios o medios mensuales, según la disponibilidad de la información.
- 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 capacidad 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 físicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos a caracterizar en corrientes superficiales solicitadas por el Interesado.

Parámetro /Actividad	Unidades	Captación ¹ ³²	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

³² 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	Captación1 32	Vertimientos Directos, agua Residual Doméstica	Ocupación de Cauces para Corrientes de Régimen Permanente
Sólidos sedimentables	mL/L	X	X	X
Sólidos totales	mg/L	X	X	X
Sulfuros total	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	

Parámetro /Actividad	Unidades	Captación1 32	Vertimientos Directos, agua Residual Doméstica	Ocupación de Cauces para Corrientes de Régimen Permanente
Densidad o peso específico	kg/m3 o kN/m3		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, además de la que se solicite en la normatividad vigente:

- Localización georreferenciada de los polígonos en los que se propone ubicar los sitios propuestos para realizar las perforaciones exploratorias, presentando la cartografía a la escala que establezcan los respectivos términos de referencia para PPII sobre YNC mediante FH-PH, o a una más detallada si el análisis lo requiere, señalando los predios en los que se localizan y la propiedad de los mismos (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.
- Descripción del sistema de perforación a emplear, señalando las especificaciones del equipo, características técnicas, manejo ambiental, registros físicos del pozo y diseño preliminar del mismo (profundidad, diámetro, material de entubado, ubicación tentativa de filtros, tubería ciega y sello sanitario).
- Cronograma de obras y presupuesto estimado.
- Caudal requerido y la información del 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:

- 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.

- Análisis físicoquímico y microbacteriológico del agua, incluyendo los parámetros de calidad de acuerdo con la destinación de uso (Libro 2, Parte 2, Título 3, Capítulo 3, Sección 1 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 lluvias.
- Diagnóstico sanitario de acuerdo a lo establecido en el FUNIAS el 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.
- 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 previsto para el mantenimiento del pozo.

8.3 VERTIMIENTOS

Cuando se pretendan generar vertimientos de aguas residuales domésticas, 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

Nota 2: Se podrán utilizar empresas especializadas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, siempre y cuando cuenten con los permisos y trámites ambientales de las autoridades competentes.

8.3.1 Para vertimientos en cuerpos de agua superficiales

El vertimiento de aguas no domésticas en cuerpos de agua superficiales no está permitido para el PPII de exploración de YNC (Parágrafo 2 del artículo 11 de la Resolución 631 de 2015).

Cuando el solicitante pretenda verter aguas residuales domésticas tratadas 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 Hídrico³³.

8.3.2 Para vertimiento al suelo de aguas residuales

El vertimiento de aguas no domésticas en suelos no está permitido para el PPII en YNC (Parágrafo 2 del artículo 11 de la Resolución 631 de 2015).

Para el permiso del vertimiento al suelo de las aguas residuales domésticas 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 del Decreto 1076 del 2015 modificado 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.

8.3.3 Para vertimiento de fluidos de retorno y agua de producción a través de pozos de reinyección.

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 que aplique y de sus ecosistemas conexos, de acuerdo con la normatividad ambiental vigente:

- **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 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.
- **Formación propuesta para reinyección:** Copia del informe de geología solicitado por la entidad fiscalizadora, sobre la formación propuesta para la inyección, resaltando aspectos relacionados con:

³³ Mientras se expide la guía, se debe continuar aplicando los modelos de simulación existentes.

- Identificación y caracterización de formación geológica propuesta para inyección, así como de la formación (es) o capa (s) que actúa (n) como sello hidráulico regional supra e infrayacente de la formación propuesta para inyección, reportando las características litoestratigráficas, espesor máximo, mínimo y promedio, extensión lateral, continuidad y uniformidad, análisis estructural donde se determine su posible afectación por discontinuidades estructurales (fallas, pliegues y fracturas).
- 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 y cualquier discontinuidad con referente histórico de sismicidad en la región.
- **Diseño mecánico del pozo inyector.** Se deberá presentar la siguiente información:
 - Identificación y resumen de la caracterización de todos los acuíferos que serán “intervenidos” 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, caracterización fisicoquímica e isotópica de acuerdo con las tablas 9 y 10.
 - Se debe presentar el diseño mecánico previsto para los pozos inyectores proyectados, con las medidas de protección diferenciales para los sistemas acuíferos identificados que aseguren su aislamiento hidráulico. Igualmente deben reportar todas las medidas preventivas que eviten impactos adversos sobre la estructura del pozo inyector y las formaciones intervenidas³⁴.
- **Caracterización prevista del vertimiento:** Volúmenes de inyección por periodo de tiempo y presiones máximas de inyección previstas, duración, periodicidad (continuo o intermitente), caracterización fisicoquímica esperada del fluido de retorno y agua de producción (Incluidos fluidos con presencia de radionucleidos de origen natural) que se pretende verter antes y después del tratamiento.
- **Descripción del sistema de tratamiento previsto** (diseños tipo, esquemas y figuras).
- **Gestión de riesgos asociados con el vertimiento a través de pozos inyectores:** El Interesado debe identificar las situaciones que limiten o impidan el proceso de inyección o el tratamiento del vertimiento 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:

8.3.3.1 *Reporte de información, una vez finalizada la perforación de pozos inyectores:*

Se debe reportar dentro de los 5 días siguientes a la finalización de dichas labores de pozos de inyección, la siguiente información:

- Copia de las pruebas iniciales de inyección 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.
- Resultado de la caracterización fisicoquímica del agua de formación con los siguientes parámetros adicionales (Tabla 14) a los contemplados en las tablas 8 y 9 del capítulo 6.1.6.

³⁴ 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.

- características hidráulicas (conductividad hidráulica horizontal y vertical, coeficiente de goteo, coeficiente de difusividad).
- las condiciones de inyectividad 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.

TABLA 14 PARÁMETROS ADICIONALES PARA CARACTERIZAR AGUAS DE FORMACIÓN DONDE SE REALIZA INYECCIÓN³⁵

OTROS IONES		Límite de detección
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	
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		
Dióxido de carbono (CO ₂)	mg/L	
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	mg/L	
RADIOISÓTOPOS		
Radio-226 (²²⁶ Ra)	Bq/L	
Radio-228 (²²⁸ Ra)	Bq/L	
Presencia de NORM		

- 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 acuíferos.
- Copia del modelamiento hidrogeoquímico en el cual se determine la zona de mezcla de inyección.
- 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.

³⁵ 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

8.3.3.2 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:

TABLA 15. VARIABLES DE MONITOREO ORIENTADO A SEGUIMIENTO Y PREVENCIÓN DE AFECTACIONES A LOS ACUÍFEROS SUPRAYACENTES³⁶.

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

8.3.3.3 inyección en pozos inyectores existentes

En caso de plantearse la utilización de pozos inyectores existentes, que deben ubicarse al interior del área de la que se solicita licencia ambiental para el PPII, 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.

8.4 OCUPACIONES DE CAUCES

Cuando el proyecto requiera la intervención de cauces de cuerpos de agua, debe observar lo dispuesto en la normatividad ambiental vigente, y además debe:

- Identificar y caracterizar la dinámica fluvial de los posibles tramos o sectores a ser intervenidos.
- Presentar la ubicación georreferenciada de los tramos homogéneos (dinámica fluvial, caudales, estabilidad de márgenes, pendiente de taludes, gradiente del cauce, vegetación asociada) donde se implementarán las obras.
- Presentar la caracterización físicoquímica de los parámetros indicados en la Tabla 13.

³⁶ 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

- Georreferenciar el (los) punto(s) en donde se ubican 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 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 los diseños preliminares de las obras a construir, la temporalidad y procedimientos constructivos.
- Con base en información disponible realizar el análisis de frecuencia para caudales máximos y medios, para diversos periodos de retorno justificando técnicamente los seleccionados mediante el uso de metodologías de valores extremos.

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 deberá presentar la siguiente información:

- Realizar un inventario forestal por cobertura vegetal de todos 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 **de cada ecosistema** 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 se requiera el aprovechamiento 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, La ANLA impondrá dentro del trámite de la licencia, las medidas a que haya lugar para garantizar la conservación de las especies vedadas, de conformidad con Decreto 2106 del 22 de noviembre de 2019 o en aquella que la modifique, sustituya o derogue.

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..

Los PPII no podrán intervenir al interior de la zonificación de áreas de manglar definida para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional³⁷

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)³⁸ 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, el cual debe ser incluido en 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, para las actividades que se realicen posteriores a la obtención de la licencia ambiental, el cual es diferente del permiso al que se refiere la Sección 2, del Capítulo 9, Título 2, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015, que es necesario para adelantar el EIA, es decir, de manera previa a la obtención de la licencia.

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 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.

³⁷ Zonificación que se define mediante resolución del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

³⁸ 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.

- 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.

8.6.1 Aprovechamiento de especies en veda

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.

8.7 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 un año 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. 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 recuperados por Evaporación Forzada

La técnica de tratamiento de aguas no domésticas recuperadas por evaporación forzada debe atender que la Resolución 631 de 2015 prohíbe el vertimiento de aguas provenientes del fracturamiento hidráulico, incluso después de tratamiento. Para evaluar el impacto al componente atmosférico de la evaporación de las aguas de proceso y aguas 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 agua.** 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 (H₂S), 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 otro tipo de sustancias que se caractericen por generar olores ofensivos como sulfuro de hidrógeno (H₂S) y amoníaco (NH₃). Se recomienda incluir esta actividad dentro de un Plan para la reducción del impacto por olores ofensivos (PRIO) que se proponga de acuerdo con el numeral 6.1.6.4, desde etapas tempranas del proyecto, con el fin de mantener un enfoque preventivo y no correctivo, con el fin de evitar o minimizar quejas por parte de la comunidad.
- **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), H₂S, NO_x, Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), Hidrocarburos aromáticos policíclicos (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 radioactivos 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 el numeral 6.1.6.3.1 del presente documento. Especial atención se requiere, en el caso 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 de Vigilancia de la calidad de aire industrial para vigilar el impacto de la actividad, 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 e hidrocarburos totales. De manera específica Benceno, Tolueno, formaldehído, Metanol y H₂S.

Además, se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Inventario y posible localización en planos 1:10.000, o de mayor detalle, de todas las fuentes de emisión de material particulado que contempla el proyecto y las cuales deben ser incluidas como parte de los datos de entrada para alimentar la modelación (fuentes de área, fuentes dispersas, móviles, lineales y fijas). A partir de los criterios adoptados internacionalmente para el análisis de emisiones, se deben estimar las emisiones de cada una de las fuentes del proyecto.
- El desarrollo de la modelación debe indicar los aportes de contaminación producto de las actividades del proyecto, en relación con las concentraciones de fondo y los aportes de las fuentes restantes que tienen incidencia en la zona, haciendo estimaciones de inmisión para las áreas de asentamientos humanos y zonas críticas identificadas. Debe permitir:
 - identificar las zonas de mayor incremento en la presencia de material particulado para cada uno de los escenarios del proyecto que sean considerados.
 - valorar la magnitud del impacto ocasionado por esta actividad sobre las condiciones de la calidad del aire en poblaciones potencialmente afectadas, con base en el marco normativo vigente.

En los estimativos se deberá reportar:

- el promedio anual de las concentraciones.
- los lugares donde se presentarán los mayores efectos.
- el comportamiento estimado en las áreas más sensibles (áreas pobladas).
- efectuar las respectivas comparaciones con las normas de calidad del aire nacionales o internacionales en caso de que el parámetro no se encuentre reglamentado en Colombia.
- La modelación debe permitir evaluar el grado de contribución del proyecto por fuente de emisión a las concentraciones existentes de material particulado en la zona, permitiendo orientar los tipos de control a establecer.
- El modelo debe ser aplicado para las diferentes fases del proyecto de acuerdo con el avance proyectado e incluir el escenario sin la aplicación de medidas de control.

8.7.2 Fuentes de generación de ruido y receptoras

Para la realización de este inventario se debe emplear la metodología descrita en el numeral “Ruido” (6.1.6.4 del presente documento), adicionalmente, hacer la relación de fuentes proyectadas, dicha información debe contener:

- Tráfico proyectado
- Número y tipo de fuentes (puntual, área o lineal)
- Caracterización de las fuentes (tipo, marca, referencia, horas de operación y horario), potencia sonora de referencia basada en bibliotecas de información basada en estándares internacionales.

El modelo de ruido se debe emplear para tres escenarios (actual sin proyecto, futuro con proyecto sin medidas de control y futuro con proyecto con medidas de control) teniendo en cuenta lo establecido en el numeral 6.1.6.4.1 del presente documento:

Los resultados del modelo deben permitir:

- Identificar las zonas de mayor incremento en los niveles de ruido ambiental para cada uno de los escenarios del proyecto.
- Valorar la magnitud del impacto ocasionado por esta actividad sobre las condiciones del ruido ambiental en los receptores de interés teniendo en cuenta el marco normativo vigente (Resolución 627 de 2006).
- Identificar el aporte de niveles de presión sonora que realiza cada fuente o grupos de fuentes sobre los niveles de ruido ambiental de la zona objeto de estudio utilizando para esto los resultados de los modelos predictivos de ruido y la evaluación de estos sobre los receptores.

8.8 PROTECCIÓN DE LOS ACUÍFEROS Y ECOSISTEMAS CONEXOS EN LAS ACTIVIDADES DE FH-PH 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:

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 o arreglo de pozos de FH-PH de YNC, indicando su retiro 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.
- Estado de pozos de hidrocarburos convencionales, (activos, inactivos y abandonados)
- Modelo geológico-estructural, en el cual se identifiquen los sistemas de fallas geológicas y discontinuidades estructurales presentes en el área de influencia de los PPII y su relación y distanciamiento del pozo o arreglo de pozos 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 que serán intervenidas con la(s) perforación(es), describiendo sus características litológicas, texturales y estructurales, espesores y continuidad lateral, parámetros hidráulicos y caracterización fisicoquímica e isotópica de acuerdo con las tablas 9 y 10 del capítulo 6.1.5 de hidrogeología.

- Características constructivas del pozo o arreglo de pozos de FH-PH de YNC, que aseguren el aislamiento hidráulico de los acuíferos identificados 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.
- Descripción de los materiales a ser utilizados pozo o arreglo de pozos de FH-PH de YNC, que permita prevenir la corrosión y asegurar su integridad, anticipando los niveles de estrés y la susceptibilidad del material al agrietamiento debido a la combinación de factores ambientales o altas cargas cíclicas de trabajo
- Simulación realizada para definir la extensión máxima de las fracturas hidráulicas inducidas, por etapa y por pozo, así como su distanciamiento de los acuíferos identificados y ecosistemas conexos.

8.8.2 Sobre el fracturamiento previsto

- Los sistemas de almacenamiento de fluido de fracturamiento hidráulico, fluido de retorno y/o agua producida.
- Cantidad del fluido base utilizado que se puede almacenar en las fracturas por tipo de pozo, mediante el cálculo del volumen de todas las fracturas asociadas con una red de fracturas discretas, para lo cual debe determinar la metodología utilizada.

Nota. Ningún fluido de fracturamiento puede superar los límites de la formación objetivo durante la fase de fracturamiento, dimensionamiento y abandono del proyecto, de tal forma que no se afecten zonas que no correspondan a los recursos que se pretenden explorar.

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 caudal 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 bajo el cual el producto ha sido mercadeado o vendido, el proveedor 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 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 mejores características de toxicidad y comportamiento ambiental; los componentes utilizados deberán ser reportados en los Informes de Cumplimiento Ambiental.

- Método para transportar 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 recuperado

Con relación al fluido recuperado (incluyendo el fluido de retorno) se debe presentar la siguiente información

- La descripción del proceso a ser utilizado para el tratamiento.
- Descripción de cómo el fluido recuperado será manejado, incluyendo la forma en que será almacenado, transportado y la descripción de cualquier infraestructura asociada.
- Método para transportar el fluido recuperado:
 - 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 normativa vigente.

9 EVALUACIÓN AMBIENTAL³⁹

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 (si la ANLA decide licenciarlo)..

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 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

³⁹ 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

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 significancia⁸⁰, 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 éstas 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 ocurrencia⁴⁰, el Momento⁴¹, la Recuperabilidad⁴², la Periodicidad⁴³ y el Efecto⁴⁴; 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

⁴⁰ 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.

⁴¹ 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.

⁴² 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.

⁴³ 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.

⁴⁴ De acuerdo a 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 contingentes que tengan una probabilidad de ocurrencia superior al 5%.

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.

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

Este análisis debe presentar una estimación del valor económico de los beneficios y costos ambientales que potencialmente generará la ejecución del proyecto.

El propósito del conjunto de herramientas es identificar y estimar el valor económico de los impactos ambientales, de tal manera que estos puedan incluirse dentro del análisis de evaluación económica ambiental del proyecto y contribuir en la determinación de la viabilidad del mismo.

En este marco, la Evaluación Económica Ambiental (EEA) permite que el EIA se constituya en una herramienta técnica para garantizar la proporcionalidad entre las pérdidas de bienestar producidas por los impactos ambientales no internalizables⁴⁵ y las ganancias de bienestar generadas por las medidas contempladas en el Plan de Manejo Ambiental (PMA), es decir, para garantizar que los costos ambientales generados por ese tipo de impactos sean menores o equivalentes al valor de las medidas de compensación que se adopten en el PMA para su manejo.

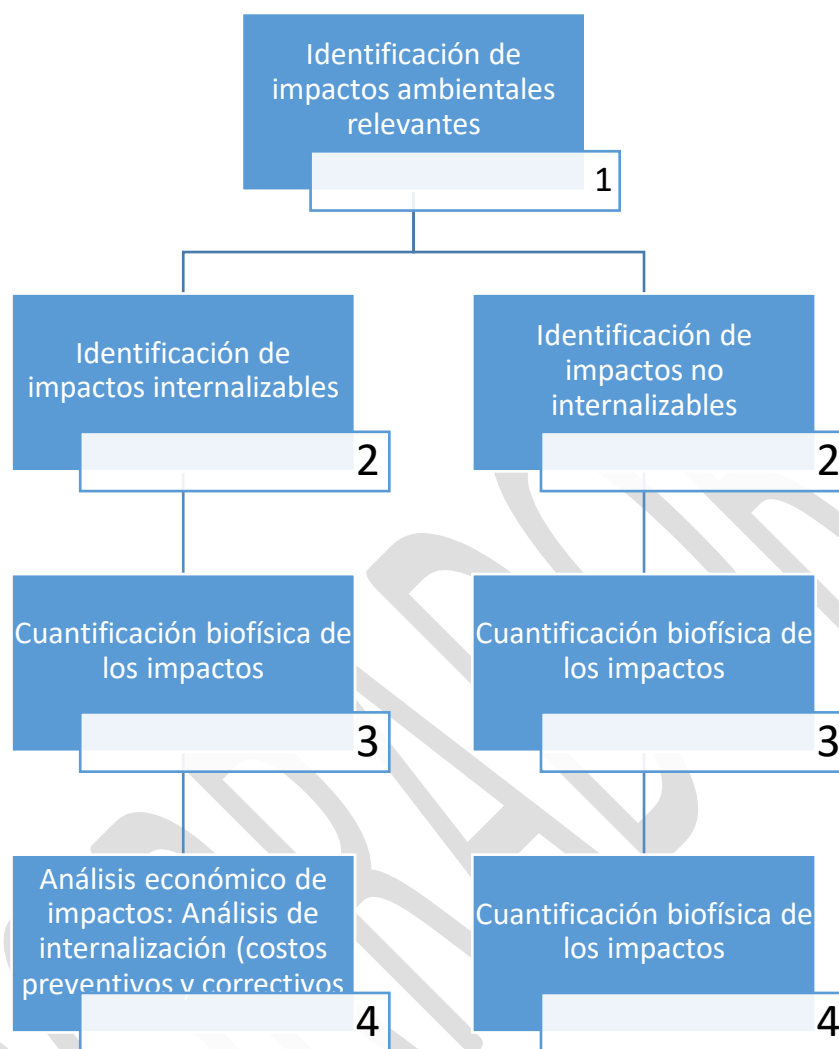
9.3.1 Etapas para el análisis económico en la evaluación económica ambiental

Una de las fuentes de información de las autoridades ambientales para el proceso de decisión respecto del otorgamiento o negación de la licencia ambiental de un proyecto, es la EEA. El proceso metodológico para desarrollar esta evaluación comprende las siguientes fases: i) identificación de los impactos ambientales calificados como relevantes de acuerdo a lo establecido en el documento *Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental*⁴⁶; ii) identificación de impactos internalizables y no internalizables; iii) cuantificación biofísica y; iv) análisis económico de impactos (análisis de internalización para los internalizados y análisis costo beneficio para los no internalizados) (ver Figura 4).

⁴⁵ Los impactos ambientales no internalizables no deben vulnerar los derechos fundamentales de la población. Cuando los impactos ambientales afecten los derechos fundamentales de la población, éstos deben ser prevenidos o corregidos.

⁴⁶ Este documento (adoptado mediante la Resolución 1669 del 14 de agosto de 2017) establece que los impactos ambientales relevantes, son aquellos calificados dentro de las tres categorías de mayor significancia establecidas en la evaluación de impactos ambientales

Figura 4. Estructura general del proceso de evaluación económica ambiental en los EIA



Fuente: Grupo Valoración Económica Ambiental de la ANLA -2016.

La EEA no es un componente aislado en el EIA, sino que se articula con otros apartados de este estudio ambiental como la identificación y valoración de impactos ambientales, la cuantificación biofísica de los mismos y el estudio de los servicios ecosistémicos.

Todos los requerimientos de información, procedimientos, consideraciones y referentes teóricos y metodológicos que se deben aplicar para desarrollar la EEA, son descritos en detalle en el documento *Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental*, adoptado mediante la Resolución 1669 del 14 de agosto de 2017. Este documento, al ofrecer un panorama amplio de la aplicación de la economía ambiental en el marco del licenciamiento, facilita la comprensión y desarrollo de esta evaluación.

A fin de complementar lo establecido en documento *Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental* (en lo que sigue se refiere como *el documento*) y especificar los alcances de la EEA dentro del licenciamiento ambiental, a continuación, se describe brevemente cada una de sus etapas y se señala en qué lugar de este se encuentra su descripción completa.

- Identificación de impactos relevantes: sólo este tipo de impactos debe ser incluido en el análisis económico. Los impactos ambientales relevantes en el ámbito de la EEA son aquellos calificados dentro de las tres categorías de mayor significancia establecidas en la evaluación de impactos

ambientales (*numeral 9.2*). Esta identificación permite orientar el análisis de internalización y la selección de metodologías apropiadas para la valoración económica de las externalidades.

- Identificación de impactos internalizables y no internalizables: una vez identificados los impactos ambientales relevantes, éstos deben ser clasificados en internalizables y no internalizables; para ello, es necesario tener en cuenta la jerarquía de las medidas de manejo⁴⁷ y las siguientes definiciones:
 - Los impactos ambientales internalizables corresponde a una fracción de un impacto o a impactos, para los cuales las medidas de prevención, mitigación y corrección contempladas en el Plan de Manejo Ambiental (PMA) garantizan que no se produzcan afectaciones sobre el bienestar de la población, pues técnicamente pueden controlarlas.
 - Los impactos ambientales no internalizables corresponden a los impactos que persisten una vez han sido contempladas todas las respectivas medidas de prevención, mitigación y corrección del el Plan de Manejo Ambiental y, que, por tanto, deben ser compensados.

Las consideraciones detalladas para el desarrollo de esta fase se encuentran en el Instructivo B del documento.

Cabe recalcar que el que un impacto sea clasificado como internalizable, depende de la efectividad de las medidas de prevención, mitigación y corrección contenidas en el PMA. Para que sea considerado como tal, dichas medidas deben conducir a que no se produzcan afectaciones sobre el bienestar social y los impactos deben ser técnicamente controlables a través de éstas (no deben existir impactos ambientales residuales). En caso de que los impactos persistan aún con las medidas de prevención, mitigación y corrección contempladas, el impacto ambiental o la fracción del mismo debe considerarse como no internalizable. Por lo anterior, durante esta etapa debe justificarse técnicamente la efectividad de las medidas de prevención, mitigación y corrección contempladas en el PMA. Adicionalmente, es necesario destacar que todo impacto ambiental que pueda ser técnicamente internalizado debe ser internalizado.

- Cuantificación biofísica de los impactos: consiste en determinar los servicios ecosistémicos asociados a los impactos relevantes, para luego proceder a la estimación del cambio en los mismos (cuantificación biofísica). Es importante tener precaución en el uso de las unidades en las que expresen los impactos previsible por el desarrollo del proyecto, para asegurar su coherencia con las que se utilicen para el análisis económico.

Las consideraciones detalladas para el desarrollo de este paso se encuentran en el Instructivo B del *documento*.

- Análisis económico de impactos: se deben realizar análisis económicos diferenciados para los impactos internalizables y para los no internalizables de la siguiente forma:

Para impactos internalizables. El análisis económico para este tipo de impactos se denomina Análisis de Internalización y consiste en el uso de la información de las medidas de prevención, mitigación y corrección consignadas en PMA, con el fin de asumir como valor de los impactos, el costo de implementación de dichas medidas. Adicionalmente, este análisis permite hacer la trazabilidad del comportamiento de los impactos que serán objeto de seguimiento ambiental.

Las consideraciones detalladas para el desarrollo de este paso se encuentran en el Instructivo B del *documento*.

Para impactos ambientales no internalizables. Para este tipo de impactos, se debe efectuar el Análisis Costo Beneficio de los impactos negativos y positivos, el cual consiste en comparar, bajo una misma unidad de medida y en un mismo momento del tiempo, los beneficios y costos

⁴⁷ Conocida internacionalmente como Jerarquía de la mitigación.

ambientales que se generarían con la ejecución del proyecto y con la implementación del PMA⁴⁸. Las consideraciones detalladas para el desarrollo de este análisis se encuentran en el Instructivo A del *documento*.

Es necesario tener en cuenta que, previo al desarrollo de este Análisis Costo Beneficio, es necesario cuantificar los impactos ambientales en términos económicos mediante la Valoración Económica para impactos no internalizables, que se detalla en el Instructivo C del *documento*, o mediante el uso de la metodología de transferencia de beneficios, cuyos alcances, restricciones y limitaciones se encuentran en el Instructivo D de dicho documento de criterios.

A fin de comparar los costos y beneficios que ocasionaría la ejecución del proyecto y la implementación del PMA durante todas sus fases, es necesario calcular el Valor Presente Neto (VPN). Para ello, se debe seleccionar una tasa de descuento apropiada, teniendo en cuenta las condiciones de los ecosistemas impactados por el proyecto.

Es posible utilizar la Tasa Social de Descuento⁴⁹ (TSD) como tasa de descuento, sin embargo, teniendo en cuenta que los servicios ecosistémicos ofrecen beneficios sociales que perduran por un periodo de tiempo superior al de la mayoría de proyectos de inversión pública (para los cuales fue calculada la TSD), es necesario tener precaución en el empleo de esta tasa, pues puede subestimar el valor a perpetuidad de los servicios ecosistémicos.

Por lo anterior, es importante que se evalúen las opciones y se seleccione la tasa de descuento teniendo en cuenta la resiliencia de los ecosistemas afectados y la posibilidad de restauración de los mismos, en especial, cuando se afecten recursos naturales que prestan servicios ecosistémicos en el largo plazo. En los casos en los que el ecosistema tenga una baja resiliencia, no sea posible su restauración en el corto o mediano plazo, o se produzca un impacto inter-generacional (con una duración igual o mayor a 18 años), debe emplearse una tasa de descuento igual o menor al 5%.

Cuando se decida emplear la TSD calculada en el marco de la Metodología General Ajustada (MGA) (DNP, 2015), la cual es susceptible de actualización por parte del Gobierno Nacional, se debe justificar su utilización evidenciando que la resiliencia de los ecosistemas afectados es alta, que es posible su restauración en el corto o mediano plazo y que los impactos tendrán una duración menor a 18 años.

Los resultados de la EEA deben integrarse a los demás criterios técnicos (abióticos, bióticos y socioeconómicos) que surjan de la evaluación ambiental, a fin de ilustrar con información relevante los beneficios y perjuicios que traería el proyecto sobre el bienestar de la sociedad, evidenciando las limitaciones e incertidumbres propias de la información y de los métodos que se utilicen. Es necesario recordar que los resultados de la EEA son subsidiarios dentro del proceso de toma de decisión sobre la viabilidad ambiental del proyecto; es decir, la decisión de otorgar o no la licencia ambiental no se basa exclusivamente en dicha evaluación.

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.

⁴⁸ Debe tenerse en cuenta que tanto la ejecución del proyecto como la implementación del PMA pueden producir impactos ambientales positivos (beneficios) y negativos (costos).

⁴⁹ La TSD refleja el costo de oportunidad que la sociedad está dispuesta a asumir por invertir recursos, para el desarrollo de un proyecto, de forma que la rentabilidad social esperada no puede ser inferior a ella. Actualmente, el valor de la TSD sugerida para proyectos de inversión pública en Colombia es del 12% (DNP, 2015).

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:** corresponde a áreas que no pueden ser intervenidas por las actividades del proyecto. Se considera que el criterio de exclusión está relacionado con vulnerabilidad y funcionalidad ambiental de la zona y con el carácter de áreas restricciones legales o con régimen especial.

- **Áreas de Intervención con Restricciones:** se trata de áreas donde se deben tener en cuenta manejos especiales y restricciones propias acordes con las actividades y fases del proyecto y con la vulnerabilidad ambiental de la zona. Deberá establecerse grados y tipos de restricción y condiciones para la ejecución de las obras y actividades. Se deberá presentar en tres categorías (alta, media y baja).

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

Tanto la zonificación de manejo ambiental de cada medio (mapas inter-medios), como la zonificación de manejo ambiental final (la agregación de los mapas de cada medio), deben cartografiarse a escala 1:10.000, o de mayor detalle, acorde con la vulnerabilidad 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.

11 PLANES Y PROGRAMAS

11.1 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) 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.

Asimismo, 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 puede haber impactos que se manifiesten en diferentes componentes o medios (por ejemplo, la contaminación 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^{50, 51}.
- 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.

⁵⁰ 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.

⁵¹ 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.

- 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.

Se deben incluir entre las medidas de manejo propuestas, las siguientes:

11.1.1.1 Manejo de recurso suelo como soporte

Las medidas de manejo ambiental deben incluir, pero no están limitadas a:

- Descripción de manejo de residuos derivados del tratamiento del fluido recuperado y/o de la sedimentación en tanques de almacenamiento.
- Para el transporte de los fluidos de fracturamiento hidráulico y recuperado se debe dar cumplimiento a lo establecido en el Decreto presidencial 1609 de 2002 o las normas que lo modifiquen, sustituya o derogue.
- Descripción de las medidas a implementar para minimizar los potenciales impactos ambientales asociados con el manejo del fluido recuperado, incluyendo el uso de superficies impermeables, contención secundaria, tanques y sistemas de tratamiento.
- Retiro del sitio de los fluidos de fracturamiento hidráulico y recuperado en un plazo no mayor de 60 días calendario después de finalizadas las operaciones de fracturamiento hidráulico.
- 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 detectar contaminación en el suelo el Interesado debe realizar el reporte en el formato de eventos de contingencia de ANLA dando alcance a lo establecido en la Resolución 1767 de 2016.

Nota. Conforme con lo estipulado en el parágrafo 3 del artículo 6 del Decreto 50 de 2018, no se puede hacer vertimiento al suelo del fluido recuperado.

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, pero no están limitadas a:

- Consultar la guía para el uso eficiente y ahorro del agua, Minambiente, 2018.
- Medidas de espaciamiento entre las fuentes de agua y los pozos o arreglo de pozos de FH-PH de YNC o Inyección.
- Registro continuo del caudal concesionado.

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 y uso eficiente 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.
- Medidas para el uso eficiente y ahorro del agua en todas las actividades relacionadas con el PPII (perforación, fracturamiento) consultar la guía Minambiente, 2018

11.1.1.4 Manejo Aguas subterráneas

El plan de manejo debe incluir, pero no estar limitado a 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 retiros de los componentes del PPII que puedan catalogarse como fuentes potenciales de contaminación, de:

- 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

Medidas para la protección de los todos los sistemas acuíferos identificados, que incluyan:

- Medidas para el manejo de las actividades y componentes del PPII, 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 intervenidos (atravesados) por todos los pozos perforados en desarrollo de los PPII,
- Medidas para garantizar la estabilidad e integridad de los pozos perforados en desarrollo de los PPII, 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 PPII, en especial en las etapas de fracturamiento hidráulico e inyección.
- Medidas para la gestión de todos los riesgos de contaminación de acuíferos, de acuerdo con lo solicitado en el capítulo 8.3.3
- Medidas para “no impedir” el uso actual y potencial de los acuíferos existentes en el área de influencia del PPII, por las actividades de FH-PH e inyección.

Condiciones adicionales para la a protección de las aguas subterráneas, por vertimiento a través de pozos inyectoros

- Solo se permite la inyección de fluido recuperado siempre y cuando estas sean compatibles con al agua residente en la formación geológica propuesta para inyección.
- En la fase de construcción del proyecto, se debe notificar a la ANLA dentro de las 24 horas siguientes de manera escrita, sobre cualquier falla o contingencia relacionada con la integridad mecánica de un pozo inyector.
- El riesgo de contaminación inducida por comunicación entre el pozo y otros pozos (antiguos, sellados, o abandonados) está a cargo del Interesado, quien debe haber identificado esta posibilidad previamente mediante la inspección, verificación y registros adecuados, y en consecuencia tiene el deber de tomar las medidas de corrección que sean necesarias. Igualmente, es responsable del riesgo de generación de sismicidad. En ambos casos la ANLA podrá ordenar la suspensión o el cierre del pozo, según sea el caso, sin perjuicio de las sanciones correspondientes.:

11.1.1.5 Ecosistemas y biodiversidad

El plan de manejo debe prever, pero no limitarse a las siguientes medidas:

En cuanto a la estacionalidad aplicar la metodología prevista 6.2 que debe ser replicada al menos hasta el cierre y abandono del pozo, pues el efecto de impacto algunas veces se evidencia en escala entre 4-11 años después de operaciones (Frantz et al. 2018, Farwell et al 2019). De este modo, se puede cuantificar y monitorear los efectos de la fracturación hidráulica en el corto, mediano y largo plazo, teniendo en cuenta afectaciones al ensamblaje de biota terrestre y establecimiento o alerta temprana de umbrales de afectación.

Identificar las medidas necesarias para mitigar los impactos acumulativos que puede generar el desarrollo del PPII 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

El plan de manejo de los pozos inyectoros deberá tener, pero no limitarse a las siguientes medidas:

- a) Distancia mínima de inyección a la(s) falla (s) geológicas más cercanas encontradas.
- b) Medidas para determinar que la composición de los fluidos a reinyectar es compatible con la formación objetivo-receptora.
- c) Medidas que garantizan que el fluido a inyectar después de tratamiento cumpla con:
 - pH entre 4.5 y 12.5 unidades.
 - Punto de ignición mayor a 600°C
 - Concentración de PCB menor a 2 mg/Kg
 - Fracción Orgánica no halogenada menor a 10% en masa (menos de 100.000 mg/Kg).
- d) 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.

No obstante, antes de realizar operaciones de vertimiento mediante pozos de inyección se debe prever realizar inspección de las condiciones de integridad de los pozos activos, inactivos y abandonados ubicados, dentro del área de Revisión, que puedan generar riesgos para esta actividad- Este control se deberá repetir pasado un (1) año y posteriormente cada tres (3) años después de iniciar la actividad. El reporte correspondiente deberá ser entregado en el ICA respectivo.

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, pero no limitarse a las siguientes medidas:

- 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.

- Implementar medidas adicionales de control de emisiones, radiación (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.
- Programa de detección y reparación de fugas.
- Para cada uno de los pozos o arreglo de 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), acciones nacionalmente apropiadas de mitigación (NAMA), programas de reducción de emisiones, o las demás establecidas por el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. En caso de no existir medidas en el marco de acciones nacionales, deberán proponerse dichas medidas de mitigación o una estrategia para su desarrollo.
- Las demás medidas que se consideren pertinentes para mitigar, corregir o compensar los impactos identificados.

11.1.1.8 Plan de Manejo de ruido

El plan de manejo de ruido debe incluir las siguientes medidas:

- Todas las actividades del PPIL 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.

11.1.1.9 Fracturamiento hidráulico

Dentro del plan de manejo para la actividad de fracturamiento hidráulico se deberán establecer, entre otras, las siguientes medidas:

- Previo al desarrollo de esta actividad, debe entregar a la ANLA con debida antelación, el Modelo hidrogeológico conceptual ajustado previsto en el numeral 6.1.5.1 con la información recogida en el proyecto, los ajustes a esta actividad que se deriven de este modelo ajustado.
- Se utilizarán sistemas de 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 tanques con capacidad de 10 barriles o más 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.
- No se podrán mezclar o almacenar componentes del fluido de fracturamiento hidráulico (tal como se define en el glosario) 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,.
- Las siguientes sustancias químicas no deben ser utilizadas como aditivos en el fracturamiento hidráulico: 2 Butoxyethanol (2-BE) [CAS No. 111-76-2], 2,2-dibromo - 3-nitrilopropionamide (DBNPA) [CAS No. 10222-01-2], Dibromoacetone (DBAN) [CAS No. 3252-43-5] y Propargyl alcohol [CAS No. 107-19-7], que se han clasificado de alto riesgo para la salud pública de los habitantes o para el ambiente.
- No se pueden utilizar fluidos de fracturamiento con componentes clasificados como peligroso en las categorías de veneno o transporte de acuerdo con la EU/Swiss Poison Class y la US Department of Transportation (DOT), respectivamente, a menos de 600 m de profundidad, medidos desde superficie, ni sobre el nivel de agua de un acuífero con uso actual o potencial, de acuerdo con lo definido por la autoridad ambiental competente.
- Referente a químicos con contenido de benceno o etilbenceno, catalogados de alto riesgo para la salud pública o para el ambiente, no deben usarse si las áreas de fracturamiento se encuentran a menos de 10 km de la cabecera municipal, donde la densidad poblacional en la cabecera supere los 40 habitantes por km².
- Informar con la debida antelación, las fechas aproximadas para el desarrollo de las actividades de fracturamiento hidráulico 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 presencia de radionucleidos de origen natural en el fluido de retorno, debe determinar el manejo específico considerando los lineamientos de vigilancia radiológica que expida Minenergia.
- Antes de realizar el fracturamiento del pozo se debe realizar la inspección de integridad de los pozos activos, inactivos y abandonados ubicados dentro del área de Revisión. Luego, pasado un (1) año o antes del abandono del pozo . El reporte correspondiente deberá ser entregada en el ICA respectivo.

11.1.1.10 Medidas de Manejo del fluido recuperado

Las medidas adicionales a las previstas en 11.1.1.9, que aplican para el manejo de fluido de recuperado, deben incluir:

- No se podrá almacenar fluido recuperado 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 vigente
- Descripción del método de reutilización del fluido de recuperado (en caso de que sea posible).
- Descripción de las medidas a tomar para minimizar los potenciales impactos ambientales asociados con el manejo del fluido recuperado, incluyendo el uso de superficies impermeables, contención secundaria, tanques y sistemas de tratamiento.

- Descripción de manejo de residuos derivados del tratamiento del fluido recuperado y/o de la sedimentación en tanques de almacenamiento.
- Teniendo en cuenta que el fluido recuperado presenta radionucleidos de origen natural, deben contemplarse las medidas para su manejo y disposición de los residuos derivados de la gestión de fluidos recuperados que contengan radionucleidos de origen natural, considerando los lineamientos de vigilancia radiológica que expida Minenergía.
- No se pueden utilizar terceros para el manejo y disposición de los fluidos recuperados en actividades de FH-PH, que no tengan licenciada de manera específica esta actividad.

11.1.1.11 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.

11.1.1.12 Medidas de socialización

Se deberá realizar 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 en general del fluido recuperado y el manejo y disposición del fluido recuperado, entre otras particularidades.

Para los propietarios, tenedores, poseedores, arrendatarios, etc. de los predios donde se desarrollen los pozos del PPII y los propietarios de predios que se ubiquen en derredor de 2,0 kilómetros del sitio donde se va a perforar el pozo se deberá realizar una socialización específica previa al inicio de actividades la cual deberá ser reportada y demostrada a la finalización de dichas labores y en el mes siguiente de determinada por parte del Interesado.

11.1.1.13 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. El plan propuesto podrá ser ajustado por la ANLA atendiendo las características (método, sensibilidad u otros) y la periodicidad del monitoreo de las variables previstas en este documento, y podrá incluir nuevas variables a monitorear, en cumplimiento del propósito del PPII y de acuerdo a los ajustes que puedan surgir en la etapa concomitante, de acuerdo a lo indicado en el Artículo 2.2.1.1A.2.9 del Decreto 1073 de 2015.

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:

- Volumen y tipo de agua utilizada para la perforación.
- Volumen y tipo de agua utilizada para la fracturamiento hidráulico.
- Volumen de agua reutilizado en el fracturamiento hidráulico (en caso de que aplique).

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. Sin embargo, en caso de que ocurra un evento no planeado de derrame de fluido de fracturamiento hidráulico o de fluido de retorno/agua producida se deberán incluir adicionalmente los parámetros de las Tablas 11 y 16.

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 PPII), monitoreando los parámetros establecidos en las Tablas 9, 10 y 16 del presente documento, la frecuencia establecida en el programa de monitoreo.

El reporte de monitoreo deberá incluir por lo menos:

- 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.

Una ronda final de las muestras será obtenida en los lugares iniciales de muestreo al primer mes y después cada 3 meses durante un año, después de la terminación de la actividad exploratoria. Dicho monitoreo debe extenderse si los resultados muestran impactos potencialmente adversos en la calidad del agua como resultado de las actividades del PPIL.

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, que deberán ser consultado a la ANLA:

- 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 cuatro veces al año (cada tres meses) para adaptarse 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.

- c. Extensión y resolución taxonómica - se deben definir tanto los niveles de organización que se van a monitorear (por ejemplo, genes, individuos, poblaciones, comunidades y ecosistemas) como los grupos taxonómicos que se van a elegir como objetos de monitoreo (por ejemplo, bacterias, hongos, insectos, peces, plantas, etc.).

La elección del grupo taxonómico de monitoreo 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.

Para el diseño del plan de monitoreo debe hacerse la verificación de que este objetivo fue conseguido durante la construcción de la línea base. Para conocer los hábitats críticos para las especies focales mencionadas se recomienda ir más allá de las listas de especies e incluir en el monitoreo diseños que permitan realizar modelos de ocupación a nivel local.

- 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.

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.

- h. 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. 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.

Como se indicó en el aparte de la línea base, idealmente se debería incluir una tercera categoría de muestreo que permita medir los impactos de la explotación de yacimientos convencionales.

- i. Estrategias de participación - en la fase de caracterización del medio socioeconómico debe evaluarse la pertinencia de incluir estrategias de ciencia participativa en el programa de monitoreo. De ser así, se deben diseñar cuáles serán las estrategias que se utilizarán para conseguir que distintos actores contribuyan a cada etapa del monitoreo.

Es clave encontrar un balance entre proporcionarle a los actores involucrados niveles de participación adecuados y tener el rigor científico necesario para diseñar estrategias efectivas que respondan a las necesidades de información.

- 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 tanto a los tomadores de decisiones como a otras partes interesadas, 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 4 fases principales: La fase 1 debe contemplar un tiempo de levantamiento de línea base para el programa de monitoreo del Proyecto de FH-PH, antes de cualquier intervención (construcción de vías de acceso, construcción de locaciones, y/o operación de perforación) donde se pueda evaluar el estado de los ecosistemas y su biodiversidad asociada (t1). A partir de los resultados de la fase 1 se realizará una retroalimentación al diseño inicial del monitoreo para redefinir la periodicidad en la toma de información, puntos de muestreo y objetos a evaluar para efectuarse durante la fase 2, esta será desarrollada durante la etapa de elaboración de estudios de impacto ambiental, licenciamiento y aprestamiento (construcción de vías de acceso y construcción de las locaciones) (t2). La fase 3 se llevará a cabo después del desarrollo de la operación de perforación del Proyecto de FH-PH (t3), por su parte la fase 4 se realizará en la etapa posterior al Proyecto de FH-PH, donde se puedan identificar las variaciones en los ecosistemas del área de influencia desde la fase 1, posibles afectaciones y de ser necesario un plan de restauración para remediar las mismas (t4). 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.

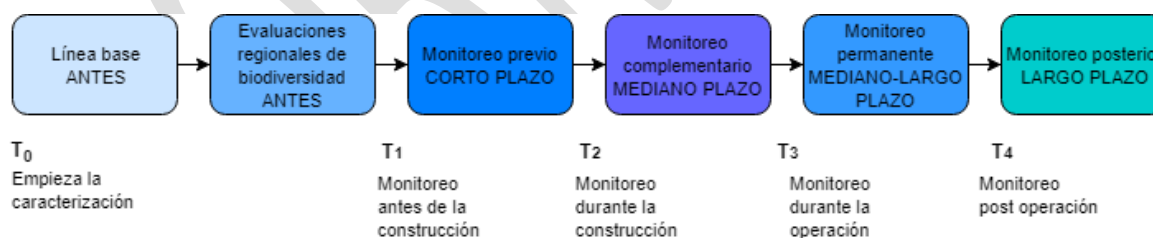


Figura 5. Línea de tiempo para evaluaciones de la biodiversidad en el área de estudio.

Tiempos aproximados

t0 a t1: 4 a 5 meses (fase 1)

t1 a t2: Tiempo de la fase de estudios de impacto ambiental, licenciamiento y aprestamiento. (fase 2)

t2 a t3: Tiempo de implementación y operación del Proyecto de FH-PH (fase 3)

t3 a t4: Mientras operen los pilotos, muestreos 1 a 4 veces al año dependiendo el grupo (fase 3)

t4 en adelante: dos años después que termine la operación o hasta el cierre y abandono (lo que ocurra primero) (fase 3)

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 trimestrales 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*
- 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.

11.1.2.1.7 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 y flujo del fluido de retorno.

- 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.
- Prever especial énfasis compuestos que podrían estar siendo emitidos pero que no se monitorean y que podrían tener un potencial de afectación alta a la salud humana y al ambiente (emisiones tóxicas) mediante el uso de técnicas de medición remota LIDAR, entre otras.
- En caso de uso de teas, se debe realizar la caracterización de la radiación y la temperatura.

Para evaluar adecuadamente las emisiones. las evaluaciones deben ser activas. No se permite la evaluación y seguimiento con sensores pasivos.

El programa de monitoreo de calidad de aire (inmisión) deberá considerar:

- El monitoreo deberá realizarse de acuerdo con los métodos, frecuencias y demás lineamientos establecidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, manual de diseño y manual de operación (MAVDT, 2010).
- La localización propuesta de las estaciones que harán parte del Sistema 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 etapas previas, el fracturamiento y posteriores. Estos parámetros deben monitorearse durante las actividades de fracturamiento hidráulico y durante el flujo de fluido de retorno.

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 fracturamiento hidráulico y durante los días de flujo del fluido de retorno. En el caso que los niveles de ruido ambiental 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.
- 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 prácticas 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:

- Equipos de monitoreo que utilizará para registrar la extensión de la fractura para los pozos previstos en el Proyecto de FH-PH (microsísmica o similar, identificando si el registro se hace en superficie o en el fondo)
- Fluidos trazadores radiactivos o químicos a utilizar para la determinación de la extensión de la factura. Las fuentes radiactivas a utilizar y su manejo deben cumplir con la reglamentación del Minenergía, o la entidad competente.
Los residuos radiactivos generados por el manejo de trazadores, que superen los niveles de dispensa fijados por la resolución 180005 de 2010 del Minenergía deben ser dispuestos conforme a dicha norma.
- 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:
 - Composición del fluido de estimulación que fue utilizado para cada una de las etapas de estimulación. 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.
- 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 del fluido recuperado

Para el monitoreo y seguimiento a la gestión del fluido recuperado se debe incluir:

- Monitorear y registrar el volumen del fluido de recuperado discriminando el fluido de retorno, que haya sido generado durante la actividad el PPII.
- Porcentaje y volumen del fluido recuperado 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 recuperado posterior a cada etapa de fracturación (fluido de inyección + disolución de minerales = agua de producción)
 - Composición fisicoquímica del fluido de recuperado posterior a cada etapa de fracturación, 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 recuperado generado en cada etapa de fracturación y total para cada pozo o arreglo de pozos. Incluir el porcentaje del fluido de fracturación inyectado que retorna a superficie como fluido de retorno y el volumen de las aguas producidas.
 - Tabla comparativa entre volumen de fluido de fracturamiento hidráulico inyectado y volumen de fluido de retorno generado para cada etapa de estimulación. Incluir cuánto porcentaje del fluido de fracturamiento inyectado retorna como fluido de retorno a superficie.

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 ocurrentes en el yacimiento y pudieran estar siendo arrastradas por el mismo yacimiento o como resultado de reacciones químicas.

Para el monitoreo de las fuentes naturales de radiación se deben aplicar los lineamientos técnicos para el muestreo y análisis de laboratorio suministrados por el SGC. Se debe justificar que la toma de las muestras de la composición de dicho fluido es representativa, para efectos del riesgo que puede causar el manejo inapropiado de estos residuos.

Tabla 16 parámetros adicionales para caracterizar fluido recuperado

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

Parámetros	Unidades	* Método aceptable o recomendado por IDEAM
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	
Bromoforno	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
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-Espectrofotométrico ASTM D1252-06 (2020). Metodos de análisis estandar 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
Diésel (A. C. P. M.)	mg/L	.
Dietanolamina	mg/L	ASTM D7599-16 (2017)
Dimetilformamida	mg/L	No hay método oficial

Parámetros	Unidades	* Método aceptable o recomendado por IDEAM
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 Fracción 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	
NORM (Ra- 226 y Th 232)	Bq/L	
Naftaleno CAS 000091-20-3	mg/L	
Niquel	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

Parámetros	Unidad	* Método aceptable o recomendado por IDEAM
CON MÉTODOS DE PRUEBA DE CAMPO		
Sulfuro de Hidrógeno	mg/L	
Burbujas	mg/L	
Efervescencia	mg/L	

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 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 derivados de⁵²:

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.

11.1.3.1 Conocimiento del riesgo

Como parte del proceso de conocimiento del riesgo 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 ambiental, social y socioeconómico.

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, con lo cual, a mayor nivel de conocimiento, mejor capacidad de identificación y manejo de riesgos. Por lo tanto, el planteamiento del Plan de gestión de riesgos dentro del proyecto de FH-PH del PPII debe ser revisado, como mínimo, una vez se avance en estas actividades con el primer pozo multietapa fracturado.

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 siguientes:

- 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 con la modelación de escenarios de contaminación atmosférica y del agua a corto y largo plazo, mediante aplicativos como *FracRisk deliverable D32: Characterization of the Key Features Events, Processes (FEP) risk scenarios*, de Fracrisk
- Respecto a la evaluación de generación de sismicidad por los pozos que serán sometidos a actividades de fracturamiento hidráulico, el solicitante debe anexar una copia de la evaluación del riesgo estipulado por el Minenergía en la Resolución xx de 2020, o aquella que la modifique, sustituya o derogue y las medidas de prevención y manejo previstas.

⁵² Tomado del informe de consultoría contrato F-RRHH-PS-C1-1571-08-19, FUCOLDE, en el marco del convenio 001 de 2018 de Fortalecimiento institucional entre la ANH y la Fundación

- 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.

El análisis de vulnerabilidad 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, entre 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, 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, 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.

11.1.3.2 *Reducción del riesgo ambiental*

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.

11.1.3.3 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 recuperado 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 o fluido recuperado 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. En el caso de radiactividad natural, deben seguirse los lineamientos de vigilancia radiológica del Minenergía.
- Si durante las operaciones de perforación, inyección o de fracturamiento hidráulico 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 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 recuperado, 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 recuperado).

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.

En caso de que por requerimiento del Minenergía (o quien este delegue) se suspendan las actividades debido a la sismicidad con registro en el semáforo sísmico naranja o 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.

11.1.3.4 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, 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.

11.1.4 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, proyectados al quinquenio posterior al abandono de la actividad extractiva
- Estudio de radiación de fondo natural (*naturalbackground*) en las áreas del PPII y de los equipos (tanques, tuberías, y cualquier otro expuesto) utilizados durante el FH.PH de YNC, y registros de vigilancia radiológica.
- Descripción de las medidas a tomar para el manejo de los residuos que contengan radionucleidos de origen natural, consideración los lineamientos 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.

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 cuenca de la cual se hace uso del recurso, incluyendo el respectivo mapa a una escala adecuada.
- Proponer las obras o actividades que se van a ejecutar a fin de determinar su viabilidad, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1900 de 2006, o aquel que lo modifique, adicione o sustituya.
- Presentar el monto de inversión del 1% estimado en pesos, de acuerdo a la destinación de los recursos prevista en el Decreto 2099 de 2016 y la lo establecido en Ley del Plan de Desarrollo 1955 de 2019 artículo 321, o la norma que los modifique, sustituya o adicione, y discriminando los costos para cada una de las actividades del proyecto que se contemplan en el cálculo de dicho monto.
- 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.

Se deberá anexar al EIA la constancia de un acercamiento previo que el Interesado haya tenido con la Corporación Autónoma Regional correspondiente para evaluar la viabilidad de la implementación del proyecto de inversión propuesto.

11.2.2 Plan de compensación por pérdida de biodiversidad

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.

BORRADOR

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.

[8] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL – MAVDT. *Tesaurus Ambiental para Colombia. [Tesaurus]*. 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]

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 la puesta en marcha de los Proyectos Piloto de Investigación Integral - PPII para la perforación exploratoria de hidrocarburos mediante Fracturamiento Hidráulico multietapa con Perforación Horizontal FH-PH, debe elaborarse un Estudio de Impacto Ambiental que incluya el estudio hidrológico de las áreas de estudio. Este estudio debe contar con estándares mínimos, resumidos a continuación:

- 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.
- 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 las condiciones de época seca y época lluviosa, de acuerdo con el protocolo de monitoreo del agua de IDEAM y elementos complementarios de lineamientos OMM. Los monitoreos se iniciarán en la Etapa previa y continuarán en la Etapa Concomitante para abarcar las épocas secas y lluviosas y satisfacer la evaluación de esta información en la etapa correspondiente.
- 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 liquidado 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.
- Cálculo de indicadores ambientales.

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 mantener un periodo mínimo de instrumentación que abarque las condiciones de época seca y época lluviosa, con estaciones de monitoreo hidrológico diario, que permitan caracterizar un año hidrológico de extensión, obtener relaciones estadísticamente significativas con conjuntos de datos regionales y

poder validar series sintéticas y los modelos hidrológicos a desarrollar. Este proceso debe ser el más completo posible, por lo cual 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 susceptibles de intervención y afectación por captación de agua con ausencia de información (series de datos con períodos temporales inferiores a 15 años o con series cuyo análisis indique una incertidumbre importante en los resultados obtenidos) complementario al monitoreo descrito se recomienda generar series sintéticas históricas a escala diaria.

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 PPII 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).

Finalmente, para el cálculo de los indicadores ambientales, se sugiere seguir los *Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para las ERA* (IDEAM, 2013), en el cual se incluye el sistema de indicadores de nivel nacional y regional.

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 de los ecosistemas presentes en el área de influencia del proyecto en evaluación, determinando su funcionalidad, 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, por eso 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 impacto del 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), monitoreo de la Cuenca del río Magdalena-Cauca (Proyecto Natura 18-099), 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 (PPI) 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 (sensibles a contaminación lumínica y auditiva)
- Mamíferos (Sensibles a cambios en coberturas terrestres y contaminación lumínica y auditiva)
- 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, por eso 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 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. Por lo anterior la caracterización de los ecosistemas debe contemplar el tratamiento 1 (pozos no convencionales), tratamiento 2 (pozos convencionales) y control o blanco (ecosistema a escala local sin alterar). Las caracterizaciones T2 y Control que se referencian a continuación, no estarán a cargo del Interesado, se levantará desde la línea base general del Gobierno Nacional:

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 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 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, el diseño de muestreo incluirá unidades de muestreo enmarcadas en tratamientos: control o blanco, pozo convencional y pozo no convencional. El muestreo deberá incluir un gradiente de coberturas⁵³ dentro de unidades espaciales que permitan acceder a la heterogeneidad ambiental de la zona, pero que pueda contrastarse entre las unidades de muestreo o tratamientos. 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 tres principales categorías de lluvias del sitio (Figura 1). Dicho esquema generalizado de muestreo deberá incluir épocas de aguas altas (precipitación muy por encima del promedio anual), aguas bajas (precipitación muy por debajo del promedio anual) y un momento de transición. 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 aguas altas, diciembre-enero-febrero para aguas bajas y transición entre noviembre-diciembre o marzo-abril, 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, pero el contraste cuantitativo entre los tratamientos deberá basarse en información primaria.

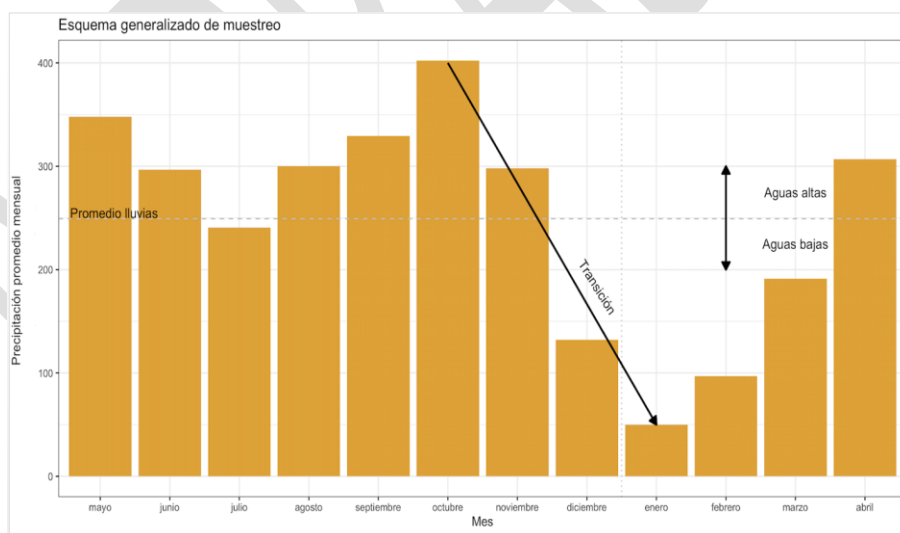


Figura 1. Esquema generalizado de muestreo en escala temporal (mensual) en relación a precipitación. Note las tres condiciones de precipitación marcadas en la dinámica de lluvias de la región, aguas altas, aguas bajas y transiciones entre estas.

⁵³ 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 de las mismas estarán condicionadas a las particularidades del área de implementación. Sin embargo, es necesario representar dicho gradiente en cualquiera que sea el área de implementación.

1.2.2 Análisis de datos para los distintos grupos taxonómicos

El contraste entre tratamientos requiere un número de muestras mínimo a determinar a partir de las características físicas in situ de los sectores determinados, pero en general podría abordarse un número mínimo de 4 réplicas por cobertura por tratamiento (ver cada componente y el mínimo de muestras requerido/sugerido). La representatividad de muestreo se realizará a partir de curvas de rarefacción (interpolación/extrapolación) y estimadores biológicos como Chao 1. Las diferencias entre cada tratamiento y estación de lluvias se evaluarán a través de la implementación de análisis permutacional multivariado de varianza (PERMANOVA permutational multivariate analysis of variance), análisis de ordenación no métrico multidimensional (NMDS non-metric multidimensional scaling); complementados con un análisis de similitud (ANOSIM) (Figura 2). De este modo se puede contrastar cambios en la variación de la métrica respuesta con el fin de establecer si el uso de pozos no convencionales (fracking) tiene efecto en la biodiversidad, en contraste con pozos convencionales y ecosistemas control. Adicionalmente, el levantamiento de información puede ser analizado en forma de ordenación no escalonada métrica (NMDS) contrastando la dispersión de los puntos que agrupen un tratamiento en cada sesión de lluvias (aguas altas, bajas, transición). Cambios abruptos en la dispersión multidimensional del ensamblaje de comunidades llevará a identificar alertas de efecto del uso de fracking al contrastar con pozos convencionales y control.

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).

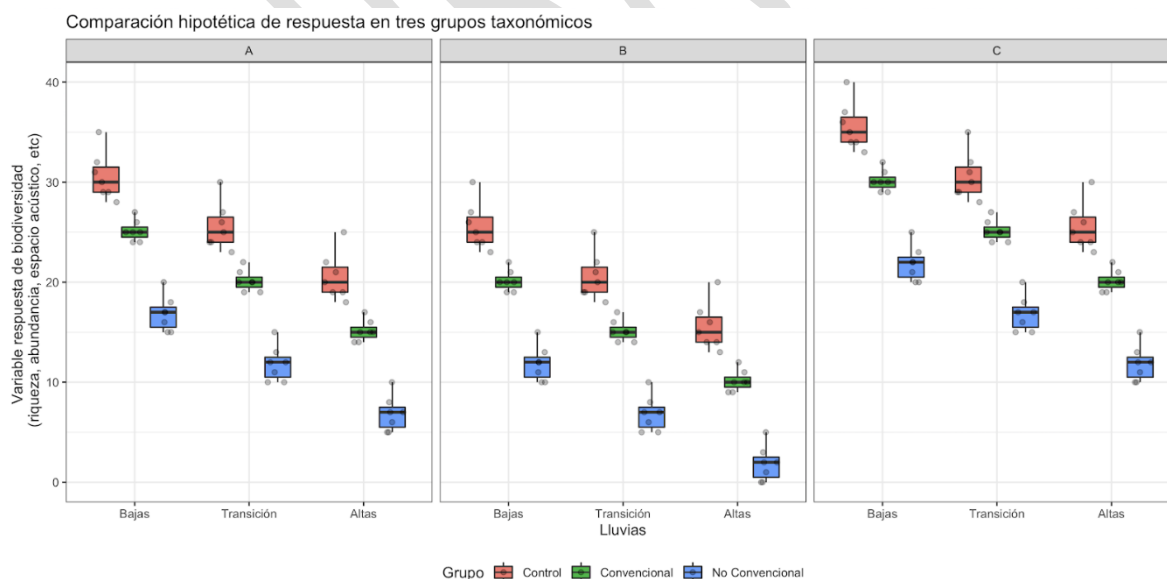


Figura 2. Esquema de comportamiento de variables respuestas en relación a tratamiento (Grupo) y época de lluvias para tres grupos taxonómicos hipotéticos (A, B, C).

* Cuando el grupo taxonómico requiera de análisis específicos se detallarán en el respectivo apartado

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* 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 especímenes colectados deberán ser ingresados a una colección previamente registrada ante el Registro Nacional de Colecciones siguiendo los protocolos mínimos relacionados a los datos.

Los muestreos se realizarán de acuerdo a lo establecido en la sección de estacionalidad (5.2.1.1.1)

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: $\text{Concentración de metales en un organismo} / \text{Concentración de sedimentos metálicos}$.

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 arreglo (pozos de no convencionales T1, pozos convencionales T2 y Control). 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 en cada tratamiento, 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 tratamientos (Michelsen & Nocke 1974, Aide et al. 2017). Se deberán comparar entre tratamientos la riqueza, composición y estructura (abundancia relativa) de los insectos estridulantes, así como analizar el posible efecto de los tratamientos 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 paisaje identificadas y para cada época climática identificada.

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.

Una colección de referencia deberá ser generada para evaluar riqueza basada en identificaciones robustas y la identificación de futuros impactos. Para la construcción de una colección de referencia se emplearán como referentes una libreta de campo donde se realizará un proceso de descripción de los patrones de coloración in vivo, igualmente se registrarán los atributos geográficos para lo cual, todos los ejemplares de referencia serán georeferenciados; se registrarán los atributos geográficos a nivel político administrativo. En la misma medida, se asignará de un número único de campo (alfanumérico) para su posterior identificación y depósito en una colección de referencia registrada. Como parte de los protocolos de colecciones en líquido se generará una descripción de los patrones de coloración in vivo junto con su registro fotográfico. Datos de historia natural serán incorporados, así como colecciones extendidas asociadas al ejemplar como tejidos, vocalizaciones, estados larvales. Los ejemplares posteriormente serán procesados siguiendo protocolos de sacrificio (Chen & Combs 1999), fijación y preservación (ver <http://intranet.humboldt.org.co/sgc/MDI-PC->

[04%20Protocolo%20de%20colecta%20y%20preparaci%C3%B3n%20de%20herpetos.pdf](#)); de forma subsecuente al sacrificio, se realizará la extracción de una muestra de tejidos.

La identificación de los especímenes se referenciarán de forma secundaria mediante la propuestas 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 tres 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) impacto en desempeño de especies directamente dependientes de hábitats con mayores riesgos como fuentes de agua cercanas; 3) proporcionar insumos para estimar la acumulación de compuestos químicos en organismos.

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 y se realizarán búsquedas de nidos a lo largo de quebradas cercanas para identificar territorios y éxito reproductivo de especies focales.

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). En el tratamiento 1 y 2, tomando como punto de partida la zona de actividad (Punto 0, **Fig. 1**), se establecerá un transecto lineal de 2 kilómetros, que abarque las diferentes coberturas vegetales presentes en el área, en el cual se establecerán 10 puntos fijos de conteo, separados 200 m entre sí, como se observa 1, 2, en **figura 1**, para garantizar independencia de los registros entre puntos. Igualmente se establecerá un transecto adicional para el tratamiento control. 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.

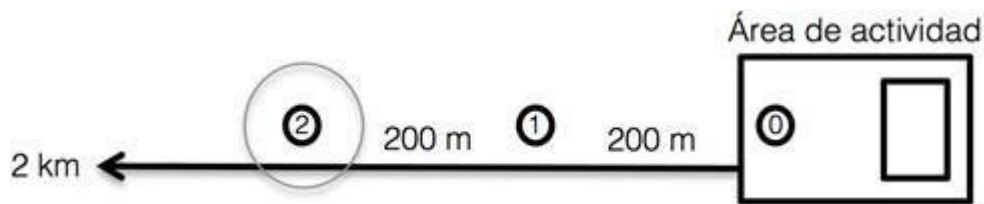


Figura 1. Diseño de muestreo por puntos fijos a lo largo de un transecto de 2 km desde el área de actividad principal.

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). Anualmente se realizarán dos jornadas de capturas en T1, T2 y Control, ~~en la primera visita~~ y luego de manera trimestral) durante cada año de monitoreo. En total se usarán 10 redes de 12 m (o el equivalente de 120 m de línea de red con otros tamaños como 9 o 6 m), que serán abiertas entre las 05:30 y 11:30 horas, por dos días en cada estación para un total de 720 horas/red por estación. 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) y se realizarán eventos de recolecta siguiendo los protocolos de preparación estandarizados que incluyen la preparación de piel con ala extendida y muestras de tejidos en alcohol al 96%, que luego serán depositados en la una Colección de Ornitología adscrita al Registro Nacional de Colecciones (RNC). Estos especímenes servirán como testigos físicos de las especies presentes en la zona y al largo plazo pueden ayudar a evidenciar posibles acumulaciones de sustancias químicas en sus plumajes, asociados a procesos productivos.

El muestreo de aves será complementado con 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.

1.3.5 Especies focales asociadas a hábitats riparios:

La fragmentación de hábitat y el elevado uso de agua derivado de esta actividad productiva, han sido identificados como unas de las presiones principales, que afectan directamente a especies asociadas a hábitats riparios (Frantz et al. 2018). Para evaluar los efectos directos sobre estas especies, en las tardes se realizarán recorridos libres de 2 km a lo largo de una quebrada en cada tratamiento y control (T1, T2, y Control). En ellos se realizarán listados, mediante el uso de eBird, de especies y números de individuos en coberturas vegetales asociados a estos ambientes. Simultáneamente, se realizarán búsquedas de nidos siguiendo las metodologías propuestas por Martin & Geupel (1993) con el fin de tener una aproximación al desempeño y estacionalidad reproductiva de las especies dependientes de quebradas, lo que además permita identificar posibles candidatos para estudios más detallados sobre cambios en productividad del hábitat, mediante el estudio de tamaños de territorios asociados con actividades de explotación (Frantz et al. 2018). Un primer candidato puede ser un representante de la familia Parulidae el arañero ribereño (*Myiothlypis fulvicauda*).

1.3.5.1 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. Estas categorías se establecerán con base en información secundaria sobre las preferencias de hábitat de cada especie, siguiendo a Stotz et al. (1996), que además debe ser confirmado durante los muestreos en campo en el tiempo 0, previo a la intervención. 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.

1.3.6 MAMÍFEROS

1.3.6.1 Escala espacial y temporal para el monitoreo de mamíferos

Cada tratamiento se evaluará en una escala espacial inmediata (a 1 km de radio, del centro del tratamiento; Fig 2 abajo). Cada unidad de muestreo deberá ser muestreada mínimo cuatro días por monitoreo.

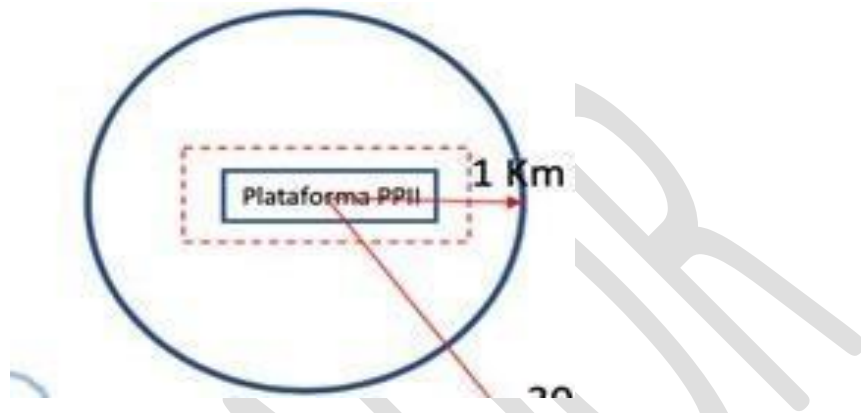


Figura 2. Unidad de monitoreo en la plataforma donde se desarrollará el PPII.

Luego de forma gradual y para entender cómo varía la riqueza, abundancia y gremios funcionales de mamíferos alrededor de cada tratamiento se ubicarán unidades de muestreo aproximadamente a 5 km al centro del tratamiento, 10 km, 20 km y 30 km. Se establecerán mínimo cinco Áreas de monitoreo fijas (AMF). En todos los casos, enfocándose en las coberturas vegetales que serán transformadas o en las fuentes hídricas más cercanas de las cuales se capte agua para aprovechamiento de las PPII o corran riesgo de contaminación por las actividades de los PPII. Cada unidad de monitoreo fija, deberá ser muestreada mínimo por cuatro días y cuatro noches⁵⁴.

Como área control se elegirá una zona con las mismas coberturas que ocurran en los PPII. El área de control estará ubicada fuera del radio de 30 km del diseño de monitoreo. Se establecerá un área de monitoreo fija por cada cobertura vegetal que se busque hacer una referencia o control. Cada unidad de monitoreo fija, deberá ser muestreada mínimo por cuatro días y cuatro noches.

⁵⁴ Los muestreos nocturnos están supeditada a condiciones favorables de orden público, en caso de no contar con estas condiciones debe evidenciarse.

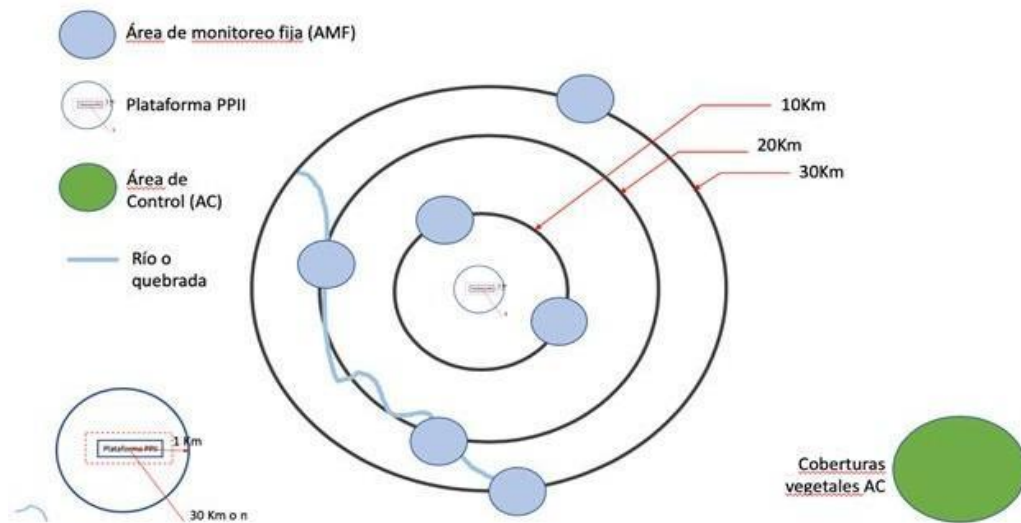


Figura 3. Diseño de muestreo para monitoreo de mamíferos

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.

1.3.6.2 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 presenta el esquema de una unidad de monitoreo fija y los métodos para realizar el monitoreo de los ensamblajes de mamíferos:

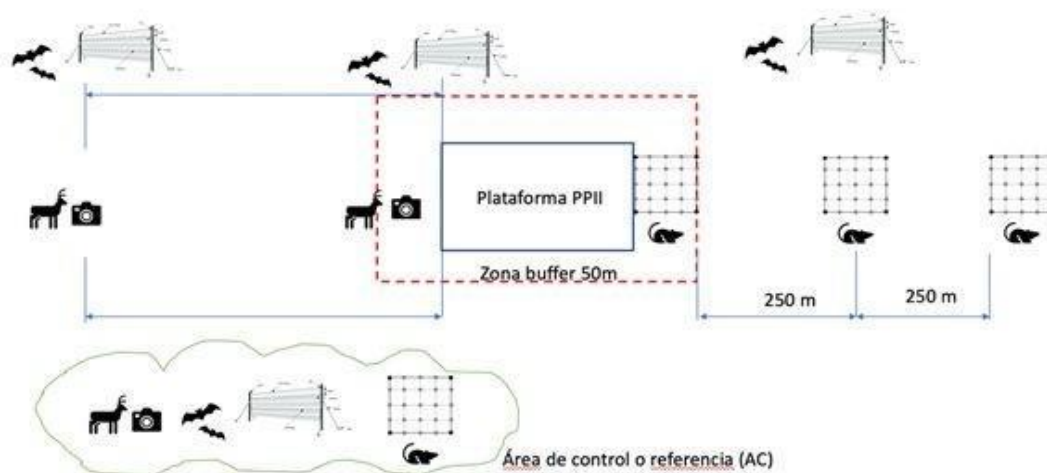


Figura 4. Diseño unidad de monitoreo fija para PPII

1.3.6.2.1 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 diseño de cuadrícula (Figura 4 a la derecha) se implementará alrededor de los pozos PPII y en las áreas fijas de monitoreo y permitirá monitorear la riqueza y abundancias de las especies. También indicará cómo será el cambio en estos parámetros, de acuerdo con la alteración que generan las actividades en cada PPII. En el caso de roedores y mamíferos pequeños, después del primer año de monitoreo, se recomienda tomar una pequeña muestra de piel de la oreja (1mm²), con el fin de secuenciar los genes mencionados más adelante y garantizar la identificación taxonómica de estas especies. De esta manera, la cantidad de individuos sacrificados para determinar las especies de roedores disminuirá con el tiempo y podrá monitorearse de manera más rigurosa las abundancias de estos pequeños mamíferos en las zonas de influencia directa de los PPII.

1.3.6.2.2 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 como NAIRA III (Pulido et al 2016) 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.

1.3.6.3 MAMÍFEROS VOLADORES

Se utilizarán 10 redes de niebla (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 el registro de murciélagos insectívoros se utilizará una grabadora de ultrasonido y al menos el 50% de los llamados registrados deberán ser identificados a nivel de género o especie. 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).

1.3.6.4 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. En el

caso de mamíferos voladores se puede usar el método “wing punch” para obtener muestras del ala de los murciélagos (Faure et al 2009, Corthals et al 2015). En el caso de roedores un pequeño fragmento de la oreja, sangre (Hofstetter et al 1997) o realizando un frotis en la boca del animal (Meldgaard et al 2004). Con esta técnica podrán secuenciarse los especímenes de colección biológica y/o los individuos no recolectados, de los cuales no se tenga certeza de su identificación taxonómica 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 los permisos de recolección e investigación biológica. Al momento de depositar dicho material deberá adjuntarse a cada espécimen copias físicas y digitales de los datos asociados (Formato Darwin Core).

En todos los casos se extraerán muestras de tejidos de cada espécimen recolectado siguiendo a González y Arenas-Castro (2017). Se recomienda tomar las muestras en criviales (i.e. viales almacenados en frío), e incluir muestras de músculo, hígado y corazón preservados en etanol al 96%. Los tejidos deben ser enviados, junto a los datos asociados a cada espécimen a una colección de tejidos pública que posea la infraestructura para almacenar dichos tejidos en contenedores con nitrógeno líquido. En el caso de los mamíferos, las identificaciones deberán realizarse hasta nivel de especie. Una manera de garantizar dicha identificación es secuenciar algunos genes que pueden permitir dicha identificación (e. cita barcoding). Se deberá secuenciar los genes COI, Cytb, 16S e IRBP para cada espécimen de mamíferos pequeños terrestres y voladores que se preserven como espécimen de colección biológica. Las secuencias de dichos genes deberán ser depositadas en plataformas de libre acceso como GenBank o BOLD Systems.

1.3.6.5 *Atropellamiento de fauna*

Se realizarán monitoreos de mamíferos atropellados en las carreteras de influencia directa de los carrotanques, 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 RECOSFA 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.

1.3.6.6 *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-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 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 (tratamiento 1 o T1) 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 (Control) y los pozos convencionales (tratamiento 2 o T2).

1.4.1.1 Diseño para el muestreo

En cada arreglo (T1, T2 y Control) se dispondrán al menos 18 sensores acústicos muestreando simultáneamente, en un diseño radial a diferentes distancias desde el centro del arreglo (pozos o ecosistema control) 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 5), excepto en el centro del estudio (T1, T2 y C) 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.

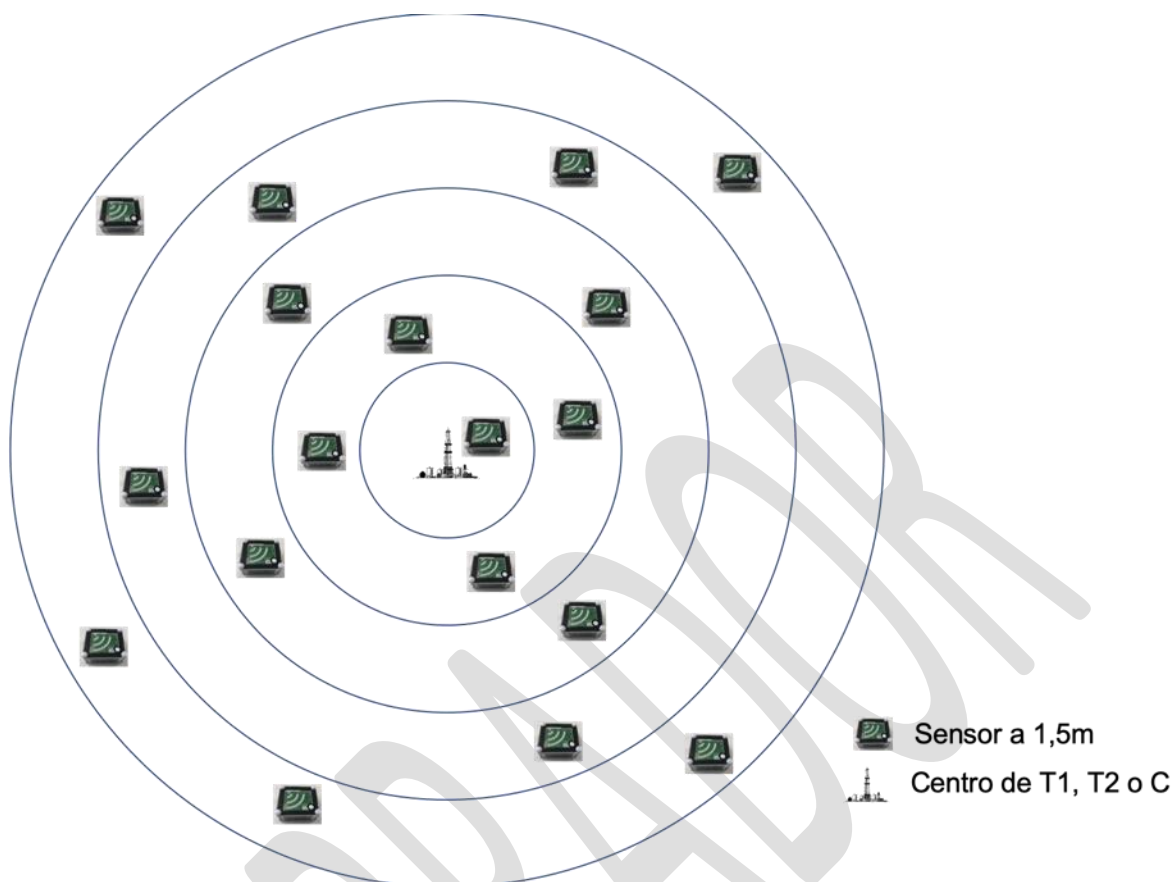


Figura 5. Diseño de muestreo propuesto para toma de datos de espectro audible por monitoreo acústico pasivo. Cada círculo representa una zona de amortiguamiento de 300 m, 600 m, 900 m, 1,2 km y 1,5 km. Este diseño debe replicarse en pozo no convencional (T1), pozo convencional (T2) y ecosistema blanco (Control).

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 6**). 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 (T1, T2 y C) podrán estar en el mismo punto geográfico, pero considerando que una estará a 3 m y otra a 1 m del suelo.

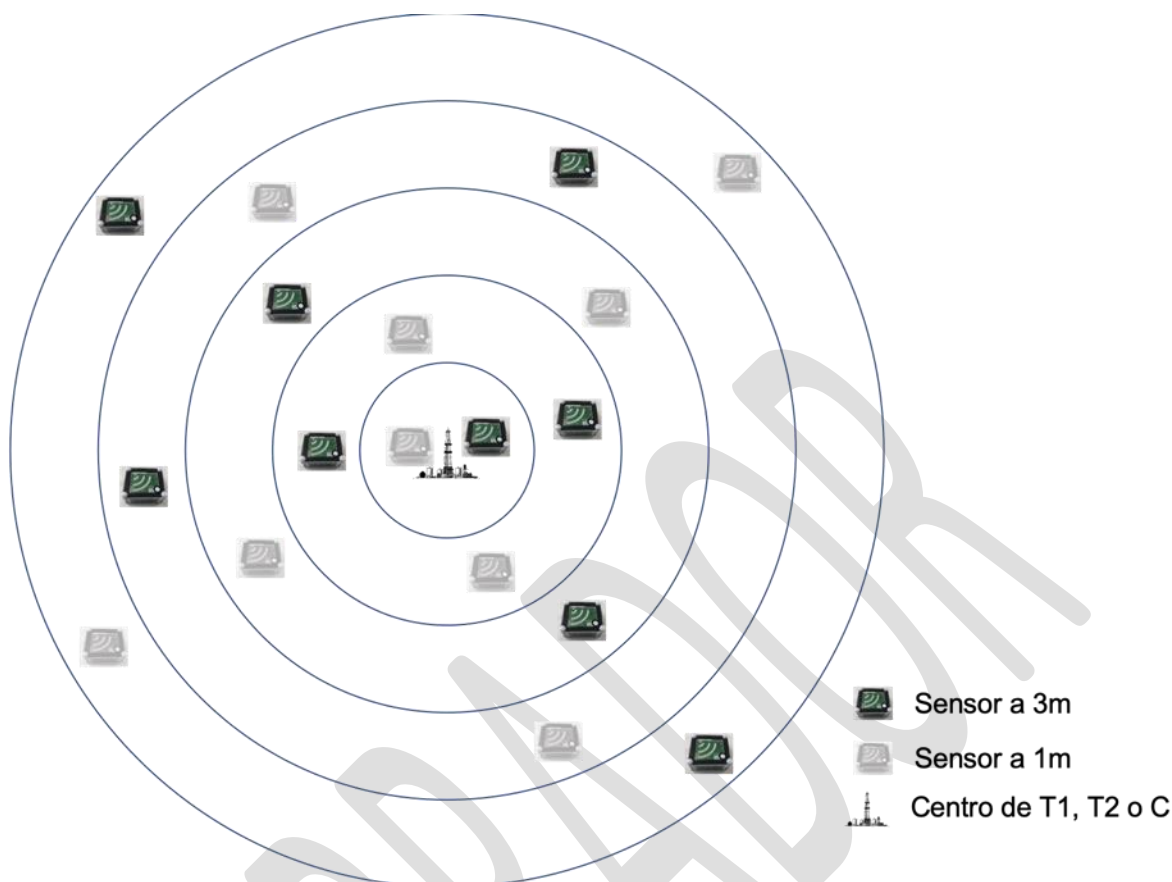


Figura 6. Diseño de muestreo propuesto para toma de datos de ultrasonido por monitoreo acústico pasivo. Cada círculo representa una zona de amortiguamiento de 300 m, 600 m, 900 m, 1,2 km y 1,5 km. Este diseño debe replicarse en pozo no convencional (T1), pozo convencional (T2) y ecosistema blanco (Control).

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 para evaluar efectos de los tratamientos en su actividad acústica. Existe aún un gran desconocimiento en el país sobre cómo se comunican algunos organismos, que de hecho logran dominar el espacio acústico de ecosistemas tropicales (Aide et al. 2017), por eso la escogencia e identificación de especies puede ser apoyado por los muestreos direccionales de algunos grupos taxonómicos incluidos en este documento.

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 (Wagg et al., 2014). Reducciones en la diversidad de comunidades microbianas, como aquellas causadas por actividades asociadas al fracking (Cluff et al., 2014; Lozano et al., 2019), reducen la capacidad de ecosistemas de prestar dichos servicios a la sociedad.

Para monitorear la composición y diversidad de comunidades de microorganismos antes, durante y después del establecimiento de las plataformas para las actividades de fracturamiento hidráulico, se tomarán muestras de sistemas en los que hay evidencia documentada de afectación por fractura hidráulica considerando 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

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 concertar un diseño experimental entre los diferentes grupos biológicos, y será refinado en una pre-salida de calibración. Para capturar la variabilidad de la técnica utiliza, se tomarán al menos tres réplicas técnicas por réplica biológica de agua y sedimento. Para controlar por los efectos de temporalidad que, además de la actividad industrial, también pueden afectar la composición, diversidad y funcionalidad biológica.

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 celulosa con nitrato 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.

Nota sobre permisos de recolección de especímenes:

De acuerdo con lo estipulado en 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”, artículo 2, parágrafo 4, “la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica que se adelanta dentro de un proyecto de investigación, deberá tener la finalidad exclusiva de investigación científica no comercial.” Vale la pena señalar que las entidades del SINA no necesitan aplicar por permiso de recolección de especímenes, pero las entidades no asociadas al SINA si lo deben hacer.

Nota sobre permisos de acceso a recursos genéticos:

De acuerdo con lo estipulado en 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”, artículo 2, parágrafo 5, dado que las actividades que se enmarcan en el componente de “Microorganismos y metabarcoding” son en “ecología molecular”, “no configuran acceso al recurso genético de conformidad con el ámbito de aplicación de” dicho decreto. En otras palabras, siempre y cuando la información que se genere en el marco de este componente no se utilice con fines comerciales, no se requiere permiso de acceso a recursos genéticos.

2 MÉTODOS PROPUESTOS PARA EL COMPONENTE FLORA

En este caso debe entonces enfocarse a:

1. Documentar la composición florística de cada uno de los polígonos o ecosistemas establecidos por los mapas de cobertura *Corine Land Cover* escala 1: 10,000. Esto es realizar inventarios de especies (de toda planta fértil o estéril de Angiospermas, Gimnospermas y Pteridofitos) en cada área de explotación y las que se establezcan como punto referenciales de comparación. El sistema de inventarios de plantas se debe basar en lo documentado en Villareal et al. 2004 (Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad), en el componente de plantas, colectas generales. Dado que el inventario está supeditado al esfuerzo de muestreo, se debe realizar un esfuerzo de inventario en recorridos libres de tres a cuatro días con dos investigadores por cada polígono o ecosistema a inventariar. Los inventarios deben estar complementados con herborización de muestras botánicas y toma de fotografías en campo de las especies con los estándares de calidad establecidos en los protocolos de colecciones del Herbario del Instituto Humboldt. Los listados generados deben contextualizarse con documentación de las especies endémicas a Colombia y con categorías de amenaza.

2. Documentar la estructura de la vegetación en cada uno de los tratamientos en áreas boscosas. Se deben establecer tres parcelas de 50x2 m en cada polígono y donde se mida: número de individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 2.5 cm; altura estimada de cada individuo. No es necesario contar con las identidades de los individuos. Con esto se obtienen

datos de densidad (Número de individuos/0.1 ha) y Área Basal Total o cantidad de madera (Sumatoria de áreas basales/0.1 ha).

Documentar la estructura de la vegetación en cada uno de los polígonos o ecosistemas 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 total o área total 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 por tratamiento, discriminadas por tipo de ecosistema y/o cobertura, y contextualizada con información de endemidad y/o categorizadas del grado de amenaza.
- Número de especies por tratamiento y tipo de cobertura entre los tratamientos.
- Datos de densidad y cantidad de madera o cobertura porcentual por cada tratamiento y tipo de cobertura.
- Colecciones de herbario con estándares de calidad acordes a los establecidos en las colecciones del Instituto Humboldt.

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 directamente afectados por las pruebas piloto. 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.

Se deben establecer tres muestreos a lo largo del periodo del proyecto piloto:

- Inicio año cero, prueba piloto
- Intermedio periodo de prueba piloto
- Final periodo de prueba piloto

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 acorde 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 1:5000), 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: 1. enmarcados en la matriz de yacimientos sometidos a explotación convencional (YC), 2. yacimientos destinados a exploración o explotación no convencionales (YNC), 3. zonas categorizadas como fuera del área de influencia directa de las actividades de hidrocarburos y 4. 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, una vez se realice la caracterización de la línea base de cada sector seleccionado, se hará trimestralmente y en lo posible, coincidente con las siguientes etapas del régimen de precipitación local (conforme a la información disponible del IGAC): inicio del periodo de lluvias, transición del periodo de lluvias y de sequía, inicio del periodo de sequía, transición del periodo de sequía y de lluvias). La duración de los muestreos para cada sector se extenderá por un tiempo no inferior a 18 meses, equivalentes a seis 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). Asimismo, muestras de tejidos de peces para análisis isotópicos y toxicológicos (e.g. mercurio), seguirán los métodos descritos en Grant *et al.* (2006) y se harán disponibles, previa suscripción de convenios de investigación interinstitucionales, con entidades de reconocida trayectoria en investigación en el área de ecotoxicología y acreditados como grupos de investigación en la categoría A o superior por COLCIENCIAS (Minciencias).

La efectividad de los muestreos individuales (*i.e.* para cada sector muestreado) será evaluada a través de los estimadores de diversidad Chao 1, ACE y Cole. 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, se evaluarán a través de la implementación de análisis permutacional multivariado de varianza (PERMANOVA *permutational multivariate analysis of variance*), análisis de ordenación no métrico multidimensional (NMDS *non-metric multidimensional scaling*); complementados con un 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.

3.2.2 Análisis de los datos obtenidos

La efectividad de los muestreos individuales (i.e. para cada sector muestreado) será evaluada a través de los estimadores de diversidad Chao 1, ACE y Cole. 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, se evaluarán a través de la implementación de análisis permutacional multivariado de varianza (PERMANOVA *permutational multivariate analysis of variance*), análisis de ordenación no métrico multidimensional (NMDS *non-metric multidimensional scaling*); complementados con un 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	<ul style="list-style-type: none"> ● 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 7).

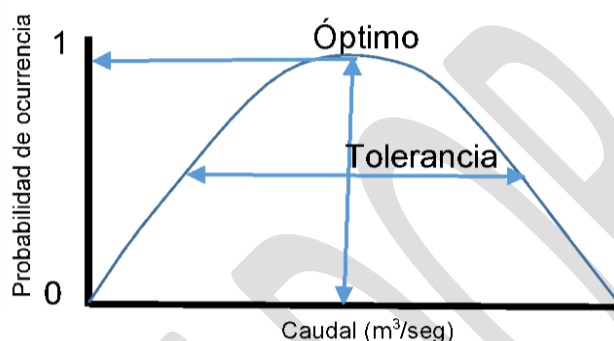


Figura 7. Distribución hipotética de una especie en función del caudal.

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). Cada grupo tendrá asociado el conjunto de especies allí encontradas, su abundancia $-N_i$ y su biomasa $-B_i$.

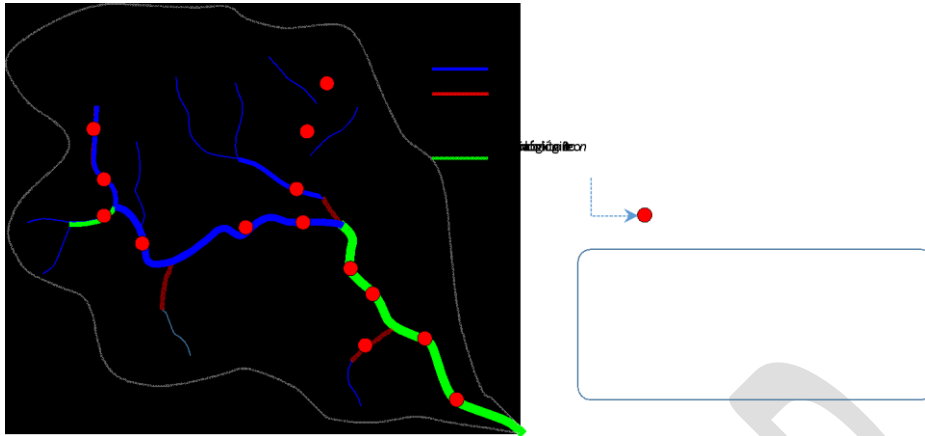


Figura 8. Agrupación de sitios de monitoreo de acuerdo con el contexto hidromorfológico del área de estudio. Fuente: Minambiente-CORNARE (2015).

2. Estimar el factor de importancia I_i para cada especie

$$I_i = \omega_1 P_{a,i} + \omega_2 P_{b,i}$$

$$P_{a,i} = \frac{N_i}{\sum N_i}$$

$$P_{b,i} = \frac{B_i}{\sum B_i}$$

$$\omega_1 + \omega_2 = 1 \quad \text{y} \quad \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{a}{b}$$

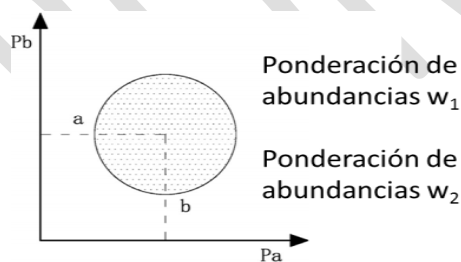
Donde:

- 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**).

$$a = \frac{\sum P_{a,i} N_i}{\sum N_i}$$

$$b = \frac{\sum P_{b,i} B_i}{\sum B_i}$$



Factor de importancia de la especie i

$$I_i = \omega_1 P_{a,i} + \omega_2 P_{b,i}$$

Figura 9 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 10).
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_{ki} : 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.

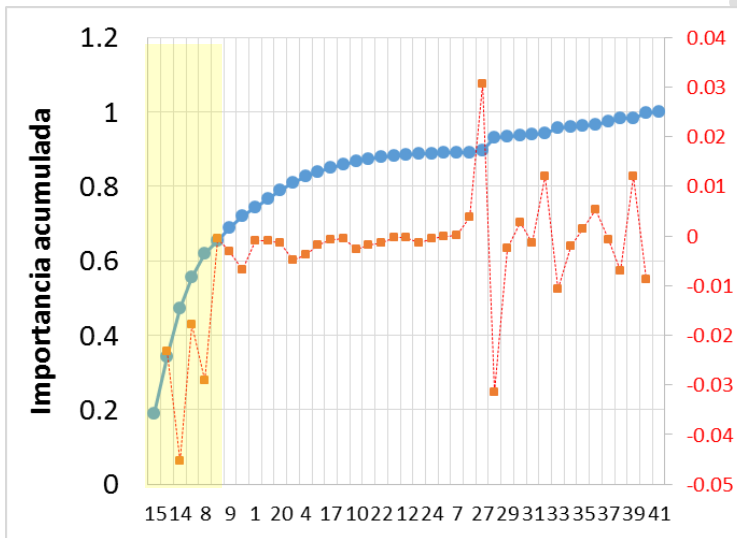


Figura 10. Selección de especies representativas o dominantes. Fuente: Minambiente-CORNARE (2015).

En la Figura 11 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.

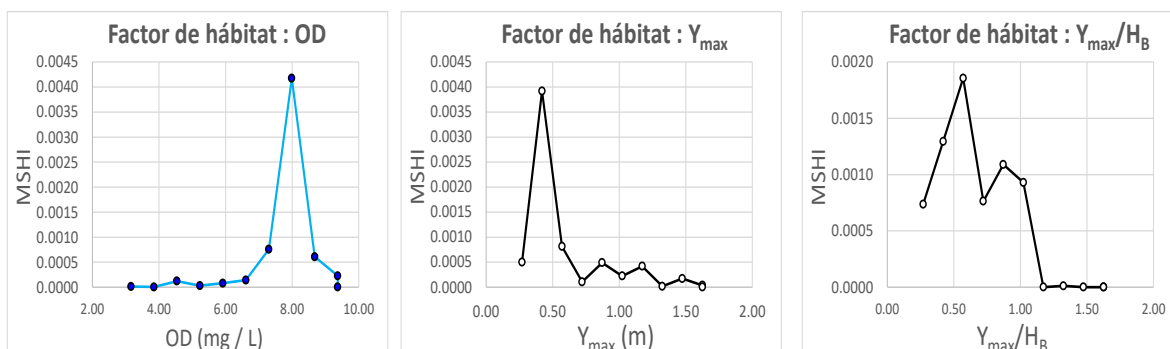


Figura 11 Índice MSHI para diferentes factores de hábitat (oxígeno disuelto, profundidad máxima y profundidad de banca llena). Fuente: Minambiente-CORNARE (2015).

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)

IBLIOGRAFÍA

- 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.
- 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 Diaz-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	<p>CUERPOS LÉNTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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) <p>CUERPOS LÓTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 	<ul style="list-style-type: none"> • 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'Histoire 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
	<p>Australian Freshwater. Land and Waters Resources and Development Corporation. Green Words & Images Ed. Australia.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 	<p>and Molecular Methods for Quantitative Phytoplankton analysis. Manuals and Guides 55. UNESCO. Intergovernmental Oceanographic Commission. France.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis Técnica de Conteo Cuantitativo y Cualitativo, Protocolo para el Análisis de Muestras de Fitoplancton, GAM-POE-103 		
Zooplankton	<p>CUERPOS LÉNTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>CUERPOS LÓTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 	<ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<p>Ind/L</p> <p>Ind/mL</p>	<p>Colección de muestras</p> <p>Identificación y Conteo</p>

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
	<ul style="list-style-type: none"> 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	<p>CUERPOS LÉNTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> 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. <p>CUERPOS LÓTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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'Histoire 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	<p>Colección de muestras</p> <p>Identificación y Conteo</p>

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
	<p>841-B-99-002. Chapter 6. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water. U.S.A.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<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</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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	<p>CUERPOS LÉNTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<p>Adquisición de Datos</p> <p>Preservación de Muestras</p> <p>Análisis de Colecciones</p>

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
	<ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>CUERPOS LÓTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 	<p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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
	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<p>CUERPOS LÉNTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>CUERPOS LÓTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<p>Estudio Preliminar Métodos de Mapeo de Vegetación</p> <p>Estimación de la Población</p>

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
	<p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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	<p>CUERPOS LÉNTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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., Placaio, 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 	<ul style="list-style-type: none"> • 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., Placaio, J. A. (2008). 	Ind/M2	<p>Colección de muestras</p> <p>Procesamiento de la muestra, Identificación y Conteo</p>

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
	<p>Acuáticos, Determinación Taxonómica - Conteo. TP0413. Versión 01. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Álvarez, L. F., (2005). Metodología para la Evaluación de los Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores de los Recursos Hidrobiológicos. Instituto Alexander von Humboldt. <p>CUERPOS LÓTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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	<p>CUERPOS LÉNTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aristizábal, H, Los Hemípteros de la Película Superficial del Agua. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras. 2002. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aristizábal, H, Los Hemípteros de la Película Superficial del Agua. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez 	Ind	<p>Colección de muestras</p> <p>Procesamiento de</p>

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
	<ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>CUERPOS LÓTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<p>Lleras. 2002.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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	<p>CUERPOS LÉNTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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: 	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<p>Colección de muestras</p> <p>Procesamiento de la muestra, Identificación y Conteo</p> <p>Técnica semicuantitativa</p>

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
	<p>Rueda-Delgado, G. Manual de métodos en Limnología, Asociación Colombiana de Limnología ACL-Limnos. Colombia.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 <p>CUERPOS LÓTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 	<p>Confederación Hidrográfica del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente. España.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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	<p>CUERPOS LÉNTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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 	<p>Ind/L Ind/mL</p>	<p>Colección de muestras Identificación y conteo</p>

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
	<p>CUERPOS LOTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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. 		<p>Muestreo, Observaciones Directas e Indirectas, Determinación Taxonómica y Colecta. de Especímenes</p>

Variable	Técnica Toma de Muestra	Técnica Análisis	Unidades	Técnica y/o Principio
Herpetofauna - Anfibios	<ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • Guyer, C & Donnelly, M (2012). Standard Techniques for inventory and monitoring. Visual Encounter Surveys. En: McDiarmin, 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. 	<ul style="list-style-type: none"> • Guyer, C & Donnelly, M (2012). Standard Techniques for inventory and monitoring. Visual Encounter Surveys. En: McDiarmin, 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)	<ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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)	<ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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 (Epífitas, Terrestres y Saxícolas)	<ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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.

BORRADOR